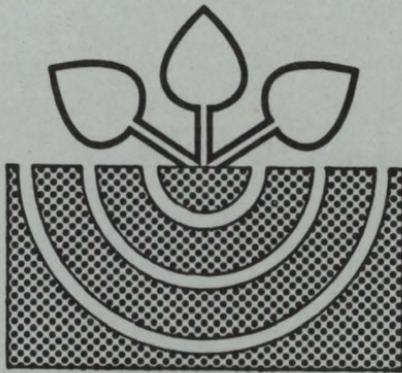


MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT



Band 72

Heft II

1993

ISSN-0343-107X

Schriftleitung: P. Hugenroth, Oldenburg

Unredigierte Mitgliederinformationsschrift

- Beiträge in ausschließlich wissenschaftlicher Verantwortung
der jeweiligen Autoren -

MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT

Referate und Posterbeiträge

JAHRESTAGUNG 1993

vom 4. bis 11. September 1993

in

KIEL

Band 72

Heft II

1993

**Statusbericht der Kommission V - Bodengenetik,
Klassifikation und Kartierung**

von

Finnern, H.

Der letzte Statusbericht der Kommission V wurde von meinem Vorgänger im September 1983 anlässlich der Jahrestagung in Trier abgegeben und im Band 38 veröffentlicht. Danach gab es zur Jahrestagung in Bayreuth 1991 lediglich einen Bericht vom Arbeitskreis Bodensystematik und einen Bericht von mir für den verhinderten Vorsitzenden für die Arbeitsgruppe Informationssysteme in der Bodenkunde, beide niedergelegt im Band 66/I.

Seit der zusammenfassenden Darstellung in Trier sind 10 Jahre verstrichen (gut 2 Jahre noch unter Vorsitz von Wittmann, knapp 8 Jahre unter meinem Vorsitz).

Bis heute sind eine Vielzahl von Zusammenkünften, Sitzungen, Fachtagungen und Exkursionen sowie Jahrestagungen vergangen, wo innerhalb der Kommission oder bei den Arbeitsgruppen und Arbeitskreisen der Kommission neue Ergebnisse und weiterführende Erkenntnisse vorgestellt wurden.

Die Kommission V hat - vielleicht noch mehr als andere Kommissionen - schon seit jeher einen weiten Bereich bodenkundlicher Aktivitäten gerade in oder mit Arbeitskreisen, mit den Hochschulen, aber besonders mit den Geologischen Landesämtern/Ämtern für Bodenforschung entwickelt.

Folgende Veranstaltungen fanden statt:

- 4. - 10.09.1983 Trier, Jahrestagung (Bd. 38)
- 11. - 12.10.1984 München, Kom. V (Bd. 40)
Bodengesellschaften mit Exkursion Hallertau
- 1. - 7.09.1984 Göttingen, Jahrestagung (Bd. 42, 43 II)
- 13. - 20.08.1986 Hamburg, ISSS (Bd. 46, 47, 49, 50, 51)
- 17. - 18.02.1987 Osnabrück mit Kom. VI (Bd. 53)
Beurteilung landwirtschaftlich genutzter Standorte durch Feld- und Laboruntersuchungen
- 6. - 12.09.1987 Hohenheim, Jahrestagung (Bd. 54, 55 II)

* Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein
Mercatorstr. 7, 24106 Kiel

6. - 7.05.1988 Kiel, Kom. V (Bd. 56)
Urbane Böden mit Exkursion Kiel und Umland
2. - 10.09.1989 Münster, Jahrestagung (Bd. 58, 59 II)
17. - 18.05.1990 Hannover mit Kom. I u. AK Stadtböden (Bd 61,62)
Urban, gewerblich und industriell überformte
Böden - Aufnahme, Untersuchung, Bewertung -
mit Exkursion
23. - 24.04.1991 Eberswalde/Altenhof (Bd. 65)
Bodenkartierung in den neuen Bundesländern
- Stand und Perspektiven -
mit Exkursion Biosphärenreservat Schorfheide
7. - 15.09.1991 Bayreuth, Jahrestagung (Bd. 64, 66 II)
14. - 15.05.1992 Halle mit Martin-Luther-Universität Halle-
Wittenberg und Angehörigen der Finanzverwaltung
des Bundes und der Länder (Bd. 67)
Bodenschätzung - gestern - heute- morgen
mit Exkursion Eickendorf
4. - 11.09.1993 Kiel, Jahrestagung (Bd. 70, 72).

Bei der Darstellung sind AG und AKs der Kommission V unberücksichtigt geblieben.

Die Arbeitsgruppe Informationssysteme in der Bodenkunde hielt nach Bayreuth eine Tagung "Informationsbedarf (Methoden und Daten) für bodenkundliche Arbeiten im Rahmen von Planungen in Trinkwasserschutzgebieten und in Altlastensanierungsgebieten im Oktober 1991 in Hannover ab. Das Ziel war, mit 10 Beiträgen Anforderungen an Bodeninformationssysteme zu umreißen. Es war ein erster Versuch.

Zu empfehlen ist eine Vertiefung auch auf andere Planungen.

Eine enge Verbindung bestand zwischen Mitgliedern der DBG dieser AG zu den Geologischen Landesämtern, speziell zur ad hoc AG Bodenkartaster.

Hier erfolgten in den letzten 4 Jahren Abstimmungsarbeiten mit/ zwischen allen Bundesländern. Dieser Tage konnte das "Konzept für den Aufbau von Datenbanken" - insbesondere zur Profildatenbank, zur Labordatenbank und zur Methodenbank - vorgelegt werden. Die Veröffentlichung soll möglichst kurzfristig erfolgen. Eine Fortschreibung ist vorgesehen, sobald relevante Ergebnisse vorliegen.

Der Arbeitskreis Paläopedologie unter der langjährigen bewährten Leitung von Stremme tagte jährlich, teils zu den Jahrestagungen oder im Rahmen von neun Exkursionen.

Gestellte Aufgaben sind die Vereinheitlichung der Begriffe über Paläoböden, die Aufstellung eines Kataloges mit Untersuchungsmethoden für Paläoböden und die Pedostratigraphie des Quartärs.

Enge Beziehungen werden u.a. gehalten zur INQUA und zur Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft.

Mitglieder des Arbeitskreises waren und sind tätig bei der Neuauf-
lage der Forstlichen Standortsaufnahme und bei Beratungen im Ar-
beitskreis für Bodensystematik.

Der Arbeitskreis Bodensystematik unter der Leitung von Wittmann
tagte seit der letzten Berichterstattung in Bayreuth im Frühjahr
und Herbst 1992 sowie im Frühjahr 1993 jeweils mehrtägig in
München.

U.a. wurde diskutiert und beschlossen, Benennungen und Definitionen
periglazialer Deckschichten. Die Deckschichtengliederung in Lagen
mit Basislage(n), Mittellage(n) und Hauptlage und im Hangenden der
Hauptlage mit der Oberlage wurde beschlossen.

Weiterhin wurden Vorschläge zur Substratsystematik, die auf Infor-
mationen zur Bodenart des Feinbodens, zu Art und Menge des Grob-
bodens, zur Substratgenese und zur Substratschichtung aufbauen, be-
handelt.

Zur Humusformensystematik wurden Vorgehensweisen vorgeschlagen und
Festlegungen getroffen für Podsoligkeitsstufen.

Darüberhinaus befaßte sich der AK u.a. auch mit der Horizontnomen-
klatur und mit dem Bodenartendreieck.

Kurzfristig liegt die Aufgabe des AK in der Überprüfung, Fest-
legung, Kennzeichnung der Bodentypen und Horizonte für die an-
schließende Bearbeitung der Bodenkundlichen Kartieranleitung,
4. Auflage, die von der ad hoc AG Bodenkataster der Geolo-
gischen Landesämter bearbeitet wird.

Priorität muß ansonsten in der Überarbeitung und Herausgabe der
Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland, dem
jetzigen Band 44, liegen.

Der AK Urbane Böden (Stadtböden) unter der Leitung von Burghardt
existiert erst seit 1987. Auf Initiative mehrerer Mitglieder lud
der Kommissionsvorsitzende zu einem informellen Arbeitsgespräch
über Stadtböden im Juni 1987 nach Essen ein. Am Ende der zwei-
tägigen Zusammenkunft mit Vorträgen stand die Bildung eines
Arbeitskreises Stadtböden, der im September auf der Vorstands-
sitzung in Hohenheim beschlossen wurde. Noch im gleichen Jahre
fanden die ersten beiden Sitzungen statt, nachdem es gelungen war,
über das Umweltbundesamt eine Förderung zu erlangen. Sehr hilfreich
war dabei dann die Einschaltung des Büros Kneib, um so die tech-
nischen Dinge schneller erledigen zu können.

Im Jahre 1988 erfolgten 10 weitere intensive Beratungen und im
Januar 1989 fand vor dem BMU in Bonn die Präsentation des F+E-Vor-
habens statt.

Unter UBA-Texte 18/89 erschien 1989 "Kartierung von Stadtböden -
Empfehlung des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkund-
lichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung" von
den Mitgliedern Blume, Burghardt, Cordsen, Finnern, Fried,
Grenzius, Kneib, Kues, Pluquet, Schraps und Siem.

1990 wurde auf dem Statusseminar zum Förderschwerpunkt "Bodenbe-
lastung und Wasserhaushalt" des BMFT in Bonn ein Konzept zur Stadt-
bodenforschung vorgestellt.

Die Zusammenkünfte erfolgten meist in Zusammenarbeit mit den entsprechenden Geologischen Landesämtern oder Hochschulinstituten.

1984 erfolgte die Exkursion zu "Paläoböden auf verschiedenen Gesteinen der Eifel und der Niederrheinischen Bucht".

1986 fand von Würzburg aus eine Exkursion zum Thema "Paläoböden in Mainfranken - stratigraphische Einstufung und klimatische Deutung" statt und 1987 führte der AK eine Tagung und Exkursion "Pedostratigraphie und Thermolumineszenz-Datierung der Paläoböden" durch. 1988 wurde die Exkursion "Die quartäre Landschaftsgeschichte des Regensburger Raumes im Spiegel der Paläoböden" durchgeführt.

1989 erfolgte eine Exkursion zu "Paläoböden im mittleren Neckarbecken unter besonderer Berücksichtigung der Lößstratigraphie" und 1990 führte die Exkursion von Günzburg aus nach Bayerisch Schwaben zu "Paläoböden in Schottern und auf Löß".

1991 standen "jungwürmzeitliche Paläoböden des Mittelrheins und mesozoisch-tertiäre Verwitterungsdecken im Rheinischen Schiefergebirge" auf der Exkursion zur Diskussion, 1992 "Bodenstratigraphie im Gebiet von Maas und Niederrhein" sowie im Frühjahr 1993 eine Exkursion "Bodenbildung und tertiäre Verwitterung auf den Basalten des Vogelsberges".

Fragen zum Schutz von fossilen Böden und zur natürlichen stofflichen Grundbelastung der Böden, Themen, die im Zuge der Klärung von geogenem und pedogenem Grundgehalt und anthropogener Zusatzbelastung für den Bodenschutz besonders relevant sind, sollten vom AK Paläoböden auch in den nächsten Jahren einer Klärung nähergebracht werden, zumal auf der Arbeit "Inventur der Paläoböden in der Bundesrepublik Deutschland" aufgebaut werden kann.

Besonders an die Einbeziehung der Paläoböden in den neuen Bundesländern sollte verstärkt gearbeitet werden.

Der Arbeitskreis Waldhumusformen unter der Leitung von v. Zezschwitz fand sich zu Arbeitskreissitzungen anlässlich der Jahrestagungen zusammen.

Im Frühjahr 1990 konnte eine Tagung und Exkursion im Hardehausener Wald/Eggegebirge stattfinden, bei der die makroskopische Ansprache und Diagnose der Humusformen durchgeführt wurde.

Vorgesehen sind vergleichende Untersuchungen und Exkursionen im süddeutschen Raum (Schwarzwald, Bayerischer Wald und süddeutsche Mittelgebirgslagen) sowie in den neuen Bundesländern, vor allem in Thüringen und Sachsen.

Der Humusformenwandel wurde vielfach beobachtet - wohl durch Immissionseinflüsse bedingt. Hier gilt es Zweit-Untersuchungen durchzuführen in Gebieten mit exakten Aufnahmen aus früheren Jahren.

Auch die Schulung junger Wissenschaftler zur makroskopischen Ansprache und Diagnose von Humusformen sollte Aufgabe des Arbeitskreises sein.

In den Jahren 1990 und 1991 fanden auf der Grundlage der nun vorliegenden Anleitung weitere Beratungen und Pilotkartierungen statt. Das Bewußtsein für anthropogen veränderte Böden war geweckt und nach mehrfachen Versuchen eine Förderung über das BMFT zu erreichen, wurde der Gemeinschaftsantrag "Bewertung anthropogener Stadtböden" der Universitäten Halle, Kiel und Rostock, des Geologischen Landesamtes Schleswig-Holstein, der Zentralstelle für Landeskunde Schleswig-Holstein, der Stadtverwaltungen von Eckernförde und Halle, des Umweltamtes Rostock sowie des Büros für Bodenbewertung Kiel unter der Koordination von Blume 1993 positiv beschieden.

Ziel ist es, einfache bei der Bodenkartierung im Feld anwendbare Methoden zur Ansprache der natürlichen und technogenen Substrate und Substratmischungen und ihre Veränderung durch Bodenbildung zu erproben und zu optimieren, um dadurch die Durchwurzelbarkeit, das Wasser-, Luft- und Nährstoffangebot sowie das Schadstoffimmobilisierung- und Schadstoffeliminierungsvermögen für Stadtböden zu erfassen und zu bewerten.

Die Anwendbarkeit der Methoden soll zur Lösung konkreter Fragen mit kommunalen Verwaltungen erprobt und bewertet werden. Hierzu ist die Erstellung von Bodenkarten erforderlich.

Das Vorhaben steht im Rahmen des Schwerpunktes "Bodenbelastung und Wasserhaushalt". Die Auswahl der zur Untersuchung anstehenden Böden hat begonnen.

Die Kommission V hat seit dem Berichtszeitraum 1983 auf 6 Jahrestagungen der DBG, 1 Tagung der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft und 6 Kommissions-Fachtagungen mehr als 400 Einzelbeiträge in Form von Vorträgen und Postern geliefert.

Die Fachtagungen der Kommission V waren breit gefächert und konnten u.a. mit den Themen Urbaner Böden, Bodenkartierung und Bodenschätzung jeweils zentrale Fragen behandeln.

Dabei gelang es, auf die Problematik und Bedeutung anthropogen veränderter Böden besonders hinzuweisen und den neu gegründeten Arbeitskreis Stadtböden zu unterstützen.

Ein besonderes Anliegen ward gesehen in der schnellen Information und Einbindung der Kollegen aus den neuen Bundesländern mit den beiden Kommissionssitzungen in Eberswalde/Altenhof und Halle 1991 und 1992.

In Halle konnten zudem erstmals Bodenkundler und Bodenschätzer der Oberfinanzdirektionen zu einer gemeinsamen Tagung vereint werden.

Höhepunkt war dennoch die Feierstunde in Eickendorf mit der Enthüllung der Erinnerungstafel der Bodenschätzung und erster Einrichtung eines Bodenschätzungsmuseums.

Abschließend bleibt aus der Sicht des Kommissions-Vorsitzenden festzuhalten:

- 1. Die Struktur der Kommission V - Bodengenetik, Klassifikation und Kartierung - hat sich bewährt und sollte nicht geändert werden.

- 2. Fachtagungen sollten mit Exkursionen gekoppelt werden, nach Möglichkeit zunächst verstärkt in den neuen Bundesländern.
- 3. Besonderer Beachtung ist der einheitlichen Ansprache der Böden zu widmen. Grundlage bilden hier die Bodensystematik der Bundesrepublik und die Bodenkundliche Kartieranleitung.
- 4. Es sollte erneut die Verbindung zur Bodenschätzung hergestellt werden.
- 5. Dank gilt allen Mitgliedern, die sich während meines Vorsitzes für die Kommission V eingesetzt haben, besonders meinen Stellvertretern Schröder (Trier), Schräps (Krefeld) und Schmidt (Eberswalde).

Literaturverzeichnis

AK STADTBÖDEN; BLUME, H.-P., BURGHARDT, W., CORDSSEN, E., FINNERN H., FRIED, G., GRENZIUS, R., KNEIB, W., KUES, J., PLUQUET, E., SCHRAPS, W.-G., SIEM, H.-K. (1989):

Empfehlung des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung, urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). Umweltforschungsplan Bodenschutz BMUNR, Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 1o7 o3 oo7/o3, UBA Texte 18/89, Umweltbundesamt, Berlin

FINNERN, H. (1991):

Bodenkartierung in den Alt-Bundesländern, Grundlage für den Bodenschutz. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 65, 71 - 74.

HEINEKE, H.J. (1991):

Der Einsatz von Informationssystemen in der Bodenkunde - zu Aufgabe und Arbeit der AG 4 "Informationssysteme in der Bodenkunde", Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 66, I, 75 - 79.

WITTMANN, O. (1983):

Berichte aus der Kommission V - Bodengenetik, Klassifikation und Kartierung. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 38, 35 - 44.

Gliederung und Lithologie pleistozäner Lagen im Gebiet Sachsen - Anhalts

von

Altermann, M.

1. Einleitung

Das Ausgangsmaterial der Böden ist im Vertikalprofil meistens nicht einheitlich, sondern häufig aus mehreren Schichten aufgebaut. Diese Substratdifferenzierung folgt in den verschiedenen Landschaften bestimmten Gesetzmäßigkeiten, die seit langem bekannt sind und zu diversen Gliederungsschemata und Benennungen für diese Abfolgen führten. Vom Arbeitskreis Bodensystematik der DBG wurde ein Vorschlag unterbreitet, der die Vertikaldifferenzierung in verschiedene Lagen gliedert und diese definiert (vergl. den entsprechenden Beitrag in diesem Band). Dieses vorgestellte Konzept wird für die Kennzeichnung der Lagenabfolgen in den verschiedenen Landschaften Sachsen-Anhalts angewandt.

Sachsen-Anhalt kann großräumig in folgende drei Landschaftsregionen differenziert werden (Gebiete holozäner Erosion und Akkumulation bleiben hier unberücksichtigt):

- Lößfreies Altmoränengebiet (mit einzelnen Sandlößinseln)
- Lößgebiet (lößbedecktes Altmoränengebiet, Lößhügelland, einschließlich Sandlößstreifen am nördl. Lößrand und an einzelnen Flußtalrändern)
- Mittelgebirge (Harz)

Für diese genannten Räume wird die Gliederung und Lithologie der pleistozänen Lagen an Hand von Beispielen vorgestellt.

2. Ausbildung der pleistozänen Lagen im Altmoränengebiet

2.1 Grundmoränenplatten (Altmark, Flämingvorländer)

Auf den Grundmoränenplatten dominiert meistens eine dreigliedrige Lagenabfolge. Der die Oberfläche bildende Geschiebedecksand (Hauptlage) wird an der Basis meistens durch die Steinsohle begrenzt. Unterhalb der Steinsohle folgt etwa bei 1/3 der untersuchten 101 Profile eine geringmächtige Sandschicht, die als Sand-Fließerde angesprochen und der Mittellage zugerechnet wird. Die Mittellage ist also nicht immer vorhanden. Der obere Teil des Lehmkörpers läßt meistens mehr oder weniger deutliche kryogene Strukturen erkennen und dürfte die Basislage repräsentieren. Die Tabelle 1 gibt die Körnung als Mittelwerte wieder. Die lithogenen Unterschiede zwischen der Haupt- und Mittellage beschränken sich im wesentlichen auf die Sandfraktion, die Abgrenzung ist jedoch durch Steinsohle/Steinanreicherung an der Basis der Hauptlage angezeigt. Markant sind dagegen die lithogenen Differenzierungen zwischen Mittel- und Basis-, bzw. zwischen Haupt- und Basislage. Die engen lithogenen Beziehungen zwischen Basislage und liegendem Geschiebemergel werden neben der Körnung auch durch die Färbung dokumentiert. Die Ausscheidung einer Basislage ist nicht immer mit Sicherheit möglich. Die Hauptlage

Die Hauptlage kann im Untersuchungsgebiet aber auch lehmig

Tab. 1: Gliederung und Lithologie (Mittelwerte) der Lagen auf den Grundmoränenplatten mit sandiger Hauptlage
Anzahl d. ausgewerteten Profile: 101 (Mittellage nur bei 30 Profilen); SK=Skelett >2mm i.Vol.&d.Ges.-Bodens; gG=Grobsand, mS=Mittels., fS-Feins., gU=Grobschluff, mU=Mittelschl., fU=Feinschl., T=Ton i.&d. Feinbodens

Lagen	Lithologie	Mächtigtg. cm	Korngrößenzusammensetzung							
			SK	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
Hauptlage	Geschiebedecks.	43	3	7	37	31	11	6	3	5
Mittell.	Sand-Fl.-erde	12	2	7	33	32	11	6	4	7
Basislage	kryogen überpr. Geschiebelehm	75	3	5	25	27	11	7	5	20
	Geschiebemergel		3	5	22	26	14	9	7	17

und nicht sandig ausgebildet sein, so daß in diesen Fällen nicht mehr Geschiebedecksande, sondern - als lithofazielle Bildung - Decklehme vorkommen. An der Basis der Decklehms ist meistens eine Steinsohle/Steinanreicherung vorhanden, die die Abtrennung der Mittellage ermöglicht. Auch hier ist die Mittellage nur etwa in 1/3 der untersuchten Profile entwickelt. Die Hauptlage ist immer "leichter" als die liegende Mittellage/Basislage. Die Körnung von 20 untersuchten Profilen ist in der Tabelle 2 dokumentiert.

Tab. 2: Gliederung und Lithologie (Mittelwerte) der Lagen auf den Grundmoränenplatten mit lehmiger Hauptlage
Anzahl der ausgewerteten Profile: 20 (Mittellage nur bei 7 Profilen), Abkürzungen siehe Tab. 1

Lagen	Lithologie	Mächtigtg. cm	Korngrößenzusammensetzung							
			SK	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
Hauptlage	Decklehm	47	1	6	30	23	12	8	5	16
Mittellage	Lehm-Fließ-erde	14	1	8	26	24	10	7	5	20
Basislage	Geschiebelehm, kryogen überpr.	45	2	6	26	25	11	8	6	18
	Geschiebemergel		2	5	21	27	12	8	7	20

2.2 Hochflächensande, Sanderflächen (Altmark, Flämingvorl.)

Auch die Sandhochflächen des Altmoränengebietes sind durch die periglaziäre Überprägung in mehrere Lagen differenziert. Oberflächenbildend ist die Hauptlage mit der Ausprägung als Geschiebedecksand, der durch eine Steinsohle/Steinanreicherung begrenzt wird. Im Liegenden dieser Lage folgt fast immer ein mehr oder weniger intensiv kryogen oder solifluidal überprägter Sand, der dem liegenden unbeeinflussten (geschichteten) Sand sehr ähnlich ist. Eine eindeutige Zuordnung zur Mittel- oder Basislage muß hier offen und weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Die Hauptlage unterscheidet sich von der/den liegenden Lage/Lagen durch Verschiebungen in den Sandfraktionen und durch höhere Schluff- (vor allen Dingen Grobschluff-) Gehalte. Abgesehen von den bereits erwähnten kryogenen Strukturen sind Mittel-/Basislage vom unbeeinflussten Sand körnungsanalytisch nicht unterscheidbar. Die Mittelwerte aus 110 Profilen sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Tab. 3: Gliederung und Lithologie (Mittelwerte) der Lagen auf Hochflächen- und Sandersanden
Anzahl der ausgewerteten Profile:110; Abkürz.siehe Tab.1

Lagen	Lithologie	Mächtigkeit, cm	Korngrößenzusammensetzung							
			SK	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
Hauptlage	Geschiebedecksand	49	4	12	46	25	7	4	2	4
Mittel- lage/ Basis- lage	Sand- Fließ- erde/ kryog. über- prägl. Sand	72	5	14	52	25	4	2	1	2
	glazig. Sand		5	14	53	26	3	1	1	2

3. Ausbildung der pleistozänen Lagen im LÖB-/Sandlößgebiet

3.1 Lößgebiet

Die Lößdecken zeigen im Vertikalprofil lithologisch bedingte Unterschiede, die für das anhaltinische Lößgebiet bereits nachgewiesen wurden (ALTERMANN & SCHRÖDER 1992). Nach diesen Untersuchungen nimmt der Grobschluffanteil im unteren Teil der Lößdecke zu und der Sandanteil ab. Die über 1 m mächtigen Lößdecken sind im Vertikalprofil mehr oder weniger deutlich sedimentär differenziert. Die Lößdecke kann lithologisch geteilt werden, wobei der obere Teil durch die Basis des untersten Humushorizonts bzw. des Bv-Horizonts der Schwarzerde oder bei den Fahlerden durch die Untergrenze des Al-Horizonts markiert wird. Unbestritten scheint, daß das obere Lößpaket der Hauptlage zu-

zuordnen ist, während die Stellung des unteren (Mittellage?) unklar bleibt. Das untere Lößpaket enthält verschiedentlich auch Fließstrukturen bzw. schwach ausgeprägte kryogene Strukturen. Die Basislage ist im Liegenden der Lößdecken entwickelt und materialabhängig unterschiedlich ausgeprägt (kryogen überprägte glazigene Sedimente, Fließerden, Schutte aus paläozoischen oder triassischen Gesteinen).

3.2 Sandlößgebiet

Im Sandlößgebiet ist die lithologische Differenzierung klar erkennbar und körnungsanalytisch belegbar. In Abhängigkeit von der Sandlößmächtigkeit lassen sich diese Decken in einen oberen sandreicheren, schluffärmeren und einen unteren sandärmeren, schluffreicheren Teil lithologisch differenzieren (ALTERMANN 1978). Das oberflächenbildende sandreichere Sandlößpaket wird in die Hauptlage, das schluffreichere liegende Sandlößpaket, das meistens deutliche kryogene Strukturen aufweist, in die Mittellage eingestuft. Die Mittellage ist dabei nur bei >6..8 dm mächtigen Sandlößdecken (nur bei der Hälfte der ausgewerteten Sandlößprofile) entwickelt. Die Basislage repräsentieren Fließerden bzw. Kryoturbationshorizonte, die aus unterschiedlichsten glazigenen Sedimenten gebildet wurden (wegen der Vielfältigkeit der Bildungen aus Platzgründen hier nicht mit in die Tab. 4 aufgenommen).

Tab. 4: Gliederung u. Lithologie (Mittelwerte) der Lagen in Sandlößdecken

Anzahl der ausgewerteten Profile: 46 (Mittellage nur bei 23 Profilen); Abkürzungen siehe Tab.1

Lagen	Lithologie	Mächtigkeit, cm	Korngrößenzusammensetzung							
			SK	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
Hauptlage	Sandlöß, überpr.	51	1	3	22	15	34	12	4	10
Mittellage	Sandlöß, kryogen überpr.	31	0	1	10	11	43	13	4	18
Basislage	kryogen überpr. glaz.Sed.; Fließerden									
	glaz.Sed.									

4. Ausbildung der pleistozänen Lagen im Mittelgebirge (Harz)

Die Lagenkennzeichnung ist für die Mittelgebirge meistens am besten bekannt, was auch für den Harz zutrifft. Ohne in diesem Rahmen auf Details eingehen zu können, sollen an Hand von wenigen Beispielen die möglichen Lagenabfolgen charakterisiert werden.

Die viergliedrige Lagenabfolge ist im Harz nur im Verbreitungsgebiet von Hartgesteinen (Quarzit, Granit, Quarz, z.T. Keratophyr) verbreitet, jedoch nicht flächendeckend. Die Oberlage ist meist an Klippen und Gesteinsdurchragungen gebunden, und sie setzt sich aus einem feinerdearmen Gesteinsschutt zusammen. Charakteristisch sind deren große Mächtigkeitsschwankungen. Die Feinerdezusammensetzung ähnelt der Hauptlage, wodurch auf die Herkunft der Feinerde aus dieser hingewiesen wird. Die Hauptlage ist skelettärmer und auch bis in die höchsten Harzlagen durch Lößanteile gekennzeichnet. Die Mittellage wird im Verbreitungsgebiet der Oberlage reliefbedingt nur selten angetroffen (bei den ausgewerteten 30 Profilen im Quarzitgebiet nur 6 mal), aber sie ist auf Grund der Körnung, des Gefüges und weiterer Merkmale von der Hauptlage gut abgrenzbar. Markant sind die Körnungsunterschiede der Haupt-/bzw. Mittellage zur Basislage. Als Beispiel wird die viergliedrige Lagenabfolge über Quarzit dokumentiert (Tab. 5).

Tab. 5: Gliederung und Lithologie (Mittelwerte) von viergliedrigen Lagenabfolgen im Harz (Beispiel Quarzitgebiet)
Anzahl der ausgewerteten Profile: 30 (Mittellage nur bei 6 Profilen); Abkürzungen siehe Tab.1

Lagen	Lithologie	Mächtigkeit, cm	Korngrößenzusammensetzung							
			SK	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
Oberlage	Gesteinsschutt	55	57	10	10	16	26	20	6	12
Hauptlage	Feinerdeschutt	40	42	8	7	10	29	16	7	23
Mittellage	Schutt-Feinerde	18	29	5	7	11	37	19	5	16
Basislage	Gesteinsschutt	110	45	11	14	19	22	14	5	15
	Quarzit									

Häufiger treten im Harz die Lagenabfolgen Hauptlage - Mittellage - Basislage bzw. Hauptlage - Basislage (bei ausfallender Mittellage) auf. Im kuppigen und stärker geneigten Gelände ist die Hauptlage überwiegend als Feinerde-Schutt entwickelt, an Flachhängen und auf Plateaus tritt ein schluffreiches, skelettärmeres Äquivalent auf, das als Gebirgslöß bezeichnet wurde. Beide Bildungen wechseln auf kurzen Entfernungen miteinander ab, und es sind somit lithofazielle Bildungen. Die Mitteldecke kommt meist nur an Flachhängen, auf Plateaus und in Talwannen im Liegenden der Hauptlage vor. Oft sind nur noch Reste (Fetzen, Linsen) als Erosionsrückstände erhalten. Die Verbreitung der Mittellage ist reliefabhängig, und sie ist in stärker geneigten

Gebieten äußerst selten. Neben solifluidalen Strukturen sind in der Mittellage bzw. an ihrer unteren Begrenzung auch Kryoturba-tionen festzustellen. Die Mittellage ist meistens etwas sand-ärmer und grobschluffreicher und immer tonreicher als die Haupt-lage. Im Untersuchungsgebiet hat die Mittellage deutlichen Löß-charakter. In der Schwermineraführung ist die Mittellage durch höhere Anteile stabiler Minerale (Turmalin, Zirkon, Rutil, Tita-nit) und geringere Gehalte von Hornblende und Augit gegenüber den Bildungen der Hauptlage gekennzeichnet. Die Basislage kommt auf fast allen Reliefpositionen vor, wobei Gesteinsschutte domi-nieren, aber auch Fließerden ausgebildet sein können. Mächtigkeit und Zusammensetzung der Basislage sind sehr vielfältig und von der Ausbildung des liegenden Gesteins abhängig. In der Ta-belle 5 sind Gliederung und Lithologie der Lagen im Verbrei-tungsgebiet von Tonschiefern, Grauwacken, Diabasen, Keratophyren und Schalsteinen dokumentiert.

Tab. 6: Gliederung und Lithologie (Mittelwerte) von drei- bzw. zweigliedrigen Lagenabfolgen im Verbreitungsgebiet von Tonschiefer, Grauwacke, Diabas, Keratophyr/Schalstein
Anzahl der ausgewerteten Schichten:

Hauptlage (Feinerdeschutt): 119
Hauptlage (Gebirgslöß): 358
Mittellage: 258
Basislage (Gesteinsschutt): 256 (aus ALTERMANN 1985)

Lagen	Lithologie	Mäch-tigk. cm	Korngrößenzusammensetzung							
			SK	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
Haupt-lage	Fein-erde-schutt /	44	29	15	8	6	26	18	12	15
	----- Gebirgs-löß	44	7	7	5	5	33	22	11	17
Mit-tel-lage	Löß-/Lehm-Fließ-erde	46	5	6	4	5	34	19	9	23
Basis-lage	Ge-steins-schutt	55	61	17	12	10	20	13	9	19
	Tonsch., Grauw., Diabas, Kerat.									

5. Literaturauswahl

- ALTERMANN, M. (1985): Standortkennzeichnung landwirtschaftlich genutzter Gebiete des östlichen Harzes.- Diss. B., Universität Rostock
ALTERMANN, M.; H.-J. FIEDLER (1978): Die Kennzeichnung der Böden in den Sandlößgebieten außerhalb des Lößgürtels der DDR unter besonderer Berücksichtigung des Substrataufbaues.- Beiträge zur Geographie, 29 (157-199), Berlin
ALTERMANN, M.; H. SCHRÖDER (1992): Zur Kennzeichnung der Schwarzerden aus Löß in Sachsen-Anhalt.- Kühn-Arch 86, 1(9-20), Hamburg und Berlin

Gliederung von pleistozänen Lagen

von

Altermann, M.

1. Definition und Gliederung

L a g e n sind mit der Tiefe wechselnde Bereiche eines Bodens, die sich in lithogenen oder pedogenen Merkmalen unterscheiden. Pedogene Lagen werden als Horizonte, lithogene als Schichten bezeichnet.

Die nachfolgend definierten Lagen sind im periglazialen Milieu umgebildete Gesteine und/oder Böden der obersten Lithosphäre.

Sie sind das Ergebnis von Turbationen und lateralen Umlagerungen (insbesondere solifluidaler Ab- und Auftrag). Bei der Bildung war in unterschiedlichem Maße äolisches Material beteiligt.

Ihre stoffliche Zusammensetzung und Lagerungsart (Komponenteneinregelung, kryogene Strukturen, Verdichtungen, Verfestigungen und Bodenskelettanreicherungen) ist vertikal und lateral mehr oder weniger differenziert.

Sie sind vom liegenden Gestein (Lokalanteil) und in unterschiedlichem Maße von Fremdanteilen (z.B. äolisches Material) geprägt sowie in Abhängigkeit vom Relief und von den paläogeographischen Verhältnissen modifiziert.

Nach dem relativen Alter und der stofflichen Zusammensetzung wird die Vertikalabfolge der Lagen lithostratigraphisch differenziert in

**BASISLAGE(N),
MITTELLAGE(N),
HAUPTLAGE und
OBERLAGE (jüngste).**

Bei der Zuordnung ist der räumliche Zusammenhang in und zwischen den verschiedenen Bodenlandschaften zu beachten. Nur selten ist die Vertikalabfolge der Lagen vollständig entwickelt.

Bodenaufbau, Bodenverbreitung und Bodeneigenschaften hängen wesentlich von der Zusammensetzung und der Vertikalabfolge der Lagen ab.

B A S I S L A G E (N)

Die Basislage ist aus den liegenden oder in Nachbarschaft hangaufwärts autochthon vorkommenden Gesteinen hervorgegangen. Sind äolische Fremdanteile enthalten, so treten sie allenfalls untergeordnet (im Gelände nicht oder nur schwer erkennbar, oft nur analytisch nachweisbar) auf. Die Basislage kann mehrgliedrig sein. Die Basislage ist - abgesehen von stark exponierten Geländeformationen (z.B. Schichtkämme, Steilhänge) - weit verbreitet.

M I T T E L L A G E (N)

Die Mittellage kommt in der Regel im Hangenden der Basislage(n) vor und enthält immer einen erkennbaren äolischen Anteil. Dadurch ergibt sich zur Basislage ein markanter Substratunter-

schied. Die Mittellage kann mehrgliedrig sein. Sie ist im Bergland im allgemeinen nur in erosionsgeschützten Positionen erhalten.

HAUPTLAGE

Die Hauptlage ist außerhalb holozäner Erosions- und Akkumulationsbereiche sowie außerhalb der Verbreitungsgebiete der Oberlage allgemein oberflächenbildend. Sie kommt im Hangenden der Mittellage(n) bzw. Basislage(n), selten über Anstehendem vor und enthält immer äolisches Material. In weiten Gebieten sind in der Hauptlage allerödzeitliche Bimsaschen enthalten. Damit ist in diesen Fällen die jungtundrenzeitliche Bildung bzw. Überprägung belegt. Die Mächtigkeit der Hauptlage ist in allen Reliefpositionen auffällig konstant und schwankt nur wenig um 50 cm.

OBERLAGE

Im Hangenden der Hauptlage können weitere Lagen auftreten, die dann als Oberlage bezeichnet werden. Sie ist z.B. in einigen Mittelgebirgen im Gebiet klippenbildender Gesteine verbreitet bzw. an Felsdurchragungen gebunden und durch die jeweils dort vorkommenden Gesteine geprägt. In diesem Fall dominieren Schutte, deren Mächtigkeiten erheblich schwanken und in welche Material der liegenden Lage eingearbeitet sein kann.

Folgende Lagenabfolgen dominieren:

bei Vorhandensein der Oberlage

OL - HL - ML - BL
OL - HL - BL
OL - BL
OL

bei fehlender Oberlage

HL - ML - BL
HL - BL
HL

2. Parallelisierung verschiedener Nomenklaturen (siehe Tab. 1)

3. Wesentliche diagnostische Geländemerkmale (siehe Tab. 2)

4. Literaturauswahl (zur Tabelle 1)

ARBEITSKREIS BODENSYSTEMATIK DER DBG (1991): Bericht über die Forschungsarbeiten im Zusammenhang mit den Forschungsvorhaben "Periglaziale Deckschichten" mit dem Kennwort "Deckschichten" und dem Zeichen Wi 424/2-2 der DFG.- unveröffentlicht, München

ALTERMANN, M.; LIEBEROTH, I.; SCHWANECKE, W. (1988): Gliederung der Lockergesteinsdecken der Mittelgebirge.- Z. angew. Geol., 34(10):302-306; Berlin

KOPP, D. (1970): Periglaziäre Umlagerungs- (Perstruktions-)zonen im nordmitteleuropäischen Tiefland und ihre bodengenetische Bedeutung.- Tag.-Ber. Dt. Akad. Landwirtsch.-Wiss., 102:55-81; Berlin

RICHTER, H.; RUSKE, R.; SCHWANECKE, W. (1970): Die periglaziäre Fazies im löbfreien Hügelland und im Mittelgebirge.- Peterm. Geogr. Mitt., Ergänzungsheft 274:57-97; Gotha

SCHILLING, W. & WIEFEL, H. (1962): Jungpleistozäne Periglazialbildungen und ihre regionale Differenzierung in einigen Teilen Thüringens und des Harzes.- Geologie, 11:428-460; Berlin

SEMMELE, A. (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen.- Frankfurter Geogr. H., 45:133; Frankft.

Tabelle 1: Parallelisierung verschiedener Nomenklaturen (Auswahl)

SCHILLING & WIEFEL 1962	SEMMEL 1968	KOPP 1970	RICHTER, RUSKE & SCHWANECKE 1970	ALTERMANN, LIEBEROTH & SCHWANECKE 1988	AK BODENSYSTEMATIK d. DBG 1991
Deckfolge			γ - Zone; obere periglaziäre Deckzone	Oberdecke	Oberlage OL
Hauptfolge	Deckschutt	δ - Zone; periglaziäre Deckzone	δ - Zone; mittlere periglaziäre Deckzone (Hauptdeckzone)	Mitteldecke = oberer Teil der Hauptdecke	Hauptlage HL
	Mittelschutt	ϵ - Zone; perigl.Üb. gangsz ob.Tl.	ϵ - Zone; mittlere periglaziäre Übergangszone	Zwischendecke = unterer Teil der Hauptdecke	Mittellage(n) ML
Basisfolge	Basischutt	ζ - Zone; periglaz. Übergangszone unterer Teil	ζ - Zone; untere periglaziäre Deckzone (untere periglaziäre Übergangsz.)	Basisdecke jüngere ältere	Basislage(n) BL

Tabelle 2: Wesentliche diagnostische Geländemerkmale

Bez. der Lage	Kriterien	Geländemerkmale
OBERLAGE (OL)	Verbreitung	Mittelgebirge, Hartgesteinsdurchragungen
	Mächtigkeit	0 - >10 dm
	Körnung	Gesteinsschutt, feinerdearm
	weitere Merkmale u. Besonderheiten	z.T. in Taschen u. Keilen ins Liegende reichend; starke Mächtigkeitsschwankungen

Fortsetzung von Tabelle 2

HAUPTLAGE (HL)	Verbreitung	oberflächenbildend außerhalb holoz. Abtragung u. Akkumulation u. der Verbreitung der Oberlage
	Mächtigkeit	3 - 7 dm
	Körnung Feinerde	schluffhaltige/-reiche Feinerde; bei schluffig-toniger ML bzw. BL: schluff-u. tonärmer als ML/BL; bei sandiger ML bzw. BL: schluff-u. tonreicher als ML/BL;
	Skelett	skelettfrei bis skelettreich; Mittelgebirge: deutl. skelettärmer als OL, skelettreicher als ML; Tiefland: meist skelettreicher als ML/BL
	weitere Merkmale u. Besonderheiten	häufig Steinsohle/Steinanreicherung an der Basis; z.T. in Taschen u. Keilen ins Liegende reichend; bei fehlender ML markante Substratunterschiede z. BL
MITTEL-LAGE (ML)	Verbreitung	im Berg-u. Hügelland nur in erosionsgeschützten Positionen, in anderen Gebieten häufig nicht sicher von HL u. BL abgrenzbar
	Mächtigkeit	0 - >5 dm
	Körnung Feinerde	schluffhaltige/-reiche Feinerde; bei schluffig-toniger HL: schluff- u. tonreicher als HL; bei schluff-u. tonärmer HL und lehmig-toniger BL: deutl. sandiger als BL;
	Skelett	skeletthaltig bis skelettfrei, i.d. Regel skelettärmer als HL
	weitere Merkmale und Besonderheiten	häufig Steinsohle/Steinanreicherung an der Basis; z.T. in Taschen u. Keilen ins Liegende reichend; Solifluktuionsmerkmale; häufig dichter als HL; markante Substratunterschiede zur BL
BASISLAGE (BL)	Verbreitung	fast flächendeckend über von der Lagenbildung unbeeinflussten Gesteinen
	Mächtigkeit	2 - >10 dm
	Körnung	stark schwankend: von unterlagernden oder in Nachbarschaft hangaufwärts vorkommenden Gesteinen abhängig (auch die Färbung)
	weitere Merkmale und Besonderheiten	Taschen, Keile, Solifluktuionsmerkmale, fossile Bodenreste möglich; Längsachsen des Skeletts meist in Hangrichtung eingeregelt; z.T. stark verdichtet gegenüber HL/ML oder liegendem Gestein

Das Fachinformationssystem Bodenkunde der BGR (FISBo BGR) - III. Zuordnung bodensystematischer Einheiten der ehemaligen DDR zu denen der Bundesrepublik Deutschland

von

Altermann, M.[†] und D. Kühn^{††}

Vorbemerkungen

Die Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten im Jahre 1990 war Anlaß, auf dem Fachgebiet Bodenkunde einen wissenschaftlichen Vergleich der bis dahin verwendeten Methoden und Richtlinien durchzuführen. Bei der weiteren bodenkundlichen Arbeit, insbesondere in den neuen Bundesländern, kann auf das in der ehemaligen DDR erarbeitete Datenmaterial nicht verzichtet werden. Dies trifft für Aufgaben von Firmen und öffentlichen Behörden gleichermaßen zu. Letztere sind - ähnlich den entsprechenden Behörden in den alten Bundesländern - bemüht, das Fachinformationssystem Bodenkunde aufzubauen. Das Ziel der weiteren Nutzung bodenkundlicher Datenbestände der ehemaligen DDR muß es deshalb sein, diese mit anderen Nomenklaturen zu parallelisieren und zu bewerten.

Zweck der Zuordnung

Eine zentrale Bedeutung bei der Transformation und Nutzung von bodenkundlichen Parametern und Karten der ehemaligen DDR nimmt die Bodensystematik ein. Viele bodenkundliche Einzeldaten der neuen Bundesländer - insbesondere bei fehlenden Analysedaten - lassen sich nicht oder nur schwierig bzw. aufwendig über die aggregierte Form einer bodensystematischen Einheit anderen Nomenklaturen gegenüberstellen und in diese einordnen. Derartige Versuche liegen bereits vor (EHWALD 1991; LIEBEROTH, KOPP & SCHWANECKE 1990; SCHMIDT 1990; ALTERMANN & KÜHN 1993).

Die bisherigen Festlegungen zur Bodensystematik in der Bundesrepublik Deutschland sind im wesentlichen in der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 3. Auflage Hannover (1982), sowie im Band 44 der Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (1985) konzentriert. Beide Materialien stimmen - von wenigen Abweichungen abgesehen - überein. Für die ehemalige DDR wurden in der TGL 24300 (Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen Nr. 24300) die standardisierten Einheiten der Bodenklassifikation für die Kartierung landwirtschaftlich genutzter Flächen verbindlich geregelt. Diese Kartierung liegt im Maßstab 1 : 100 000 gedruckt für die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche der neuen Bundesländer vor. Die forstliche Standortkartierung erfolgte nach speziellen Richtlinien und arbeitete auf dem unteren großmaßstäbigen Niveau zusätzlich mit Lokalbezeichnungen in Verbindung mit der Angabe der Bodenform. Die folgenden Ausführungen zum Vergleich der Bodensystematiken basieren primär auf den Vorgaben zum Bodentypenniveau.

Allgemeine Unterschiede

Tab. 1: Kriterien für die Ausscheidung von bodensystematischen Einheiten

pedologische Kriterien	weitere Kriterien
Horizontabfolge	Geogene:
Mächtigkeit o. Tiefenstufe von Horizonten	Kalkgehalt
Humusgehalt / -qualität	Lithologie (Festigkeit u.a.)
Vernässungsgrad / -art	Geographische:
Bodengefüge	Lage / Relief
Stoffverlagerung	Entstehungsort (allochthon / autochthon)

Die Tabelle 1 zeigt mögliche Kriterien, die zur Ausscheidung von bodensystematischen Einheiten herangezogen werden. Dies geschah jedoch in den zu vergleichenden Systematiken unterschiedlich. Ausdruck dafür ist z.B. die unterschiedliche Anzahl der Bodentypen. Die bodenkundliche Kartieranleitung weist, schließt man die wichtigsten Kultusole mit ein, 80 Bodentypen aus. Die TGL 24300/04 und /08 umfassen 36 Bodentypen. Dabei waren in der TGL Marsch-, semisubhydrische und subhydrische Böden sowie fossile Böden analog den Klassen der Terrae Calcis, Plastosole und Latosole nicht

[†]) Büro für Bodenökologie, Bodenkartierung, Bodenschutz; Kefersteinstr. 3, 06110 Halle

^{††}) Bundesanstalt für Geowiss. und Rohstoffe, Außenstelle Berlin, Invalidenstr. 44, 10106 Berlin

berücksichtigt. Diese zuletzt genannten Böden, deren Typenzahl 26 beträgt, spielen deshalb beim Vergleich eine untergeordnete Rolle. Es sei jedoch darauf verwiesen, daß nach den Regeln der TGL 24300 die Marschenböden vorwiegend zu den halbydromorphen und hydromorphen Mineralböden zu stellen wären. Die Besonderheiten der Ablagerung ihres Ausgangsmaterials würden sich in der Substratklassifikation der TGL widerspiegeln. Die semisubhydrischen Wattböden kamen auf dem ehemaligen DDR-Territorium nicht vor. Subhydrische Böden wurden nach anderen speziellen Richtlinien und nicht nach der TGL in vergleichbarer Weise wie in der alten Bundesrepublik gegliedert.

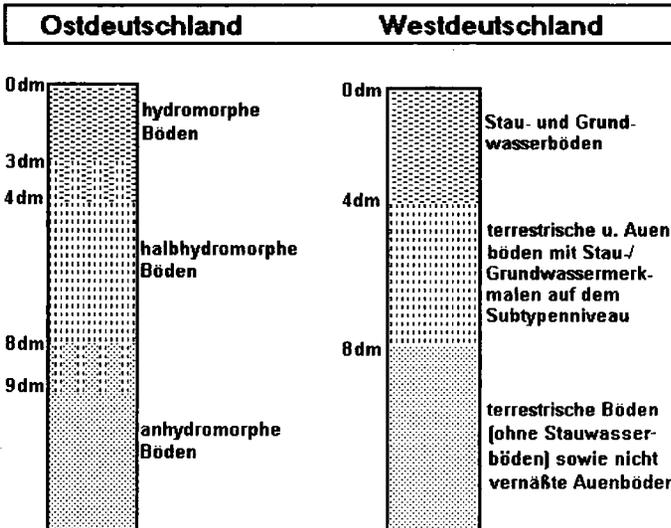
Beim Aufbau der betreffenden Systematik bzw. Klassifikation in den erwähnten Materialien wurden bestimmte Vorbilder genutzt. Die Bodenkundliche Kartieranleitung von 1982 und der Band 44 der Mitteilungen der DBG von 1985 bauen u.a. auf der Systematik von MÜCKENHAUSEN (1959) auf. Die TGL lehnte sich stark an international übliche Klassifikationen, u.a. auch die der Soil Taxonomy von 1975, an. Eine einseitige Ausrichtung der Bodenklassifikation der ehemaligen DDR nach sowjetischen Vorbild gab es entgegen anderslautenden Behauptungen somit nicht.

Neben regional bedingten Abweichungen, die sich in den Bodensystematiken niederschlagen, gibt es dennoch wesentliche Unterschiede. In der westdeutschen Bodensystematik versuchte man alle bodenkundlich relevanten Phänomene der Bodendecke zu berücksichtigen. Das galt insbesondere auch für die in der Tab. 1 gezeigten nichtpedologischen Kriterien. Die Bodenkunde der ehemaligen DDR beschränkte hingegen einen anderen Weg. Die Bodensystematik war einerseits eine Klassifikation der Böden, die sich stark an den Erfordernissen der Nutzung wissenschaftlicher Ergebnisse in der Praxis, vorwiegend der Landwirtschaft, orientierte. Dabei spielte auch die flächenhafte Verteilung für die Stellung der Böden in der Klassifikation eine wesentliche Rolle. Andererseits wurde versucht, die Klassifikation weitgehend nach pedologischen Kriterien aufzubauen. Die weiteren nichtpedologischen Kriterien konnten größtenteils in der Substratklassifikation, ebenfalls in der TGL 24300 enthalten, geregelt werden. Die Zusammenführung der Substrateinheit mit der Einheit der Bodenklassifikation ergab die Bodenform, die die Grundlage für alle Kartierungen, Beurteilungen und Bewertungen bildete.

Spezielle Unterschiede

Die Bodensystematik Westdeutschlands faßt die Böden in 6 Abteilungen zusammen. Die TGL unterscheidet zwischen 5 Gruppen von Böden, die den Abteilungen der anderen Systematik gegenübergestellt werden können.

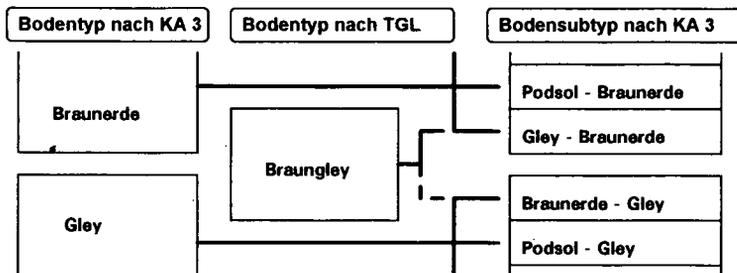
Abb. 1: Tiefenstufen zur Kennzeichnung der Bodenwasserverhältnisse



Die Abbildung 1 deutet bereits auf der Ebene der Abteilungen bei Mineralböden Zuordnungsprobleme

an. Das Kriterium Vernässungsgrad wird in sehr unterschiedlicher Art und Weise zur Bildung bodensystematischer Einheiten herangezogen. In Ostdeutschland hatte sich die Betonung dieses Kriteriums in der praktischen Anwendung und Interpretation der Ergebnisse bodenkundlicher Arbeiten bewährt. Vor allem Nutzungsbeschränkungen und Bewirtschaftungshinweise wurden aus den entsprechenden Unterlagen abgeleitet. Auf das Problem der Handhabung von Tiefenstufenübergangsbereichen für die eindeutige Zuordnung einzelner Einheiten sei hier nur hingewiesen (siehe Abb. 1 u. 2). Durch die starke Betonung des Kriteriums Vernässungsgrad bzw. der Bodenwasserverhältnisse wurden bestimmte Böden in der Klassifikation der TGL anders zugeordnet als in der westdeutschen Bodensystematik. So zählten die Staunässeböden zu den hydromorphen Böden. In der Systematik der Bundesrepublik finden wir diese bei den terrestrischen Böden. Halbhydromorphe Böden wurden in der TGL auf das Typenniveau gehoben. Sie vereinigen nach dem System der alten Bundesrepublik jedoch 2 Subtypen und sind demzufolge überbetont worden (siehe Abb. 2: Beispiel Braungley). Ähnlich verhält es sich mit den Bodentypen Fahlstaugley, Braunstaugley, Schwarzgley oder Rostgley der TGL. Die Kombination von Stau- und Grundvernässung führte je nach Vernässungsgrad zur Ausscheidung des hydromorphen Typs Amphigley oder des halbhydromorphen Typs Halbamphigley.

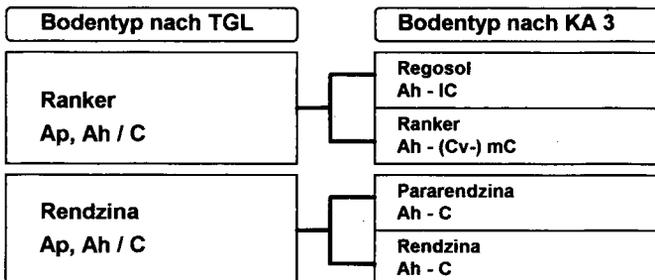
Abb. 2: Zuordnungsbeispiel von halbhydromorphen Bodentypen



Die Klasse der Auenböden nach der Bodensystematik Westdeutschlands hat in der TGL keine Entsprechung, da nur die Vega oder der Vegagley auf dem Typenniveau berücksichtigt wurden. Somit spielte das geographische Kriterium der Auenlage bei Böden aus nicht verlagertem Bodenmaterial keine Rolle. Diese Böden gehörten nach der TGL entsprechend ihren Bodenwasserverhältnissen zu anhydromorphen, halbhydromorphen oder hydromorphen Böden.

Die Gliederung der Moorböden war in der TGL auf landwirtschaftlich nutzbare Niedermoorböden orientiert und berücksichtigte deshalb verschiedene pedogene Erscheinungen der Degradation, die mit der Nutzung und Moorentwässerung einhergingen. Für Niedermoor wurden 6 Bodentypen ausgeschieden.

Abb. 3: Beispiele unterschiedl. Berücksichtigung geogener Merkmale



Aufgrund der unterschiedlichen Berücksichtigung von nichtpedogenen Kriterien bei der Ausscheidung von Bodentypen ergeben sich weitere spezielle Unterschiede beispielsweise bei der Berücksichtigung der Festigkeit des Ausgangsgesteins oder des primären Kalkgehaltes (siehe Abb. 3). Pelosole mit ihrer Schrumpfungs- und Quelldynamik wurden, in der TGL nicht berücksichtigt. In Verbindung mit der Substratklassifikation wurden sie zu Rankern oder Rendzinen gestellt.

Die anthropogenen Böden sind in beiden Systematiken, bezieht man die wichtigsten Kulturosole der Bodenkundlichen Kartieranleitung mit ein, verschieden untergliedert. Während die Systematik der alten Bundesrepublik Rigol- und Auftragsböden ausweist, werden in der TGL die Rigolerde und anhydromorphe, halbhydromorphe und hydromorphe Kolluvialerden unterschieden. Demgegenüber zählt die Klasse der Kolluvien in der Bodenkundlichen Kartieranleitung zur Abteilung der terrestrischen Böden. Auch hier zeigt sich die unterschiedliche Wichtung des Kriteriums Vernässung. Durch die Kombination mit der Substratklassifikation konnten in der ehemaligen DDR die Auftragsböden ausreichend charakterisiert werden. Im geologischen Industriezweig der ehemaligen DDR wurde für die Kennzeichnung von Böden in Bergbaufolgelandschaften eine die TGL ergänzende Kippbodenformensystematik geschaffen. Sie lehnt sich im wesentlichen an die Substratklassifikation der TGL an.

Schlussfolgerungen

Eine Zuordnung aller bodensystematischen Einheiten, wie sie in der ehemaligen DDR Verwendung fanden, kann unter Nutzung des Subtypen- und teilweise auch des Varietätenniveaus der Systematik Westdeutschlands realisiert werden. Auf verbleibende Unsicherheiten wurde bereits hingewiesen. Eine Auflistung der bodensystematischen Einheiten beider Bodensystematiken und deren Parallelisierung wird demnächst in der Zeitschrift für Angewandte Geologie vorgelegt. Nach der Meinung der Autoren ist die Erarbeitung einer Bodenformensystematik als Ergebnis der Kombination von Substrat- und Bodensystematik wünschenswert. Dies setzt jedoch voraus, daß die Bodensystematik in ihrem momentanen Umfang reduziert wird. Ausschließlich aufgrund nichtpedologischer Kriterien ausgeschiedene Bodentypen, könnten zukünftig weitgehend entfallen und durch die Kombination von Substratsystematik und Bodensystematik als Bodenformen umfassender als bisher gekennzeichnet werden.

Literatur:

- Altermann, M.; Kühn, D.** (1993): Parallelisierung der bodensystematischen Einheiten der ehemaligen DDR mit denen der Bundesrepublik Deutschland (unveröffentlichtes Manuskript)
- Altermann, M.; Kühn, D.** (1991): Erfassungsrahmen für die DS-Känozoikumkompatible Datenbank Aufschlusdaten im Datenspeicher umwelt- und bodenrelevante Daten. - GFE GmbH Halle (unveröffentlichtes Manuskript)
- Arbeitskreis Bodensystematik** (1985): Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland - Kurzfassung. - Mitt. Dt. Bodenkdl. Gesell., 44, 1 - 90, Oldenburg
- Autorenkollektiv** (1979): Arbeitsrichtlinie Bodengeologie. - Geol. Forsch. u. Erk. Halle
- Autorenkollektiv** (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 3. Auflage, Hannover
- Ehwald, E.**[†] (1991): Bodenhorizonte und bodensystematische Einheiten Mitteleuropas im internationalen Vergleich. - Petermanns Geographische Mitteilungen 135, Gotha, 1, S. 61
- Fachbereichsstandard TGL 24300/04** (1986): Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte - Moorböden
- Fachbereichsstandard TGL 24300/08** (1986): Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Böden - Horizonte, Bodentypen und Bodenformen von Mineralböden
- Lieberoth, L.; Kopp, D.; Schwanecke, W.** (1990): Zur Klassifikation der Mineralböden bei der landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Standortkartierung. - Petermanns Geographische Mitteilungen H. 3, S. 153 - 163
- Mückenhausen, E.** (1959): Die wichtigsten Böden der Bundesrepublik Deutschland. -Frankfurt (Main)
- Oelkers, K.-H.** (1984): Datenschlüssel Bodenkunde - Symbole für die automatische Datenverarbeitung bodenkundlicher Geländedaten. - Hannover
- Schmidt, R.** (1990): Voraussetzung und Möglichkeiten zur Vereinheitlichung der Bodenaufnahme in Deutschland - Methodenvergleich und erste Vorschläge (Diskussionspapier).- Inst. f. Bodenkunde u. Bodenschutz Eberswalde im Forschungszentrum f. Bodenfruchtbarkeit, Eberswalde

Steinschuttbeeinflusste Böden in den Alpen

von

Auerswald, K. und A. Scheinost

Einleitung:

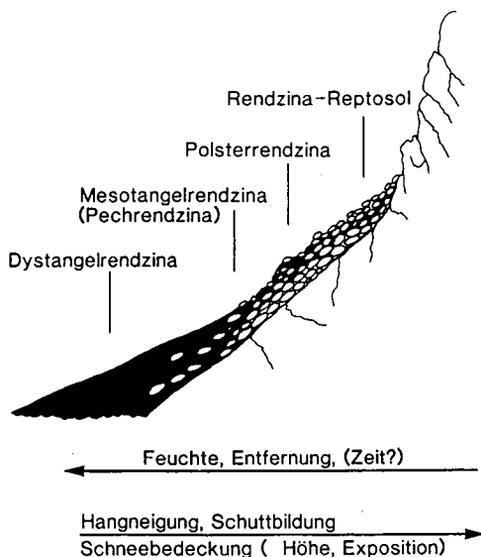
Die Böden der Alpen sind hinsichtlich Genese, Ökologie und Systematik bisher nur wenig bearbeitet. KREUTZER & GROTTENTHALER (1991) systematisierten kürzlich die Böden, die durch geringe Mineralbodenanteile geprägt sind. In der vorliegenden Arbeit wird nun der Einfluß eines zunehmenden Steineintrags auf die Bodenentwicklung dargestellt.

Material & Methoden:

Eine Sequenz mit unterschiedlichem Steinschutteintrag wurde im Karwendel beprobt, mit üblichen Methoden untersucht und pflanzensoziologisch bewertet. Um die Variationsbreite der Böden mit dem höchsten Schutteintrag, die im folgenden *Reptosol* genannt werden, besser abzudecken, wurden im Stubai weitere Reptosole auf Kalk und auf Gneis untersucht.

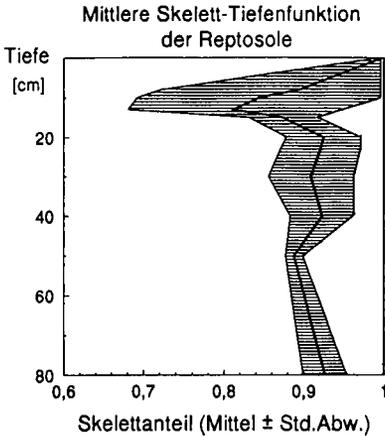
Ergebnisse:

Eine idealisierte Abfolge bei zunehmendem Schutteintrag ist in Abb. 1 dargestellt. Alle Böden werden in ihren Eigenschaften stark von der organischen Substanz geprägt (Ton i.d.R. < 5%). Mit zunehmendem Schutteintrag nehmen C- und N-Vorrat ab. Die N-Versorgung der Vegetation verbessert sich jedoch, da das C/N-Verhältnis mit abnehmendem Humusvorrat von ca. 30 auf 10 sinkt ($r = 0,99$). Auch die Austauschkapazität und die Menge der sorbierten Alkali- und Erdalkali-Ionen (AE-Ionen) sinkt. Ihre Verfügbarkeit steigt jedoch ebenfalls an, da sich die Austauschkapazität pro durchwurzeltem Bodenvolumen wegen



¹⁾ LEHRSTUHL FÜR BODENKUNDE DER TU MÜNCHEN, D-85350 FREISING

der zunehmenden Trockenraumdichte nur wenig verändert, die AE-Sättigung aber ansteigt. Mit dieser ist daher auch die Reaktionszahl der Vegetation eng korreliert ($r = 0,95$).



Die Reptosole auf den Schutthalden können nach KA3 nicht benannt werden. Auf Grund ihres Profilaufbaus, aus einem extrem feinerdearmen ($\ll 5\%$) obersten Horizont, der beweglich ist, einem feinerdeangereicherten mittleren Horizont und einem wieder feinerdearmen unterem Horizont (Abb. 2), haben sie besondere ökologische Eigenschaften, die sie von anderen Mineralböden unterscheiden:

- Das Wasserangebot (mittlere Feuchtezahl = 3,2) liegt selbst über dem ganzjährig nasser Tangelrendzinen, weil der obere Steinhorizont die Verdunstung und der untere die Versickerung behindert und der schütterer Bewuchs nur wenig Wasser verbraucht. Trotz des hohen Wasserangebots zeigt die Vegetation die beste

Durchlüftung aller untersuchten Böden an (mittlere Luftmangelzahl: 2,6), was auf die großen luftgefüllten Poren des obersten und untersten Steinhorizontes zurückzuführen ist.

- Ihre Dynamik beruht darauf, daß besonders im Winter und ausgehenden Frühjahr, wenn die Frostsprengung hoch ist und die Transportverhältnisse auf den Schneekegeln günstig sind, frische Steine zugeführt werden. Der obere Steinhorizont ist beweglich, weswegen hier der Name Reptosol verwendet wird. Die Bewegung begrenzt die Besiedlung und reibt Feinmaterial ab, das nach unten in den feinerdereichen Horizont eingewaschen wird. Diese ständige Feinmaterialzufuhr stellt ein großes Nährstoffangebot sicher.

Durch diese Besonderheiten weicht der Zeigerwert der Vegetation deutlich vom ersten optischen Eindruck eines trockenen, mageren Standorts ab.

Eine Gleichstellung der Reptosole mit den Syrosemern ist genetisch wie ökologisch unzutreffend. Sie sind keine Initialstadien wie der Syrosem, sondern unter den gegebenen Standortbedingungen Klimaxstadien. Im Gegensatz zum Syrosem ist ihre Wasser- und Nährstoffversorgung nicht limitierend für das Pflanzenwachstum. Auch ihre hohen Vorräte an C ($1-4 \text{ kg/m}^2$) und N ($0,05-0,2 \text{ kg/m}^2$) und die deutliche Verbraunung bei silikatischem Ausgangsgestein (bis $2\% \text{ Fe}_d$ im Feinboden) sind mit dem Konzept des Syrosemern nicht vereinbar.

Literatur:

KREUTZER, K.; GROTTENTHALER, W. (1991): Terrestrische organische Bodenbildungen auf Fels- und Skelettsubstraten (O-C-Böden). *Mitteil. Dtsch. Bodenkundl. Ges.* 66: 815-818

Periglaziale Deckschichten im Lipper Keuper-Bergland (Ostwestfalen), ihre Morphologie und Verbreitung sowie als Relikte einer pleistozänen Bodengeneese

von

Betzer, H.J.

Mit der Aufnahme einiger Randblätter schließt das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen zur Zeit die bodenkundliche Landesaufnahme im Maßstab 1 : 50 000 ab. Eines dieser Randblätter aus dem Weserbergland, das Blatt L 3920 Rinteln, wurde vom Autor in den vergangenen Jahren bearbeitet.

Das Untersuchungsgebiet umfaßt das nordostlippische Bergland zwischen Barntrop (Bega) und der Weser im Norden. Bei einem mittleren Jahresniederschlag von 700 - 800 mm liegt die Jahresdurchschnittstemperatur bei 8° C. Geomorphologisch ist das Kartiergebiet als Schichtkamm- und Schichtstufen-Bergland einzustufen. Als Kamm- und Hochflächenbildner dominieren verwitterungsresistente Sandsteine (Oberer Keuper - Rhät, km₂ - Schilfsandstein) und Kalkstein-Mergelstein-Folgen (mo₂ - Ceratitenschichten). Zum Teil steile Hänge und Verebnungen bilden verwitterungsanfällige Ton-, Schluff- und Mergelsteine. Diese treten besonders im Mittleren Keuper, z. B. im Gipskeuper (km₁), in den Rote Wand Schichten (km₃) und im Steinmergelkeuper (km₄) auf. Während des Drenthe-Stadials wurden die tiefer gelegenen Landschaftsteile vom Inlandeis überfahren. Im Weichsel-Glazial sedimentierte Löß.

Die Festgesteine sind mit Ausnahme einiger Täler und schmaler Rücken nahezu lückenlos von meist stark steinigem oder tonigem periglazialen Deckschichten überzogen. Diese konnten mit Handbohrungen nur selten restlos durchteuft werden. Demzufolge wurden Aufbau, Mächtigkeit und Verbreitung der tieferen Schichten in Aufgrabungen und anderen Aufschlüssen aufgenommen. Der Arbeitskreis Bodensystematik stellt im gleichen Band ein Gliederungsschema periglazialer Lagen vor. Dieses Konzept einschließlich der morphologischen Beschreibung der Lagen kann weitgehend auf das Untersuchungsgebiet übertragen werden.

Die Differenzierung und Identifizierung der Lagen wurde weitgehend am Aufschluß mittels makromorphologischer Untersuchungen (Skelettgehalt, -abrundung und -einregelung, Lagerungsdichte u. a.) vorgenommen und durch einige bodenphysikalische, bodenchemische und mineralogische Analysen unterstützt.

* Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Postfach 1080, D-47710 Krefeld

Nicht zu den periglazialen Lagen im engeren Sinn gehört der aufgelockerte oberste Teil des Festgesteins, die **Zerfallzone** - oder bei stärkerer physikalischer oder chemischer Verwitterung - die **Zersatzzone**. Diese Zone ist mit Ausnahme steiler Hänge auf Ton-, Schluff- und Mergelsteinen weit verbreitet, kommt jedoch auch auf den Sandstein-Hochflächen in meist wenigen Dezimetern Mächtigkeit vor. Bodengenetisch liegt ein ICv-Horizont, örtlich mit Toneinwaschung, vor. Aufgrund ihrer standortkundlichen Auswirkungen geht diese Zone z. B. als "lehmiger Grus" auch in die Bodenartenschichtung ein.

Die **Basislage** liegt dem Festgestein, bzw. der Zerfall- oder Zersatzzone auf. Sie ist aus den Festgesteinen im Einzugsgebiet hervorgegangen und lößfrei. Auf Hochflächen ist sie vorwiegend durch Solimixtion, an Hängen durch Solifluktion entstanden. Hier wie dort wurde sie in der ausgehenden Weichsel-Kaltzeit von steinsortierenden Periglazialprozessen (Girlandenböden) überprägt. Ihre Petrographie ist von den Festgesteinen ererbt. Auch die Homogenität oder Inhomogenität der Festgesteine hat sich auf die Basislage übertragen. So weisen die etwa 50 m mächtigen petrographisch recht einheitlichen Kalk- und Mergelsteine der Ceratitenschichten eine recht homogene 4 bis 8 dm mächtige steinig-grusige tonig-lehmige Basislage auf den Hochflächen auf. Die Basislage auf der petrographisch lebhaften Wechselfolge von Ton-, Sand- und Schluffsteinen des Rhäts ist sehr inhomogen. Neben tonigem Lehm sind auch lehmig-sandige Steine anzutreffen. Außer auf einigen holozänen Erosionsflächen, schmalen Rücken sowie steileren Hängen ist die Basislage nahezu flächendeckend verbreitet. Im Vereisungsgebiet ersetzen sie glazigene Sedimente wie Geschiebelehm oder deren Umlagerungsprodukte. Auf den drenthezeitlichen glazialen Sedimenten wurde keine Basislage angetroffen. Bodengenetisch ist die meist nur wenige Dezimeter mächtige Basislage als Cv-, SdCv-, CvSd- oder BvCv-Horizont anzusprechen. Örtlich treten auch Tonbeläge auf.

Stellenweise wurde auf Hochflächen des Rhäts **reliktisches Tonsteinverwitterungsmaterial** gefunden. Der lehmige Ton ist durch Goethit rotbraun gefärbt und - wohl durch sekundäre Pseudovergleyung - hellgrau geadert. Die Röntgenbeugungsanalyse weist Illit und Vermikulit aus. Da der Ton auch unter dem Geschiebelehm der Drenthezeit auftritt, ist er zumindest als hollsteinzeitlich, wahrscheinlich älter, einzustufen. Vielfach wurde er in die Basislage eingearbeitet.

Die **Mittellage** ist die tiefste lößhaltige Lage und liegt der Basislage auf. Sie kommt nur in flachen Lagen, meist an Unterhängen breiter, lößlehmreicher Täler vor. Im Kartiergebiet liegt sie meist über glazialen Sedimenten. Hier entwickelt sie sich von einem stark steinig-grusigen lehmigen Schluff (Lößanteil 30 - 40 %) am Mittelhang zur schwach grusigen Lößlehm-Fließerde (Lößanteil über 80 %) am Unterhang. An Hangversteilungen kann auch Tonsteingrus des Rhäts linsenartig in die Mittellage eingeflossen sein. Dieser weist im Gegensatz zu dem reliktischen oben beschriebenen Ton noch die Grusstruktur und die geogene Farbe des Festgesteins auf. Dies ist ein Hinweis auf

die geringe Verwitterungsintensität seit der Bildung der Mittellage in der Weichselzeit. Die Mittellage ist 3 bis 10 dm mächtig und als Bt-, BtSd-, BtvCv- oder in Unterhanglagen auch als Go-Horizont ausgebildet.

Die **Hauptlage** liegt der Mittellage oder, wenn diese fehlt, der Basislage auf. Sie enthält neben einem hohen Lößanteil auch Verwitterungsmaterial der Festgesteine. Mit Ausnahme holozäner Akkumulations- und Erosionsbereiche sowie der Steilhänge überzieht sie in 4 bis 5 dm Mächtigkeit das Bergland. Zeitlich wird sie in die Jüngere Tundrenzeit eingestuft. Der steinig-grusige lehmige Schluff liegt als Bv-, über der Mittellage meist als Al-, teilweise auch als Sw-Horizont vor. Charakteristisch ist die meist lockere Lagerung.

Typische **Oberlagen**, an Felsdurchragungen gebundene Schuttkörper, treten nicht auf. Auf den mit zum Teil 30° geneigten Steilhängen liegt eine 1 bis 2 dm mächtige stark grusige Deckschicht auf dem Festgestein. Der hohe Grusgehalt in der Humusauflage zeigt, daß die an der Hangschulter ausstreichenden Ton- und Schluffsteine auch heute noch ihre grusige Verwitterung den Hang hinabstreuen.

Durch die Differenzierung und Identifizierung der Decklagen kann deren Verbreitung - in Abhängigkeit von der Geomorphologie (s. Abb. 1) - schematisch dargestellt werden. Dies wiederum ist die Grundlage für die tiefreichende Strukturierung der Bodenlandschaft und ihrer ökologischen Eigenschaften.

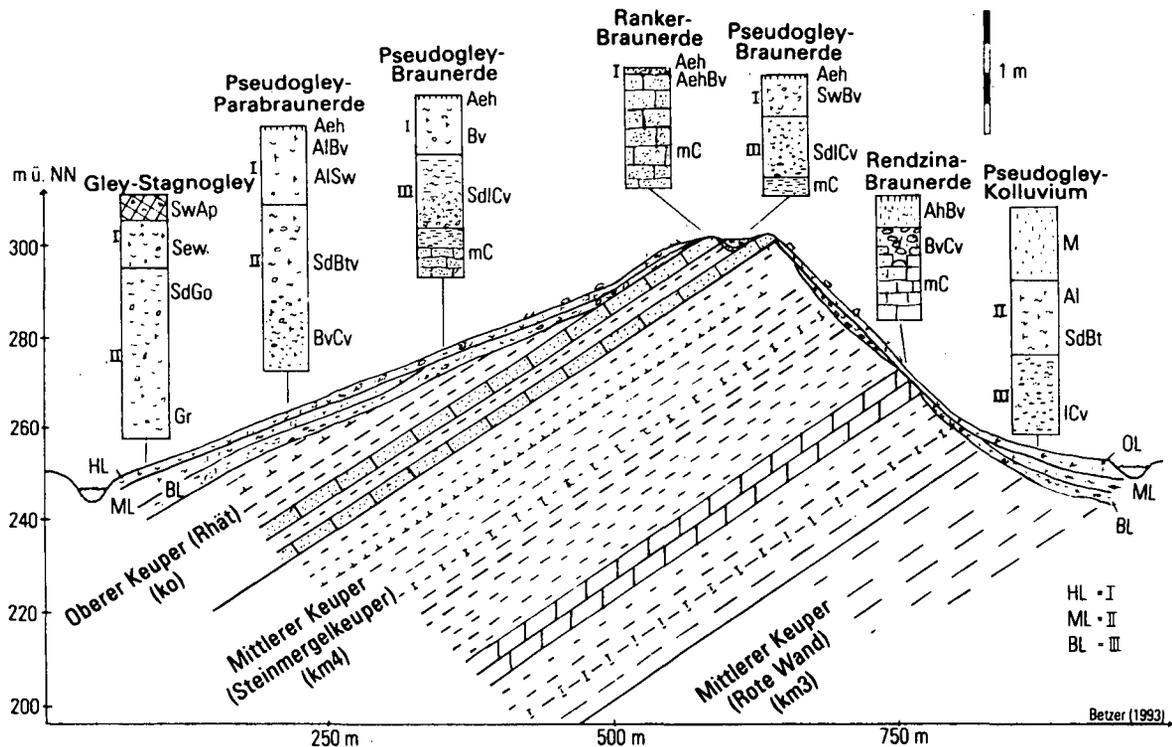


Abb. I: Periglaziale Deckschichten und deren Böden in der Schichtkammlandschaft des Oberen und Mittleren Keupers bei Bösingfeld (schematisch)

Ein Vorschlag zur Systematik von Kolluvisolen am
Beispiel Schleswig-Holstein

von

Beyer, L., J. Finnern, C. Köbbemann und D.C. Elsner

Abstract In Schleswig-Holstein, F.R.G., two typical soil associations from loamy boulder marl and loamy pleistocene sands were mapped and ecologically characterized in order to show the necessity of an adequate classification of Colluvic Cumulic Anthrosols (Colluvisols). More than 50% of the original soils have been altered by erosion. The depth of the colluvic WM horizon ranges between 10 cm and more than 100 cm. The amounts of soil organic matter and plant available nutrients are much higher in the Colluvisols than in the haplic soils. Soil classification does not deal with all these aspects with regard to mapping of colluvic soils. In the German soil classification adequate and ecologically significant definitions and instructions of the nomenclature of colluvic soils are not available. Therefore, a proposal is presented to classify colluvic soils. In addition the threshold value of 0.6% soil organic matter in sandy parent material is too low in order to distinguish a Bv from a M horizon; 1.0% would be a more acceptable value. It would be necessary to investigate yield on erodic, non-erodic and colluvic soils in order to determine the effect of erosion and accumulation on crop yield.

1. Einleitung

Der erosive Abtrag von Oberbodenmaterial und dessen Ablagerung in tiefergelegene Lagen kann als pedogenetischer Prozess verstanden werden, weil dadurch die natürlichen Böden in ihren Eigenschaften stark verändert werden (Bork & Ricken, 1983; Blume, 1986; Schlichting, 1986). Auf den landwirtschaftlichen Flächen Norddeutschlands sind diese veränderten Böden sehr stark vertreten (Lamp, 1985; Blume, 1986) so daß die unveränderten Böden teilweise in der Minderheit sind. Das Kartierergebnis im Rahmen des SFB 192 belegt z.B., daß nur wenig mehr als 20% der Böden unbeeinflusst sind (Abb.1). Trotz der zunehmenden Bedeutung der pedogenen Veränderung durch Erosion, berücksichtigt die deutsche Bodensystematik unseres Erachtens zu wenig die Erfassung des Bodentyps "Kolluvisol", als auch deren Subtypen, im Hinblick auf die ökologische Aussagekraft von Bodenkarten für eine landwirtschaftliche Nutzung (AG Bodenkunde, 1983; AK Bodensystematik, 1985). In der vorliegenden Arbeit wird deswegen ein entsprechender Vorschlag zur Systematik von Kolluvisolen vorgestellt.

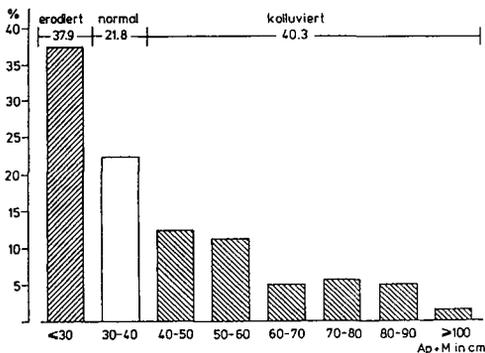


Abb.1: Relative Verteilung von erodierten, typischen und kolluvierten Böden aus lehmigen Geschiebemergel der Versuchsfläche des SFB 192 bei Kiel (n=288)

2. Material und Methoden

Zwei typische Bodengesellschaften aus Geschiebemergel (SFB 192 bei Kiel) bzw. Geschiebesand (Lübeck) wurden nach AG Bodenkunde (1982) und AK Standortkartierung (1985) detailliert kartiert. Der Humusgehalt wurde nach Blume & Helsper (1987) geschätzt. Alle Laboranalysen erfolgten nach Schlichting & Blume (1966).

3. Ergebnisse

Im Versuchsfeld des SFB 192 waren Parabraunerden und Pseudogleye in erodierter und kolluvierter Form miteinander vergesellschaftet (vgl. Abb.1). Die starke Variation des C-Gehaltes (Abb.2) steht stellvertretend auch für N_t , P, K und Mg_{lac} . Diese Schwankungen waren auf die höheren C-Gehalte (ϕ 15 $mg\ g^{-1}$) der Kolluvisole im Vergleich zu den Parabraunerden und Pseudogleyen (ϕ 10 $mg\ g^{-1}$) zurückzuführen (Beyer et al., 1993). Unter Berücksichtigung der z.T.mächtigen wM-Horizonte ergaben sich für die Kolluvisole sehr viel höhere Humusmengen mit entsprechenden Konsequenzen für das Wasser- und Nährhaltevermögen (ohne Abb.).

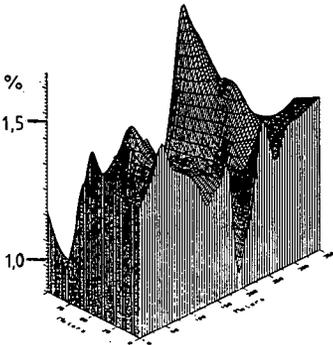


Abb.2: Die Variation der C-Gehalte in einer Bodengesellschaft aus Geschiebemergel

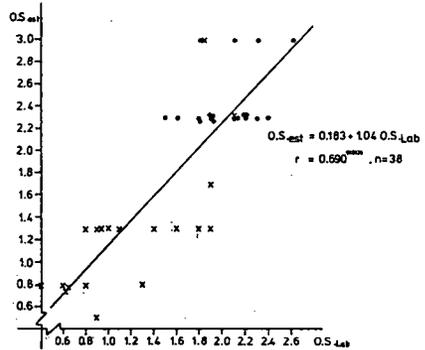


Abb.3: Vergleich der geschätzten und im Labor ermittelten Humusgehalte (Humus = $1.724 \cdot C_{org}$)

Tab.1: Eigenschaften von Braunerden und Kolluvisolen aus Geschiebesanden

	Braunerde		Kolluvisole					
	Ap	Bv	Ap	wM	Ap	wM	Ap	wM
Ap+wM	28 cm		55 cm		66 cm		99 cm	
σ	5 cm		1 cm		4 cm		2 cm	
n _{Feld}	34		11		11		13	
n _{Labor}	5		5		5		5	
Humus _{Labor} %	1.90	0.70	2.00	1.20	2.20	1.70	2.10	1.40
Humus _{Feld} %	2.30	0.70	2.50	1.10	2.30	1.70	2.60	1.50
Humus $kg\ m^{-2}$	8.6	7.4	9.0	9.6	9.9	14.9	9.5	14.7
N_t $g\ m^{-2}$	432	347	437	513	482	782	464	672
P "	25	23	20	23	29	44	27	45
K "	29	56	41	59	41	79	28	80
Mg "	24	43	28	48	27	51	30	62

Humus_{Labor} = $C_{org} \cdot 1.724$; Humus_{Feld}: Schätzung nach Blume & Helsper (1987)
Lactat-lösliches P, K, Mg

Im Gebiet Lübeck waren Braunerden mit den Kolluvien vergesellschaftet (Tab.1). Eine Differenzierung der Kolluvien nach Mächtigkeit zeigte auf, daß bei 60 cm (Humus, P, K) bzw. 80 cm (Mg) deutliche Sprünge in den Mengen auftraten, ähnliches konnte auch für das Wasser beobachtet werden (Horn et al., 1993; Köbbemann et al., 1992). Eine Einschätzung des Humusgehaltes nach Blume & Helsper (1987) ergab für die Bv-Horizonte Werte über 0.6%, wonach diese laut KA3 (AG Bodenkunde, 1982) bereits als M-Horizonte einzustufen gewesen wären. Daraus hätte sich eine Bodenkarte mit ausschließlicher Präsenz von Kolluvien ergeben, und zwar unabhängig vom Relief. Die geschätzten Daten wurden zur Absicherung durch Laboranalysen exemplarisch überprüft und konnten somit bestätigt werden (Abb.3).

4. Diskussion

Aus den vorgestellten Ergebnissen schien eine differenziertere Betrachtung der Kolluvien sinnvoll, weil die vorliegende Definition der Kolluvien (Ap+M >40cm) alle kolluviierten Böden im Hinblick auf das Wasser- und Nährstoffangebot

Tab.2: Vorschlag zur Klassifizierung kolluvierter Böden unter Ackernutzung

Horizontabfolge	kennzeichnendes Merkmal*	Bodentyp
Ap-Bv-C	Ap <40	Typische Braunerde
Ap-M-(II)Bv-C	Ap+M >40, <60	Kolluvisol-Braunerde
Ap-BvM-C	Ap+BvM >40, <60	Kolluvisol-Braunerde
Ap-M-(II)Bv-C	Ap+M >60, <80	Braunerde-Kolluvisol
Ap-BvM-C	Ap+BvM >60, <80	Braunerde-Kolluvisol
Ap-Ae-Bh-Bs-C	Ap <40	Typischer Podsol
Ap-(Bh)-Bs-C	Ap <40	Gekappter Podsol
Ap-M-(Ae-Bh)-Bs-C	Ap+M >40, <60	Kolluvisol-Podsol
Ap-M-(Ae-Bh)-Bs-C	Ap+M >60, <80	Podsol-Kolluvisol
Ap-Al-Bt-C	Ap <40	Typische Parabraunerde
Ap-Bt-C	Ap <40	Gekappte Parabraunerde
Ap-M-(Al)-(II)Bt-C	Ap+M >40, <60	Kolluvisol-Parabraunerde
Ap-M-(Al)-(II)Bt-C	Ap+M >60, <80	Parabraunerde-Kolluvisol
Ap-Sw-Sd-C	Ap <40	Typischer Pseudogley
Ap-M-(II)Sw-Sd-C	Ap+M >40, <80	Pseudogley-Kolluvisol
Ap-SwM-(II)Sd-C	Ap+SwM >40, <80	Pseudogley-Kolluvisol
Ap-MSw-(II)Sd-C	Ap+MSw >40, <80	Kolluvisol-Pseudogley
Ap-Go-Gr	Ap <40	Typischer Gley
Ap-M-(II)Go-Gr	Ap+M >40, <80	Gley-Kolluvisol
Ap-GoM-Gr	Ap+GoM >40, <80	Gley-Kolluvisol
Ap-MGo-Gr	Ap+MGo >40, <80	Kolluvisol-Gley
Ap-M	Ap+M >80	Typischer Kolluvisol

* in cm Bodentiefe

zu wenig differenziert. Die in früheren Auflagen der KA3 (AG Bodenkunde, 1982) vorhandene weitere Aufschlüsselung der Kolluvien wurde allerdings von den Kartierern des Geol.Landesamtes SH kaum genutzt (Beyer et al., 1993). Dies gilt auch für die Erstellung neuester Bodenkarten, in denen Kolluvien meist fehlen. Eine Begründung dafür liegt möglicherweise an der Schwierigkeit den Humusgehalt im Feld zu schätzen (vgl. AG Bodenkunde, 1982, S.97 u.98) als auch in der Einordnung der Kolluvien im Verbund mit den anderen Böden, die nach Erosion nicht mehr der exakten Definition der KA3 entsprechen. Aus diesem Grunde beinhaltet unser Vorschlag zur Klassifizierung von Kolluvien auch die, der

erodierten Böden (Tab.2).

Ein Boden mit einer Mächtigkeit von Ap+wM zwischen 40 und 60 cm wäre im Gegensatz zur KA3 erst ein Kolluvisol im Subtyp, erst zwischen 60 und 80 cm im Haupttyp. Diese Grenze ist bei den rein terrestrischen Böden unproblematisch, bei den Gleyen bzw. Pseudogleyen würde dies allerdings mit deren Definition kollidieren, so daß die Grenzen etwas anders gesetzt wurden (Tab.2). Dies gilt vor allem dann, wenn die Grenze für einen typischen Kolluvisol nicht bei 80 cm (s.Tab.2), sondern bei 60 cm gesetzt würde. Durch Erosion veränderte Podsole besitzen oft keinen Ae- und/oder Bh-Horizont mehr, gleiches gilt für die Parabraunerden bzgl. des Al-Horizontes, so daß die z.Zt.gültige Definition erweitert werden müßte (Tab.2). Der Bodenname "Kolluvium" wurde auf Vorschlag von Herrn Prof.Dr.H.-P.Blume gegen "Kolluvisol" ausgetauscht, weil wir glauben, daß "Kolluvium" bereits ein neues Ausgangsgestein bezeichnet. Der oben aufgezeigten Abgrenzungsproblematik könnte darüberhinaus entgegengetreten werden, wenn Kolluvisol nicht als Bodentyp benutzt würde, sondern z.B. Gley aus Kolluvium, d.h. die gängige Klassifikation mit "Kolluvium" als Muttergestein.

5.Schlußfolgerungen

In Norddeutschland sind mehr als 50% der ursprünglichen Böden durch Erosion verändert. Die Mächtigkeit des kolluvialen wM-Horizontes schwankt zwischen 10 und 100 cm. In den Kolluvisolen ist die Menge an organischer Substanz und der pflanzenverfügbaren Nährstoffe höher als in den typischen Böden. Die Bodenklassifikation wird über die Kartierung der Bedeutung der Kolluvisole nicht gerecht. In der deutschen Bodensystematik fehlen eine angemessene und ökologisch fundierte Definition und eine detaillierte Kennzeichnung der Kolluvisole. Darum wurde ein neuer Vorschlag zur Diskussion gestellt. Darüberhinaus scheint der Grenzwert von 0.6% Humus in sandigen Ausgangsstraten zu niedrig, um einen Bv von einem wM-Horizont abzugrenzen; 1.0% wäre ein akzeptabler Wert. Die Untersuchung der Ertragsbildung auf erodierten, normalen und kolluvierten Böden scheint notwendig, um den Effekt von Erosion und Akkumulation auf die Erträge aufzuzeigen. Weitere Ausführungen zum Klassifikationsvorschlag finden sich bei Beyer et al.(1993).

6.Literatur

- AG Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und die Geologischen Landesämter der BRD. Schweizerbart, Stuttgart. 3.Auflage. pp.331.
- AK Bodensystematik (1985): Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Mitteilgn.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch.44, pp.91.
- Beyer, L.; C.Köbbemann; J.Finnern; D.Elsner & U.Schleuß (1993): Colluvisols under cultivation in Schleswig-Holstein. Z.Pflanzenernähr., Bodenk. 156, 197ff
- Blume, H.-P. (1986): (Ed.). Guidebook: Soils and Landscapes in Schleswig-Holstein. Mitteilgn.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch.51, pp.132.
- Blume, H.-P. and M.Helsper (1987): Schätzung des Humusgehaltes nach der Farbhellichtigkeit. Z.Pflanzenernähr., Bodenk.150, 354-356.
- Bork, H.-R. and W.Ricken (1983): Soil erosion, Holocene and Pleistocene soil development. Catena Supplement 3, Cremlingen-Destedt. pp.138.
- Horn, R.; T.Baumgartl; H.Roweck & C.Köbbemann (1993): Versuchsgut Hohenschulen - Bodenkundliche Untersuchungen im Rahmen des SFB 192. Mitteilgn.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch.70, 275-286.
- Köbbemann C.; H.-P.Blume; D.Elsner; M.Jacobsen & L.Beyer (1992): Die Variabilität von Nährstoffvorräten nach langjährigem Ackerbau in Abhängigkeit vom Bodentyp. VDLUFA-Kongreßband Göttingen 1992, 119-122.
- Lamp, J. (1985): Erosionsgefährdung schleswig-holsteinischer Böden. Schriftenreihe Agrarw.Fak.Uni Kiel 67, 37-43.
- Schlichting, E. (1986): Einführung in die Bodenkunde. Parey, Hamburg. 2.Auflage. pp.131.
- Schlichting, E. and H.-P.Blume (1966). Bodenkundliches Praktikum. Parey, Hamburg. pp.209.

Podsole, Leptosole und Regosole der Antarktis

von

Blume, H.-P. und M. Bölker

Institute für Pflanzenernährung und Bodenkunde und Institut für Polarökologie der CAU, 24098 Kiel

Von einem repräsentativen Ausschnitt der Windmill Islands in Nähe der australischen Station Casey der kontinentalen Ostantarktis wurden die Böden studiert (Bölker 1992, Blume und Bölker 1993).

Die Böden haben sich maximal 6000 Jahre (vorher eisbedeckt) unter einem ozeanisch getönten, nivalen Klima (176 mm Jahresniederschlag, überwiegend als Schnee (nur 2.6 Regentage im Jahresmittel), $-9,3^{\circ}$ C mittl. Jahresmitteltemperatur, $+ 0.2^{\circ}$ C mittl. Januartemp., 3 Monate mit mittl. monatl. Maximaltemperaturen über 0° C; 6.8 m/s mittl. Windgeschwindigkeit aus vorwiegend nordöstlicher sowie südöstlicher Richtung) entwickelt. Ausgangsgesteine sind anstehende Gneise, sowie Moränendecken unterschiedlicher Mächtigkeit, die gneis-, granit-, sandstein- und basaltbürtige Minerale und Gesteinsbruchstücke enthalten (Blight und Oliver 1975).

Die Böden sind vor allem durch die Prozesse der Cryoturbation und cryoklastischen Verwitterung geprägt, weisen aber auch Eigenschaften von Wüstenböden auf und wurden teilweise zudem stark unter dem Einfluß von Pflanzen oder Tieren verändert.

Cryoturbation hat Polygone von 0.3 - 10 m \varnothing entstehen lassen; deren Textur wird vom Zentrum nach oben und unten und zu den Seiten infolge Entmischung gröber und hat in ebener Lage mithin zu Steinring-, in Hanglage zu Girlandenböden geführt. Die Intensität rezenter Mischung steigt dabei mit dem Feinschluff- und Tongehalt. **Frostwitterung** ließ aus Gneis splittigen, aus Granit scherbigen Grus entstehen;

quarzreiche Gneise werden offensichtlich nur bis Sandgröße zerkleinert, glimmerreiche Gneise und Schiefer hingegen bis Grobtongröße. Merkmale von **Wüstenböden** sind ein Vesiculargefüge (reicht im Gegensatz zu den Kernwüsten heißer Klimate bis 10 cm

Tiefe), Grobkiesbedeckung (pattern ground) windexponierter Lagen, Salzausblühungen auf Bodenoberfläche sowie Akkumulation meeresbürtiger Salze im Oberboden nach mehrwöchiger Schneefreiheit und Trockenheit (bis 8 mS/cm im Sättigungsextrakt im Mittel des obersten cm); außerdem Flechtenbewuchs auf und Algenwuchs in Steinen. Biogene Einflüsse spiegeln sich in starker Versauerung und Entbasung (pH(KCL)-Werte generell 4.0 - 4.6), allerdings durch geringe Säurepufferkapazität der Böden begünstigt, und unterschiedlich starker Humusakkumulation wider (Tab. 1).

An Unterhängen entstanden aus mächtigerem Moränenschutt bei nur kurzer Schneefreiheit (< 6 Wochen) und daher fehlendem Flechtenbewuchs schluffig-sandige bis lehmige Regosole mit gelundic und salic phase (Tab. 1c). Die geringen (algen-, bakterien- und pilzbürtigen) Humusgehalte sowie die Gehalte pedogener Al-, Fe- und Mn-Oxide sind (wohl infolge starker Cryoturbation) wegen der im Sommer 50-70 cm tief getauten Permafrostböden ungleichmäßig im Profil verteilt.

Auf länger schneefreien (> 2 Monate) Rücken und Oberhängen sind lehmige Leptosole und sandige Podsole miteinander vergesellschaftet. Steine und Felsausbisse sind mit Strauchflechten bewachsen und deren obere cm mit Gesellschaften aus Algen, Pilzen, Cyanobakterien und Mikroflechten belebt, während kleine Hangmulden bis zu 30 cm mächtige, kaum humifizierte Torfe, mithin Fibri-gelic Histosols mit Permafrost, aufwiesen.

Den lehmigen Dystri-gelic Leptosols mit gelundic phase aus silicatreichen Gneisen und Glimmerschiefern fehlte (wohl infolge starker Cryoturbation) eine Flechtenbedeckung, lediglich Algenrasen waren erkennbar. Infolge Cryoturbation nehmen die Steingehalte im Boden von oben nach unten ab, die Ton- und Eisenoxidgehalte hingegen zu (Tab. 1 b). Die (algen-, pilz- und bakterienbürtigen) Humusgehalte betragen im Oberboden 2-3%. Über Permafrost oder Fels gestautes Wasser bewirkte teilweise Redoximorphie in Form von Rostflecken.

Die sandigen Lepti-gelic Podzols mit salic und gelundic phase haben sich aus quarzreichen Gneisen bzw. geringmächtigen, quarzreichen Moränenschutt über Fels unter einer geschlossenen

Tabelle 1: Typische Böden bei Casey, Antarktis

texture: stones, sand, silt, clay; e.c. electrical conduct. of 1: 2.5 soil: water; p pyrophosph.-, o oxalate-, d dith./citr.-, a lactat-extr.; ODO(P)E optical density of oxal.(pyrophosph.) extr.

a) Sandy Lepti-gelic Podzol w. salic and gelundic ph. on acid gneiss with lichens

hor.	cm	sto. %	pH KCl	e.c. μ S	sa %	si %	cl %	Corg %	C/N
AE	0-1	44	5.0	375	95	3	2	2.9	7.6
Bh	-5	38	4.2	17	90	7	3	2.1	5.0
Bhs	-26	28	4.4	8	66	29	5	2.9	5.0

hor.	Fe_p mg/g	Fe_o mg/g	Fe_d	o:d	Mn_o mg/kg	Al_d mg/g	ODOE	Eh mV	P_a mg/kg
AE	0.5	0.5	1.2	0.4	5	0.3	48		17
Bh	1.5	2.0	2.9	0.7	8	0.7	213	460	130
Bhs	2.2	2.3	4.1	0.6	17	1.6	329	670	350

b) Loamy Dystri-gelic Leptosol w. gelundic ph. on basic gneiss to shist with algae

hor.	cm	sto. %	pH KCl	e.c. μ S	sa %	si %	cl %	Corg %	C/N
Ah	0-1	33	4.4	150	63	22	15	1.5	12
Ac	-5	20	4.4	92	36	31	34	1.0	10
Cw	-20	13	4.3	47	33	29	38	1.4	10
Cgw	-30	10	4.4	53	31	24	45	0.6	9

hor.	Fe_p mg/g	Fe_o mg/g	Fe_d	o:d	Mn_o mg/kg	Al_d mg/g	ODOE	Eh mV	P_a mg/kg
Ah	1.4	0.6	3.5	0.2	22	3.3			57
Ac	6.6	1.6	8.8	0.2	26	17.6		490	100
Cw1	5.7	2.0	7.0	0.3	30	16.1		670	258
Cw2	7.3	1.8	14.6	0.1	23	18.6		420	165

c) Loamy Dystri-gelic Regosol w. gelundic and salic ph. on moraine with some algae; very long snow cover

hor.	cm	sto.	pH $CaCl_2$	e.c. μ S	sa %	si %	cl %	Corg %	C/N
Az	0-1	54	4.6	660	66	33	1.4	0.2	7
Cw	-30	41	4.4	38	67	28	4.7	0.2	6
Ciw	-70	64	4.1	33	83	11	6.3	0.4	7

hor.	Fe_p mg/g	Al_p mg/g	ODPE	Fe_d mg/g	Al_d mg/g	Mn_d mg/kg	Eh mV	P_a mg/kg
Az	0.5	0.5	18	3.0	0.5	2.6	650	131
Cw	0.7	0.6	27	3.0	0.6	3.6	640	154
Ciw	0.9	0.6	40	2.6	0.5	2.7	600	168

Strauchflechtenbedeckung entwickelt. Ihr gebleichter Oberboden ist nur 1 bis 2 cm mächtig, während der 10-30 cm mächtige B-Horizont vor allem mit verlagerten Humusstoffen aber auch mit dithionit-extrahierbarem Fe, Al und Mn angereichert ist. Im Unterschied zu Podsolen subarktischer und gemäßigter Breiten sind sie weniger stark versauert (pH-Werte > 4); es fehlt die Humusaufgabe und die C/N-Verhältnisse sind sehr eng. Kiesreiche (pattern ground) Podsole können 5-20 cm mächtige Bleichhorizonte aufweisen und stellen teilweise vermutlich frühere Pinguinkolonien dar. Das Auftreten von Podsolen in der kontinentalen Antarktis war bisher unbekannt (Campbell und Claridge 1987; Bockheim und Ugolini 1990).

Wir danken der Australian National Antarctic Research Expeditions in Kingston und der DFG für die Möglichkeit, die kontinentale Antarktis bei Casey besuchen zu können, sowie Frau Kneesch für die Analysen.

Literatur

- Blight, D., Oliver, L. (1977): The metamorphic geology of the Windwill Islands, Antarctica. J. Geol. Soc. Australia 24, 239-262
- Blume, H.-P., Bölter, M. (1993): Soils of Casey Station (Wilkes Land, Antarctica). Proc. 1st Internat. Conf. Cryopedology. Pushchino; in press
- Bockheim, I., Ugolini, F. (1990): A review of pedogenic zonation in well-drained soils of the southern circumpolar region. Quart. Res. 34, 47-66
- Bölter, M (1992): Environmental conditions and microbiological properties from soils and lichens from Antarctica (Casey Station, Wilkes Land). Polar Biol. 11, 591-599
- Campbell, I, Claridge, G. (1987): Antarctica: soils, weathering processes and environment. Elsevier, Amsterdam

Automationsgestützte Herstellung der Bodenkarte von Niedersachsen i. M. 1:25000

von

Boess, J. und S. Dieler

Einleitung

Mit einer Kabinettsentscheidung aus dem Jahr 1985 zum Aufbau eines Bodeninformationssystems von Niedersachsen (NIBIS) wurde die Grundlage für eine integrierte Arbeitsweise von bodenkundlicher Landesaufnahme und Kartographie des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (NLFb) gelegt (siehe auch OELKERS 1993). Auf dieser Basis ist mit der Entwicklung eines neuen Arbeitsverfahrens zur "Automationsgestützten Herstellung der Bodenkarte 1:25 000 von Niedersachsen" begonnen worden. Einhergehend mit der Neuentwicklung wurde beschlossen, sowohl die Kartographie als auch den thematischen Inhalt der Bodenkarte zu überarbeiten.

Neugestaltung der Bodenkarte

Wie bei den bisher erschienenen Bodenkarten 1:25 000, wird auch die neue Karte eine tabellarische Legende erhalten, deren Inhalt aber auf die wichtigsten Grundlageninformationen beschränkt ist (z.B. Bodentyp, Grundwasserstände, Reliefform u.a.). Sind weitere oder direkt abgeleitete Informationen gefragt, müssen diese als Auswertungskarten zur BK25 angefordert werden. Ferner wird bei der Beschreibung der ausgeschiedenen Flächen die Bodenvariabilität stärker berücksichtigt. So werden neben einem ersten flächencharakteristischen Bodentyp nach Bedarf beliebig viele begleitende Bodentypen mit ihrem Bodenartenprofil, geologischen Ausgangssubstrat und Flächenanteil aufgeführt (siehe Abb. 1).

Zusätzlich wird vom flächencharakteristischen Bodentyp ein Bodenprofil mit Horizontbeschreibungen dargestellt. Die Flächenbeschreibungen können aus den digital erfaßten Geländeprofilen (eigene Bohrungen und Bohrungen der Bodenschätzung) DV-gestützt generiert werden.

Die Legende wird in sich nach Bodenregionen und Bodengroßlandschaften gegliedert sein. Die Legendengestaltung stellt in ihrer jetzigen Form eine angepaßte Weiterentwicklung der Generallegende zur BSK 200 (BOESS & MÜLLER 1989) dar.

Alle Erläuterungen von Kürzeln, das Bodenartendreieck und andere Elemente werden nicht mehr auf dem Kartenblatt, sondern in einem generellen Erläuterungsheft zum Kartenwerk erscheinen. Der dadurch gewonnene Platz wird dazu genutzt, die bodenlandschaftliche Gliederung des jeweiligen Blattes und die großräumige Zuordnung mittels kleiner Beikarten darzustellen.

Nach Abschluß der bodenkundlichen Kartierung und einer fachlich inhaltlichen Redaktion stellt der Bearbeiter der Kartographie ein handgezeichnetes Manuskript zur Verfügung. Die Sachdaten stehen in der Flächendatenbank des NIBIS bereit.

* Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Stilleweg 2, 30655 Hannover.

ALTMORAENLANDSCHAFT

Niederungsgebiet der Duemmer Geest-Niederung (Geespalten)

1	Lauernde Nr. der Karteneinheit	Profil- und Standortbestimmung Horizont- und Schichtbe- schreibung (bis 20 dm u. GOF)
2	Darstellung in der Karte	
3	Bodentypologische Bezeichnung	
4	Bodenartlicher Profiltyp	
5	Geologischer Profiltyp	
6	Mittler Grundwasser- hoch und -tiefstand	
7	Bodenfeuchtestufe	
8	Reliefform	
9	Nenigungsstufe	
10	Faecheranteile in Stufen	
11	Vorherrschende Nutzung	
12	Tiefenbereich der Horizontmengenze	
13	Bodenhorizont	
14	Bodenart Torfant Festgestein	
15	Geogenese, Stratigraphie	
16	Humusgehalt, Zersetzung	
17	Carbonatgehalt	

1		S-E33 Mittler Pseudogy-Plogensch mit mittlerer nFK	S=LS	yp/Lg	>20	6/5	E	NO	14	A
		E33 Mittler Plogensch mit mittlerer nFK	S LS	yp/P Lg	>20	6	E	NO	13	A

Abb. 1: Aufbau der "Neuen Tabellenliegende"

Kartographische Bearbeitung

Kartengrundlagen

Die topographische Kartengrundlage wird von der Niedersächsischen Landesverwaltung - Abteilung Landesvermessung - im Maßstab 1:25 000 bezogen. Zur Zeit sind dies noch Filme, zukünftig sollen ATKIS-Daten genutzt werden. Als thematische Kartengrundlage erhält die Kartographie vom Kartenautor die bodenkundliche Manuskriptkarte. Die kartenbezogenen Sachdaten werden der Kartographie als Zugriff auf die bodenkundliche Flächendatenbank zur Verfügung gestellt.

Kartographische Redaktion

Die bodenkundliche Manuskriptkarte wird kartographisch-redaktionell überarbeitet. Das Ergebnis ist eine farbige Grenzzeichnung in Tusche auf einer Blaukopie (PE-Folie) der aktuellen Topographie. Zusätzlich wird jede Fläche mit einem Flächeninnenpunkt versehen, an den die Nummer der Kartiereinheit geschrieben wird. Diese Nummer ermöglicht die Verknüpfung mit den entsprechenden blattbezogenen Daten in der Flächendatenbank.

Von der Grenzzeichnung wird eine Papierlichtpause angefertigt. Auf ihr werden entsprechend des bodenkundlichen Objektschlüsselkataloges für Linien- und Punktelemente die Kartenobjekte farbig markiert.

Datenerfassung

Die Datenerfassung erfolgt nach strengen Vorgaben durch private Anbieter.

Die Grenzzeichnung und die Papierlichtpause bilden die Grundlage zur digitalen Aufnahme. Erfaßt werden die Bodengrenzen mit ihren Linientypen und die Flächeninnenpunkte mit ihrer Kartierungsnummer als Attribut.

Datenverarbeitung

Die erfaßten Daten werden per Magnetband geliefert. Entsprechend der Vorgaben sind die Daten im GRADIS2000-Format oder im ausgelagerten DASP-Format.

Da die Daten in der bodenkundlichen Kartographie mit dem Geographischen Informationssystem ARC/INFO weiter bearbeitet werden, sind sie in das entsprechende Datenformat zu konvertieren und einzulesen. Als nächstes findet eine Korrekturlesung und -ausführung anhand von Korrekturplots und mittels ARC/INFO Prüfroutinen statt.

Datenausgabe

Sind alle Daten korrekt, wird die gewünschte Kartengrafik für das gesamte Kartenblatt (Karte + Tabellenlegende) zur Ausgabe am VERSATEC-Elektrostatplotter generiert. Für diesen Arbeitsschritt wurden zahlreiche Programme in der ARC/INFO-Programmierspache AML geschrieben. Diese Farbplotterausgabe dient noch einmal zu letzten Prüfzwecken vor der Druckvorlagenherstellung und um einen Gesamteindruck von der Karte zu bekommen.

Herstellung der Farbauszüge

ARC/INFO bietet über die POSTSCRIPT-Ausgabe-Schnittstelle die Möglichkeit der Herstellung von Farbauszügen. Dieses geschieht über eine Referenztabelle, die bei der Konvertierung des ARC/INFO-Plotfiles in die POSTSCRIPT-Plotfiles mit angegeben wird. Über sie werden die Anzahl der Farbauszüge, die Rasterfeinheit, die Strichstärken und die POSTSCRIPT-Schriftfonts gesteuert. Im Gegensatz zur bisher gedruckten Bodenkarte, die in sechs und mehr Farben gedruckt wurde, wird die Bodenkarte zukünftig nur noch in den vier EUROSKALEN-Farben Cyan, Magenta, Yellow und Black gedruckt.

Druckvorlagen

Die Postscriptdateien für die einzelnen Farbauszüge werden an eine Firma zur Ausbelichtung geschickt. Die ersten Tests wurden mit einer Auflösung von 1280L/cm und mit einer Rasterfeinheit von 60L/cm auf einem LINOTRONIC-Reprobelichter ausbelichtet. Eine anschließende CROMALIN-Farbkopie diente zur letzten Kontrolle.

Ausblick

Die automationsgestützte Herstellung der BK25 ist ein erster Schritt zur effektiveren Kartenproduktion. Das System der inhaltlichen Kartengestaltung sowie die kartographisch-technische Verarbeitung soll zukünftig auch für andere thematische Karten (z.B. Gutachtenkarten, Auswertungskarten, BÜK50 u.a.) genutzt werden.

Bei Karten mit geringer Auflage werden die Arbeitsschritte nur bis zur Plotherstellung durchgeführt.

Eine ausführliche Dokumentation der technischen Abläufe ist in der Reihe "Technische Berichte zum NIBIS" des Geologischen Jahrbuchs geplant.

Literatur

- BOESS, J. & MÜLLER, U. (1989): Erläuterungsheft zur digitalen Bodenkundlichen Standortkarte von Niedersachsen und Bremen 1: 200 000 (BSK 200). - Arch. Nds. L.-Amt Bodenforsch., **107 998** ; Hannover. - [Unveröff.]
- OELKERS, K.-H. (1993): Aufbau und Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS - Fachinformationssystem Bodenkunde (FIS BODEN). - Geol. Jb., **F 27**: 5 - 38; Hannover.

Flächennutzungsplan und Bodenschutz am Beispiel der Landeshauptstadt Kiel

von

Bongard, B.⁺ und A. Schnaudt⁺⁺

1. Aufgabenstellung

Für ca. 100 Flächennutzungsplanänderungen der Landeshauptstadt Kiel sollten die Auswirkungen auf die Schutzgüter Boden und oberflächennahes Grundwasser geprüft und die Erheblichkeit der Eingriffe bewertet werden. Diese Eingriffe leiten sich von den geplanten Nutzungsänderungen ab, die definierten Nutzungstypen zugeordnet werden.

Mit Hilfe eines Bodenschutzkonzeptes (siehe Kneib 1993^a) ist es möglich, die wichtigsten Eingriffe und Folgen in Abhängigkeit von der Vorbelastung aus vorhandenen Unterlagen zu ermitteln. Diese Bewertung kann in die Bauleitplanung einfließen.

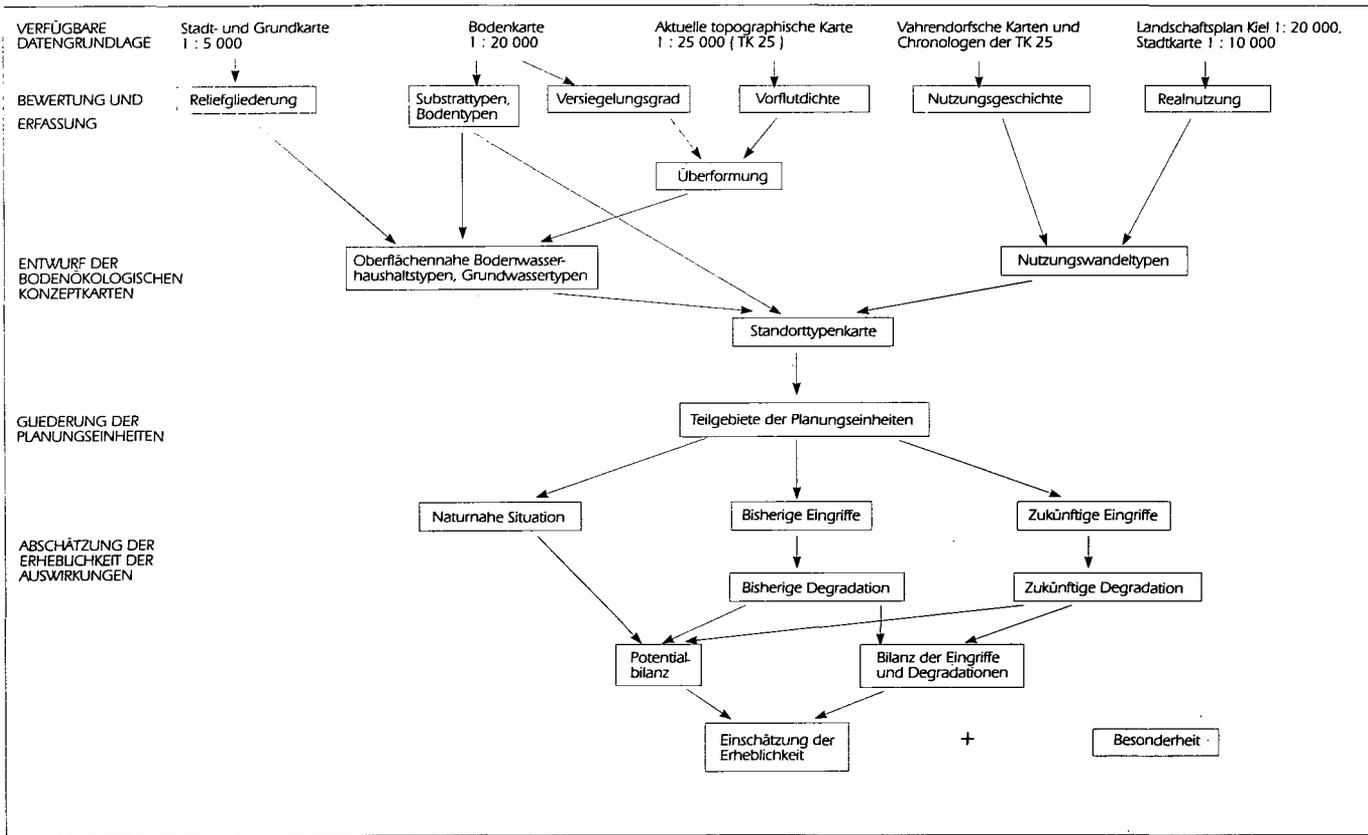
Das Schaubild auf der folgenden Seite zeigt ein vereinfachtes Schema der Arbeitsschritte für die Umweltverträglichkeitsvorstudie zu geplanten Flächennutzungsänderungen. Die letztlich verwendete Konzeption richtet sich nach der Interpretationsfähigkeit der verfügbaren Daten. Die Grundlagendaten werden erfaßt, bewertet und dienen so dem Entwurf bodenökologischer Konzeptkarten. Unter Verwendung der Typen des oberflächennahen Bodenwasserhaushaltes und den Nutzungswandeltypen wird die Erheblichkeit der geplanten Nutzungsänderung abgeschätzt.

Die Typen des oberflächennahen Bodenwasserhaushaltes werden abgeleitet aus folgenden Informationen: Boden (Infiltration, Speicherkapazität, Durchlässigkeit, Schichtung), Relief (Neigung, Formung) und Überformung (Versiegelungsgrad, Vorflutdichte).

Mittels dieser Informationen lassen sich Flächen ausweisen, die dem Perkulations-, Abfluß, Vorrats-, Stau-, Hangzugs- oder Zuschußtyp in weitergehend unüberformten Bereichen zuzuordnen sind. In überformten Bereichen finden sich Oberflächenentwässerungs- und Untergrundentwässerungstypen (siehe KNEIB 1993^b). Zwei Typen des oberflächennahen Bodenwasserhaushaltes sollen an dieser Stelle als Beispiel näher betrachtet werden: Je gröber die Körnung und je geringer der Humusgehalt sowie die Neigung sind, desto eindeutiger ist die Zuordnung zum Perkulationstyp. Böden die diesem Typ zugeordnet werden, weisen eine hohe Infiltrationsrate, Wasserleitfähigkeit und eine geringe Speicherkapazität auf. Dies führt zu einer hohen Grundwasserneubildungsrate. Hier finden sich trockene, potentiell magere Standorte.

⁺) bfb büro für bodenbewertung, Wischhofstr. 1 - 3, 24148 Kiel

⁺⁺) BSD Bodenschutzdienst für Städte und Gemeinden GmbH, Wischhofstr. 1 - 3, 24148 Kiel



Stark versiegelte Bereiche sind dem Oberflächenentwässerungstyp zuzuordnen. Mit steigendem Versiegelungsgrad treten die Bodeneigenschaften als Einflußfaktoren des oberflächennahen Bodenwasserhaushaltes in den Hintergrund.

Typen des Nutzungswandels werden abgeleitet aus der Realnutzung und der Nutzungsgeschichte, letztere anhand von Chronologen (um 1940 und 1900) und Vahrendorfschen Karten (1789-1796). In Tabelle 1 sind einigen Nutzungswandeltypen die jeweils nutzungsspezifisch dominierenden Eingriffe zugeordnet. Aufgrund des Nutzungswandels lassen sich die Eingriffe weiter differenzieren. "Dies gilt in besonderem Maße, wenn aktuelle bodenschonende Nutzungen vorangegangenen bodenbelastenden Nutzungen gefolgt sind" (CORDSEN 1993). So ist etwa der Boden eines langjährig weitgehend eingriffsfreien Waldstandortes in Stoffbestand und Stoffanordnung weniger beeinflusst als der eines derzeitigen Wald-, aber ehemaligen Ackerstandortes. Böden langjähriger Industriestandorte sind potentiell höher mit Problemstoffen angereichert als die junger Industrie- flächen.

Tab. 1: Dominierende Eingriffe in Abhängigkeit von der Nutzung

Nutzungstyp	dominierender Eingriff, die Böden sind gekennzeichnet durch ...
Wald- und Forstnutzung	... einen in Stoffbestand und Stoffanordnung weitgehend unbeeinflussten naturnahen Bodenaufbau
Wiesen- und Weidenutzung	... einen weitgehend unbeeinflussten Bodenaufbau mit stellenweise auftretenden Oberbodenverdichtungen und Nährstoffeinträgen
Dauerackernutzung	... eine Durchmischung des Oberbodens, Verdichtung des Unterbodens sowie Anreicherung mit Nährstoffen und Pestiziden
Bebauung	... eine je nach der Dichte der Bebauung stellenweise oder flächendeckend auftretende Versiegelung, Verdichtung, Durchmischung und Fremdstoffanreicherung
Industrie- und Gewerbenutzung	... Problemstoffanreicherung, Fremdstoffeintrag und Verdichtung

2. Bewertung

Bewertet werden die Auswirkungen der Flächennutzungsplanänderung anhand von Haupt- und Zusatzkriterien.

Hauptkriterien für die Einschätzung der Erheblichkeit sind die Potentialbilanz zwischen aktueller und zukünftiger Nutzung und die zu erwartenden Eingriffe und Degradationen für den Aspekt Boden und oberflächennahes Grundwasser. Zusatzkriterium ist die Einschätzung der Potentialbilanz zwischen aktueller Nutzung und naturnaher Situation. Weiterhin geht die typologische und regionale Besonderheit (Seltenheit, Formung und Vernetzung) mit ein. Es sind sowohl negative (z. B. Daueracker zu Gewerbe) als auch positive (z. B. Entsiegelung dicht bebauter Wohngebiete) Bewertungen möglich.

Das Potential eines Standortes wird unter Berücksichtigung des Nutzungswandels und des Bodenwasserhaushaltes eingeschätzt, folgende Potentiale wurden dabei berücksichtigt:

Boden:

- Informationsträger
- Regulator des Kleinklimas
- Regulator des Wasserhaushaltes
- Lebensraum für Pflanzen und Tiere
- Standort für Pflanzen und Tiere
- Risikofaktor

oberflächennahes Grundwasser:

- Regulator des Kleinklimas
- Transportmedium
- Spender von Oberflächenwasser
- Spender von Wasser für Pflanzen
- Risikofaktor

3. Beispiel

Das Verfahren zur Abschätzung der Erheblichkeit wird anhand eines Beispiels genauer betrachtet werden.

Die Differenz zwischen bisherigen und zukünftigen Eingriffen wird in Abhängigkeit vom Nutzungswandel eingeschätzt. Von den dominierenden Eingriffen werden unter Berücksichtigung der Typen des oberflächennahen Bodenwasserhaushaltes die zu erwartenden Degradationen für Boden und oberflächennahes Grundwasser abgeleitet. Die nutzungsabhängigen Potentialverluste bzw. -gewinne beruhen auf den Nutzungstypen und den Typen des oberflächennahen Bodenwasserhaushaltes.

Ist bei einem Planungsgebiet der Bodenwasserhaushalt durch Perkolations- und Vorrattypen und die aktuelle Nutzung durch Kleingärten geprägt, so ergibt sich für eine geplante gewerbliche Nutzung (70 - 90 % Versiegelungsgrad) folgende Einschätzung:

Bei der geplanten Nutzung als Gewerbegebiet ist bei Perkolationsstypen eine höhere Zunahme an Eingriffen und Degradationen für das oberflächennahe Grundwasser und bei Vorrattypen eine höhere Zunahme für den Boden zu erwarten. Bei Perkolationsstypen verringert sich durch die höhere Versiegelung zum einen die Rate der potentiellen Grundwasserneubildung und zum anderen ist durch die gewerbliche Nutzung ein erhöhtes Risiko des Problemstoffeintrags in das Grundwasser gegeben. Umgekehrt neigen Vorrattypen durch den hohen Gehalt an feinkörnigem Material und Humus zur Akkumulation von Problemstoffen und zur Verdichtung. Die geplante Nutzungsänderung ist in beiden Fällen negativ einzuschätzen, da tiefgreifende Durchmischung, Versiegelung, Auf- und Abträge, Eintrag von Fremdstoffen etc. zu erwarten sind.

Literatur

- Cordson, E. (1993): Böden des Kieler Raumes. Teil 1. Untersuchungen der Böden natürlicher Lithogenese unter Verwendung EDV-gestützter ausgewerteter Daten der Bodenschätzung. Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel, Nr. 25.
- Kneib, W. D. (1993^a): Anwendungsorientierte kommunale Bodenschutzkonzepte (in diesem Band).
- Kneib, W. D. (1993^b): Anlage von Bodenmeßnetzen zur Bodenschutzplanung und Beweissicherung. Empfehlungen für die Praxis. In: Rosenkranz, D. et al. (Hrsg.): Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, Berlin, Kap. 3200, 10/93.

Bodenphysikalische Merkmale der urban-industriell überformten Böden in Oberhausen-Brücktorviertel

von

Burghardt, W. und S. Ohlemann

1. Einleitung

In den Arbeiten von Schrapf und Kersting (1993) sowie Ludescher und Burghardt (1993) wurden Kartierung, Standort und Böden sowie chemische Merkmale der Böden des Brücktorviertels in Oberhausen behandelt. Es sollen nun hier physikalische Eigenschaften der Deposole im Vergleich zu naturnahen Böden dargestellt werden.

2. Untersuchungen

Die Untersuchungen erfolgten an 17 Profilen und 65 Horizonten. Die ungestörten Proben wurden vertikal mit 100 ml (LK, nFK) und 250 ml (kf, kl) Stechringen entnommen. Erfaßt wurden Substrate, Skelettgehalte, Textur, Kohlenstoffgehalt (Carlo-Erba, gaschromatographisch nach Verbrennung), gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf), Luftleitfähigkeit (kl), Gesamtporenvolumen (GPV), Luftkapazität (LK, pF 1,8) und nutzbare Feldkapazität (nFK, pF 1,8).

3. Ergebnisse

Die ursprünglich vorkommenden natürlichen Böden waren überwiegend Sandböden. Sie waren teilweise skeletthalzig. Bei den angetroffenen technogenen Substraten dominieren Bauschutt, Bergematerial, Aschen, Schlacken, Koks und Kohle. Diese Substrate sind ebenfalls grobkörnig. Die Folge ist eine Zunahme der Skelettgehalte, der Sandfraktion insgesamt und der Grobsandfraktion. Die Textur ist daher bei den neu entstandenen Böden grobkörniger geworden.

Dies macht sich in der nFK bemerkbar, die überwiegend als mittel (12-18 mm/dm) einzuordnen ist (Abbildung 1). Dabei schwankt sie zwischen den Horizonten aus technogenen Substraten stark, erreicht dort aber häufig höhere Werte als in den vorliegenden natürlichen Substraten.

Für die Luftleitfähigkeit (kl) bei Feldkapazität wurde auf der Basis von 65 Horizonten (ca. 600 Einzelproben) eine Klasseneinteilung nach der Formel von STURGES (zit. in Bahrenberg u. Giese, 1975) vorgenommen (Abbildung 2). Dabei zeigt sich, daß die kl-Werte der natürlichen Böden des Untersuchungsgebietes über einen weiten Bereich schwanken. Dagegen konzentrieren sich die kl-Werte der anthropogenen Böden im Bereich niedrigerer Werte. Dies deutet darauf hin, daß bei anthropogenen Auftragsböden trotz ähnlicher bzw. gröberer Textur eine geringe Porenkontinuität vorliegt. Mögliche Ursache ist die fehlende biogene Durchporung, die in natürlichen Böden bis in größere Profiltiefen eine Porenkontinuität ermöglicht. Da das technogene Skelett meist als Grus vorliegt, wird infolge des höheren Scherwiderstandes eine biogene Durchporung erschwert sein. Als Vergleich sind die kl-Werte von 2 Lößböden angegeben, wie sie im mittleren Ruhrgebiet vorkommen.

Anhand von 2 Profilen, einer Phyropararendzina (Arbeitskreis Stadtböden, 1989) über gestörter, pseudovergleyter Podsol-Braunerde aus Flugsand über Geschiebelehm, genutzt als Sportplatzrasen, und einem schichtigen Alloregosol aus überwiegend kiesig-lehmigen Sanden über Berge- und Waschbergematerial, genutzt als Rasenfläche zwischen Wohnblocks, soll eine Vorstellung von den einzelnen Horizonteigenschaften der Böden vermittelt werden (Tabelle 1).

Die Phyropararendzina repräsentiert einen stark schichtigen Bodentyp mit hohem Bauschuttanteil, wahrscheinlich aus dem Innenausbau. Die Ablagerung erfolgte nicht horizontal, sondern teils schrägschichtig. Der Alloregosol zeigt ein Beispiel für die häufig geübte Praxis, Reststoffablagerungen der Industrie bzw. alte Produktionsflächen mit Bodendecken zu versehen, wobei an das Deckmaterial nur geringe Qualitätsansprüche gestellt werden, wie die Skelettgehalte aus Bergematerialbeimengungen zeigen.

Die Textur des Feinbodens beider Profile ist einheitlich. Die Skelettgehalte wechseln jedoch zwischen den Horizonten in weiten Bereichen. Das Volumengewicht zeigt bei der Phyropararendzina ebenfalls den Wechsel zwischen geringen, mittleren und hohen Werten. Der Alloregosol zeigt die starke oberflächennahe Verdichtung, wie sie bei Bodenauftrag durch Raupen vorkommt. Im Bereich der Waschberge (93-100 cm Tiefe) treten geringe Volumengewichte auf. Die Volumengewichte machen sich im Gesamtporenvolumen bemerkbar.

Das Grobporenvolumen (LK) weist keine niedrigen Werte auf. Die hohen Verdichtungen, wie sie die Volumengewichte anzeigen, führen somit bei diesen Böden nicht zu extremen Einschränkungen der Luftkapazität. Die nFK ist bei den mit technogenen Substraten durchsetzten Phyropararendzinahorizonten höher als im Alloregosol. Allerdings sind im Alloregosol hohe nFK-Werte im Waschbergematerial zu finden. Insgesamt sind die nFK-Werte als überwiegend mittel zu bewerten.

Die gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf) jeder der untersuchten Horizonte ist hoch bis extrem hoch. Aber auch hier bestehen große Unterschiede zwischen einzelnen Horizonten der Phyropararendzina. Die Werte des Alloregosols sind einheitlicher.

Die Luftleitfähigkeitswerte (kl) zeigen starke Schwankungen, die besonders deutlich bei der Phyropararendzina sind. Dabei treten hohe Werte im Ah-, teils auch in bauschutthaltigen Horizonten auf. Bei letzterem führt jedoch eine Verdichtung zur Abnahme der Luftleitfähigkeit. Bauschutt kann daher je nach Lagerung geringe oder hohe kl-, ebenso LK- und nFK-Werte aufweisen. Geringe kl-Werte weisen die Waschberge trotz niedrigen Volumengewichtes auf. Dabei ist die LK dieser Substrate hoch. Hier liegt wahrscheinlich die oben bereits erwähnte Störung der Porenkontinuität vor.

Der im Phyroregosol in 47/66 - 60/80 cm Tiefe auftretende Putz hat hohe Werte hinsichtlich Lk und kf, und mittlere der nFK und kl.

4. Schlußfolgerung

Schichtung als typisches Merkmal der Stadtböden führt zu stark mit der Tiefe wechselnden physikalischen Bodeneigenschaften. Es kann daher angenommen werden, daß die ökologischen Eigenschaften und Bodenfunktionen stark von einzelnen Horizonten und von Horizontfolgen mit unterschiedlichen Merkmalen bestimmt werden. Differenzierend wirken einzelne Substrate und ihren Ablagerungsbedingungen. Entsprechend dem Wechsel und der Dominanz von Substraten können die physikalischen Qualitätsmerkmale von Stadtböden großen Schwankungen unterworfen sein.

5. Literatur

- Arbeitskreis Stadtböden (1989): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). Umweltbundesamt, Texte 18/89.
- Bahrenberg, G. u. E. Giese (1975): Statistische Methoden und ihre Anwendung in der Geographie. B.G.Teubner, Stuttgart.
- Ludescher, S. u. W. Burghardt (1993): Chemische Qualitätsmerkmale der urban-industriell überformten Böden in Oberhausen-Brücktorviertel. Mitteln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Bd. 72 (in diesem Band).
- Schraps, W.G. und A. Kersting (1993): Pilotprojekt "Stadtbodenkartierung Brücktorviertel". Mitteln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Bd. 72 (in diesem Band).

Tabelle 1: Physikalische Bodeneigenschaften zweier Deposole

Horizont	Tiefe	Skelett	T	U	S	C	Carbonat	Vgtr.	GPV	LK	nFK	kf	kl	Substrate/ Substratbeimengungen
	cm	%	%	%	%	%	%	g/kg	%	%	%	cm/d	cm/sec	
Alloregosol auf Rasenfläche zwischen Hochhausanlage														
jYAh	-14	27	-	-	-	5,5	0,2	1450	38,4	12,1	17,4	4500	3,51	h3 fmSlg, gr2/Bergematerial
jY1	-25	88	8,9	9,9	81,2	2,3	0,1	1711	35,8	10,0	12,1	373	0,29	h2 Lsg2
jY2	-60	21	-	-	-	0,2	0,0	1550	37,9	23,1	11,4	517	0,99	f,mS/L
jY3	-70	86	7,7	9,5	82,8	0,3	0,1	1536	38,4	17,6	13,3	593	0,60	h2 Ls/f,mS
jY4	-80	37	7,3	6,6	86,1	6,0	0,1	1353	40,5	18,9	15,6	110	0,24	Sl2/Berge,Ziegel
yjY1	-93	6	5,1	7,7	87,2	3,7	0,1	-	-	-	-	-	-	Lsgr/Waschberge,Ziegel
jY5	-100	46	6,8	12,0	81,2	40,5	0,1	1115	50,0	19,6	24,0	468	0,35	Bergematerial
yjY2	-105	39	7,3	15,2	77,5	29,8	0,1	-	-	-	-	-	-	Waschbergematerial
Phyropararendzina über gestörter, pseudovergleyter Podsol-Braunerde, auf Sportplatzrasen														
iyYAh	-5	21	9,3	8,1	82,6	7,9	1,7	1208	50,3	11,7	29,3	1150	1,38	h3Sl2/Kohle,Koks,Asche
iyY	-20	27	9,7	7,8	82,5	8,0	2,9	1462	39,6	12,8	18,7	870	0,74	h3Sl2gr2/Ziegel,Kohle,Koks
iy	-36	72	6,9	7,3	85,8	1,0	0,1	-	-	-	-	-	-	mgSg5
iyY	-45/63	10	3,5	5,0	91,5	1,9	0,3	1539	35,6	11,8	16,3	126	0,11	h3mSl3gr3/Ziegel,Scherben,Glas
yY	-47/66	17	4,8	4,5	90,7	10,7	4,8	1273	46,4	17,1	23,7	1310	0,99	h4mSgr1/Mörtel,Kohle,Asche
yY	-60/80	22	-	-	100,0	8,9	21,3	-	-	-	-	-	-	mSgr1/Putz
yjY	-63/83	10	6,6	10,6	82,8	6,4	1,3	1349	43,3	21,4	16,8	2030	1,49	h3fmS
yjY	-80/100	32	7,8	13,4	78,8	3,1	1,7	-	-	-	-	-	-	h2,3fmS/Glas,Mörtel,Koks,Kohle
yY	-100	37	1,0	4,4	94,6	5,3	10,0	1705	35,7	7,1	11,6	540	0,15	Lt/Bauschutt
BvSw	-150	1	10,8	40,3	48,9	0,3	0,1	1373	42,5	32,7	7,9	910	2,09	mfS
Sd	-160	23	22,9	14,7	62,4	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	Sl4

Abbildung 1: Verteilung der nutzbaren Feldkapazität

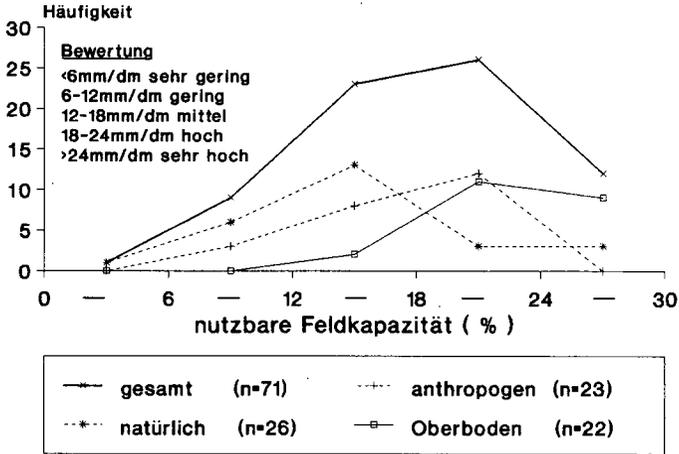
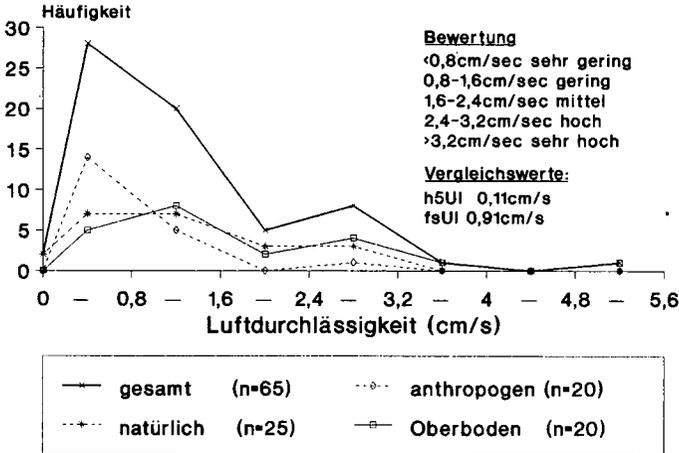


Abbildung 2: Verteilung der Luftleitfähigkeiten



Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein

von

Cordsen, E.

Eine zentrale Aufgabe unter den Grundlagenarbeiten zum **Bodenschutz** in Schleswig-Holstein stellt die **Boden-Dauerbeobachtung** dar (1). Ihre Bearbeitung erfolgt in engem Zusammenhang mit der Auswertung der Daten der Reichsbodenschätzung (einerseits Erfassung der Böden des Umfeldes der Boden-Dauerbeobachtungsflächen [BDF], andererseits Eichung der Auswertungsergebnisse an den erhobenen Daten der bodenkundlichen Inventur der BDF) und den Arbeiten zur Erstellung der Boden-Übersichtskarte 1 : 200 000 (BÜK 200; BDF als regional- und landschaftstypische repräsentative Beispielflächen für die BÜK 200). BDF werden in Schleswig-Holstein ausschließlich durch das **Geologische Landesamt** ausgewiesen und betrieben. Die Einrichtung von BDF hat in Schleswig-Holstein 1992 mit der Ausweisung der 33. Fläche einen vorläufigen Schlußpunkt gefunden (Abb. 1, Tab. 1). Geplant ist jetzt noch die Einrichtung einer BDF im besiedelten Bereich, um auch Informationen über die besonderen Nutzungs- und Eintragsverhältnisse dieser Räume zu bekommen. Grundsätzlich sind die Auswahl (1) und Einrichtung von BDF in Schleswig-Holstein der **Konzeption der Unterarbeitsgruppe "BDF"** der Sonderarbeitsgruppe "Informationsgrundlagen Bodenschutz" gefolgt (2).

Eine Anbindung der BDF an vordem oder fortlaufend in unterschiedlicher Hinsicht gut untersuchte **Standorte anderer Institutionen** (Forstverwaltung; Universität; Versuchsgüter, Ökosystemforschung; Landwirtschaftskammer; Umweltbundesamt, Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten, Gewerbeaufsichtsamt; Depositionsmeßstellen, Grundwassermeßstellen) bietet den Vorteil eines heute schon längeren zu betrachtenden Untersuchungszeitraumes wie auch die Ergänzung der eigentlichen Boden-Dauerbeobachtung durch weitergehende Untersuchungen.

Grundlage der Einrichtung einer jeden BDF sind der Abschluß eines **Gestattungsvertrages** (Pachtvertrag) über die Nutzung einer ausgewählten Fläche als BDF, die engständige **bodenkundliche Kartierung** der vorgesehenen Fläche zur genauen Festlegung der BDF, die exakte und möglichst (zer)störungssichere **Vermarkung** von Flächeneck- und -bezugspunkten der BDF sowie ihre **katasteramtliche Einmessung** unter Angabe der Gauß-Krüger-Koordinaten und Höhen zu Normalnull der Flächeneckpunkte.

Die zentrale Kennzeichnung einer jeden BDF erfolgt durch ihre **umfassende bodenkundliche Inventur** unter größtmöglicher Schonung des eigentlichen Beobachtungsraumes vor Zerstörungen durch Eingriffe im Zuge der Untersuchungen. Hierzu zählen die Anlage einer **Profilgrube** mit nachfolgender Probenahme sowie über die Fläche verteilte **Probenahmebohrungen** wie auch gesonderte **Oberboden-Probenahmen**. Bodenphysikalische (Korngrößenverteilung, Porenvolumen, Porengrößenverteilung, gesättigte Wasserleitfähigkeit u.a.) und bodenchemische anorganische (austauschbare und nachlieferbare Nährstoffe, mobile und gesamte Schwermetalle u.a.) und organische (PAK, HCH, PCB, PCDD, PCDF u.a.) Analysen werden an Volumenproben, lufttrockenen Feinbodenproben bzw. volumenbezogenen feldfrischen Proben in hauseigenen und externen Laboratorien durchgeführt.

Aufbauend darauf werden im Bereich aller BDF **vegetationskundliche, lichenologische und bodenzoologische Grundinventuren** durchgeführt. Von ihnen wird erwartet, daß sie Veränderungen des Bodenzustandes und der Eintragungssituation aus der Luft schneller, empfindlicher und leichter registrierbar abbilden, als dies bei ausschließlich bodenkundlichen Untersuchungen möglich wäre.

* Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mercatorstraße 7, 24106 Kiel

Abb. 1:

Übersichtskarte der Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) in Schleswig-Holstein



- Einrichtung 1989 - 1992
- Einrichtung geplant in 1993

Stand: 01.03.1993

Tab. 1:

Boden-Dauerbeobachtungsflächen Schleswig-Holstein

Nr.	Standort	Nutzung	Boden	Ausgangsgestein	Naturraum
01	List/Sylt	NSG, Düne, Schafweide	podsol. Regosol	holozäne Flug-S	Marschen (Nordsee)/ Hohe Geest
02	Süderlügum	Forst	Podsol (Trepasol)	holozäne Flug-S	Geest / Hohe Geest
03	Hedehusum/Föhr	Grünland, Mähweide	Podsol-Braunerde	saalez. Geschiebe-S	Marschen (Nordsee)/ Hohe Geest
04	Stadum/Goldelund	Acker	Gley-Podsol	weichselz. glazifluv. S	Geest / Vorgeest
05	Gintoft	Acker	Pseudog.-Parabr.	weichselz. Geschiebe-L	Östliches Hügelland
06	Sönke-Nissen-Koog	Acker	Kalkmarsch	holozäne marine U und T	Marschen (Nordsee)
07	Pobüller Bauernholz	Forst/NSG	Pseudog.-Podsol	weichselz. Sander-S ü. saalez. Geschiebe-L	Geest / Hohe Geest
08	Havetoftloit	Grünland, Weide	Parabraunerde	weichselz. Geschiebe-L	Östliches Hügelland
09	Schuby	Acker	Gley-Podsol	weichselz. Sander-S	Geest / Vorgeest
10	Holzdorf	Acker	Parabr.-Pseudog.	weichselz. Geschiebe-L	Östliches Hügelland
11	Lehmsiek	Grünland, Weide	Pseudogley	Fließerde ü. drenthez. Geschiebe-L	Geest / Hohe Geest
12	Vadersdorf/Fehmarn	Acker	Braunerde-Pseudog.	weichselz. Geschiebe-L	Östliches Hügelland
13	St. Peter-Ordning	Grünland, Mähweide	Knickmarsch	holozäne marine T	Marschen (Nordsee)
14	Meggerdorf	Grünland, Mähweide	Niedermoor	holozänes Niedermoor	Geest / Niederung
15	Achterwehr	Acker	Kolluv. ü. Pseudog.	holozäne Abschlammassen ü. weichselz. Geschiebe-L	Östliches Hügelland
16	Schönb./Schwartbuck	Acker	Pseudog.-Parabr.	weichselz. Geschiebe-L	Östliches Hügelland
17	Dannau	Acker	Pseudog.-Parabr.	weichselz. Geschiebe-L	Östliches Hügelland
18	Heringsdorf	Acker	pseudov. Parabr.	weichselz. Geschiebe-L	Östliches Hügelland
19	Mörel/Nindorf	Acker	Pseudog.-Parabr.	warthez. Geschiebe-L	Geest / Hohe Geest
20	Wüstenfelde	Forst	Parabr.-Pseudog.	weichselz. Geschiebe-L	Östliches Hügelland
21	Speicherkoog Dithm.	NSG, Sukzession	Kalkmarsch	holozäne marine U	Marschen (Nordsee)
22	Hindorf	Grünland, Weide	vergl. Pseudog.- Podsol	drenthez. glazifluv. S ü. drenthez. Geschiebe-L	Geest / Hohe Geest
23	Bokhorst	Acker	podsol. Braunerde	Fließerde ü. drenthez. glazifluv. S	Geest / Hohe Geest
24	Bornhöved	Acker	Braunerde	weichselz. Sander-S	Östliches Hügelland
25	Kudens/Landscheide	Grünland, Mähweide	Niedermoor	holozänes Niedermoor	Marschen (Elbe)
26	Bad Bramstedt	Grünland, Weide	Gley-Podsol	weichselz. Sander-S	Geest / Niederung
27	Lebatz/Tankenrade	Acker	Parabr.-Pseudog.	weichselz. Geschiebe-L	Östliches Hügelland
28	Gr. Offenseth-Aspern	Grünland, Mähweide	podsol. Pseudog.	drenthez. Geschiebe-L	Geest / Hohe Geest
29	Hambge./Niederbüsiau	Acker	Parabr.-Pseudog.	weichselz. Beckenabl.	Östliches Hügelland
30	Altendeich/Neuendorf	Grünland, Weide	Kleimarsch	holozäne marine U und T	Marschen (Elbe)
31	Pinneberg	Baumschule	Hortisol-Braunerde	weichselz. glazifluv. S	Geest / Hohe Geest
32	Hahnheide	Forst	podsol. Braunerde	weichselz. glazifluv. S	Östliches Hügelland
33	Hellbachtal	Grünland, Weide/NSG	Niedermoor	holozänes Niedermoor	Östliches Hügelland
34	Kiel (geplant)	Park	Pararendzina	holozäne Aufschüttung	Östliches Hügelland

Die **vegetationskundlichen Untersuchungen** umfassen sowohl die vollständigen Aufnahmen des Arteninventars der BDF, pflanzensoziologische Belegaufnahmen aller beteiligten Pflanzengesellschaften, Beschreibungen der Bestandsstrukturen und der phänologischen Entwicklungszustände als auch die Anlage von Dauerquadraten mit entsprechenden Aufnahmen als Monitoring-Grundlage. Bei den **lichenologischen Untersuchungen** werden vergleichbare Verfahren angewendet.

Die **Untersuchungen der Bodenfauna** umfassen Aufnahmen der Taxozöosen der Anneliden (Lumbriciden und Enchyträen) als Indikatorgruppe für die Kennzeichnung der Zersetzergesellschaft. Zur Erfassung der Populationen werden kombinierte Verfahren aus Handauslese, Kempson-Extraktion, Formalinextraktion und Wassertauchmethode angewendet. Durchgeführt werden Bestimmungen der Arten, der Individuenzahlen und der Biomasse.

Die direkten Erhebungen zur Eintragungssituation aus der Luft werden durch ein **landesweites Depositionsnetz** getragen, das durch das Gewerbeaufsichtsamt Itzehoe und das Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten betrieben wird. Dabei wird nicht jede BDF unmittelbar berücksichtigt, jedoch sind die Meßstellen auf ihre landesweite Repräsentanz und damit Übertragbarkeit auf die Standorte der BDF geprüft worden.

Ein- und Austräge sowie Beeinflussungen der Böden durch die land- und forstwirtschaftliche Nutzung werden durch die Führung von **Schlagkarteien** durch die Land- und Forstwirte erhoben. In ihnen werden Einträge durch Applikationen von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, Austräge durch Ernten sowie Bearbeitungs- und Pflegemaßnahmen dokumentiert.

Für 1994 sind Beprobungen und Analysen des **Erntegutes** bzw. der **Biomasse** von BDF geplant.

BDF mit oberflächennahen Grund- oder Stauwasservorkommen sind mit **Beobachtungsbrunnen** in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft ausgerüstet, die alle vierzehn Tage gemessen werden. Sie weisen Endteufen zwischen einem und vier Metern auf. Ergänzt und vervollständigt werden soll dies Verfahren insbesondere hinsichtlich der Untersuchung der **Wasserqualitäten** durch ein diesbezügliches Meßnetz des Landesamtes für Wasserhaushalt und Küsten.

Jeweils eine BDF ist der Beobachtung der **Wasser- und der Winderosion** gewidmet. Entsprechende Untersuchungsprogramme wurden oder werden gemeinsam mit der Pädagogischen Hochschule Kiel, Geographie, und dem Deutschen Wetterdienst, Agrarmeteorologie, durchgeführt.

1994 geht die Boden-Dauerbeobachtung mit den ersten boden- und vegetationskundlichen **Wiederholungsaufnahmen** in die **Betriebsphase** über. Nach den Auswertungen dieser Wiederholungsaufnahmen lassen sich dann auch erste Aussagen über die Erzielbarkeit von Ergebnissen hinsichtlich der Aussagefähigkeit über **Veränderungstendenzen** der Böden durch diese Art des Bodenmonitoring machen. Auch die Zweckmäßigkeit der gewählten zeitlichen Abstände zwischen den Untersuchungen läßt sich erst dann abschließend beurteilen. Möglich wäre nach Auswertung der ersten Wiederholungsuntersuchungen die Beschränkung auf einige wenige kennzeichnende Referenzparameter, deren Veränderungen das Gesamtbild der standörtlichen Veränderungen aufgrund von inneren und äußeren Einflußgrößen meßbar widerspiegeln. Handlungsbedarf besteht in nächster Zeit für die Entwicklung einer bundeseinheitlichen Konzeption zum Betrieb von BDF.

Zum heutigen Zeitpunkt läßt sich sagen, daß schon jetzt wichtige regionale Erkenntnisse zum **Zustand** der schleswig-holsteinischen Böden und ihrer **Hintergrundbelastung** erlangt werden konnten.

Literatur:

1. KUHN, D.: Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein - Auswahl und Einrichtung. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft **59/II**, 923 - 926 (1989)
2. SONDERARBEITSGRUPPE INFORMATIONSGRUNDLAGEN BODENSCHUTZ DER UMWELTMINISTERKONFERENZ: Boden-Dauerbeobachtungsflächen (Konzeption zur Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen). Arbeitshefte Bodenschutz **1**, München (1991)

**Bodenvergesellschaftungen im Pleistozängebiet der
neuen Bundesländer nach der Mittelmaßstäbigen
Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK)**

von

Diemann, R.

Mit der Ableitung von Bodenvergesellschaftungen aus der MMK werden Ergebnisse zur Differenzierung und zur Inhaltsstruktur landwirtschaftlich genutzter Bodenvergesellschaftungen sowie zur Regionalanalyse der pedogenetischen Bedingungen bereitgestellt. Sie vertiefen und erweitern die Systematik von Bodenvergesellschaftungen als Grundlage bodenkundlicher Übersichtskarten (vgl. Beitrag FINNERN) und ermöglichen einen Vergleich mit den Ergebnissen anderer Kartierungen, wie z.B. mit den Bodenmosaiken der forstlichen Standortserkundung. Bezüglich der inhaltlichen Ausrichtung der Bodenvergesellschaftungen sei auf HAASE u. SCHMIDT (1975) verwiesen, die zwischen Bodenformen- und Bodentypengesellschaften unterscheiden. Die hier aus der MMK abgeleiteten Kategorien entsprechen dem Niveau von Bodenformengesellschaften (Bodenkombinationen), beziehen sich jedoch nur auf bodentypologische Inhaltsstruktur, um durch eine relativ starke Aggregation eine überregionale Aussage zu ermöglichen und die Beziehungen zwischen den Bodenvergesellschaftungen aufzuzeigen.

Die Bodenvergesellschaftungen basieren auf den Leitbodenformen der Standortregionaltypen (vgl. SCHMIDT u. DIEMANN 1981). Sie fassen häufig unter bodentypologischem Aspekt einige Standortregionaltypen zusammen, wobei auch die stetigen Begleitbodenformen ggf. Berücksichtigung finden. Die Systematik der Standortregionaltypen der MMK nach Hydromorphie und Substrat als Ordnungsprinzip stellt DIEMANN (1993) dar. Das Standardinventar und die Variationsbreite von Bodenformengesellschaften der Standortregionaltypen des mecklenburgisch-vorpommerschen Raumes behandelt DIEMANN (1982). Bodengesellschaften speziell für die Grundmoränengebiete leitet SCHMIDT (1982) aus der MMK und aus Trassenaufnahmen ab.

+) M.-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Standortkunde und Agrarraumgestaltung, A.-Kuckhoff-Str. 15, D-06108 Halle

Die Bezeichnungen der Bodentypen und -subtypen entsprechen denjenigen für landwirtschaftlich genutzte Böden der DDR, die LIEBEROTH (1982) erläutert. Es erfolgt also keine Einordnung in die Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland, für die das der MMK zugrundeliegende Profilmaterial herangezogen werden müßte. Bei zwei Begriffen wird von der genannten Bodensystematik abgewichen: 1. Pararendzina, die gegenüber der Rendzina nicht gesondert ausgehalten wurde, und 2. Rumpffahlerde, womit die forstliche Standortserkundung Böden der Horizontabfolge Ap-Bt o. Btg'-Cc bezeichnet. Die durch Wassererosion geprägten Bodenvergesellschaftungen im pleistozänen Tiefland und auch im Lößgebiet werden dadurch terminologisch deutlicher hervorgehoben.

Die Kennzeichnung der Bodenvergesellschaftungen (Abb.1) beschränkt sich i.d.R. auf ein oder zwei charakteristische Bodentypen bzw. -subtypen. Dabei wurde folgende Regelung getroffen:

1. Durch Schrägstrich getrennte Typen sind in den Vergesellschaftungen allgemein verbreitet, wobei der erstgenannte Typ flächenmäßig meist vorherrscht.
2. Die in Klammern gesetzten Typen sind zwar nicht generell Leittypen der betreffenden Vergesellschaftungen, aber häufig anzutreffen. Zwei oder drei in Klammern gesetzte Typen verweisen auf die Variationsbreite einer Vergesellschaftung. Besonders hydromorphe Bodenmosaiken besitzen ein stark variierendes bodentypologische Spektrum (vgl. DIEMANN 1982).

Die Abgrenzung der Bodenvergesellschaftungen gegeneinander berücksichtigt keine Flächenanteile, sondern ausschließlich qualitative Unterschiede aufgrund der vergesellschafteten Bodentypen und -subtypen. Die zunehmende Hydromorphieprägung bestimmt die Ordnung innerhalb des Systems: Anhydromorphe, teilweise hydromorphe, schwach und stark hydromorphe Bodenvergesellschaftungen. Bei den anhydromorphen Bodenvergesellschaftungen spiegelt die vertikale Abfolge die regionale substrat- u./o. klimabedingte pedogenetische Konstellation wider. Der linke Block führt jeweils diejenigen Vergesellschaftungen auf, die verstärkt erodierte Böden vereinigen, wobei eigentlich jedem Normboden mit i. wesentl. vollständiger Horizontabfolge ein Rumpfboden zur Seite gestellt werden müßte. Die den anhydromorphen adäquaten "teilweise bis stark hydromorphen" Vergesellschaftungen sind jeweils in einer

Reihe angeordnet. Einige Standortregionaltypen müssen nach ihren Definitionskriterien zwei Bodenvergesellschaftungen zugeordnet werden. Da die eingangs erwähnte Aggregation dem Baukastenprinzip folgt, ist es auch möglich, die Bodenvergesellschaftungen nach der MMK detaillierter auszuweisen, etwa im Rahmen einer bestimmten Bodenregion oder für länderspezifische Legenden.

Literatur (s. auch Beitrag Billwitz u. Diemann)

DIEMANN, R.: Die Legende der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung für die Standortkarten 1:100 000 der Bezirke Rostock, Schwerin und Neubrandenburg. - Wiss. Z. Univ. Halle Math.-nat. R. 31 (1982), S.93-114.

DIEMANN, R.: Klassifikation der Standortregionaltypen der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK). 1. Teil: Standorte des pleistozänen Tieflandes, des Sandlößgürtels und der Auen. - Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkde. 37 (1993), S.125-132.

LIEBEROTH, J.: Bodenkunde. - 3. Aufl. - Berlin 1982.

SCHMIDT, R.: Die Struktur der Bodendecke der Grundmoränengebiete der DDR. - Petermanns Geogr. Mitt. 126 (1982), S.153-175.

SCHMIDT, R. u. R. DIEMANN (Hrsg.): Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung. - Eberswalde 1981.

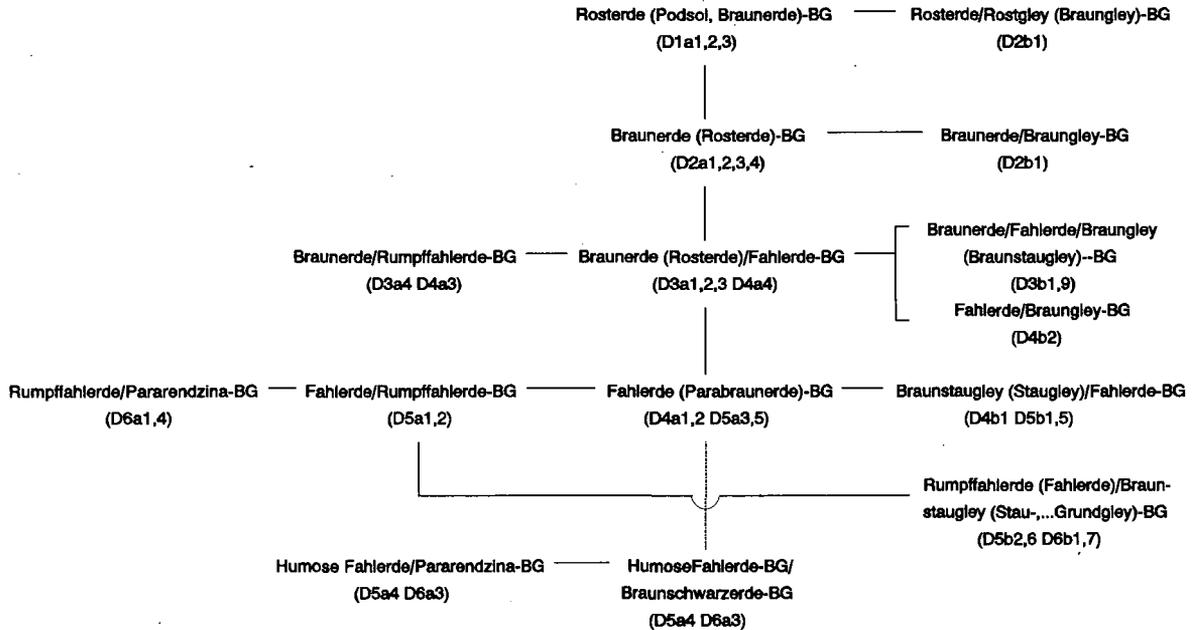
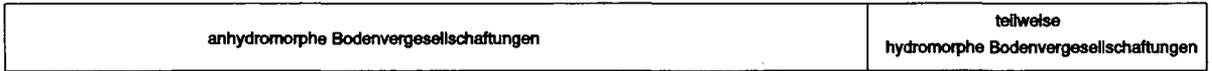


Abb.1: Klassifikation der Bodenvergesellschaftungen des pleistozänen Tieflandes nach der MMK (Auszug)

Das Fachinformationssystem Bodenkunde der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (FISBo BGR). - I. Aufgaben, Struktur und Inhalte.

von

Eckelmann, W.* und G. Adler**

Der Aufbau eines Fachinformationssystems Bodenkunde bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ist aus der Notwendigkeit heraus in Angriff genommen worden, für die in Bundeskompetenz liegenden Aufgaben der BGR ein modernes, den heutigen fachlichen und technischen Anforderungen gerecht werdendes, digital geführtes Informationssystem einzurichten. Es hat die Aufgabe, Fragen der Bundesregierung oder von Bundesbehörden zum Schutz des Bodens und von Bodenressourcen möglichst umfassend zu beantworten sowie Methoden zur Erfassung, Bewertung und Darstellung bodenkundlicher Fachinhalte zu entwickeln. Das Engagement der BGR wird begründet mit ihrem Auftrag zur Beratung der Bundesregierung in geowissenschaftlichen Fragen und der damit verbundenen Berichtspflicht; es dient nicht zuletzt der Unterstützung der Arbeit der Bundesregierung auf EG-Ebene. Das Fachinformationssystem der BGR (FISBo BGR) ist als fachliche Ergänzung zu den bei den Ländern im Aufbau befindlichen Fachinformationssystemen zu sehen.

Bodeninformationssysteme und die darunter zu subsumierenden Fachinformationssysteme sind vorrangig **Werkzeuge**, mit denen große Datenmengen nach vorgegebenen Methoden verfügbar gemacht und für spezielle Fragestellungen ausgewertet werden können. Die Benutzung eines derartigen Werkzeuges versteht sich als die Anwendung moderner Informationstechnologien. Sie ist weder auf spezielle fachliche Ausrichtungen noch auf bestimmte hierarchische Ebenen zu begrenzen und als ein in Technik, Informationsverarbeitung (z.B. Bibliothek), Wissenschaft und Verwaltung eingeführtes Verfahren aufzufassen.

Folgende Ziele und Aufgaben werden mit dem FISBo BGR aufgegriffen:

- Aufbau und Bereitstellung einer für Bundesaufgaben angemessenen Datenbasis in Zusammenarbeit mit den Geologischen Landesämtern,
- Auswertung dieser Datenbasis für Fragen des Bundes (z.B. für Situationsdarstellung, Prognose, Rahmengesetzgebung),
- Grundlage für Bearbeitung von Anfragen aus der EG und global,
- Grundlage für Kooperationen mit Forschungsnehmern anderer Institutionen (z.B. für bundesweite Auswertungen).

Gesetzlicher Rahmen für Arbeiten des Bundes im Bodenschutz

Die Erledigung von Aufgaben zum Bodenschutz fällt nach **Artikel 30** des Grundgesetzes [**Kompetenzverteilung zwischen Bund und Ländern**] in die Kom-

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover und Berlin,
*Stilleweg 2, 30655 Hannover --- **Invalidenstr. 44, 10115 Berlin.

petenz der Länder. Im Falle aufkommenden Informationsbedarfes für Bundesaufgaben muß sich der Bund die erforderlichen Informationen bei den Ländern besorgen. Hier hat es in der zurückliegenden Zeit insofern Probleme gegeben, als die Kenntnisse über Böden, Bodeneigenschaften sowie Bodenbelastungen bei den Ländern höchst unterschiedlich sind und sich für eine bundesweit vergleichbare Darstellung nur sehr eingeschränkt nutzen lassen. Auch sind rechtliche Fragen des Informationstransfers zwischen Bund und Ländern z. T. noch ungeklärt.

Die im Grundgesetz verankerte Möglichkeit nach Artikel 91 b zum "Zusammenwirken von Bund und Ländern auf Grund von Vereinbarungen", die im Grunde die Erarbeitung länderübergreifend einheitlicher Strukturen erlaubte, kann das oben dargestellte Problem nur zum Teil mindern, da dieser Artikel sich nur auf die "Förderung von Einrichtungen und Vorhaben der wissenschaftlichen Forschung" bezieht.

Andererseits liegt es in der Kompetenz des Bundes nach Artikel 32 GG [Auswärtige Beziehungen], die Pflege der Beziehungen zu auswärtigen Staaten und z. B. auch zur EG wahrzunehmen. Daraus folgt, daß für den Bund ein rechtlich wie fachlich einwandfreier Transfer von Informationen zum Bodenschutz hohe Priorität genießen muß.

Die am 01. Januar dieses Jahres wirksam gewordene Richtlinie des Rates [der EG] vom 07. Juni 1990 über den freien Zugang zu Informationen über die Umwelt hat das Problem des unzureichenden Informationstransfers aufgegriffen. Da diese Richtlinie noch nicht in gültiges Bundesrecht umgesetzt ist, bleibt abzuwarten, ob sie auf nationaler Ebene die notwendigen Erleichterungen bringen kann.

Das derzeit diskutierte Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) soll diesen rechtlichen Zusammenhängen Rechnung tragen. Auch hier bleibt abzuwarten, ob es die oben genannten Probleme zu lösen hilft.

Struktur des Fachinformationssystems Bodenkunde

Aufgrund der oben dargestellten Ziele, Aufgaben und rechtlichen Zusammenhänge ist es erforderlich, daß der Bund mit den Ländern eng zusammenarbeitet. Hinsichtlich des Aufbaus seines FISBo BGR ist es deshalb für einen effektiven Informationstransfer erforderlich, daß sich der Bund ein System einrichtet, das strukturell dem der Länder möglichst ähnlich ist. Die dazu erforderlichen strukturellen Vorgaben sind in dem "Vorschlag [der SAG INFORMATIONSGRUNDLAGEN BODENSCHUTZ (1989)] für die Einrichtung eines länderübergreifendes Bodeninformationssystem" vorgegeben. Sie sind darüber hinaus durch eine Reihe von Empfehlungen und Vereinbarungen ergänzt worden, so z.B. durch die Definition des "Mindestdatensatz[es] Bodenuntersuchungen" als Abschlußbericht eines Arbeitskreises der SAG INFORMATIONSGRUNDLAGEN BODENSCHUTZ (1991).

Als Hauptbausteine des FISBo BGR werden gegenwärtig analog zu den Fachinformationssystemen der Länder folgende Grundelemente eines FIS aufgebaut: eine Flächendatenbank für Maßstäbe 1:200.000 und kleiner, eine Punkt- bzw. Labordatenbank und eine Methodenbank.

Inhalte der Flächendatenbank für das FISBo BGR

Die im FISBo BGR einzurichtende Flächendatenbank muß dem Anspruch gerecht werden, Bodenübersichtskarten in der Form einer für Bundesaufgaben angemessenen Genauigkeit herstellen zu können. Dazu gehören die in Abb. 1 ge-

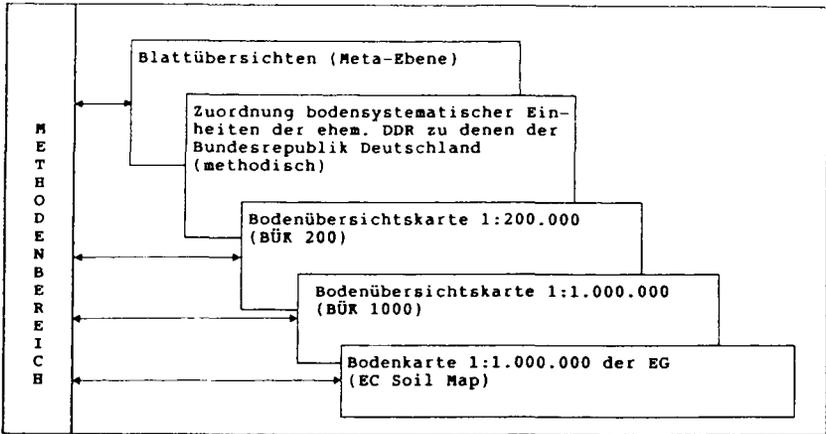


Abb. 1: Inhalte der Flächendatenbank des FISBo BGR

nannten Blattübersichten, Karten und Zuordnungsalgorithmen z. B. für die Übersetzung bodenkundlicher Termini in vereinbarte Nomenklaturen. Ein solcher Zuordnungsalgorithmus wird von ALTERMANN und KÜHN (1993) in diesem Band vorgestellt.

In Zusammenarbeit mit den Geologischen Landesämtern ist damit begonnen worden, eine bundesweit einheitliche Bodenübersichtskarte i. M. 1:200.000 (BÜK 200) zu entwerfen. Dabei sind folgende Arbeitsschritte von besonderer Bedeutung:

- Entwicklung einer Rahmenlegende für eine einheitliche BÜK 200,
- Entwicklung von Aggregierungsalgorithmen zur Erarbeitung von Bodenkarten in unterschiedlichen Maßstäben.

Erst danach kann die Entwicklung von BÜK 200-Kartenblättern zusammen mit den Geologischen Landesämtern entsprechend abgestimmter Vorgehensweisen erfolgen.

Mit der deutschen Wiedervereinigung fehlte eine für beide Teile Deutschlands einheitliche Bodenübersichtskarte i. M. 1: 1.000.000 (BÜK 1000). Da sie für die Beratung der Bundesregierung einer der wichtigsten Bausteine innerhalb des FISBo BGR überhaupt ist, wurde bereits ein erster Entwurf auf der Grundlage vorliegender Bodenübersichtskarten erarbeitet (HARTWICH et al., 1993). Wesentlicher Arbeitsschritt dabei war die Anpassung der Flächeninhaltsbeschreibungen der Bodenkarte "Ost" nach HAASE/SCHMIDT (1979) an die Bodenkarte "West" nach ROESCHMANN (1986).

Für die Zusammenarbeit auf EG-Ebene werden zeitgleich die aktuellen digitalen Grenzen der Bodenkarte 1:1.000.000 der EG (EC SOIL MAP 1000) an die in Überarbeitung befindliche Grenzen der BÜK 1000 in den neuen Grenzen Deutschlands angepaßt. Dazu sind die Flächeninhaltsbeschreibungen der BÜK 1000 entsprechend der FAO-Nomenklatur zu übersetzen.

Inhalte der Labordatenbank für das FISBo BGR

Ziel der Einrichtung der Labordatenbank ist es zum einen, für die Bodenübersichtskarten eine dem Maßstab der Karten angemessene Hintergrunddatei aufzubauen. Sie erst ermöglicht es, z. B. digital geführte empirische Auswertungsmethoden auf die Karten anzuwenden und sie so thematisch auszuwerten (HENNING, 1993). Die in der Labordatenbank verfügbaren Daten können zum anderen geostatistisch zur Kennzeichnung von Böden und deren Belastung ausgewertet werden. Sie bilden die Grundlage für Parametrisierungen, die für die Schaffung einheitlicher Datensätze bei inhomogenen Datenvoraussetzungen unerlässlich sind.

Inhalte der Labordatenbank sind auf der **Meta-Ebene**

- Dokumentation der Labormethoden,
- Auflistung der Labordatenarten,
- Datenfeldkatalog Bundesrepublik Deutschland,
- Datenfeldkatalog EG,
- Datenfeldkatalog global (z.B. FAO, Soil Taxonomy)

und auf der **Datenebene**

- Geländedaten [Grundlage Mindestdatensatz (SAG INFORMATIONSGRUNDLAGEN BODENSCHUTZ, 1991)],
- Profildaten,
 - Daten nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (3./4. Auflage),
 - Daten auf der Grundlage internationaler Nomenklaturen,
- Analysendaten,
 - bodenchemische und bodenphysikalische Daten zur Kennzeichnung von Böden (digitale Hintergrunddatei),
 - Daten stofflicher Belastungen.

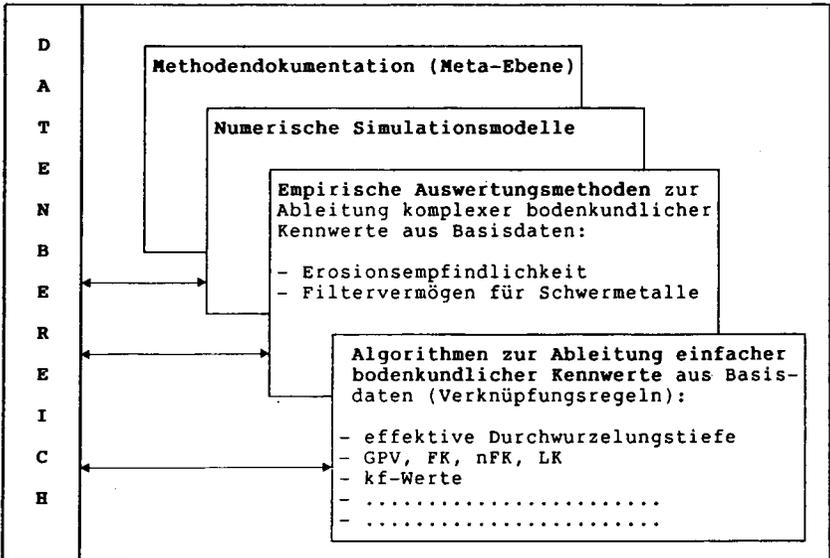


Abb. 2: Inhalte der Methodenbank des FISBo BGR

Inhalte der Methodenbank des FISBo BGR

Die Nutzung der bodenkundlichen Datenbasis in Labor und Flächendatenbank für thematische Auswertungen erfordert neben einer effektiven Datenhaltung die Konzipierung und den Aufbau einer Methodenbank (ECKELMANN & MÜLLER 1989). Sie beinhaltet zum einen Algorithmen zur Ableitung einfacher bodenkundlicher Kennwerte, zum anderen empirische Auswertungsmethoden zur Ableitung komplexer bodenkundlicher Kennwerte (Abb.2). Wie weit sich auch numerische Simulationsmodelle auf Datenbanken der Art eines FISBo BGR anwenden lassen, muß noch geprüft werden; immerhin ist ihre Einbindung zur Validierung oder Vereinfachung von Auswertungsmethoden eine voraussichtlich notwendige Anwendung.

Als erster Arbeitsschritt wurde eine Zusammenstellung und Standardisierung formaler Methoden zu thematischen Auswertungsmethoden erarbeitet (HENNINGSS 1993). Sie soll zukünftig ergänzt werden durch Methodendokumentationen

- der Datenerhebung (z.B. Beprobungsanleitung, Aggregierungskonzepte, geostatistisch begründete Klasseneinteilungen von Einzelmerkmalen, Anpassung von Klassifikationsschemata etc.)
- der Analytik (Zuarbeit für DIN-Normen, ISO-Standards etc.)
- kompletter Untersuchungsprogramme (sog. Pflichten- oder Methodenhefte).

Literatur

ALTERMANN M. & D. KÜHN (1993): Das Fachinformationssystem Bodenkunde der BGR. III. Zuordnung bodensystematischer Einheiten der ehemaligen DDR zu denen der Bundesrepublik Deutschland. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., (in diesem Band); Oldenburg.

ECKELMANN, W. & U. MÜLLER (1989): Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS für Auswertungsfragen zum Bodenschutz. I. Das Prinzip. - Mitt. Dt. Bodenk. Ges., 59/II: 873-876; Oldenburg.

HAASE, G. & R. SCHMIDT (1985): Konzeption und Inhalte der Karte "Böden" 1:750.000 im "Atlas DDR". - Petermanns Geogr. Mitt., 129: 199-204; Gotha/Leipzig [Karte "Böden". - Atlas der DDR, Blatt 6; (1979)].

HARTWICH, R. & J. BEHRENS, G. HAASE, A. RICHTER, G. ROESCHMANN, R. SCHMIDT, P. N. SCHULZ (1993): Das Fachinformationssystem Bodenkunde der BGR. IV. Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland i. M. 1:1.000.000. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., (in diesem Band); Oldenburg.

HENNINGSS, V. (1993): Das Fachinformationssystem Bodenkunde der BGR. II. Gütebewertung und Auswahl von Verfahren für die Methodenbank. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., (in diesem Band); Oldenburg.

ROESCHMANN, G. (1986): Bodenkarte der Bundesrepublik Deutschland i.M. 1:1.000.000. - Hannover (Bundesanst. f. Geowissensch. u. Rohstoffe).

SAG INFORMATIONSGRUNDLAGEN BODENSCHUTZ (1989): Vorschlag für die Einrichtung eines länderübergreifenden Bodeninformationssystems. Bericht der AG Bodeninformationssystem der SAG. - Reihe expert; Hannover (Nieders. Umweltminist.).

SAG INFORMATIONSGRUNDLAGEN BODENSCHUTZ (1991): Mindestdatensatz Bodenuntersuchungen. Abschlußbericht des AK Mindestdatensatz Bodenuntersuchungen. - Oberhausen (Bodenschutzzentrum).

Ableitung der Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser anhand der natürlichen Standortbedingungen – Ein Beitrag des Fachinformationssystems Bodenkunde in NRW zum Bodenschutz

von

Elhaus, D.

Einleitung

Das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen baut als Teil des Bodeninformationssystems das Fachinformationssystem Bodenkunde auf, in dem die digitale Bodenkarte 1:50 000 von Nordrhein-Westfalen (BK 50 DIG) zur Zeit einen wichtigen Datenbestand darstellt. Die BK 50 DIG besteht aus einem graphischen und einem alphanumerischen Teil, der digitalen Legende, aus der bodenkundliche Kenngrößen abgeleitet werden können.

Daten und Methode

Für die Auswertung der Bodenkarte zur Vorhersage der Erosionsgefährdung wird das Modell der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) zugrunde gelegt ($A = K \cdot R \cdot S \cdot L \cdot C \cdot P$) (SCHWERTMANN et al., 1990).

Nach der ABAG lassen sich Faktoren, die die anthropogene Belastung des Standortes beschreiben (C, L, P), von den Faktoren unterscheiden, die seine durch die natürlichen Standortbedingungen charakterisierte Erosionsanfälligkeit (K, R, S) bestimmen. Bei der Auswertung der BK 50 DIG können maßstabsbedingt nur die natürlichen Standortfaktoren berücksichtigt werden.

Der K-Faktor als bodenkundliche Kenngröße wird entsprechend den Vorgaben des "Arbeitskreis Methodenbank" der Geologischen Landesämter errechnet.

Der S-Faktor als morphologische Kenngröße wird aus dem digitalen Höhenmodell ermittelt, das einen Rasterabstand von 50 m aufweist.

* Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, De-Greif-Str. 195, 47 803 Krefeld

Der R-Faktor als klimatische Kenngröße des Erosionsgeschehens läßt sich aus zeitlich hochauflösenden Niederschlagsschreibern errechnen. Für eine flächenhafte Auswertung ist auch die Verwendung von Regressionsgleichungen möglich, die den R-Faktor aus langjährigen Sommerniederschlagssummen ermitteln. Da die Auswertung der Regenschreiberdaten aufgrund der Datensituation zur Zeit nicht realisierbar ist, wird zunächst eine Isoerodentkarte erstellt, die auf vorhandenen Regressionsgleichungen aufbaut.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zum K-Faktor, S-Faktor und zum R-Faktor werden miteinander verknüpft als Karte zur Erosionsgefährdung dargestellt. Neben der synoptischen Darstellung der Faktoren als Erosionsgefährdung läßt sich auch für jeden Standort der Faktor ermitteln, der die Erosionsgefährdung am stärksten beeinflusst. Da die anthropogenen Belastungsfaktoren in die Berechnungen nicht eingegangen sind, gelten die berechneten Bodenabträge für Schwarzbrache bei einer Hanglänge von 22 m. Die Ergebnisse werden als Erosionsgefährdung durch die natürlichen Standortbedingungen interpretiert. Da die BK 50 eine Übersichtskarte ist, lassen sich aufgrund der Ergebnisse Gebiete ausweisen, in denen großmaßstäbigere Auswertungen unter Berücksichtigung der anthropogenen Belastungsfaktoren durchzuführen sind.

Ausblick

Für großmaßstäbige Auswertungen ergeben sich weitere interessante Aspekte, wenn Richtwerte für den maximal zulässigen Bodenabtrag angegeben werden können (z. B. AUERSWALD, 1987). Löst man die ABAG nach C (Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor) und L (Hanglängenfaktor) auf und gibt einen tolerierbaren Bodenabtrag vor, können unter dem Aspekt der Erosionsminderung verschiedene Nutzungsalternativen durchgerechnet und bewertet werden.

Zusammenfassung

Das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen baut das Fachinformationssystem Bodenkunde auf, in dem die BK 50 DIG zur Zeit einen zentralen Datenbestand darstellt. Darauf aufbauend entsteht ein Kartenwerk zur Erosionsgefährdung auf Basis der ABAG aufgrund der natürlichen Standortfaktoren Boden, Relief und Klima. Diese Karten bieten entsprechend ihres Maßstabs einen regionalen Überblick der Erosionsgefährdung.

Literatur

ATLAS ZUR EROSIONSGEFÄHRDUNG IN BAYERN 1986
GLA-Fachberichte 1, München

AUERSWALD, K. 1987

Bestimmung der Bodengründigkeit aus dem Klassenbescrieb der Reichsbodenschätzung zum Festlegen von tolerierbaren Bodenabträgen, Z. Acker- u. Pfl.-bau, 158, 132 - 139

SCHACHTSCHABEL et al. 1992

Lehrbuch der Bodenkunde, Enke Verlag Stuttgart.

SCHWERTMANN et al. 1990

Bodenerosion durch Wasser, Ulmer-Verlag Stuttgart.

**Ressourcenschutz in NW-Tunesien - Probleme und
Strategiekonzept**

von

Faust, D.

EINLEITUNG:

In den letzten Jahrzehnten wurden in NW-Tunesien Wasserrückhaltebecken für unterschiedliche Verbrauchszwecke angelegt. Weitere Becken sind in Planung. Der Sedi-
menteintrag in diese Wasserrückhaltebecken vermindert ihre Nutzungsdauer. Die über-
geordnete Planung verfolgt das Ziel, diesen Sedimenteintrag mittels Bodenerosions-
schutzmaßnahmen in den entsprechenden Wassereinzugsgebieten erheblich zu redu-
zieren. Es existieren somit drei Handlungsebenen, die diesen Erosionsschutz umsetzen:

1. Das Ministerium als Auftraggeber beschreibt das nationale Interesse an diesen
Maßnahmen und stellt Kredite bereit.
2. Die mit dem Erosionsschutz beauftragte Planungsbehörde, die Konzeptionen und
Strategien entwickelt und die Erosionsschutzmaßnahmen organisiert.
3. Die Bevölkerung, die letztlich die Maßnahmen mit technischer und logistischer
Unterstützung der Behörde (Ebene 2) durchführt.

Alle Ebenen verfolgen das Ziel, die Ressourcen Boden und Wasser zu schützen, wenn
auch aus unterschiedlichen Beweggründen.

AUSGANGSBEDINGUNGEN:

Der Ressourcenschutz beruht auf der Vorstellung, daß über die Regeneration der Böden
das gesamte System Boden/Vegetation/Wasser sich stabilisiert und das Retentionsver-
mögen des Systems den Feststoffaustrag minimiert. Dabei wird die Regenerationsfähig-
keit eines Bodens maßlos überschätzt. In der Tat muß man in NW-Tunesien davon aus-
gehen, daß der Bevölkerungsdruck auf die zur Verfügung stehenden Flächen in keiner
Weise im Verhältnis zu seiner Tragfähigkeit steht. Die logische Konsequenz ist eine De-
gradierung des Gesamtsystems, verstärkt noch durch den immensen Weidedruck auch
auf die Waldfläche. Das Retentionsvermögen des Systems verringert sich, der Feststof-
faustrag nimmt mit erhöhtem Oberflächenabfluß zu, und das erodierte Bodenmaterial
akkumuliert in den Wasserrückhaltebecken und verfüllt diese. Soweit die übergeordnete
Problematik. Die Behörde entwickelt nun ein übergeordnetes Bodenschutzkonzept, um
den Bodenabtrag zu minimieren. Bei der Grundlagenanalyse konnten Problemfelder
identifiziert werden, ohne deren Lösung die Umsetzung einer Bodenschutzstrategie
unmöglich erschien. Die Strategie mußte also die Lösung der Probleme beinhalten.

PROBLEMFELDER:

Gemäß den Handlungsebenen lassen sich die Problemfelder in einzelne Ebenen unter-
teilen. Die Handlungskompetenz der jeweils am Gesamtprozeß beteiligten Personen ist

für die wenigsten festgelegt und wird von den Beteiligten auch meist falsch interpretiert. Sie bleibt als übergeordnetes Problem bestehen. Für die den Erosionsschutz durchführende Behörde (Handlungsebene 2) existieren zwei große Problembereiche, zu deren Lösung sie "berechtigt" ist. Es ist einerseits das innerbehördliche Problemfeld und andererseits die außerbehördlichen Problemfelder, die sich wie folgt aufteilen:

1. Das Ökosystem ohne Berücksichtigung des Humanfaktors
2. Die Bevölkerungssituation

Im Rahmen dieses Kurzberichtes sollen die externen, außerbehördlichen Problemfelder kurz thematisiert werden.

DAS ÖKOSYSTEM:

In geologisch-geomorphologischer Hinsicht ist das Projektgebiet gekennzeichnet durch den ständigen Wechsel von numidischem Sandstein, der i.d.R. die oberen, versteiltten Hangpartien formt, und Mergelpositionen der unteren Hangabschnitte, die weniger versteilt sind. Die Kontaktzone zwischen Sandstein und tonigem Mergel ist durch ein unruhiges, hügeliges Relief charakterisiert, bedingt durch Quellaustritte, die den Gesteinswechsel markieren. Hier wechseln Sandsteinlagen und Mergelschichten ab (Flysch). Generell weist das Gebiet geringe Erosionsbasisdistanzen auf. Die natürliche Vegetation ist in der Gebirgsregion der immergrüne, mediterrane Korkeichenwald, der im Bereich der zahlreichen Rodungsinseln sehr stark überformt ist. Sämtliche Vegetationsdegradationsstufen können angetroffen werden.

Bodenkundliche Ausgangssituation:

Auf exponierten Erosionsstandorten bildet der Boden und das Ausgangsgestein eine genetische Einheit, kommt aber i.d.R. über ein Ranker Stadium nicht hinaus. Weitverbreitet läßt sich beobachten, daß der Boden nicht direkt aus dem Anstehenden hervorgegangen ist, sondern sich in den Umlagerungsdecken entwickelt hat. Die Steilheit des Geländes im Projektgebiet begünstigt Umlagerungsprozesse, wobei die jüngsten vornehmlich anthropogen induziert worden sind. Den topographischen Gegebenheiten folgend lassen sich nach dem Catena-Prinzip drei Hauptgesellschaften ausgliedern:

1. Die Oberhänge der Sandsteinpositionen tragen Ranker, erodierte Braunerden, Acrisole und podsolige Braunerden. Die Gründigkeit des Bodens hängt mit der Mächtigkeit der Umlagerungsdecke zusammen. Der technische Erosionsschutz auf Sandsteinpositionen ist bestrebt, das Infiltrationsvermögen der Sandsteinstandorte zu maximieren.
2. Auf Mittelhangpositionen sind Hang- und Quellgleye sowie über dichten Mergeln Pseudogleye vorherrschend. Die Erosionsschutzmaßnahmen variieren hier entsprechend des kleinräumigen Wechsels der Geländeeinheiten.
3. Die Unterhangpositionen auf Mergeln tragen Pseudogleye, die mit Mergelrendzinen vergesellschaftet sind. Die steilen Abhänge, die zu den Erosionsgräben

überleiten, tragen Syrosemböden. Auf Mergelpositionen zielen die technischen Erosionsschutzmaßnahmen auf schnelle Wasserabfuhr ab. Höhenlinienparalleles Pflügen ist auf dem stark tonigen Substrat nicht mehr angezeigt, da die Pflugschle nach Regen als Gleitfläche dient.

Generell können wir heute davon ausgehen, daß die beklagte Bodenerosion technisch beherrschbar geworden ist. Die notwendigen Gegenmaßnahmen sind bekannt, deren Umsetzung jedoch aus den folgenden Gründen problematisch.

DIE BEVÖLKERUNGSSITUATION:

Mit 97 Einwohner pro qkm ist die Region zu dicht besiedelt. Hinzu kommt ein Bevölkerungswachstum von 2,5 - 3%. Die Hauptsiedlungsphase fällt mit der französischen Protektoratszeit zusammen. Das Gebiet diente als Rückzugsregion. Die Bevölkerung setzt sich aus unterschiedlichen Gruppen zusammen, Abstammung und Tradition ändern sich von Dorf zu Dorf. Ein traditionelles Agrarwissen der dort siedelnden Bevölkerung ist praktisch nicht existent. Aus landwirtschaftlicher Produktion stammen nur 30% des Gesamteinkommens eines Haushaltes. Die aktivsten Arbeitskräfte sind meist emigriert. Der Boden, dem vor allem der Schutz gilt, ist nicht Lebensgrundlage der dort wirtschaftenden Bevölkerung. Demnach wird seine Schutzwürdigkeit von der Bevölkerung nur unzureichend anerkannt. Repräsentative Umfragen in der Bevölkerung haben ergeben, daß weit über die Hälfte der Befragten die allgegenwärtig offensichtliche Erosion überhaupt nicht wahrnehmen. Gerade 20% der Befragten sind grundsätzlich bereit, etwas gegen den Bodenabtrag zu unternehmen (vgl. FAUST 1993). Die Analyse des Bevölkerungspotentials ließ deutlich werden, daß die Durchführbarkeit von Erosionsschutzmaßnahmen kein technisches und aufgrund der gewährten Kredite auch kein finanzielles Problem darstellt. Vielmehr behindern soziale, traditionelle und psychologische Aspekte in der Bevölkerung aktive erosionsmindernde Maßnahmen.

DIE STRATEGIE:

Eine angepaßte Strategie verfolgt das Ziel, die beschriebenen Problemfelder zu bewältigen. Hierbei erscheint die aktive Partizipation der ansässigen Bevölkerung aufgrund mangelnder Sensibilisierung als Hauptproblemfeld. Eine Akzeptanz der Projektmaßnahmen seitens der Bevölkerung kann nur dann erreicht werden, wenn mit den angestrebten Maßnahmen eine Verbesserung der wirtschaftlichen und sozialen Situation der betroffenen Menschen einhergeht. Die Strategie muß sich demnach an den Möglichkeiten und den Bedürfnissen der Bevölkerung orientieren. Als Basisprinzip wurde ein partizipatorischer Ansatz entwickelt, der die Bevölkerung und die Behörde gleichermaßen - entsprechend ihren Möglichkeiten - in den Planungs- und Ausführungsprozess integriert. Zwischen Projekt und Bevölkerung wird folgende Interaktion angestrebt.

PROJEKT

Sensibilisierung und Befragung

=====>

<=====

Projektziele werden neu definiert
und an Bevölkerungsbedürfnisse
angeglichen

=====>

<=====

BEVÖLKERUNG

verbesserte Information;
Unterstützung des Projekts

Akzeptanz und aktive
Teilnahme am Projekt

(nach VERMAAT 1992)

AUSBLICK:

Nachdem die grundsätzlichen Voraussetzungen für eine Durchführung der Projektstrategie vorliegen, werden nun einzelne Projektzonen nach physisch-geographischen (Wassereinzugsgebiet) und untergeordnet nach sozial-geographischen Kriterien abgegrenzt und in einem festen Zeitrahmen etappenweise die notwendigen Maßnahmen durchgeführt. In einer ersten Etappe wird die Zone abgegrenzt. Innerhalb der Behörde wird in einer zweiten Etappe eine verantwortliche Arbeitsgruppe gebildet, die multidisziplinär zusammengesetzt ist. Diese setzt den Zeitrahmen fest. Die dritte und längste Etappe umfaßt die Sensibilisierungsarbeit, den Know-how-Transfer und die Befragung der Bevölkerung. Die technische Sektion erstellt die naturräumlichen Grundlagen und fertigt das Kartenmaterial an. Die Bevölkerung organisiert sich.

Eine nächste Etappe dient der Reflexion, wobei die Projektziele den Bedürfnissen und Umständen angeglichen werden. Das Projektziel wird mit der Bevölkerung neu definiert. In weiteren Etappen wird der Arbeitsplan festgelegt, bevor es zur Durchführung der geplanten Maßnahmen kommt. Der Erfolg eines Projekts läßt sich letztlich nur an den tatsächlich durchgeführten Maßnahmen erkennen. Die im Vorfeld auftretenden Probleme werden dabei allzu oft verkannt.

DANKSAGUNG:

Meinem Kollegen und Freund Herrn Dipl. Soz. J. VERMAAT (INSTRUPA Consulting GmbH, Bad Homburg) möchte ich für die hilfreichen Diskussionen danken. Ohne seine Hilfe wäre die Arbeit nicht so erfolgreich gewesen.

LITERATUR:

FAUST, D. (1993): Probleme des Ressourcenschutzes in Nord-Tunesien.-
Geomethodica 18; Basel (in Druck).

VERMAAT, J. (1992): Rapport sur la mission pour la formation de groupement.-
(unveröff.) Ain Draham.

Die bodenprozeßorientierte Anlage von Boden-Dauerbeobachtungsflächen

von

Feldhaus, D.¹, R. Schmidt² und M. Monse³

Die Auswahl von Boden-Dauerbeobachtungsflächen muß eine Vielzahl von Anforderungen erfüllen. Eine wesentliche Anforderung ist die Repräsentanz für ein Gebiet, eine Landschaft und die politische Einheit Bundesland, das die Anlage der BDF finanziert. Dadurch bedingt sind Verteilungen der BDF, die dem Prinzip folgen, die Untersuchungspunkte möglichst gleichmäßig über die Landesfläche zu verteilen und dabei die Leitbodenform der Landschaft und ihre Nutzung zu berücksichtigen. Beispiele hierfür sind die Verteilungen in Bayern und Schleswig-Holstein. Für einen Großteil der Landschaften ist eine solche Verteilung sicherlich richtig bzw. hinreichend. Es können aber Situationen und Bedingungen auftreten, in denen eine andere Herangehensweise sinnvoll ist.

Bei der Umsetzung des Auftrages des Umweltministeriums des Landes Brandenburg zur Anlage einer ersten Serie von Boden-Dauerbeobachtungsflächen mußten spezifische Bedingungen berücksichtigt werden, die wie folgt gekennzeichnet werden können.

Die sandigen und lehmigen Ackerflächen der jungpleistozänen Landschaft Brandenburgs sind durch ein kleinräumiges Relief mit einer Vielzahl abflußloser Senken gekennzeichnet. In diesen Bodenlandschaften dominieren in ihrem Flächenanteil die Bodensituationen der flachgeneigten Hänge. Diese Profilsituationen sind Abtragspositionen. Als Leitbodenform für die sandige Plate ist Sand-Braunerde und für die lehmige Grundmoränenplatte Parabraunerde (mit geringem oder fehlendem A1-Horizont) anzusprechen.

Die vor allem zu erfassende Wirkung von anthropogenen Einträgen wird in diesen Bodenprofilen durch Abtrag der obersten Bodenbereiche und durch Einarbeitung von Unterbodenmaterial in den Ap-Horizont in der Anreicherung und damit Erkennbarkeit verringert.

Dagegen sind Akkumulationsbereiche in den Senken durch eine überdurchschnittliche Anreicherung von anthropogenen Einträgen, vor allem durch die Verlagerung aus den Abtragspositionen, gekennzeichnet (SCHMIDT, 1990 und 1991).

Entsprechend wurden Boden-Dauerbeobachtungsflächen angelegt, in denen in räumlicher Verknüpfung Abtrags- und Akkumulationsbereiche erfaßt werden. Die Lage im Relief ist Abb. 1, die Standortbeschreibung Tab. 1 zu entnehmen.

Die Ergebnisse der chemischen Parameter der Erstbeprobung (s. Abb. 2) zeigen folgende reliefbedingten Differenzen im Stoffbestand.

Sandstandort:

Die intensive Gülleausbringung (PFAFF, 1991) bewirkte durch Oberflächenabfluß die Konzentration von Gülleinhaltsstoffen in der Senke.

Der intensive Umsatz der organischen Substanz (nur geringe Anreicherung gegenüber dem hohen Angebot aus Güllefeststoffen und Ernterückständen) und das geringe Sorptionsvermögen auf dem Sandboden führte zu einer weitgehenden Auswaschung leicht löslicher Stoffe. Entsprechend niedrig ist der pH-Wert in der Senke und existieren kaum Unterschiede in der Versorgung mit Kationen gegenüber dem Abtragungsbereich.

Der hohe Gehalt an laktatlöslichem Phosphor in der Senke ist Ausdruck der Anreicherung von organisch gebundenem Phosphor aus der ausgebrachten Gülle.

Als Begleiterscheinung der Gülleausbringung wurde eine Erhöhung des Cadmium und Kupfergehaltes registriert. Diese Schwermetalle sind aber ausschließlich in der Senke mit deutlich erhöhten Werten registrierbar, wobei geringfügige Unterschiede in der Höhenlage zwischen den Teilflächen der Beprobung deutliche Unterschiede in den Gehalten verursachen.

Die Tiefenverlagerung des Cadmiums korrespondiert mit der hohen Versickerungsrate und den niedrigen pH-Werten.

¹Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Köthener Straße 34, 06118 Halle/S.

²Fachhochschule Eberswalde, Möllerstraße 1, 16225 Eberswalde-Finow

³Zentrum für Agrarlandschafts und Landnutzungsforschung, Inst. für Bodenforschung, Arbeitsstelle Eberswalde, Dr.-A.-Zinn-Weg, 16225 Eberswalde-Finow

Tabelle 1 Standortbeschreibung

Standort	Geologie	Relief	Nutzung	Besonderheiten
Sandstandort Altenhof	Glaziofluviale Sande, Kies bis Feinsand mit einzelnen Lehmbindern	leicht wellige Platte mit abflußlosen Senken, Einzugsgebiete von 2...10 ha	Acker, 1970 bis 1985 intensive Gülleausbringung, Fruchtfolge: dominierend Mais, Feldgras und Getreide	im Zeitraum der Gülleausbringung Bildung längerfristig stabiler Tümpel in den Senken
Lehmstandort Bölkendorf	hügliche Grundmoränenplatte der Weichsel-kaltzeit	wellige Platte mit z.T. tief eingesenkten abflußlosen Senken	Acker, Fruchtfolge: Getreide, Hackfrucht, Luzerne	mittelfristig stark schwankende Grund- und Stauwasserstände

Angaben zu den BDF

Standort	Lage der BDF im Relief	generalisierte Horizontfolge	Bodenformen
Sandstandort	Mittel- bis Oberhang	Ap/Bbs (Bsv)/C	Sand-Braunerden, Sand-Rosterden, Bändersand-Rosterden
	Senke	Ap/Bv (Bsv)/C	Sand-Braunerden
Lehmstandort	Oberhang	Ap/Bt/Btg/Ccg	Lehm-Parabraunerde, Lehm-Braunstaugley
	Hangfuß	Ap/Mg/Go/Gr	Lehm-Kolluvialgley

Lehmstandort (Grundmoräne)

Die Beobachtungsflächen dieses Standortes weisen, trotz der völlig unterschiedlichen genetischen Stellung und Bodenstruktur, sehr geringe Differenzen in den untersuchten chemischen Zustandsparametern auf.

Eine Anreicherung in der Akkumulationszone (Kolluvium des Unterhangs) ist nicht erkennbar. Dies kann einerseits auf eine bessere Ackerkultur mit ausgeglichener Zufuhr von Düngern ohne Risikostoffe zurückgeführt werden. Andererseits ist diese Fläche nicht Endpunkt des ober- und unterirdisch abfließenden Wassers und der darin transportierten Stoffe, also zumindest im Sinne des Bodenwassers Transitposition.

Schlußfolgerungen aus den Untersuchungsergebnissen:

Abflußlose Geländesenken können gegenüber den umgebenden Geländedepositionen in der Bodendecke höhere Gehalte von Stoffen aufweisen, die bei der Bewirtschaftung gleichmäßig über die Fläche ausgebracht wurden. Die Verlagerung tritt in besonderem Maße bei Stoffen auf, die unmittelbar in von der Umlagerung betroffenen Flüssigkeiten (Gülle, Beregnungswasser) ausgebracht werden.

Die Transitposition, in der zwar die von der Erosion betroffenen Feststoffe abgelagert werden, aber nicht das transportierende Wasser versickert und/oder verdunstet, wies keine gegenüber dem Oberboden des Abtragsbereichs erhöhten Gehalte auf.

Schlußfolgerungen für die Anlage von BDF:

Bei der Auswahl von repräsentativen Boden-Dauerbeobachtungsflächen in einer Landschaft sollte, neben dem Flächenanteil der jeweiligen Bodensituation, auch die Disposition zur Anreicherung von umweltrelevanten Stoffen berücksichtigt werden. Damit kann der Aufgabe der Kennzeichnung risikovoller Veränderungen der Böden in einer Landschaft zu einem frühest möglichen Zeitpunkt Rechnung getragen werden.

Für eine frühestmögliche Feststellung von Prozessen der Anreicherung von Schadstoffen sind Bereiche der Akkumulation von festen und gelösten Stoffen zu bevorzugen. In der pleistozänen Landschaft sind dies vor allem abflußlose Senken.

Die Disposition zur Anreicherung scheint im Bereich der alleinigen Sedimentation fester Bodenpartikel (Unterhang) gering zu sein.

Wird die Beobachtung der beiden Hauptkomponenten der Bodenlandschaft, Abtragungsbereich und Akkumulationsbereich, beabsichtigt, ist deren Lage innerhalb der Gesamtfläche statistisch unabhängig. Das bedeutet auch, daß beide Situationen an einem Hang, d. h. in einer Catena, untersucht werden können. Diese Herangehensweise hat den Vorteil, daß der Stofftransfer unmittelbar erfaßt werden kann, ohne Umweg über statistische Verallgemeinerungen und doch mit mindestens gleicher statistischer Repräsentanz. Daneben ergeben sich vorallem für die Logistik der Durchführung der Untersuchungen viele wesentliche Vorteile.

Generalisiert bedeutet dies, daß Prozesse der Anreicherung zuerst in den Senken beobachtbar und als Risiko erkennbar werden. Damit sind Senken auch bei einem relativ geringen Flächenanteil ein wesentlicher Teil der zu beobachtenden Bodenfläche und des Prozeßgeschehens.

Wird die Beobachtung der beiden genannten wesentlichen Komponenten der Bodenlandschaft beabsichtigt, ist deren Lage innerhalb der Gesamtfläche statistisch unabhängig. Das bedeutet auch, daß beide Situationen an einem Hang, in einer Catena untersucht werden können. Diese Herangehensweise hat den Vorteil, daß der Stoffaustausch unmittelbar und nicht nur über statistische Verallgemeinerungen und doch auch mit mindestens gleicher statistischer Repräsentanz erfaßt werden kann. Daneben ergeben sich vor allem für die Logistik der Durchführung der Untersuchungen viele wesentliche Vorteile.

Literatur:

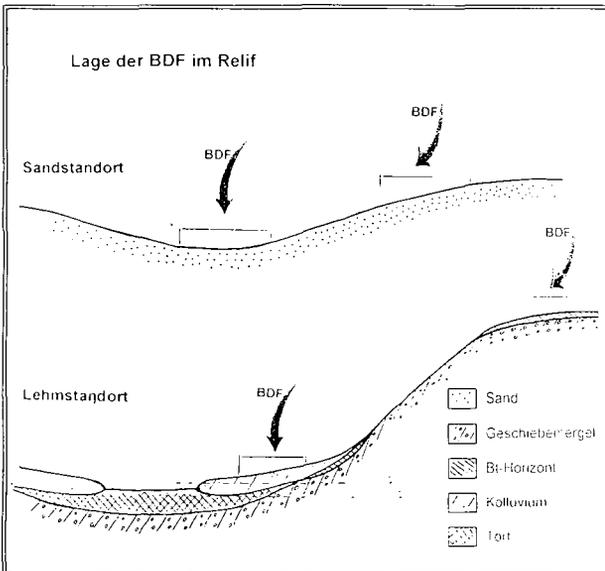
Pfaff, M.: Güllehochlastfläche Altenhof.- In: Kopp, D.; Pfaff, M.; Strohbach, B.; Schmidt, R.: Exkursionsführer für die Tagung der Kommission V in Eberswalde am 23. und 24. Mai 1991.- Mitteilungen d. Dt. Bodenkundlichen Gesellschaft, 65, 119-138 (1991), S. 121-124

Schmidt, R.: Bodenentwicklung - Bodendegradierung - Bodenschutz.-In Z. Wissenschaft und Fortschritt 40(1990)5, 124-126

Schmidt, R.: Die Bodendecke der Grundmoränengebiete - Bodenkundliche Charakteristik und Bodennutzung.- In: Exkursionsführer für die Tagung der Kommission V in Eberswalde am 23. und 24. Mai 1991.- Mitteilungen d. Dt. Bodenkundlichen Gesellschaft, 65, 119-138 (1991), S. 134-138

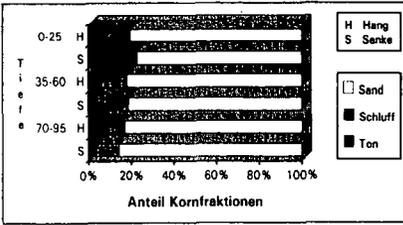
Sonderarbeitsgruppe Informationsgrundlagen Bodenschutz: BODEN-Dauerbeobachtungsflächen.- Arbeitshefte Bodenschutz, H. 1, München (1991) (Hrsg.: Bayr. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen)

Abb. 1

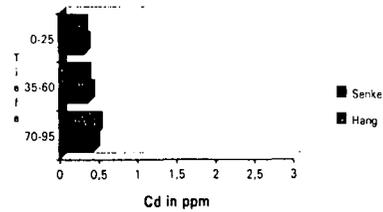
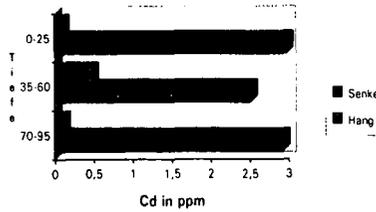
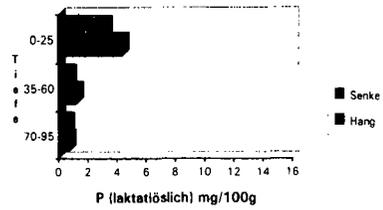
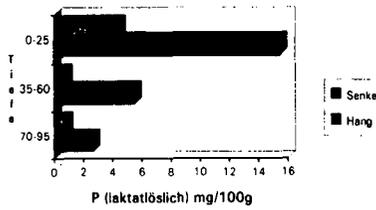
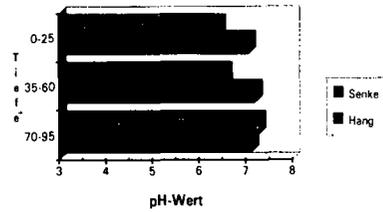
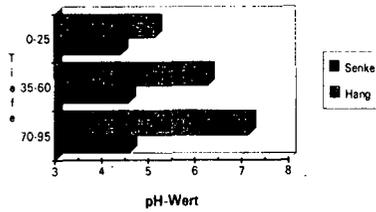
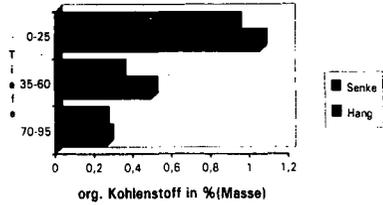
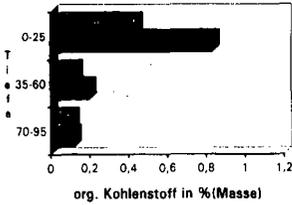
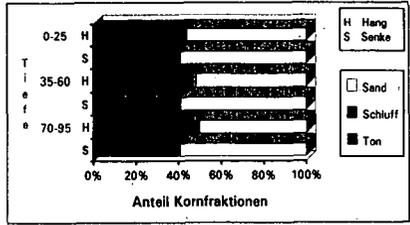


Ausgewählte Ergebnisse der chemischen Zustandskennzeichnung

Sandstandort



Lehmstandort



Standorteigenschaften zur Beurteilung von Waldschäden in Böden Schleswig-Holsteins

von

Filipinski, M. und H. Finnern

1. Einleitung

Schleswig-Holstein weist eine Gesamtfläche von 15739 km² auf. Davon werden ca. 9 % vom Wald bedeckt bzw. forstlich genutzt.

Auch in einem vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Bundesland wie Schleswig-Holstein werden "neuartige" Waldschäden beobachtet. So entfielen 1992 auf die Schadstufe 0 (ohne Schadensmerkmale) 60 %, auf die Schadstufe 1 (schwach geschädigt) 27 %, auf die Schadstufe 2 (mittel geschädigt) 12 % und auf die Schadstufen 3 + 4 (stark geschädigt und abgestorben) 1 % der Waldfläche dieses Bundeslandes. Dabei wird seit 1984 stetige Zunahme der Schadstufen 1 bis 4 beobachtet¹ (MELFF, 1992).

Für die Ursachenforschung der "neuartigen" Waldschäden gewinnt der Faktor "Boden" an zunehmender Bedeutung. Hierfür sind genaue Kenntnisse der Standorteigenschaften von Waldböden unentbehrlich. Diese werden nachfolgend vorgestellt und diskutiert werden.

2. Material und Methoden

Zur Beurteilung von Standorteigenschaften der Waldböden Schleswig-Holsteins wurden zwischen 1983 und 1985 insgesamt 142 Standorte untersucht. Die Daten wurden im Rahmen des Fichten-Testprogramms, der immissionsökologischen Waldzustandserfassung (IWE), der Gutachten für die Städte Lübeck und Rendsburg sowie für die Gemeinde Altenholz erhoben.

Hierbei wurde jeder Standort bodenkundlich detailliert aufgenommen (AG Bodenkunde, 1982). An insgesamt 1213 Bodenproben wurden bodenphysikalische und bodenchemische Parameter erfaßt. Dazu gehörten die Bestimmung der Korngrößenverteilung, der effektiven Kationenaustauschkapazität (ausgenommen Auflagehumus), der Kationen und Anionen in der Gleichgewichtsbodenlösung (ausgenommen Auflagehumus), der pH-Werte, der organischen Substanz, der Carbonatgehalte, der Schwermetallgehalte (HNO₃-Auszug) und der Nährstoffgehalte. An ausgewählten Proben wurden außerdem Gesamtporenvolumen, Trockenraumdichte und Wasserdurchlässigkeit im gesättigten Zustand erfaßt (GLA SH, 1993; Säger-von Oepen et al., 1993; Kretschmar, 1989).

¹ Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mercatorstr. 7, 24106 Kiel

3. Ergebnisse

Zur Beurteilung der Standorteigenschaften von Böden sind Kenntnisse ihrer stofflichen Zusammensetzung unentbehrlich, wobei bei Mineralböden die Korngrößenverteilung die zentrale Bedeutung aufweist. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung ergab, daß die Waldböden Schleswig-Holsteins zum großen Teil aus Sanden entstanden (s. Abb.1).

Teilweise geringer Anteil an verwitterbaren Mineralen, natürliche Prozesse sowie anthropogene Stoffeinträge verursachten starke Versauerung der Waldböden, wie aus Abbildung 2 zu erkennen ist. In den untersuchten Waldböden dominieren pH-Werte niedriger als 4,2 (Aluminium-, Aluminium/Eisen- und Eisen-Pufferbereich), wobei die Oberböden stärker als die Unterböden versauert sind.

Die stoffliche Zusammensetzung der Böden und Versauerungsprozesse sind dafür verantwortlich, daß ca. 30 % der untersuchten Proben ein Ca/Al-Verhältnis $< 0,3$ in der Gleichgewichtsbodenlösung aufwiesen, was auf starke bis sehr starke Gefährdung der Fichtenwurzeln durch Al-Toxizität hindeutet (Meiwes et al., 1984).

Die Elastizität der untersuchten Waldböden hinsichtlich Säuretoxizität war bei ca. 40% der Bodenproben gering, wie die Kaliumbelegung des Kationenaustauschers von < 2 % zeigt. Vergleichbares gilt auch für das Magnesium.

Die Schwermetallgehalte der untersuchten Waldböden fielen zum Teil extrem hoch aus. Besonders stark waren die Auflagehorizonte und die Oberböden in der Nähe von Emittenten betroffen.

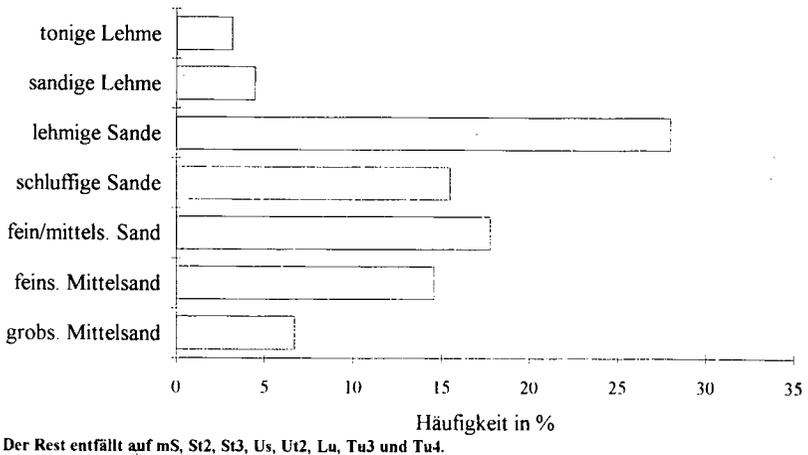


Abb. 1. Relative Häufigkeit der Bodenarten in Waldböden Schleswig-Holsteins (n = 885)

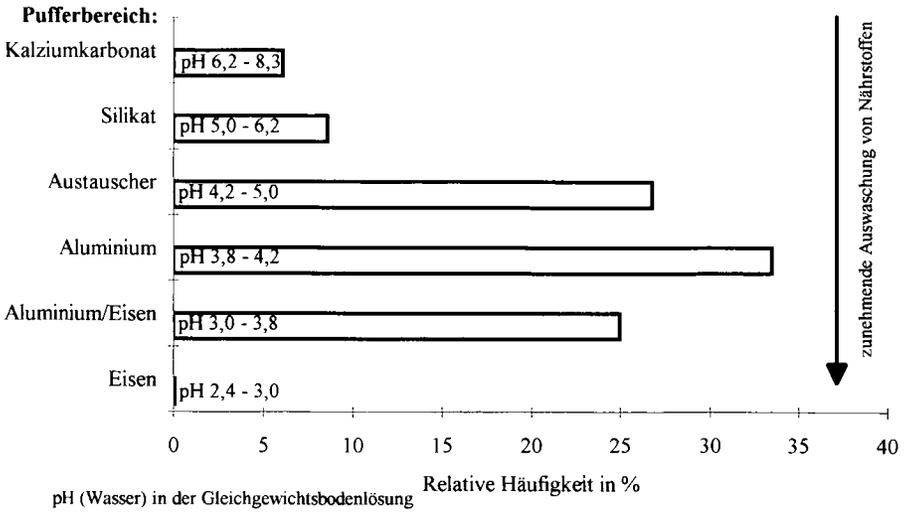


Abb. 2: Relative Häufigkeit der Pufferbereiche in Waldböden Schleswig-Holsteins (n = 869)

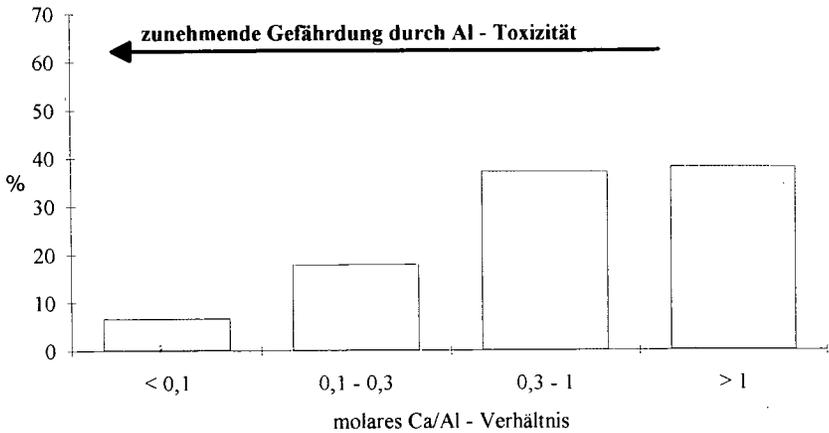


Abb. 3: Relative Häufigkeit beim Ca/Al-Verhältnis in der Gleichgewichtsbodenlösung in Waldböden Schleswig-Holsteins (n = 882)

4. Schlußbetrachtung

Die untersuchten Waldböden Schleswig-Holsteins bestehen hauptsächlich aus Sanden. Beim Substrat handelt sich um Schmelzwasser-, Flug- und Geschiebesande. Die dominanten Bodentypen sind Podsole, Braunerden und Gleye sowie die jeweiligen Übergangstypen. Auf Lehmen werden hauptsächlich Pseudogleye und Parabraunerden vorgefunden.

Etwa in 60 % der Mineralböden fielen die pH-Werte (pH-H₂O) in der Gleichgewichtsbodenlösung niedriger als 4,2 aus, d.h. unterhalb des Austauschpufferbereiches, was auf hohe Säuretoxizität hinweist.

Bei ca. 30 % der untersuchten Bodenproben ist eine Gefährdung für Fichtenwurzeln durch Al-Toxizität zu erwarten, was die Dringlichkeit von Kalkung der Waldböden unterstreicht.

Die geringe Elastizität für Säuretoxizität zeigt erforderliche Düngung der Waldböden mit kalium- wie auch magnesiumhaltigen Kalkdüngern auf.

Die Schwermetallbelastung fiel insbesondere in den Auflagehorizonten beim Cu und Pb hoch aus, was eindeutig auf anthropogene Anreicherungsfade hinweist.

5. Literatur

AG Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. Schweizerbarth'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 3. Auflage.

GLA SH (1993): Analysenmethoden und -vorschriften des geochemischen Labors im Geologischen Landesamt Schleswig-Holstein. GLA-interne Arbeitsanleitung, unveröffentlicht.

Kretzschmar, R. (1989): Kulturtechnisches Praktikum. Ausgewählte Laboratoriumsmethoden. Eine Anleitung zum selbständigen Arbeiten an Böden. Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie der Christian-Albrechts-Universität. Selbstverlag, Kiel.

Meiwe, K.-J., König, N., Khana, P.K., Prenzel, J. und Ulrich, B. (1984): Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralböden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Bd. 7.

MELFF (1992): Waldschadensbericht 1992. Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei des Landes Schleswig-Holstein, Kiel.

Sänger-von Oepen, P., Nack, T., Nixdorf, J. und Menke, B. (1993): Vorstellung der SrCl₂-Methode nach Bach zur Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 156, 311-316.

Bodenkundliche Aufnahme und Beprobung der Standorte führten Dr. H. Finnem, Dr. G. Lippert, Dr. S. Scharafat, R. Hinrichsen, Dr. J. Mnich, J. Nipp, S. Pieper und H.-K. Siem durch.

Die **Boden-Übersichtskarte** der **Bundesrepublik
Deutschland 1:200000 (BÜK 200)**

von

Finnern, H.

Wer Bodenschutz betreiben will, muß das, was er zu schützen beabsichtigt, kennen, nämlich die Böden! Wer Planungen im Bereich Boden vorzunehmen hat, ist auf entsprechende Unterlagen angewiesen.

Wir wissen, daß sich die verschiedenen Böden in ihrer Empfindlichkeit gegenüber menschlichen Eingriffen unterscheiden.

Wirksamer Bodenschutz ist daher nur bei genauer Kenntnis der Böden möglich und das erfordert eine möglichst detaillierte Bodeninventur.

Bodenkarten sind das Ergebnis von flächendeckenden Bodeninventuren anhand im Gelände durchgeführter Grabungen und Bohrungen, einer definierten Bodenansprache und Interpretation gemäß der Bodenkundlichen Kartieranleitung, der verbindlichen Bodensystematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland und abgesicherter Feld- und Labormethoden.

In der Bundesrepublik gibt es bereits eine Vielzahl von großmaßstäbigen Bodenkarten und thematischen Spezialkarten. Unverzichtbar sind Aufnahmen für den Maßstab 1 : 25 000 bzw. 1 : 50 000. In den einzelnen Bundesländern ist der Stand dazu aber unterschiedlich weit fortgeschritten, da die Aufnahme und Bearbeitung sehr zeitaufwendig ist.

Auf Vorschlag der Umwelt-Minister-Konferenz wurde die Sonderarbeitsgruppe Informationsgrundlagen Bodenschutz beauftragt, ein Konzept zur Erstellung eines Bodeninformationssystems aufzubauen. Für die Gewinnung einer entsprechenden Datenbasis soll als Übergangslösung eine Karte im Maßstab 1 : 200 000 in angemessener Frist erstellt werden. Dieser Maßstab stellt einen Kompromiß zwischen der notwendigen, jedoch nur langfristig zu verwirklichenden großmaßstäbigen Kartierung und diesem geplanten Kartenwerk dar.

Die ad hoc AG Bodenkataster der Geologischen Landesämter/Ämter für Bodenforschung hat nun ein bundeseinheitliches Konzept erarbeitet, erste Karten sollen 1993 fertiggestellt und bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe gedruckt und herausgegeben werden.

Das Prinzip der Kartenerstellung geht davon aus, daß entweder großmaßstäbige Karten als Vorlage vorhanden sind oder ein Neubeginn zu erfolgen hat.

Für die bundeseinheitliche Bearbeitung sind 7 Aggregierungsstufen geschaffen worden mit

- Abgrenzungsbereichen
- Abgrenzungskriterien
- Abgrenzungsmerkmalen gegen Einheiten der gleichen Aggregierungsstufe und
- Kennzeichnung der Aggregierungsstufe

Unterschieden werden:

1. Bodenform, 2. Bodenformengesellschaft, 3. Leitbodengesellschaft, 4. Leitbodenassoziation, 5. Bodenlandschaft, 6. Bodengroßlandschaft, 7. Bodenregion.

Die 1. Aggregierungsstufe ist als Abgrenzungsbereich die Bodenform mit in sich einheitlichem Aufbau (z.B. Braunerde mit 4 dm mächtigem Bv-Horizont aus Geschiebedecksand in ebener grundwasserferner Lage), als Abgrenzungskriterium die kleinste Einheit der Bodenkartierung mit gleicher Horizontfolge bei gleichem Substrat und Kennzeichnung durch einheitliche Bodenbildungsbedingungen im Verbreitungsgebiet.

Die 2. Aggregierungsstufe stellt die Bodenformengesellschaft (mit ähnlichen Bodenformen (z.B. Braunerde, aber mit unterschiedlicher Bv-Mächtigkeit) dar bei gleicher Tendenz der Bodenentwicklung bei veränderten Bodenbildungsbedingungen, die zu abweichenden Bodenformen führten als Abgrenzungsmerkmal gegen Einheiten der gleichen Aggregierungsstufe.

Dem folgt die 3. Aggregierungsstufe die Leitbodengesellschaft. Sie besteht aus Leitbodenform und Begleitbodenformen (z.B. Braunerde + Podsol-Braunerde + Pseudogley-Braunerde). Hier erfolgt die Darstellung der flächenmäßig vorherrschenden Bodenform mit Arealen, in denen eine Bodenform gegenüber vergesellschafteten Begleitbodenformen dominiert bei weitgehend gleichen Bodenbildungsbedingungen.

In der 4. Aggregierungsstufe ist die Leitbodenassoziation ausgeschieden als Zusammenfassung mehrerer Leitbodengesellschaften (z.B. Braunerde + Podsol + Parabraunerde) in Gebieten, in denen sich Leitbodenformen mit ähnlicher Tendenz der Bodenbildung ausbildeten.

Die 5. Aggregierungsstufe stellt die Bodenlandschaft dar. Sie steht als Verknüpfung von Leitbodenassoziationen mit dem Landschaftscharakter (z.B. Böden einer Sanderlandschaft). Hier werden Landschaften mit sehr ähnlichem geologisch-morphologischem Habitus und sehr ähnlicher Genese ausgegrenzt.

Die anschließende 6. Aggregierungsstufe stellt die Bodengroßlandschaft als Kombination der Bodenlandschaften dar, wobei sie durch gemeinsame Landschaftsentwicklung gekennzeichnet sind.

Die 7. Aggregierungsstufe als Bodenregion steht als Zusammenfassung von Bodengroßlandschaften, die durch einen dominierenden geologischen Vorgang entstanden sind, wobei sich von Bodenregion zu Bodenregion eine veränderte Landschaftsausprägung zeigt.

Das bedeutet für die Erstellung der Bodenübersichtskarte, daß für die BÜK 200 von der 7. Aggregierungsstufe bei bisher fehlenden Bodenkarten vorgegangen wird und bei Vorliegen großmaßstäbiger Karten der entgegengesetzte Weg beschritten wird.

Dargestellt wird die vierte Kategorie. Sie soll den Bodentyp, die Bodenart und das Ausgangsgestein enthalten.

Festgelegt ist ferner - um die Vergleichbarkeit der Kartiereinheiten/Bodeneinheiten der BÜK 200 in der gesamten Bundesrepublik zu gewährleisten - die Erfassung der Basisdaten nach einheitlichen Kriterien.

Aufgenommen werden dazu die Wasserverhältnisse mit den Daten

- mittlerer Grundwasserhochstand
- mittlerer Grundwassertiefstand
- evtl. zusätzliche spezielle Angaben zum Wasserhaushalt
- Grund- oder Staunässestufe,
sowie die horizontbezogenen Angaben mit dem Humusgehalt, dem Carbonatgehalt und der effektiven Lagerungsdichte.

Beim Relief werden Angaben gemacht zur Reliefform, zur Neigung und zur Exposition. Darüberhinaus erfolgen Angaben über die derzeitige Nutzung.

Die Flächeninhaltsstruktur gliedert sich in Flächenanteil der Böden und Verteilungsmuster. Der Flächenanteil der Böden wird geschätzt und zwar nach einer 4-teiligen Abstufung

- 1 weniger 10 - selten vorkommend
- 2 10 - 30 gelegentlich vorkommend
- 3 30 - 70 verbreitet bis überwiegend vorkommend
- 4 über 70 vorherrschend bis ausschließlich vorkommend.

Zum Verteilungsmuster können Angaben gemacht werden, z.B. ob Flächen konzentrisch oder gestaffelt am Hang vorkommen oder fleckig verteilt erscheinen bzw. kompakt auftreten.

Die Kennzeichnung der Bodenform beinhaltet Angaben zum Bodentyp, zur Bodenart und zur Bodenartenschichtung sowie zur Geologie und zur Humusform.

Eine derartige Festlegung war bislang nur in etwa beim Kartenwerk 1 : 25 000/1 : 50 000 gegeben, bei kleinmaßstäbigen Karten hatte jedes Bundesland seine eigenen Darstellungsmöglichkeiten.

Die Datenfeldaufnahme erfolgt in einem Formblatt, beginnend mit der lfd. Nr. der Kartiereinheit. Es folgt die Bodenregion. Hier gibt es eine sogenannte Schlüsselliste mit 11 Nummern, beginnend im Norden (1) mit "Böden der Marschen und Inseln" bis zu (11) "Böden der Alpen". Dem schließt sich die Bodengroßlandschaft an (aufgefächert in 32 BGL). Hier ist eine entsprechende Aufgliederung gegeben

- z.B. unter (1.) Böden der Marschen und Inseln
 - 1.01 Marschen der schleswig-holsteinischen Nordseeküste
 - 1.02 Marschen der niedersächsischen Nordseeküste
 - und 1.03 Elbmarsch und Elbniederung.

Bei "Bodenlandschaften" ist die Aufgliederung wesentlich größer, hier sind es bereits 211 Bodenlandschaften.

Für die oben aufgeführten Basisdaten - zum Ausfüllen des Formblattes - gilt ansonsten die Bodenkundliche Kartieranleitung.

Geplant ist, daß die Karten in digitalisierter Form vorliegen, die Einzeldaten durch digitalisierte Erfassung der Formblattdaten. Wo dies noch nicht möglich ist, kann der analoge Arbeitsgang auch noch durchgeführt werden.

Vorgesehen ist als Herausgeber: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter.

Wir werden uns bemühen, in Kürze die ersten Karten 1 : 200 000 der BÜK 200 vorliegen zu haben einheitlich im Aufbau von Karte und Legende von der Bodenregion bis zu Bodentyp, Bodenart und Ausgangsgestein und dann flächendeckend für die Bundesrepublik.

Literatur

AG BODENKUNDE (1982):

Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Aufl.; Schweizerbart, Stuttgart

AK BODENSYSTEMATIK (1985):

Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 44, 1 - 90

AK STADTBÖDEN; BLUME, H.-P., BURGHARDT, W., CORDSEN, E., FINNERN H., FRIED, G., GRENZIUS, R., KNEIB, W., KUES, J., PLUQUET, E., SCHRAPS, W.-G., SIEM, H.-K. (1989):

Empfehlung des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung, urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). Umweltforschungsplan Bodenschutz BMUNR, Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 107 03 007/03, UBA Texte 18/89, Umweltbundesamt, Berlin

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (1987):

Bodeninformationssystem, Sonderarbeitsgruppe Informationsgrundlagen Bodenschutz, Materialien 47, München

BLUME, H.-P. (1992):

Handbuch des Bodenschutzes, 2. Aufl., ecomed, Verlagsgesellsch., Landsberg/Lech

FINNERN, H. (1987):

Die bodenkundliche Kartierung in der Bundesrepublik als Grundlage für ein Bodeninformationssystem, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 53, 151 - 160, Göttingen

FINNERN, H. (1991):

Bodenkartierung in den Alt-Bundesländern, Grundlage für den Bodenschutz. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 65, 71 - 74, Oldenburg

FINNERN, H. (1992):

Technik der Bodeninventur in BLUME, H.-P., Handbuch des Bodenschutzes, 2. Aufl., ecomed Verlagsgesellsch., Landsberg/Lech

Die Umweltverträglichkeitsprüfung bei landwirtschaftlichen Projekten - 1. Der rechtliche Rahmen

von

Forster, J.C.¹, F. v. Hammerstein², H. Deschauer¹,
M. Kaupenjohann³, H. Döhler⁴ und R. Bäumler¹

Nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) sind landwirtschaftliche Großbetriebe zur Tierhaltung und Tieraufzucht bei Neuerrichtung oder wesentlicher technischer Veränderung einer UVP im Rahmen von § 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zu unterziehen. Als Schutzgut des BImSchG ist dabei der Boden in besonderem Maße betroffen.

Einschlägige Rechtsnorm

Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie des Rates vom 27.6.1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten (85/337/EWG) vom 12.2.1990; Inkrafttreten: 1.8.1990 (allgemein) bzw. 1.6.1992 (Immissionsschutzrecht).

Was ist UVP?

- Die UVP ist ein unselbständiges verfahrensrechtliches Instrument der Umweltvorsorge.
- Die UVP hat einen gesamthaften, medienübergreifenden Ansatz, der neben den Auswirkungen auf einzelne Schutzgüter (z. B. Boden, Wasser, Luft) auch deren Wechselwirkungen (z. B. Wirkungspfade Boden→Wasser, Boden→Pflanze) zu berücksichtigen hat.
- Das UVPG liefert keine materiellen Qualitätsziele oder Richtwerte.

Welche Vorhaben in der Landwirtschaft sind UVP-pflichtig?

- Schaffung, Änderung, Verlegung oder Einziehung gemeinschaftlicher und öffentlicher Anlagen (Wege, Straßen, Gewässer etc.) im Rahmen der **Flurbereinigung** (Nr. 14 der Anlage zu § 3 UVPG).
- **Großanlagen** zum Halten oder zur Aufzucht von Geflügel oder zum Halten von Schweinen (Nr. 24 des Anhangs zu Nr. 1 der Anlage zu § 3 UVPG) mit Plätzen für mindestens 42.000 Legehennen, 84.000 Junghennen oder Mastgeflügel, 1.400 Mastschweine oder 500 Sauen oder für Mischbestände, wenn die Summe der Anteile an den gesetzlichen Platzzahlen mindestens 100% beträgt.

Verfahrensablauf

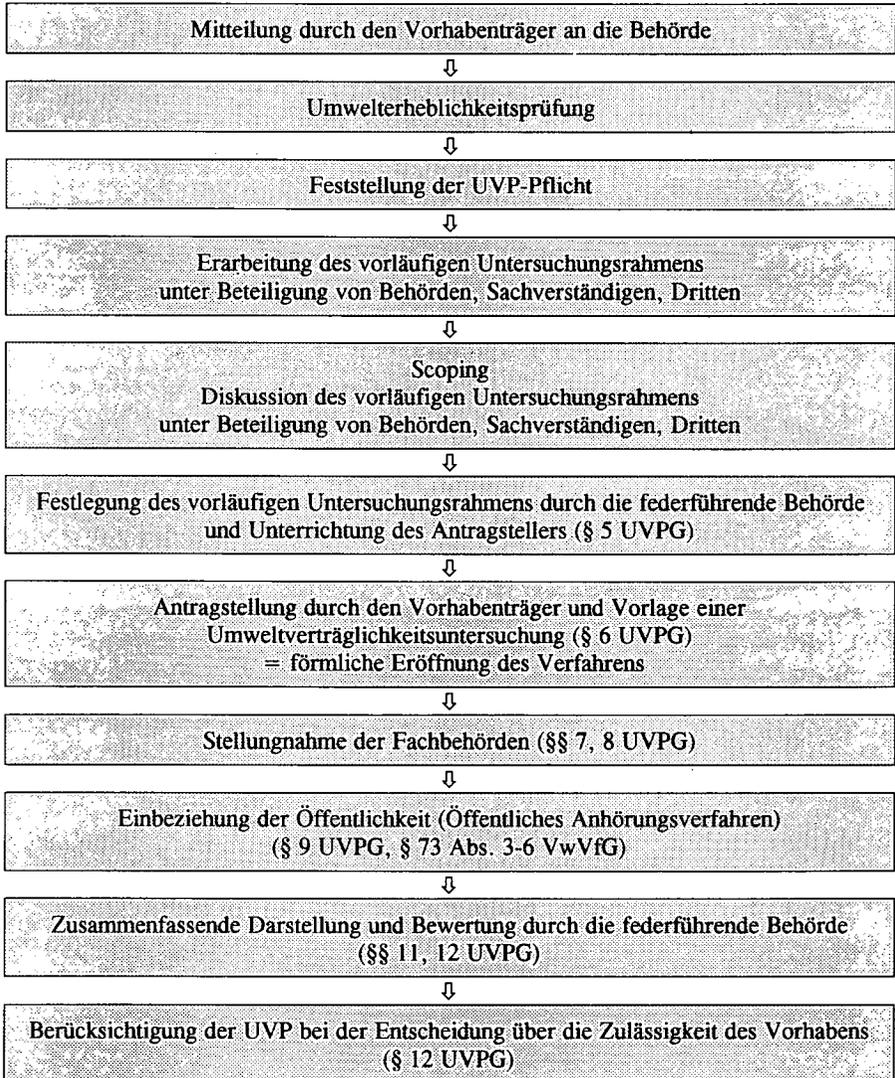
- Verfahrensschritte s. beiliegendes Ablaufschema
- Eine Verfahrensvorschrift existiert bisher nur im Referentenentwurf (UVPV/wVE); selbst dort fehlen Spezialvorschriften für die UVP in der Landwirtschaft.

Anforderungen an die Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU)

- Verpflichtender Inhalt der UVU sind die Beschreibung der Umwelt in ihrem gegenwärtigen Zustand (Istsituation) und die Prognose der Auswirkungen von Errichtung, Betrieb und Stilllegung der Anlage auf die Umwelt.
- Für den Umfang der UVU gelten die Grundsätze der Erforderlichkeit und Verhältnismäßigkeit; bei der behördlichen Bewertung ist das rechtliche Abwägungsgebot zu beachten.
- Die Abwägungsrelevanz bemißt sich nach der Schutzwürdigkeit des Bodens in seinen Funktionen an dem betroffenen Standort.

- Die gutachterliche Einschätzung und die behördliche Bewertung der Umweltwirkungen können nach fachgesetzlichen, untergesetzlichen (Rechtsverordnungen, Verwaltungsvorschriften) und anerkannten privaten Maßstäben (VDI-Richtlinien) erfolgen; auch Erfahrungswissen (Lehrbücher!) kann Verwendung finden, muß aber nachvollziehbar gemacht werden.

Ablaufschema



Einfluß von Nutzungsänderungen auf die initiale Marschbodenentwicklung im Deichvorland der Leybucht/Ostfriesland

von

Frank, U.

Einleitung

Die zwischen der MThw-Linie und dem Deichfuß gelegenen Salzwiesen zählen als einzigartiger Lebensraum zahlreicher Tier- und Pflanzenarten zu den besonders schützenswerten Biotopen. Gleichzeitig mindern sie die hydrodynamische Belastung der Deiche und sind damit ein wichtiger Bestandteil des aktiven Küstenschutzes.

An der Festlandküste Ostfrieslands und des nördlichen Jeverlandes werden die insgesamt 2400 ha großen Hellerflächen fast ausschließlich als Rinderweiden genutzt und über ein eng-geometrisches Grüppensystem entwässert. Die Einrichtung des Nationalparks Niedersächsisches Wattenmeer hat eine heftige Kontroverse zwischen Natur- und Küstenschutz um die weitere Bewirtschaftung dieser Flächen ausgelöst; während von der einen Seite die völlig natürliche Entwicklung der Heller mit Aufgabe jeglicher Beweidung und Begrüpfung angestrebt wird, sieht die andere Seite in der Bewirtschaftung ein notwendiges Instrument zum Erhalt der Deichvorländer und deren Küstenschutzfunktion.

Die Diskussion um die Bedeutung der Heller für den Küstenschutz und die vom Naturschutz geforderte Wende in der Bewirtschaftung dieser Flächen waren die Auslöser für ein seit 1989 laufendes, interdisziplinäres BMFT-Forschungsvorhaben, an dem Botaniker, Bodenkundler, Geologen und Küsteningenieure beteiligt sind (1,2). Ziel dieses Verbundprojektes ist es, die Einflüsse verschiedener natürlicher und anthropogener Faktoren auf die Entwicklung der Deichvorländer zu ergründen und Grundlagen für einen Ausgleich divergierender Interessen zwischen Natur- und Küstenschutz zu schaffen. Einige der wesentlichen Ergebnisse des Teilprojektes Bodenkunde werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Material und Methoden

Die untersuchten Böden liegen im Deichvorland der südlichen Leybucht. Seit Fertigstellung des Störtebekerdeichs im Jahre 1950 ist hier - infolge starker natürlicher Verlandung und unterstützt durch Lahnungsbau - ein 800 m breiter Heller aus schluffig-tonigen Sedimenten entstanden. Bereits 1980 wurden vier nebeneinanderliegende, jeweils 10 ha große Versuchsflächen mit unterschiedlicher Beweidungsdichte von 2, 1, 0.5 und 0 Rind/ha angelegt. Mit Ausnahme eines

*) FB Biologie, Abt. Bodenkunde, Carl von Ossietzky Universität,
Postfach 2503, D-26211 Oldenburg

Teilbereichs der unbeweideten Fläche sind alle Versuchsfelder begrüpft.

Zur Beschreibung von nutzungsinduzierten Veränderungen im Aufbau und in den Eigenschaften der jungen Marschböden wurden Standorte ausgewählt, die nach ihrer Entfernung von der MThw-Linie (400 m) und der Geländehöhe über MThw (NN+1,80 m/±0,03) vergleichbar sind.

Untersuchungsmethoden: Bodendichte - gravimetrische Messung an Volumenproben; Porenvolumen - errechnet aus der Bodendichte und der Dichte der Festsubstanz; Wasserleitfähigkeit - Perkulationsmessung im wassergesättigten Zustand; Redoxpotential - elektrometrische Messung mit Pt-Ag/AgCl-Elektrode, Umrechnung auf Wasserstoffbezugselektrode bei 25°C; Salzgehalt - errechnet aus der Summe der Kationen und Anionen der Gleichgewichtsbodenlösung; Ionen der GBL - Messung von Ca, Mg, Na und K am AAS, Cl-Messung am Potentiographen (Methrom E 536), colorimetrische SO₄-Bestimmung.

Ergebnisse und Diskussion

Im Kollektiv der untersuchten Böden zeigt das Profil der natürlich belassenen, unbeweideten und unbegrüpften Versuchsfeldfläche den niedrigsten Entwicklungsstand. Der Boden weist hier einen noch im Initialstadium seiner Genese befindlichen, deutlich Fe-geprägten AiGo-Horizont ohne Aggregatgefüge auf, der bereits in 20 cm Tiefe in einen dominant S-geprägten Gro-Horizont übergeht.

Der profilmorphologisch erkennbare Einfluß der Begrüpfung manifestiert sich - bei fehlender Beweidung - in einem deutlich weiter entwickelten, bereits als Ah-Horizont zu klassifizierenden Oberboden mit Übergängen vom Subpolyeder- zum Krümelgefüge und in einem tiefergründiger durchlüfteten, bis in 45 cm Tiefe Fe-geprägten Unterboden (Go-/Gor-Horizont).

Der Einfluß der Beweidung auf die Bodenentwicklung ist im wesentlichen auf den oberen Profilmbereich beschränkt. Schon durch den relativ geringen Viehbesatz von 0,5 Rind/ha wurde die Entwicklung des Oberbodens auf das AiGo-Stadium reduziert. Auf der intensiv beweideten Fläche (2 Rind/ha) weist das Profil als weitere viehtrittinduzierte Veränderung eine direkt unterhalb des AiGo-Horizonts anstehende, ca. 15 cm mächtige, S-geprägte Reduktionszone (Gro-Horizont) auf, die nach unten wieder in eine überwiegend Fe-geprägte Oxidationszone übergeht.

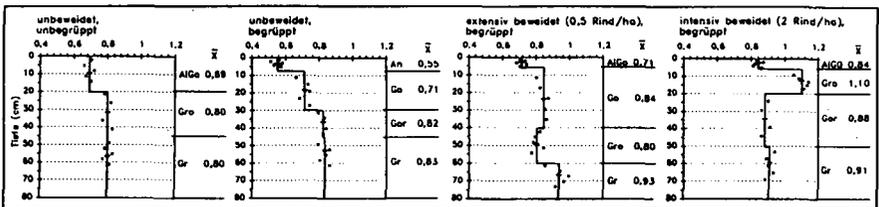


Abb. 1: Tiefenfunktion der Bodendichte (g/cm³) in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform

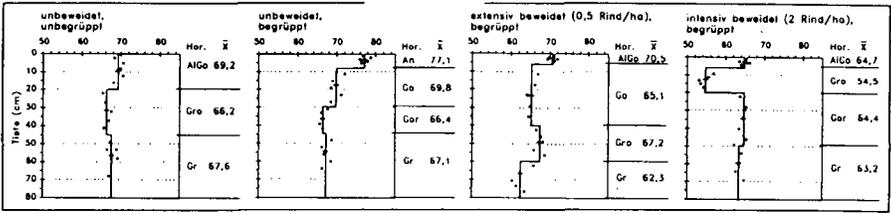


Abb. 2: Tiefenfunktion des Porenvolumens (Vol.-%) in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform

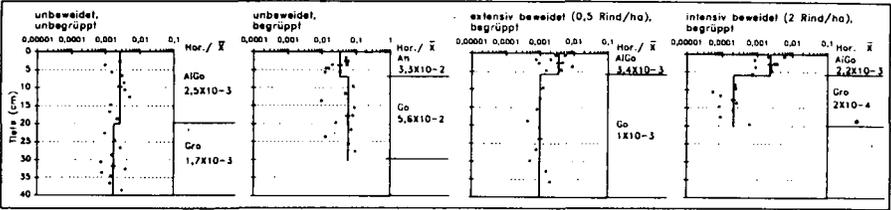


Abb. 3: Tiefenfunktion der Wasserleitfähigkeit (cm/sec) in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform

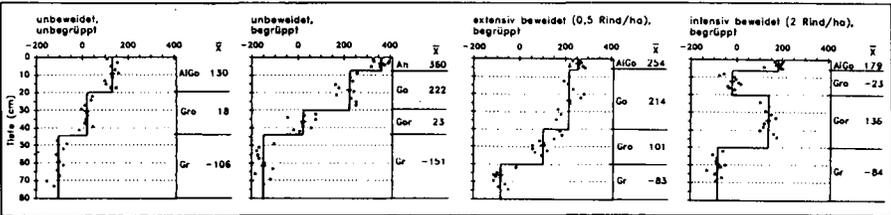


Abb. 4: Tiefenfunktion des Redoxpotentials (mV) in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform (Momentaufnahme Dezember 1990)

Wie die in den Abb. 1 bis 5 dargestellten Ergebnisse zeigen, werden die Bodeneigenschaften auf der unbeweideten Versuchsfläche durch die Begrüpfung signifikant beeinflusst. Besonders markante Veränderungen sind im oberen Profilbereich zu beobachten. Eine im Vergleich zum Oberboden der unbegrüpften Fläche niedrigere Bodendichte, ein größeres Porenvolumen, eine bessere Wasserleitfähigkeit, ein höheres Redoxpotential und eine stärkere Entsalzung zählen hier zu den wesentlichsten Auswirkungen des künstlichen Entwässerungssystems.

Durch die Beweidung wird der Einfluß der Begrüpfung auf die Bodeneigenschaften stark limitiert. Bereits bei extensiver Beweidung mit 0,5 Rind/ha ist es zu einer deutlichen Verdichtung des Oberbodens, verbunden mit einer Abnahme des Porenvolumens, der Wasserleitfähigkeit und des Redoxpotentials gekommen. Durch

die intensive Beweidung mit 2 Rind/ha wurden diese Folgen des Viehtritts zum Teil erheblich verstärkt. Gleichzeitig hat der hohe Viehbesatz direkt unterhalb des Oberbodens zur Ausbildung einer stark verdichteten, schlecht wasserleitenden Reduktionszone geführt.

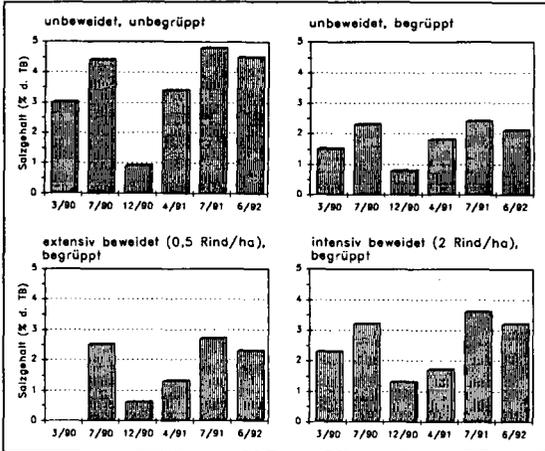


Abb. 5: Salzgehalt des oberen Horizonts der untersuchten Böden in Abhängigkeit von der Jahreszeit

Der Entsalzungseffekt der Begrüpfung wird von der extensiven Beweidung nicht tangiert. Dagegen hat die intensive Beweidung mit 2 Rind/ha zu einer deutlichen Zunahme der Salzgehalte geführt.

Trotz der starken Divergenz im Salzgehalt erwies sich die prozentuale Zusammensetzung der gelösten Kationen insgesamt als relativ unabhängig vom Boden, Meßzeitpunkt und Untersuchungsstandort. Dominierendes Kation war immer Na mit 71-79 %, gefolgt von Mg mit 11-19 %, Ca mit 5-9 % und K mit 2-5 %.

Schlußfolgerungen

Sowohl die Begrüpfung als auch die Beweidung von Deichvorländern führt zu tiefgreifenden Veränderungen in der Morphologie und in den Eigenschaften tonreicher Böden (3,4). Während die Begrüpfung einen stark positiven Einfluß auf die Bodenentwicklung und viele der implizierten Prozesse ausübt, induziert die Beweidung eine Stagnation im Stadium der initialen Bodenentwicklung.

Literatur

- (1) GEBHARDT, H. und FRANK, U., 1993: Erosionsfestigkeit von Hellern - Teilprojekt Bodenkunde. BMFT-Forschungsbericht FKZ MTK047300, Bonn
- (2) COLDEWEY, H.-G. und ERCHINGER, H.F., 1992: Deichvorland: Seine Entwicklung zwischen Ems und Jade und die Untersuchungen im Forschungsvorhaben "Erosionsfestigkeit von Hellern". Die Küste 54: 169-187
- (3) FRANK, U., 1991: Bodenkundliche Untersuchungen zum KFKI-Forschungsvorhaben "Erosionsfestigkeit von Hellern". In: Haeseler, V. & Janiesch, P. (Hrsg.), 3. Oldenburger Workshop zur Küstenökologie. Universität Oldenburg: 29-30
- (4) FRANK, U., GEBHARDT, H., GIANI, L., MUSTAFA, M. und RADERSCHALL, R., 1992: Anthropogene Bodenveränderungen im Raum Oldenburg und im Küstengebiet. Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 68: 207-226

Möglichkeiten der Auswertung von Bodenkarten auf periglaziale Deckschichten unter Verwendung eines Bodeninformationssystems

von

Friedrich, K. und T. Vorderbrügge

Einführung

Der Bedarf und die Nachfrage nach bodenbezogenen Entscheidungsgrundlagen nehmen z. Zt. sprunghaft zu. Demgegenüber ist die zur Verfügung stehende Datenbasis für weite Bereiche häufig unzureichend. Deshalb werden vom Hess. Landesamt für Bodenforschung (HLfB) Überlegungen angestellt, wie in einem vertretbaren Zeitraum eine hinreichende Datenbasis mit entsprechenden Auswertungsmöglichkeiten geschaffen werden kann.

Ein Weg zum Aufbau einer umfassenden Datenbasis wird von HEINEKE et al. (1987) sowie OELKERS & VINKEN (1988) beispielhaft dargestellt. Dieser umfangreiche Ansatz ist allerdings, aufgrund des unterschiedlichen Stands der Arbeiten sowie der häufig ungenügenden DV-technischen Ausstattung, nicht von jedem geologischen Dienst umzusetzen.

Die bodenkundliche Landesaufnahme für Hessen wurde sehr stark durch die frühen Arbeiten über pleistozäne Schuttdecken von SCHÖNHALS (1957), SEMMEL (1964) sowie SEMMEL & PLASS (1965) geprägt. Diese Form der Kartierung des oberflächennahen Untergrundes ist gekennzeichnet durch das Herausarbeiten von Zusammenhängen zwischen Deckschichten, morphologischen Prozessen und den dadurch bedingten Standorteigenschaften.

Es ist somit zu testen, ob die Ergebnisse der frühen Landesaufnahme, als Beiträge für Manuskriptkarten, auf noch zu bearbeitende Blattsnitte übertragen werden können.

Im Rahmen eines DFG-Projektes wurde deshalb überprüft, inwieweit hessische Bodenkarten, Manuskriptkarten sowie die z. Zt. laufenden Kartierungen für die BÜK 200 bezüglich periglazialer Deckschichten interpretiert werden können, vor allem in Hinblick auf reliefabhängige Gesetzmäßigkeiten des Vorkommens periglazialer Deckschichten.

Das HLfB überprüft den im folgenden dargestellten Ansatz.

- Auswertung vorhandener Bodenkarten im Hinblick auf Übertragbarkeit von Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhängen zwischen Standorteigenschaften (Gründigkeit, Wurzelraum, Wasserhaushalt) und Vorkommen sowie Ausprägung von Deckschichten und die Möglichkeit, sie in Form einer Datenbank vorzuhalten.
- Auswertung von Abhängigkeiten und Zusammenhängen zwischen Relief (DHM) und Vorkommen sowie Ausprägung von Deckschichten und die Möglichkeit der Visualisierung mittels GIS.
- Verknüpfung der gewonnenen Gesetzmäßigkeiten von Relief, Deckschichten und Standorteigenschaften zur Erstellung von Manuskriptkarten sowie zur Unterstützung und Beschleunigung der bodenkundlichen Landesaufnahme.

Ergebnisse

Der vorliegende Beitrag beschreibt die Gliederung des oberflächennahen Untergrundes (qh/qp Deckschichten) und die Möglichkeiten der Einbindung in eine Datenbank. Die Diskussion der Gliederung des oberflächennahen Untergrundes in periglaziale, pleistozäne und holozäne Deckschichten führte bisher noch nicht zu bundesweit abgestimmten Definitionen. Deshalb wurde in Anlehnung an SEMMEL (1966, 1968) und FRIED (1984) eine Deckschichtengliederung vorgenommen, die den Fortgang der Arbeit sicherstellen sollte. Das Ergebnis ist in **Übersicht 1** dargestellt.

Neben den periglazial bedingten Deckschichten wurde zur Gliederung des oberflächennahen Untergrundes die Holozäne Lage sowie die qp - Sedimentäre Lage eingeführt, um den Betrachtungsraum der periglazial geprägten Flächenbereiche abzugrenzen und eine umfassende Gliederung des oberflächennahen Untergrundes für Mittelgebirgsregionen vornehmen zu können.

*) Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 65193 Wiesbaden, Leberberg 9-11

Übersicht 1: Zusammenstellung und Definitionen berücksichtigter Deckschichten

• **Holozäne Lage (HL)**

Unter dem Begriff der Holozänen Lage sind biogene, fluviatile, äolische sowie anthropogene Ablagerungen des Holozäns zusammengefaßt. Die holozänen Ablagerungen werden erfaßt, um eine räumliche Abgrenzung zu den periglazial- und pleistozän geprägten Flächenbereichen vornehmen zu können.

• **Decklage (DL)**

Die Decklage ist, mit Ausnahme von Extremstandorten (Felsausbissen u. ä.) und holozän überprägten Flächenbereichen (Aue, Bodenerosion), eine quasi flächendeckende Lage von meist 40 - 70 cm Mächtigkeit. Sie bildet, mit Einschränkungen, die an der Oberfläche anstehende periglaziale Deckschicht. Die Verbreitung betrifft die Periglazialgebiete der letzten Kaltzeit sowie die im ausklingenden Pleistozän periglazial überprägten Glazialgebiete. Ausnahmen bilden Ausgangsgesteine, die nicht zur Schuttbildung neigen. Auf Kalksteinstandorten sind bspw. oft Mullrendzinen direkt auf Kalkstein entwickelt. In solchen Fällen sind häufig keine Hinweise auf Solifluktiionsprozesse zu finden.

Die DL ist durch solifluidale und/oder solimixtive Prozesse entstanden. Sie ist ein Substratgemisch aus Material der im Prozeßbereich der Solifluktion anstehenden Gesteine und einer äolischen Substratkomponente (Löß, Lößlehm, Sandlöß u. a.). Das Bodenskelett ist überwiegend hangparallel eingeregelt. Darüber hinaus wird die Basis der DL häufig durch eine Skelett-Sohle gekennzeichnet. Vielfach konnte in der DL das Schwermineralspektrum des Laacher-See-Tuff nachgewiesen werden (SEMMELE 1975: 322). Durch diesen Befund läßt sich die Entstehung in die jüngere Tundrenzeit datieren (vgl. SEMMELE 1964, 1966 und 1968).

• **Mittellage (ML)**

Die ML ist eine im Liegenden der Decklage i.d.R. in konvergierenden Hangbereichen und am Unterhang vorkommende periglaziale solifluidal und/oder solimixtiv entstandene Lage. Sie steht nur nach Erosion der DL an der GOF an. Die Mächtigkeit variiert sehr stark. Es können häufig mehrere ML übereinander vorkommen, die sich in der Substratzusammensetzung unterscheiden. Neben dem im Prozeßbereich der Solifluktion vorkommenden anstehenden Gesteine besteht die ML vorwiegend aus einer äolischen Substratkomponente (meist Lößlehm). Die Skelettanteile treten i.d.R. gegenüber der hangenden DL und der meist liegenden BL zurück. Das Bodenskelett ist überwiegend hangparallel eingeregelt. Die Lage ist frei von Laacher-See-Tuff.

• **Sedimentäre Lage (SL)**

Die hier aufgenommene SL faßt die meist monogenetischen in situ - Ablagerungen des Pleistozäns (qp) zusammen. Hierzu zählen äolische Sedimente wie Löß, Lößlehm (in situ), verspülter Lößlehm, Sandlöß und Flugsand, aber auch fluviatile Sedimente wie Terrassen- und Hochflutablagierungen.

• **Basislage (BL)**

Die BL ist eine dem anstehenden Gestein aufliegende, weitverbreitete Schuttdecke, die im Liegenden der DL oder, wenn eine ML vorhanden, im Liegenden dieser vorkommt. Nur in stark divergierenden Hangbereichen keilt die BL aus, und die DL ist direkt über dem anstehenden Gestein entwickelt. Die Mächtigkeiten variieren sehr stark und sind vom Ausgangsgestein abhängig. Häufig können vor allem in konvergierenden Hangbereichen mehrere BL übereinander - bis zu mehreren Metern Mächtigkeit - beobachtet werden.

Die BL ist wie die DL und ML durch solifluidale und/oder solimixtive Prozesse entstanden. Das Bodenskelett ist überwiegend hangparallel eingeregelt. Zeitweilig sind aber auch rutschungsartige, ohne eingeregelttes Skelett vorkommende, BL vorzufinden.

Die BL ist ein Substratgemisch aus Material der im Prozeßbereich der Solifluktion anstehenden Gesteine ohne eine Beimischung äolischer Komponenten. Aufgrund der fehlenden äolischen Substratkomponente läßt sich die BL meist sehr gut von DL und ML unterscheiden.

Für die DV-gerechte Erfassung und Auswertung der Deckschichten wurde zunächst ein Symbolschlüssel in Anlehnung an die AG Bodenkunde (1982), OELKERS et. al. (1984) und PREUSS et al. (1991) erstellt (s. **Übersicht 2**).

Die Deckschichtenbezeichnung (z.B. DL) und Deckschichtenattribute werden in der Horizontdatentabelle (s. Tab. 1) jeweils in einem Datenfeld eingetragen. Die Deckschichtenattribute werden gemäß ihrer vorherrschenden Ausprägung in Reihenfolge beschrieben. Ein (,) bedeutet einen geringeren Anteil des folgenden Attributes, ein (:) bedeutet eine Gleichstellung mit vorgesetztem Attribut (Bsp.: DL/lo,s;vt entspricht einer Decklage (DL) aus Lößlehm (lo) mit zurücktretenden Anteilen von Schutt (,s) und Zersatz (;vt). Die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und beschränkt sich auf die wesentlichen Merkmale.

Der hier vorgestellte Symbolschlüssel ist auf die betrachteten Gebiete und damit auf Teilbereiche der hessischen Mittelgebirge abgestimmt. Eine Verwendung der Systematik für andere Landschaftsräume bedarf einer Erweiterung. Da er schon früh festgelegt wurde, konnten die z. Zt. diskutierten Vorschläge für die KA4 nicht berücksichtigt werden.

Für eine Auswertung bezüglich des oberflächennahen Untergrundes wurde eine Flächendatenbank konzipiert. Um eine Datenredundanz zu vermeiden, wurde eine Trennung von Titeldaten/Profilkennzeichnung und Schicht-/Horizontdaten in einzelne Datentabellen vorgenommen. Einen Auszug aus der

Horizontdatentabelle (BK 5716 Oberreifenberg) zeigt **Tabelle 1**.

Diese Vorgehensweise erlaubt eine gute Trennung unterschiedlicher Deckschichteneinheiten. Im folgenden sind die wesentlichen Ableitungskriterien zusammengefasst:

- Trennung des oberflächennahen Untergrundes in einzelne geologische Schichten sowie die weitere Differenzierung in Bodenhorizonte
- Beschreibung der geologischen Schichten des oberflächennahen Untergrundes nach ihrer zeitlichen Entstehung und Position (Decklage, Mittellage...)
- Differenzierung der Schichten nach ihrer Ausprägung durch Deckschichtenattribute (bspw. Anteile am Untergrundmaterial)
- Genetische Beschreibung der Schicht (bspw. Solifluktionsschutt, äolisches Sediment...)
- Beschreibung von Substratanteilen, insb. der äolischen Komponente...

Übersicht 2: Schlüssel zur Beschreibung des oberflächennahen Untergrundes (qp/qh Deckschichten, Auszug)

holozäne Überlagerung Deckschichtenattribute petrographisch/genetisch		Basilage Deckschichtenattribute petrographisch	
HL		BL	
f	Solumsediment - fluvial	s	Schutt
q	Solumsediment - äolisch	sb	Schutt aus Blöcken
if	Auensediment	hff	Hochflutlehm / -ton
yy	anthropogene Überlagerung aus ganz oder teilweise nicht natürlichem Bodenmaterial	hfs	Hochflutsand
iy	anthropogene Überlagerung aus natürl. Bodenmaterial	vp	zu Feinmaterial aufgearbeitetes Substrat
	Decklage Deckschichtenattribute petrographisch, z.T. petrogr./genetisch	vt	Zersatz - Ton, Schuff-Ton, angereichert; vorw. chem. Verw.
DL		ve	Entkarbonatisiert -Residualton
s	Solifluktionsschutt		Anstehendes Gestein Deckschichtenattribute petrographisch
sb	Solifluktionsschutt aus Blöcken	A	
b	Tuffkomponente (durch Geländebef. festgest. h. Komp.)	lu	unverwittertes anstehendes Lockergestein
lo	Lößlehm	lv	mehr oder weniger verwittertes anstehendes Lockergestein
los	Sandlößlehm	u	anstehendes Festgestein, nicht grabbar
sa	Flugsand	uv	mehr oder weniger verwittertes anstehendes Festgestein, in situ - noch im primären Verband
hff	Hochflutlehm / -ton	uvt	Zersatz - Ton, Schuff (angereichert), in situ durch vorwiegend chemische Verwitterung
hfs	Hochflutsand	uve	Residualton in Klüften auf Kalk/Dolomitgestein -durch vorwiegend chemische Verwitterung
vp	zu Feinmaterial aufgearbeitetes Substrat; vorw. phys.Verw.	ug	Grus, in situ
vt	Zersatz - Ton, Schuff; vorwiegend chemische Verwitterung	ut	anstehende Tone (bspw. Röt, Keuper ...), in situ
ve	Entkarbonatisiert -Residualton	utm	Mergel, in situ
lgs	Lockergestein (allgemein); vorwiegend Sandfraktion	uf	enfestigtes anstehendes Festgestein
lgu	Lockergestein (allgemein); vorwiegend Schlufffraktion		Genetische Beschreibungen zu den Deckschichten
lgt	Lockergestein (allgemein); vorwiegend Tonfraktion	P	durch "P"erstruktion, Solimixtion mehr oder weniger verändertem Stoffbestand gegenüber dem Anstehenden geprägte Decklage (im Sinne "Decksediment" nach SEMMEL)
	Zusätzliche Beschreibungen zur DL	fi	Solifluktionsschieferde mit geringerem Anteil an Bodenskelett (bis x3) und hohem Anteil an äolischen Bestandteilen
a	geringmächtig DL (bspw. divergierenden Hangbereichen).	sh	Solifluktionsschutt mit hohem Anteil an Bodenskelett (> x3)
e	erodiert (nach Geländebefund unsicher, ohne Abstufung)	sj	Schutt ohne Solifluktionsmerkmale (Steineinregelung, ...), durch Schlammstrom, Rutschungen o.ä. Prozessen verlagertes Material mit mehr oder weniger chaotischer Lagerung
Et	örtlich gering bis mittel erodiert	f	fluviales Sediment
E	erodiert (nach Geländebefund) Stufen von 1 bis 3	g	äolisches Sediment
	Mittellage Deckschichtenattribute petrographisch/genetisch	l	limnisches Sediment
ML			
	entspricht den Attributen der DL mit Ausnahme von b - (Bimstufkomponente).		
	qp Sedimentäre Lage Deckschichtenattribute petrographisch/genetisch		
SL			
lol	Lößlehm		
lo	Löß		
los	Sandlöß		
sa	Flugsand		
qt	Terrassensand, Kies		
lhf	Hochflutablagerungen		
li	limnische Ablagerungen allgemein		
sko	Schwemmlöß		
sl	Schwemtlehm, verspülter Lößlehm		
ss	Schwemmsand		

Tab. 1: Auszug aus der Horizontdatentabelle BK 5716 Oberreifenberg

BE	BT_Kurz	Hor_Nr	Horizont	DS_Nr	Deckschicht	DS_Attribut	M_min	M_max	otief	utief	Boart_von	Boart_bis	Boart_rep.	skel_von	skel_bis	skel_rep	skel_art	äol_kom	äol_ant	lieg_ant
3	N-B	1	Ah\Ap	1	DL	s;vp;lo	2	10	0	7	Le3	Lt3	Le3	4	4	4	6	Lol	1	5
3	N-B	2	BvCv	1	DL	s;vp;lo	10	30	7	30	Le3	Lt3	Le3	4	4	4	6	Lol	1	5
3	N-B	3	IllmCv\IllCv	2	BLIA	vt;slm	60	80	30	100	Lu	UI3	UI2	4	5	4	6		0	6
5	B-N	1	Ah\Ap	1	DL	s;vp	2	10	0	5	Sl4	Le3	Lsu	3	5	4	6	Lol	1	5
5	B-N	2	Bv	1	DL	s;vp	10	40	5	35	Sl4	Le3	Lsu	3	5	4	6	Lol	1	5
5	B-N	3	IllmC	2	A	m	50	65	35	100	Sl4	Le3	Lsu	6	6	6	3		0	6
11	B	1	Ah\Ap	1	DL	s;vp;lo	2	5	0	5	Le3	Lt3	Le3	3	4	3	6	Lol	2	4
11	B	2	Bv	1	DL	s;vp;lo	20	50	5	50	Le3	Lt3	Le3	3	4	3	6	Lol	2	4
11	B	3	IllCv\IllmC	2	BLIA	s;vp;lm	10	50	50	100	Sl4	Le3	Sl4	3	4	4	6		0	6
12	L;L-B	1	Ah\Ap	1	DL	vp;lo;s	2	5	0	5	UI3	Ltu	UI3	3	2	3	6	Lol	2	4
12	L;L-B	2	Al	1	DL	vp;lo;s	20	45	5	45	UI3	Ltu	UI3	3	2	3	6	Lol	2	4
12	L;L-B	3	IBt	2	ML	vp;lo;s	20	40	45	75	Le3	Lt3	Ltu	3	1	2	6	Lol	3	3
12	L;L-B	4	IlllCv	3	BLIA	s;vp;lm	10	25	75	100	UI2	UI3	UI3	2	4	3	6		0	6
13	L;L-B	1	Ah\Ap	1	DL	vp;lo;s	2	10	0	5	UI3	Ltu	UI3	3	2	3	6	Lol	3	3
13	L;L-B	2	Al	1	DL	vp;lo;s	20	55	5	55	UI3	Ltu	UI3	3	2	3	6	Lol	3	3
13	L;L-B	3	IBt	2	ML	vp;lo;s	20	40	55	85	UI3	Lt3	Ltu	3	1	2	6	Lol	3	3
13	L;L-B	4	IlllCv\IllmC	3	BLIA	vp;slm	10	15	85	100	UI3	UI2	UI2	2	4	3	6		0	6
14	L;L-B	1	Ah\Ap	1	DL	vp;lo;s	2	5	0	5	Le3	Lt2	Lsu	3	2	3	6	Lol	3	3
14	L;L-B	2	Al	1	DL	vp;lo;s	20	45	5	45	Le3	Lt2	Lsu	3	2	3	6	Lol	3	3
14	L;L-B	3	IBt	2	ML	vp;lo;s	20	40	45	75	Le3	Ltu	Ltu	3	2	3	6	Lol	3	3

BE - Bodeneinheit der Bodenkarte, BT_Kurz - Kürzel des Bodentypes, Hor_Nr - Nummer des Horizontes, DS Num - Nummer des erfaßten Deckschicht, Deckschicht - Kürzel der erfaßten Deckschicht, DS Attribut - Attribut zur Charakterisierung der Deckschicht, M_min - min. Mächtigkeit des Horizontes, M_max - max. Mächtigkeit des Horizontes, otief - repräsentative obere Tiefe des Horizontes, utief - repräsentative untere Tiefe des Horizontes, Boart von/bis - Bodenart variation, Boart rep. - repräsentative Bodenart des Horizontes, skel_von/bis - Grobbodenanteil variation, skel_rep - repräsentative Grobbodenanteil, äol_kom/ant - äolische Substratkomponente und -anteil, lieg_ant - Anteil des Anstehenden Substrates

Literatur

AG-Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung.- Hrsg. BGR u. Geol. Landesämter der BRD, 3. Aufl.: 331 S.; Hannover.

FRIED, G. (1984): Gestein, Relief und Boden im Buntsandstein-Odenwald.- Frankfurter geowiss. Arb., D 4: 201 S.; Frankfurt am Main.

FRIEDRICH, K. (1993): Anwendung digitaler Höhenmodelle zur automatisierten Kartierung von Deckschichten.- Abschlußbericht zum DFG-Projekt Th 240/1-6; Wiesbaden.

HEINKE, H.-J., B. KLEEFISCH & K.-H. OELKERS (1988): A Model for the Computerized Construction of Pedological Field Base Maps. - Geol. Jb., A 104: 309 - 318; Hannover.

OELKERS et al. (1984): Datenschlüssel Bodenkunde, Symbole für die automatische Datenverarbeitung bodenkundlicher Geländedaten.-Hrsg. BGR u. Geol. Landesämter der BRD: 100 S.; Hannover.

OELKERS, K.-H. & R. VINKEN 1988: Neue Wege bei der Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen für den Bodenschutz im Rahmen eines bodenkundlichen Dienstes. - Bodenschutz - Ergänzendes Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden. Landschaft und Grundwasser. Rosenkranz, Einsele, Harreß (Hrsg.); Berlin (E. Schmidt).

PREUSS, J., R. VINKEN & H.-H. VOSS: (1991): Symbolschlüssel Geologie. Symbole für die Dokumentation und Automatische Datenverarbeitung (ADV) geologischer Feld- und Aufschlußdaten. - 3 vollst. überarb. Aufl.: 328 S.; Hannover.

SCHÖNHALS, E. (1957): Spätglaziale äolische Ablagerungen in einigen Mittelgebirgen Hessens. Eiszeitalter u. Gegenwart, 8: 5-17; Öhringen.

SEMMEI, A. (1964): Junge Schuttdecken in hessischen Mittelgebirgen. - Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., 92: 275-285; Wiesbaden.

SEMMEI, A. (1966): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25.000, Bl. 5224 Eiterfeld.- 89 S.; Wiesbaden.

SEMMEI, A. (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen.- Frankfurter geogr. Hefte, 45: 133 S.; Frankfurt am Main.

SEMMEI, A. (1975): Schuttdecken im Buntsandstein-Odenwald.- Aufschluß, Sonderbd. 27: 321-329; Heidelberg.

SEMMEI, A. & W. PLASS (1965): Spätkaltzeitliche Umlagerungen in Parabraunerde-Profilen.-Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 4: 33-40.

Ein Vorschlag zur Erstellung von Konzeptbodenkarten

Von

Gehrt, E.

1. EINLEITUNG

Die Grundidee bei der Erstellung von Konzeptbodenkarten ist, daß mit Kenntnis der bodenbildenden Faktoren und deren Verbreitung nach der Zusammenführung der Faktoren auch die Bodenverbreitung vorhergesagt werden kann (KLEEFISCH 1993). Konzeptbodenkarten sind Kern des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (vgl. OELKERS 1993). Durch eine Überführung der unterschiedlichen Daten in eine einheitliche Struktur und einen einheitlichen Sprachgebrauch wird das verstreute Wissen verfügbar. Vorteile sind insbesondere dann gegeben, wenn durch die Auswertung mit Regelwerken (wissensbasierte Systeme, KLEEFISCH 1993) eine Zeitersparnis erreicht werden kann. Im Vergleich zur konventionellen Kartierung, bei der die Interpretation von vorliegenden Informationen (z.B. Relief) von Fall zu Fall und bearbeiterspezifisch vorgenommen wird, kann mit dieser Bearbeitung eine hohe Standardisierung erreicht werden. Die aufbereiteten Daten bieten einerseits schnell Entscheidungsgrundlagen für den Bodenschutz und sind andererseits die Grundlage für systematische und zielgerichtete Bodenkartierungen im Gelände.

In der Praxis erfolgt die Zusammenführung der Daten heute mit Geographischen Informationssystemen (GIS) durch Verschneidung, wobei die Inhalte und die Areale aller berücksichtigten Informationsebenen erhalten bleiben. Sowohl das Kartenbild wie auch die Inhalte sind aber aufgrund der Vielzahl der entstehenden Faktorenkombinationen unübersichtlich und erfordern einen sehr hohen Interpretationsaufwand (analog oder über zu erstellende umfangreiche Regelwerke).

2. THEORETISCHER HINTERGRUND

Die Ursache für die Vielzahl von Kombinationen und Arealen liegt neben geographischen Fehlinformationen (unterschiedliche Maßstäbe, Verzerrungen der Digitalisiervorlagen etc.), die langfristige möglicherweise durch Anpassung an ein geographisches Bezugssystem gelöst werden können, auch in inhaltlichen Problemen. Sowohl die geographischen wie auch die inhaltlichen Abweichungen sind in unterschiedlichen Wissensständen (alte und neue Daten), in Qualitätsunterschieden aufgrund der Kartierdichte (z.B. Erhebungsdichte der Bodenschätzung ca. 50 x 50 m Raster, hochgerechnet ca. 40.000 - 50.000 Grablöcher pro TK25, Geologische Kartierung ca. 2.000 bis 4.000 Bohrungen pro TK25) und unterschiedlichen Zielvorgaben (Bodenschätzung zur Besteuerung, Standortkartierung zur Forsteinrichtung etc.) begründet.

An dieser Stelle wird ein Problem des theoretischen Ansatzes der Konzeptbodenkarte deutlich. Mit den Fremddaten werden nämlich nicht nur die reinen Faktoren der Bodenbildung erfaßt (s.o), sondern

- gleiche oder ähnliche bodenrelevante Sachverhalte in unterschiedlicher Notation und Qualität oder

* Nieders. Landesamt für Bodenforschung, Stilleweg 2, 30655 Hannover

- abhängige Daten, die Rückschlüsse auf die Bildungsfaktoren und deren Faktoren ermöglichen (z.B. Altackernutzung in der Geest als Hinweis auf Plaggenauftrag (vgl. OSTMANN 1993).

Bei der Verschneidung sinngleicher oder synergetischer Faktoren (abhängige Faktoren) müssen, wenn nicht vorher eine Anpassung der Grenzen (Kontrolle und Korrektur) vorgenommen wird, wenig plausible Faktorenkombinationen auftreten. Die Weiterverarbeitung dieser Areale ist mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden. Im Idealfall werden zur Lösung aus den Fremddaten die Faktoren der Bodenbildung (je eine Informationsebene) abgeleitet und dann anschließend verschnitten. Diese Vorgehensweise würde eine Plausibilitätskontrolle der Einzelfaktoren der Bodenbildung ermöglichen und den jeweiligen Wissensstand dokumentieren. Bei einer Verschneidung solcher synchorer Faktoren (Faktoren unterschiedlicher und unabhängiger Inhalte, die am gleichen Ort vorkommen) können keine inhaltlichen Probleme bei der Verschneidung auftreten. Eine praxisnahe Vorgehensweise ist die gezielte Auswahl der besten Informationsebenen nach Kontrolle und Bewertung.

3. METHODENBSCHREIBUNG UND BEISPIEL

Im Folgenden wird mit der "Gezielten Auswahl" der "Unkontrollierten Verschneidung" eine Methode gegenübergestellt, die diese Fragen berücksichtigt. Im Beispiel werden die Informationen aus der Geologischen Karte (v.KOENEN & EBERT 1894), der Forstlichen Standortskartierung (HÖVELMANN & HEISLER 1990), der Reichsbodenschätzung und der historischen Landnutzung berücksichtigt. Die vorgestellten Beispielblätter liegen im Muschelkalkgebiet des Göttinger Waldes und haben den Blattschnitt einer Deutschen Grundkarte 1:5000.

METHODE A: Mit der "Unkontrollierten Verschneidung" wurden die vorliegenden Informationsebenen mit Hilfe des GIS verschnitten. Ergebnis ist eine Karte mit 166 verschiedenen Faktorenkombinationen in 876 Arealen (vgl. Karte 1). Die Vorteile dieser Vorgehensweise liegen darin, daß es sich zunächst um einen technischen Arbeitsschritt handelt und die vorliegende Information ohne Veränderung oder Verlust in die Konzeptkarte übernommen wird.

METHODE B: Bei der *gezielten Auswahl* werden die Fremddunterlagen vor der Zusammenführung qualitativ und inhaltlich bewertet und bei Doppelinformation die qualitativ beste geographische Informationsebene ausgewählt. Anschließend werden die Inhalte aus den unterdrückten Informationsebenen den ausgewählten Arealen zugeordnet und damit ein Informationsverlust bei den Inhalten vermieden. Synchore Informationen werden wie bei Methode A verschnitten. Die verbleibenden Kombinationen werden interpretiert. Die Auswahl ist automatisierbar und durch Regeln steuerbar, da auch die Inhalte und die Qualität der Fremddaten recht konstant ist.

Durch die Auswahl der qualitativ besten räumlichen Information und einer inhaltlichen Zuordnung wird eine Verschneidung bei inhaltlich gleichsinnigen und synergetischen Informationsebenen vermieden und damit die Anzahl der Faktorenkombinationen und Areale herabgesetzt. In dem Beispiel 2 führt diese Vorgehensweise zu 77 Faktorenkombinationen bei 275 Arealen (vgl. Karte 2).

Mit dem begrenzten Umfang der Faktorenkombinationen ist das Regelwerk zur Interpretation der Faktorenkombinationen vergleichsweise einfacher und der Anteil individueller Interpretation durch den Bearbeiter herabgesetzt. Das Arbeitsverfahren setzt allerdings relativ früh einen Eingriff in die Fremddaten voraus. Dieser Eingriff führt zu Informationsverlusten bei den Grenzen qualitativ nachgeordneter Informationen. Im Fall



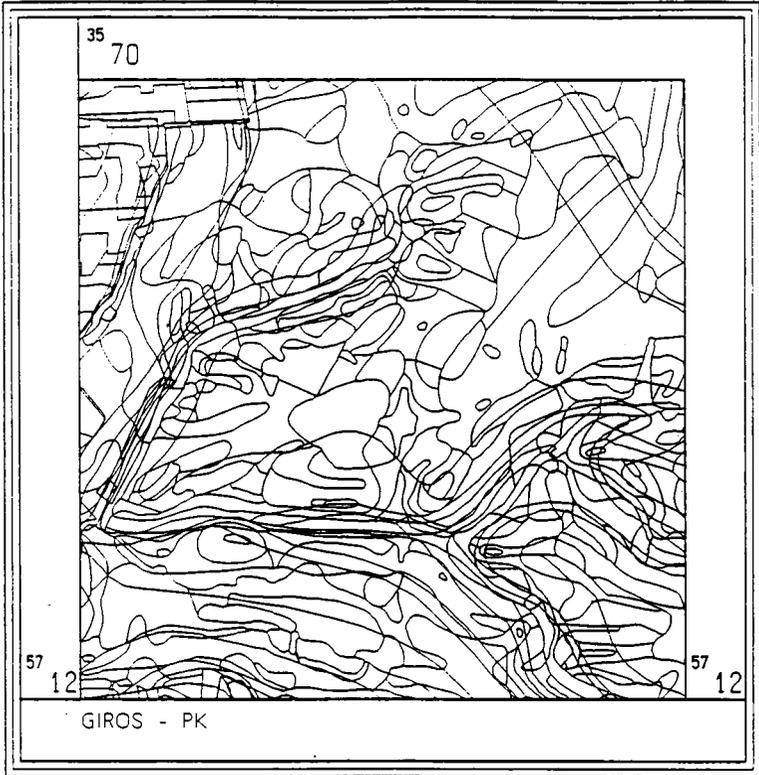
KARTE 2:

Auswahl der Grenzen von **Reichsbodenschätzung** und **Forstlicher Standortskartierung**. Die Inhalte der **Geologie** werden den Arealen zugeordnet. Die **Historische Landnutzung** wird, da sie nur in kleinen Teilen von den schon erfaßten Faktoren gesteuert wird, verschnitten. Auf eine Farbgebung wurde hier aus Darstellungsgründen verzichtet.

Literaturhinweise:

HÖVELMANN, T. & HEISLER, J. (1990): Forstliche Standortskartierung und ökologische Kartierung des Stadtwaldes Göttingen, Stadtforstamt der Stadt Göttingen, unveröff.; KOENEN v. & ERBERT (1894): Geologische Spezialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten (Blatt 4426 Ebergötzen), Berlin; OELKERS, K.-H. (1993): Aufbau und Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS- Fachinformationssystem Bodenkunde (FIS BODEN), Geol. Jb. F 27, 5-38; OSTMANN, U. (1993): Die Übernahme der historischen Landnutzung aus Karten des 18. und 19. Jahrhunderts in das Niedersächsische Bodeninformationssystem., Geol. Jb. F 27, 145-183; KLEEFISCH, B. (1993) : Die automatisierte Vorhersage der Bodenverbreitung- eine Anwendung für wissenbasierte Systeme? Geol. Jb. F 27, 39-57

einer Neubewertung (z.B. nach Geländearbeiten) ist der gesamte Arbeitsschritt bis zur Erstellung der digitalen Konzeptbodenkarte zu wiederholen.



Maßstab 1: 25000



KARTE 1:

Verschneidung von **Geologischer Karte, Reichsbodenschätzung, Forstlicher Standortskartierung und Historischer Landnutzung**. Alle Grenzen bleiben erhalten. Auf eine Farbgebung wurde hier aus Darstellungsgründen verzichtet.

Bodenentwicklung und Bodendifferenzierung in Abhängigkeit von Relief und Klima in der Elfenbeinküste (Westafrika)

VON

Gerold, G.

1. Klima-/Vegetationsdifferenzierung und bodengeographische Einordnung

Im Rahmen eines Entwicklungsprojektes zur Waldrehabilitierung in der Ostregion der Côte d' Ivoire werden Untersuchungen zur Bodendifferenzierung und Bodenqualität durchgeführt. Sie dienen als Grundlage für:

- Forsteinrichtungswerk und waldbauliches Management
- Einrichtung von Waldschutzzonen für Flora und Fauna
- Landnutzungsplanung im Umkreis der Regenwaldschutzgebiete (Pufferzonen)

Die Elfenbeinküste besitzt zwischen 5° und 11° n.Br. die typische breitenparallele Klima- und Vegetationsdifferenzierung der Inneren Tropen mit dem jahreszeitlichen Wechsel von SW-Monsun (Regenzeit) und NE-Passat (Harmattan, Aw-Klima n. KÖPPEN). Die zonale Gliederung resultiert aus der Höhe und jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge, mit 2000mm Jahresniederschlag in der subäquatorialen Küstenregion und 1000mm im Norden in der Sudanzone. Bei zwei Regen- und Trockenzeiten nimmt die Anzahl der ariden Monate von 2 auf 4-5 im nördlichen sudanesischen Savannenbereich zu. Entsprechend gegliedert sind die naturnahen Vegetationszonen mit ihren potentiellen Waldformationen (siehe ANHUF u. FRANKENBERG 1991):

- ombrophiler immergrüner Regenwald
- mesophiler halbimmergrüner Regenwald
- subsudanesische Feuchtsavanne, dichter Trockenwald
- sudanesische Feuchtsavanne, dichter Trockenwald mit Grasfluren

Entsprechend der Klima-/Vegetationsdifferenzierung in Westafrika lassen sich nach FÖLSTER (1983) für die Bodenentwicklung nur Tendenzen mit allmählichen Übergängen von den immergrünen Regenwald- zu den Feucht- und Trockensavannengebieten aufzeigen:

- Abnahme der Saprolith- und Bodenmächtigkeit
- Zunahme der Fe-oxidanreicherung und Verkittung
- Abnahme des Hydromorphiegrades mit Zunahme rotbrauner Bodenfarben (zunehmende Hämatitdominanz), abnehmendes primäres Fleckengerüst
- steigender pH-Wert und Basensättigung

Anhand des französischen Klassifikationssystems (n. ORSTOM, AUBERT 1966) wurde die Klimazonalität betont und mit einer Verfeinerung nach Sättigungsgrad und Einfluß von Substratdifferenzierung (Ausgangsgestein) und Reliefentwicklung eine großräumige Bodendifferenzierung in Westafrika erarbeitet. Für die Ostregion der Côte d' Ivoire zeigt sie daher die Abfolge von ferrallitischen Böden sehr geringer Basensättigung im Süden (fortement désaturés) zu ferrallitischen Böden mit relativ hoher Basensättigung (40-70%) und effektiver Austauschkapazität (4-8nval/100g austauschbare Basen) (siehe Abb.1 und PERRAUD 1971).

Der Grenzsaum zwischen immergrünem und halbimmergrünem Regenwald entspricht nur teilweise dem Übergang von den "sols ferrallitiques fortement désaturés" zu "moyennement et faiblement désaturés". Da mit den Regenwaldschutzgebieten (forêts classées, Abb.1) naturnahe Vegetationsformationen mit anthropogen gering gestörter Bodenentwicklung gegeben sind (Wiederbewaldung der Guineazone seit 10.000 v.h., GUILLAUMET 1971), zeigen die durchgeführten Bodenuntersuchungen (im forêts classées 3 - Bossématié) beispielhaft den Einfluß der Reliefdifferenzierung und der vorzeitlichen Formung mit vererbten Eigenschaften auf Bodendifferenzierung und Bodeneigenschaften. Bereits SEMMEL (1982) wies für Westafrika auf die große Differenzierung der intrazonalen Bodentypen gegenüber den zonalen Unterschieden hin (gleiche Catenen im Regenwald- wie Feuchtsavannengebiet).

2. Bodendifferenzierung und Bodeneigenschaften im FCB

Das detailliert untersuchte Regenwaldschutzgebiet (forêts classées Bossématié, ca. 150 Bodenprofilanalysen) liegt bei ca. 6,5° n.Br., besitzt mittlere Jahresniederschläge von 1250-1500mm bei einer ausgeprägten Trockenzeit von Nov./Dez. - Feb./März. Das Ausgangsgestein der Bodenentwicklung sind Schiefergesteine, Gneise und Grauwacken. Aufgrund der langen hydrolytischen Verwitterung (Saprolithdecken mit 2-5m Mächtigkeit) sind oberflächennah als verwitterungsresistente Residuen Quarzschutt und Konkretionsschutt (umgelagerte lateritische Krusten und sesquioxidreiches Material) vielfach zu finden.

Aufgrund der Reliefentwicklung im Jungpleistozän sind mehrfach Phasen verstärkter Bodenerosion/Bodenumlagerung aufgetreten, so daß auf der flach zertalten Rumpffläche (200m ü. NN) heute polygenetische Bodenserien anzutreffen sind, wobei Pedimentschutt, Pedesedimente, hill-wash-Sedimente und Kolluvialsande das Ausgangsmaterial der Bodenbildung darstellen (vgl. FÖLSTER 1983).

Auf der Basis der 140 Bodenprofilaufnahmen (Transexkte und Detailkartierung 1:10000) wurde unter Berücksichtigung der Zusammenhänge von Reliefdifferenzierung und Bodendifferenzierung die Bodenübersichtskarte des FCB erstellt (siehe GEROLD 1993). Es dominieren in Wasserscheidenpositionen, Höhenrücken und Flächenresten die Ferralsole (plinthic F., haplic F., rhodic F.), die bodenphysikalisch vor allem durch unterschiedliche Pisolithgehalte (Fe-Konkretionen) und damit Unterbodenverdichtung sowie Anstieg der Tongehalte im Unterboden (30-60%) gekennzeichnet sind. Bei den bodenchemischen Merkmalen (pH, Nährstoffe) existiert ein ausgeprägter Tiefengradient (siehe Abb.2). Die pflanzenverfügbaren und austauschbaren Nährstoffgehalte im Ah-Horizont sind stark vom Humusgehalt abhängig (unter Wald 4-7% !).

Durch den Skelettanteil und die Lagerungsdichte bei geringer effektiver Austauschkapazität im Mineralboden (vorherrschend Kaolinit-Tonmineral, <10mval/100g Ton austauschbare Basen) ist die Durchwurzelbarkeit stark eingeschränkt (20-30cm). Erstaunlich ist bei den plinthic Ferralsols die hohe Basensättigung mit hoher Ca- und Mg-Belegung im Austauscherkomplex (siehe Abb.2). AKeff. korreliert im Ah-Horizont direkt mit dem Humusgehalt.

In den Talursprungsmulden und z.T. im Mittelhang- bis Unterhangbereich sind meist auf hill-wash-Sedimenten (höherer Schluffgehalt) die Cambisole verbreitet (ferralic und dystric Cambisol). Die dystric Cambisole sind meist stärker versauert und besitzen eine hohe Basenauswaschung (siehe Abb.3). Sie unterscheiden sich vor allem bodenphysikalisch durch höheren Grob- und Mittelporenanteil, geringen Skelletgehalt, freie Perkolations- und damit gute Durchwurzelung bis 50/60cm Tiefe von den Ferralsols. Bei den Tonmineralen dominiert ebenfalls der Kaolinit. Die Ferralsole besitzen doppelt so hohe Eisenoxidegehalte (2-3% Fe_d), der Fe_e/Fe_d-Quotient liegt unter 0,02. Indikatoren der chemischen Verwitterungsintensität wie Schluff/Tonverhältnis (<0,6) oder SiO₂/Al₂O₃-Verhältnis (<2,0) besitzen bei Ferralsols wie Cambisols den gleichen Tiefengradienten (vom Ah mit 2,5 auf 1,2 im Bv oder Bu-Horizont, SiO₂/Al₂O₃!). Erst bei den in Talbereichen und Unterhängen weit verbreiteten Arenosolen, die z.T. im Talboden in Gleysolen übergehen, zeigen alle bodenchemische Indikatoren eine Bodenentwicklung auf jüngeren, kolluvialen Feinsedimenten (vorherrschend Quarzsande) an. Je nach Nutzungsgeschichte (Holzentnahme) und Lage am Hang sind die Arenosols im Unterboden verdichtet oder vergleitet und besitzen dann bodenphysikalische Nachteile. Auch hier sind im Oberboden hohe austauschbare Ca- und Mg- Gehalte vorhanden, während N_t und austauschbares K vielfach in Mangel ist (siehe Abb.4).

3. Ergebnisse und Diskussion

In der flach zertalten Rumpflache zeigt die Bodenkartierung typische Hangcatenen mit der Abfolge von Ferralsols, Cambisols, Arenosols und Gleysols vom Höhenrücken und Oberhang zum Talboden. Die Reliefabhängigkeit stellt daher ein Hilfsmittel für eine großräumige Bodenübersichtskartierung dar (Bodentypen und -eigenschaften über 12 Leitbodentypen und 33 Bodenprofile analytisch erfaßt; vgl. Abb.2, Abb.3).

Im Vergleich mit anderen Regenwaldgebieten und Plantagenböden Westafrikas (n. DRECHSEL 1992) sind im teilmittlergrünen Regenwald des FCB hohe Humusgehalte mit relativ hoher AKeff. und Ca-, Mg-Belegung gegeben. Im Mineralboden unterscheiden sich die Gehalte der austauschbaren Nährstoffkationen nicht signifikant von den Ergebnissen von DRECHSEL (Westafrika). Die Nährstoffvorräte liegen deutlich über vergleichbaren Böden (Ferralsols) anderer Regenwaldgebiete (siehe Abb. 4); gegenüber dem humiden Westafrika besitzen die Bodeneinheiten der Acrisols (gering verbreitet), Arenosols und Leptosols deutlich geringere austauschbare Kationenvorräte mit ausgesprochenem Kalium-Mangel. - Stellen die Cambisols aufgrund der bodenphysikalischen Eigenschaften die besten Böden im FCB dar, so kann bei den Acrisols, Arenosols und Leptosols aufgrund schlechter Nährstoffvorräte oder -verfügbarkeit sowie geringerer Aggregatstabilität, mechanischer Verdichtungsgefahr oder Stauässe (gleyic Arenosols) nur eine eingeschränkte forstwirtschaftliche Nutzung erreicht werden (sollen in die Schutzzonen mit einbezogen werden).

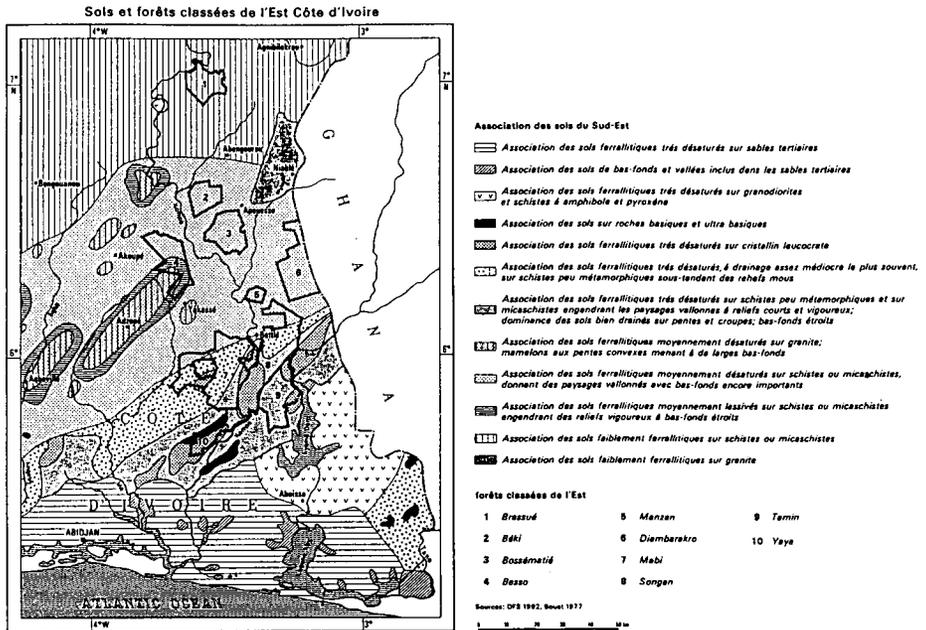
Die Reliefentwicklung mit mehrphasiger Hangsedimentumlagerung führte zu unterschiedlich alten Ausgangssubstraten der Bodenentwicklung (Pedimentschutt, hill-wash-Decken, Talsande). Die Bodencatenen sind in ihren heutigen Eigenschaften (Bodenqualität) mit von der vorzeitlichen Verwitterung und Umlagerung geprägt (vorherrschende plinthic Ferralsols auf den Restflächen, Höhenrücken). Es existiert daher eine intraregionale Variabilität der Bodendifferenzierung im Gegensatz zur überregionalen Klassifikation z.B. von ORSTOM (siehe Abb.1).

Untersuchungen zur Relief- und Bodenentwicklung im Bereich flachzertalter alter Landoberflächen des Amazonasgebietes oder Westafrikas zeigen, daß Ferralsols vor Beginn der jungpleistozänen Zerschneidung (Klimawandel) gebildet worden sind (siehe BORK u. ROHDENBURG 1983, SEMMEL 1982). Für die jüngere Bodenentwicklung im umgelagerten/erodierten Saprolith des Grundgebirges in Nigeria konnte FÖLSTER (1983) z.B. drei Bodenbildungsphasen nachweisen (ab 12000, 7000 und 2000 v.h.), deren Bodentypen deutlich unterschiedliche Eigenschaften besitzen.

4. Literatur

- Anhuf, D. u. Frankenberg, P. (1991): Die naturnahen Vegetationszonen Westafrikas. - Die Erde, 122, S.243-265
 Aubert, G. u. Ségalen, P. (1966): Project de classification des sols ferrallitiques. - Cahiers ORSTOM, sér.Pédol., Vol.IV, n°4, S.97-111
 Bork, H.R. u. Rohdenburg, H. (1983): Untersuchungen zur jungquartären Relief- und Bodenentwicklung in immerfeuchten tropischen und subtropischen Gebieten Südbraziliens. - Z.f.Geom. N.F., Suppl.Bd.48, S.155-178
 Drechsel, P. (1992): Beziehungen zwischen Standort, Ernährungszustand und Wuchsleistung von Teak (*Tectona grandis*L.f.) im humiden Westafrika. - Bayreuther Bodenkundliche Berichte, Bd.31, 218S.
 Fölster, H. (1983): Bodenkunde-Westafrika. - Afrika-Kartenwerk Beiheft W4, Stuttgart, 101 S.
 Gerold, G. (1993): Bodendifferenzierung und Bodenqualität im FCB (Ostregion Côte d'Ivoire). - GTZ Projektbericht, 30S, mit Anhang
 Guillaumet, J.L. (1971): La végétation de la Côte d'Ivoire. Dans: Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. - Mémoires ORSTOM n°50, Paris, S.157-263
 Perraud, A. (1971): Les sols. Dans: Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. - Mémoires ORSTOM n°50, Paris
 Semmel, A. (1982): Catenen der feuchten Tropen und Fragen ihrer geomorphologischen Deutung. - Catena Suppl. Bd.2, S.123-140

Abb. 1: Bodendifferenzierung (n.ORSTOM) und Waldschutzgebiete in der Ostregion der Elfenbeinküste



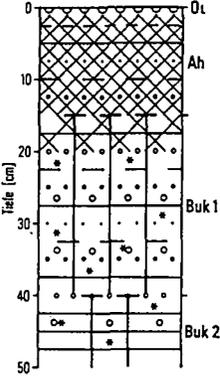
Nährstoffvorräte (kg ha ⁻¹ nutzbare Bodentiefe ⁻¹) im FCB						
Ort - Bodeneinheit	N _t	P _t	Ca _{ex}	Mg _{ex}	K _{ex}	Autor
FCB - Ferralsol	7300	4820	7500	670	280	diese Arbeit
FCB - Cambisol	7200	5490	3870	660	280	"
FCB - Acrisol	4500	3060	2450	510	140	"
FCB - Arenosol	3400	3700	8300	520	135	"
FCB - Gleysol	6100	5080	4900	700	250	"
FCB - Leptosol	3800	3600	6000	330	185	"
humides Westafrika (ohne Vertisol)	3700	500	5700	1000	400	Drechsel 1992
Venezuela Gran Sabana (Wald)	6300	-	77	90	141	Dezseo 1990
Gran Sabana (Matorral)	4600	-	143	109	158	Dezseo 1990
Ostkalimantan (Regenwald)	4300	-	43	59	210	Ruhyat 1989
Ghana (Regenwald)	5000	-	2580	295	649	Greenland u. Kowal 1960
Brasilien (Regenwald)	4300	-	-	17	58	Klinge 1976

Abb. 4: Nährstoffvorräte im FCB

Abb. 2: Bodenleitprofil im FCB: plinthic Ferralisol

L 3 Relief, Exposition
Vegetation
Hydrologie
Substrat
Bodentyp

: layon 20 N, Oberhang 2-3°, N-Exp.
 : ausgeplenterter Waldbestand, 60-70% Bedeckung
 : grundwasserferm
 : Schuttdecke mit Fe-Konkretionen (Pisolithe), Quarzschutt
 : FAO= plinthic Ferralisol
 : USDA= plinthic tropeptic Eutrorthox



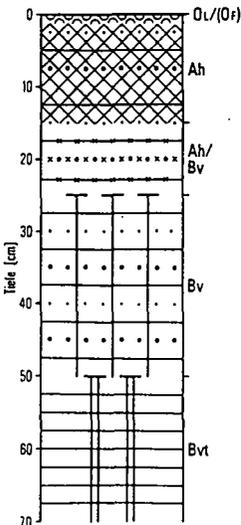
Chemische Parameter der Bodenleitprofile im FCB													
Tiefe cm	Horizont	pH KCL	C %	C/N	Austauschbare Nährstoffe (mmol IA/100g)							V-Wert %	Al %AK eff.
					Ca	Mg	K	Na	Al	H	AK eff.		
00-15	Ah	7,15	4,4	9,2	39,92	4,11	0,50	0,05	0,057	0,183	44,82	99	0
15-40	Buk1	5,10	0,9	10,6	3,71	0,65	0,19	0,13	0,0	0,240	4,92	95	0
>40	Buk2	4,10	0,8	10,7	2,00	1,48	0,31	0,15	0,95	0,250	5,14	76	19

Bodenphysikalische Parameter der Bodenleitprofile im FCB															
Tiefe cm	Horizont	Boden-zun	LD g/cm³	Skelett Gew.-%	pS	mS	rS	pU	mU	rU	Ton	nFK mm	DWI FW/dm³	nFKWe mm	AgSt Feld
00-15	Ah	T2	1,2	3,52	4,8	14,9	16,2	21,2	11,0	9,5	22,4	23,6	W6	49,2	hoch
15-40	Buk1	Lis	1,4	72,68	18,6	16,4	14,1	17,1	5,3	3,8	24,7	4,3	W3	-	gering
>40	Buk2	T2	1,8	66,59	13,3	9,3	7,8	5,2	4,3	0,9	59,2	2,3	-	-	-

Farbwerte, lösliche Oxide, pflanzenverfügbare Nährstoffe der Bodenleitprofile im FCB												
Tiefe cm	Horizont	Munsell trocken	Dithionit-lösl.		NaOH-lösl. Al-%	CaCl₂-lösl. Mg	AL-lösl.		P-0	P-550		
			Fe-%	Mn-%			Ca	K				
00-15	Ah	5YR3/6	2,07	0,10	0,4	317	4180	260	20,0	1200		
15-40	Buk1	5YR4/8	2,20	0,03	1,7	42	374	60	0,0	460		
>40	Buk2	5YR4/8	2,97*	0,02	2,2	93	282	98	0,0	400		

L 6 Relief, Exposition
Vegetation
Hydrologie
Substrat
Bodentyp

: Höhenrücken, flache Mulde, 0-1°
 : dichter Altbestand, 100% Bedeckung
 : grundwasserferm
 : Hillwashdecke
 : FAO= dystric Cambisol
 : USDA= typic Dystrypept



Chemische Parameter der Bodenleitprofile im FCB														
Tiefe cm	Horizont	pH KCL	C %	C/N	Austauschbare Nährstoffe (mmol IA/100g)							V-Wert %	Al %AK eff.	
					Ca	Mg	K	Na	Al	H	AK eff.			
00-15	Ah	4,45	3,5	10,0	15,57	2,69	0,32	0,11	0,00	0,12	19,08	99	0,0	
15-25	Ah/Bv	4,25	0,8	8,9	1,76	0,66	0,15	0,13	0,29	0,27	3,26	82	8,9	
25-50	Bv	3,75	0,6	10,0	0,20	0,74	-	0,05	0,10	2,40	0,36	3,85	28	62,0
>50	Bvt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bodenphysikalische Parameter der Bodenleitprofile im FCB															
Tiefe	Horizont	Boden-zun	LD g/cm³	Skelett Gew.-%	pS	mS	rS	pU	mU	rU	Ton	nFK mm	DWI FW/dm³	nFKWe mm	AgSt Feld
00-15	Ah	Lis	1,1	0,07	1,8	17,8	30,9	11,2	7,7	3,3	27,1	21,6	W5	89,3	hoch
15-25	Ah/Bv	Lis	1,1	0,04	3,6	20,9	17,4	11,7	7,5	2,8	36,1	21,1	W4	-	hoch
25-50	Bv	Tl	1,4	0,32	4,2	14,5	14,3	6,7	8,4	3,1	48,8	14,3	W4	-	mittel
>50	Bvt	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	W1	-	mittel

Farbwerte, lösliche Oxide, pflanzenverfügbare Nährstoffe der Bodenleitprofile im FCB												
Tiefe cm	Horizont	Munsell trocken	Dithionit-lösl.		NaOH-lösl. Al-%	CaCl₂-lösl. Mg	AL-lösl.		P-0	P-550		
			Fe-%	Mn-%			Ca	K				
00-15	Ah	7,5YR3/3	1,01	0,06	0,5	284	1416	156	16,8	930		
15-25	Ah/Bv	7,5YR4/6	0,94	0,02	1,5	186	308	56	0,3	390		
25-50	Bv	7,5YR4/6	1,51	0,01	2,0	148	18	12	9,3	340		
>50	Bvt	7,5YR4/6	-	-	-	-	-	-	-	-		

Abb. 3: Bodenleitprofil im FCB: dystric Cambisol

Zur Klassifikation von Marschböden im Deichvorland

von

Giani, L.

Einleitung

Die Böden des Deichvorlandes werden auf der Grundlage der typologischen Gliederung der Böden der Bundesrepublik Deutschland in die Abteilung "Semisubhydrische und subhydrische Böden" und die Abteilung "Semiterrestrische Böden" unterteilt (Bodenkundl. Kartieranleitung, 1982). Die Grenze zwischen den Abteilungen bildet die MThw-Linie. Damit sind die Salicornia- und Spartina-Standorte eindeutig der Abteilung "Semisubhydrische und subhydrische Böden" zuzuordnen, da sie bereits ab ca. 30 cm unterhalb MThw vorkommen (Ellenberg, 1982). Inwiefern die Salicornia- und Spartina-Standorte in diese Abteilung oder besser in die Abteilung "Semiterrestrische Böden" aufgenommen werden sollten, war ein Gegenstand dieser Untersuchung.

Ein weiteres Klassifikationsproblem betrifft die Ordnung auf der Subtypebene des Typs "Seemarsch" bzw. "Salzmarsch" innerhalb der Abteilung "Semiterrestrische Böden". Die hier zur Klassifikation angewendeten Kriterien müssen aufgrund der heute erweiterten Kenntnisse über die Böden im Deichvorland in Frage gestellt werden. Ein weiterer Gegenstand der Untersuchung war deshalb, die Anwendbarkeit der Klassifikationsmerkmale und die Hinlänglichkeit einer Einteilung in nur zwei Gruppen zu überprüfen.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiete

Untersuchungsstandorte sind naturnahe, durch Salicornia-, Puccinellia oder Festucavegetation gekennzeichnete Bereiche im Deichvorland der südlichen Nordseeküste. Nähere Angaben siehe Giani (1992).

Untersuchungsmethoden

Korngrößenanalyse - HCl und H₂O₂-Vorbehandlung, Dispergierung der Feinerde < 2 mm durch Schütteln mit 4 %iger Natrium-Polyphosphatlösung, Sieb- und Sedimentationsanalyse nach Atterberg.
Kohlenstoff - Messung im C/N-Analyzer (Carlo Erba 1500).
Carbonat - Gasvolumetrische Messung nach Scheibler.

Ergebnisse und Diskussion

Klassifizierung im Grenzbereich der Abteilungen "Semisubhydrische und subhydrische Böden" und "Semiterrestrische Böden"

Die Marschböden im Deichvorland sind sowohl der Abteilung "Semisubhydrische und subhydrische Böden" als auch der Abteilung "Semiterrestrische Böden" zuzuordnen (Bodenkundliche Kartieranleitung, 1982). Zu der ersten Abteilung zählen Wattböden unterhalb der MThw-Linie, zur zweiten die Böden oberhalb der MThw-Linie mit dominierendem Puccinellia- oder Festucabesatz und Ca/Mg-Verhältnissen < 1 bzw. < 4 sowie Na/K-Verhältnissen > 1 .

Damit sind die Böden zwischen der MThw-Linie und der MNThw-Linie und charakteristischem Salicornia- und Spartinabewuchs eindeutig in die Abteilung "Semisubhydrische und subhydrische Böden" zu zählen, da das Salicornietum ab ca. 30 cm unterhalb der MThw-Linie beginnt (Ellenberg, 1982).

Die möglicherweise nicht einmal intendierte Einordnung der Salicornia-Böden in die Abteilung "Semisubhydrische und subhydrische Böden" sollte revidiert werden. Aus folgenden Gründen sollten die Salicornia-Böden in die Abteilung "Semiterrestrische Böden" aufgenommen werden:

1. Im geographischen Verständnis beginnt die Salzmarsch mit der Besiedlung von Halophyten (Gierloff-Emden, 1980).
2. Im ökologischen Verständnis beginnt die Salzmarsch mit den Salicornia-Bereichen (Long & Mason, 1985).
3. Der Beginn von Salzmarschböden mit der MThw-Linie wird nach neuerer holländischer Literatur als nicht richtig bezeichnet (Kooistra, 1978).
4. Die Pionierstellung von Salicornia verdeutlicht ihre Nähe zu den sich weiter deichwärts anschließenden Pflanzengesellschaften.
5. Die stärkere Beziehung der Salicornia-Bereiche zur Salzmarsch als zum Watt zeigt sich an deren inselartigen Vorkommen inmitten der Salzmarsch, häufig sogar recht nahe am Deich.
 6. Die Salicornia-Böden werden zwar von der täglichen Flut erfaßt, sind somit als semisubhydrisch aufzufassen, ihre Überflutungsdauer ist jedoch mit 30-120 Minuten Wasserbedeckung pro Gezeitengang wesentlich kürzer als die Zeit ohne Wasserbedeckung.
7. Im 28-tägigen periodischen Nipp-Spring-Tiden-Rhythmus werden die Salicornia-Böden an den Tagen mit Nipptide gar nicht überflutet.
8. Der Salicornia-Bereich wird als Standort definiert, in dem die Bodenbildung einsetzt (Kuntze et al., 1983).

9. Die Salicornia-Böden sind durch das erste Auftreten von Durchwurzelung als bodenbildenden Faktor gekennzeichnet (Wohlenberg, 1961).
10. Eine Eingliederung in die Abteilung "Semisubhydrische und subhydrische Böden" würde eine sukzessive Betrachtung der Marschbodenentwicklung erschweren; die Marschböden befinden sich während ihrer Initialphase in einer anderen Abteilung als in ihren weiteren Entwicklungsphasen.
11. Die Salicornia-Böden sind profilmorphologisch deutlich durch terrestrische Merkmale gekennzeichnet.
12. In Salicornia-Böden treten bereits pedogene Entwicklungsmerkmale auf.
13. Die Ton/C-Verhältnisse weisen für die Salicornia- und Spartianastandorte eine deutlich engere Beziehung zu den Böden oberhalb MThw als zu den Wattböden auf.

Klassifizierung auf semiterrestrischer Subtypebene

Innerhalb der Abteilung der semiterrestrischen Böden werden die marinen Marschböden im Deichvorland auf der Subtypebene in "Salzmarsch, Andelzone" und "Salzmarsch, Andel-Rotschwingelzone" oder synonym in "unentwickelte (Roh)-Seemarsch" und "unreife Seemarsch" unterteilt (Bodenkundliche Kartieranleitung, 1982). Als Gliederungsmerkmal ist die o.g. Vegetationsform jedoch oftmals ungenügend, da die Verbreitung der Arten durch die Nutzung (insbesondere Viehverbiß) verschoben wird (Bakker, 1985). Darüber hinaus gibt es im Deichvorland noch andere, als durch Puccinellia oder Festuca gekennzeichnete Bereiche (v. Glahn et al., 1989). Ebenso ungeeignet ist das Ca/Mg-Verhältnis, das für unentwickelte Seemarschen < 1 und für unreife Seemarschen < 4 sein soll. In vielen Fällen beträgt das Ca/Mg-Verhältnis nur 0,5 - 1,1 (Giani, 1992) im obersten Horizont und weist somit eine zu geringe Divergenz auf, als daß es sinnvoll als Klassifikationskriterium herangezogen werden könnte. Die darüber hinaus festgestellten Schwankungen des Ca/Mg-Verhältnisses im Jahresverlauf und seine Abhängigkeit von der Körnung (Brümmer, 1968) weisen es als unzureichendes Gliederungsmerkmal aus. Auch die Kennzeichnung nach der physikalischen Entwicklung mit Hilfe des n-Werts (Pons & Zonneveld, 1965) ist wenig geeignet, weil mit dem Wassergehalt eine stark schwankende Größe enthalten ist.

Als Untergliederungsmerkmale sollten Bodeneigenschaften hinzugezogen werden, die relativ stabil und von der Körnung unabhängig sind. In Frage kommen profilmorphologische Merkmale und das Ton/C_{org}-Verhältnis.

Die Zuordnung von Ton/C_{org}-Verhältnissen und Horizontausbildung zur dominierenden Vegetation naturnaher Standorte führt zu

abgrenzbaren Gruppen. Die Salicornia-Böden besitzen noch keinen A-Horizont. Ihre Horizontabfolge beginnt mit einem G_{or} - oder G_o -Horizont. Die Ton/ C_{org} -Verhältnisse sind weiter als 14. Die Puccinellia-Böden besitzen meistens einen A/G_o -Horizont als obersten Horizont und Ton/ C_{org} -Verhältnisse von 11-14. Festuca- und Agropyron-Böden sind jeweils durch ausgebildete A-Horizonte gekennzeichnet sowie durch Ton/ C_{org} -Verhältnisse < 11 .

Gliederungsvorschlag für die Salzmarschen auf der Subtypebene

Gruppe	Subtyp	oberster Horizont	Beginn G_r	Ton/ C_{org} -Verhältnis
A	niedrige Salzmarsch	G_{or}	0- 20cm	> 14
B	mittelhohe Salzmarsch	A/G_o	50cm	11-14
C	hohe Salzmarsch	A	100cm	< 11

Orientiert an den natürlichen Vegetationsverhältnissen wird die in der Tabelle aufgeführte Einteilung in Subtypen, basierend auf der Horizontausbildung und den Ton/ C_{org} -Verhältnissen, vorgeschlagen. Gegenüber der bestehenden Klassifikation erweitert sich die Anzahl der Subtypen um die Gruppe A, Böden mit Ton/ C_{org} -Verhältnissen > 14 , keiner A-Horizont-Ausbildung und charakteristischem Salicornia- und Spartina-Besatz. Möglicherweise wäre eine weitere Gruppe D sinnvoll, Ton/ C_{org} -Verhältnisse von 5 und 2 in besonders weit entwickelten, allerdings auch genutzten, und deshalb hier nicht mit einbezogenen Böden, sprechen dafür. Darüber hinaus könnte eine weitere Gruppe für die besonders humusreichen Böden im Übergangsbereich Meer-Moor gebildet werden.

Literatur

- Bakker, J.P (1985): Vegetatio 62, 391-398.
 Bodenkundliche Kartieranleitung (1982): Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
 Ellenberg, H. (1982): Ulmer, Stuttgart, 3. Aufl..
 Giani, L. (1992): Habilitationsschrift, C.v.O.-Univ., Oldenburg.
 Gierloff-Emden, H.G. (1980): De Gruyter, Berlin, New York.
 Glahn, v., H. et al. (1989): Drosera 89, 147-170.
 Kooistra, M.J. (1978): Soil Survey Papers 14, Wageningen.
 Kuntze, H., J. Niemann, G. Roeschmann & G. Schwerdtfeger (1983): Ulmer, Stuttgart, 3. Aufl..
 Long, S.P. & C.F. Mason (1985): Blackie, Glasgow and London.
 Pons, L.J. & I.S. Zonneveld (1965): Int. Inst. Land Recl. and Impr. Publ. Pr. 13, Wageningen.

Pufferbereiche und mittlere substratspezifische austauschbare Vorräte (AKe, Kalium, Calcium, Magnesium, BNK) in Waldböden des Landkreises Osnabrück (in Niedersachsen)

von

Hantl, M.

Einleitung

Ziel der Arbeit war es, verschiedene Waldböden des Landkreises Osnabrück beschreibend und analytisch im Hinblick auf Versauerungskennwerte und Vorräte zu erfassen. Es sollte eine Standort-Charakterisierung bezüglich der Pufferbereiche und der Vorräte vorgenommen werden. Die bodenchemischen Kenndaten wurden im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover in den Jahren 1988 und 1989 ermittelt.

Material und Methoden

Es wurden 1.543 Bodenproben aus 230 Profilen bis 80 cm Bodentiefe von repräsentativen Waldstandorten entnommen und bodenchemisch nach der in MEIWES et al. (1984) beschriebenen Methode untersucht (pH CaCl_2 , pH KCl , AKe nach der NH_4Cl - Methode, BNK nach der BNK - Methode, Nährelementvorrats - Berechnungen). Für die Auswertung erfolgte eine Gruppierung der Böden nach vergleichbaren Standortbedingungen (Bodensubstrat, Relief, Landschaftsraum, Geologie). Es ergaben sich 23 Gruppierungen von Pedotopen, die sich durch ihre spezifischen Mittelwerte und Eckdaten voneinander abgrenzen ließen. Ein Pedotop stellt nach HAASE (1968) eine kartierte Einheit dar, die in ihrem Inhalt homogen ist und als geschlossene Fläche erscheint. Diese 23 Gruppen sind im Katalog der Wald - Pedotope zusammengestellt (vgl. Übersicht 1).

Ergebnisse

- Pufferbereiche

Das Ergebnis der Häufigkeitsverteilungen von pH - Werten ist vergleichbar mit den Häufigkeitsverteilungen von pH - Werten vieler Waldböden in der BRD (SCHWERTMANN & FISCHER 1982). So lassen sich auch für Waldböden des Landkreises Osnabrück die pH - Spannen der Austausch-, Aluminium- und Al/Fe - Pufferbereichen unklar trennen, wie es auch die Gruppierung von 172 Waldböden im nordwestdeutschen Pleistozän (Raum Hamburg) nach RASTIN & ULRICH (1988) und die ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem bodenchemischen Zustand zeigten. Die in fast jeder Pedotop - Gruppe der Waldböden im Landkreis Osnabrück dominierende "Aluminium - Pufferung" wäre mit Kenntnis über die Herkunft des Aluminiums aus einer Silikat- oder Oxid/Hydroxid - Verbindung ökologisch treffender zu beschreiben als durch die Pufferbereiche nach ULRICH. Es stellt sich die Frage, ob Puffersubstanzen, gegliedert nach der Art des Protonenakzeptors wie SCHWERTMANN, SÜSSER & NÄTSCHER (1987) es vorschlagen, den jeweils ökologischen bodenchemischen Zustand deutlicher ausdrücken als pH - Spannen.

Übersicht 1: Gliederung der Pedotop - Gruppen

Berg- und Hügelland

Öko-Serie	lokale Substratreihe	Relief	Pedotop-Gruppe	Nr	n
1. carbonatreich	a. Kalkstein-Frostschutt	Kamm,Kuppe	Rendzina	1	
	b. Kalkstein	Oberhang	Rendz./Braunerde	2	6
	c. Löß über Kalkstein	Luv-Hang	Braunerde	4	9
	d. Mergelstein	Plateau	Braunerde/Pseudogley	8	6
	e. Geschiebemergel	Hangfuß	Pseudogley	12	4
2. carbonatarm	a. Geschiebelehm	Verebnung	Podsol/Pseud./Braune.	13	4
	b. Tonstein	Verebnung	Braunerde/Pseudogley	9	4
	c. Schieferton	Kamm, Sporn	Braunerde/Ranker	7	4
	d. Sandstein	Kamm	Podsol/Ranker	5	23
	e. Sandstein	Oberhang	Podsol/Braune./Ranker	6	27
	a. Löß über Kalkstein	Lee-Hang	Parabraunerde	3	8
	a. Löß über Ton- u. Schluffstein	Oberhang	Parabraunerde/Braune.	10	19
	b. Löß ü. Geschiebelehm	Hangfuß	Pseudogley/Braunerde	11	11

grundwasserferne hügelig-wellige Geest

Öko-Serien	lokale Substratgruppe	Relief	Pedotop-Gruppe	Nr.	n
1. Sandlöß	a) aus schluffigen Sanden	Übergangsgeest	Pseudogley/ Braunerde	15	24
2. Flugsand	a) aus mittelsandigem Feinsand	Dünen	Podsol	17	7
	b) mit Grus- u. Kiesbändern	Dünen	Podsol	18	3
3. Geschiebe-decksand über Geschiebelehm	a) aus schluffig-feinsandigem Mittelsand mit stark grusigen Lagen	Geestplatte im Plateau- und zertaltem Übergangsbereich	Podsol/Braunerde/ Pseudogley	19	3
4. glazifluviale Sande über Geschiebelehm	a) aus feinsandigem Mittelsand mit Grus- und Steinlagen	hügelig-wellige Geestplatten	Braunerde/Podsol	20	18
	b) aus mittelsandigem Feinsand mit Grus- und Steinlagen	zertalter Bereich der Übergangsgeest	Podsol/Pseudogley/Braunerde	14	14

grundwassernahe Geest, Talsandgebiete

Öko-Serie	lokale Substratgruppe	Relief	Pedotop-Gruppe	Nr.	n
1. Fluvialsande	a) feinsandige fluviale Absätze mit lehmigen Schluffbändern	Hasedelta/Artland	Podsol/ Pseudogley	16	3
	b) feinsandige fluviale Absätze mit Grus- und Steinlagen und lehmigen Schluffbändern	Hunte-Niederung	Gley/ Braunerde	22	7
2. Beckenschluff	a) mittelsandige fluviale Absätze im Unterboden wechsellagernd mit Schluff- und Tonbändern	Hasedelta/Artland	Gley/Podsol	21	7

- **Vorräte**

Die Ergebnisse aus den Vorratsberechnungen werden wie folgt zusammengefaßt:

Im **Berg- und Hügelland** ergibt sich eine **Gruppierung nach mittleren AKe - Werten** von:

- **1.000 kmol IÄ/ha** für Böden über carbonatreichem Ausgangsgestein des Muschelkalkes;
- **620 kmol IÄ/ha** für Böden aus Löß über carbonatarmem Ausgangsgestein;
- **300 kmol IÄ/ha** für Böden aus Sandsteinverwitterung mit Lößbeimengung im Kammereich des Teutoburger Waldes.

In der **grundwasserfernen Geest** besitzen die Pedotope 14, 15, 19 **mit Stauwassereinfluß** im Mittel eine höhere AKe (**370 kmol IÄ/ha**) als Pedotope (18, 17, 20) **ohne Stauwassereinfluß** (**250 kmol IÄ/ha**).

Für Pedotope der **grundwassernahen Geest** ist eine deutliche Abgrenzung aufgrund des lateralen, z.T. carbonatreichen Zuzugwassers nicht möglich. Die mittleren AKe - Werte befinden sich zwischen **500 - 280 kmol IÄ/ha**.

Nach den **mittleren Kalium - Vorräten** in der **Geest** ergibt sich eine deutliche Gruppierung von:

- **70 kg K /ha** in der **Hochgeest (Podsole)**;
- **100 - 150 kg K /ha** in der **Niederungsgeest (Gleye)**;
- **200 kg K /ha** in der **Übergangsgeest (Pseudogleye)**.

Nach den **mittleren Kalium - Vorräten** im **Berg- und Hügelland** ergibt sich eine deutliche Gruppierung von:

- **130 kg K /ha** der Sandsteinverwitterungsböden im Kammereich;
- **300 - 500 kg K /ha** der Lößböden in Hanglagen;
- **700 - 1.000 kg K /ha** von Kalksteinzersatzböden auf Kuppen.

Für **Mg- und Ca - Gehalte** ist keine so klare Gruppierung **zwischen Hoch-, Übergangs- und Niederungsgeest** möglich, wie es für die Ake - und Kalium - Gehalte möglich war: Innerhalb der **Geest** liegen die mittleren Mg - Gehalte zwischen **15 bis 50 kg Mg/ha** und die mittleren Ca - Gehalte zwischen **100 bis 400 kg Ca/ha**.

Für **Mg- und Ca - Gehalte** ist im **Berg- und Hügelland** dagegen eine substratbezogene Gliederung möglich: Es betragen die mittleren

- Mg - Gehalte von Lößböden über **carbonatfreien Substraten 30-160 kg Mg/ha**;
- Ca - Gehalte von Lößböden über **carbonatfreien Substraten 220-600 kg Ca/ha**;
- Mg - Gehalte von Böden über **carbonathaltigen Substraten 300-700 kg Mg/ha**;
- Ca - Gehalte von Böden über **carbonathaltigen Substraten 1.000 - 17.000 kg Ca/ha**.

- NH₄Cl- und BNK - Methode:

Summe der Kationsäuren in Ah - Horizonten im Vergleich

Die BNK - Methode erfaßt in den humosen Horizonten der Ah - Horizonte im Vergleich zur NH₄Cl - Methode eine höhere Summe von Kationsäuren. Dies ist auf den erhöhten Anteil pH - variabler Ladung der organischen Substanz zurückzuführen (vgl. ERDMANN 1987, HILDEBRAND 1986).

Der Anteil der H⁺ - Ionen in Ah - Horizonten der Waldböden im Landkreis Osnabrück beträgt überwiegend 40-50% ($X_{s_{H+Fe}}$). In humusarmen bzw. humusfreien Horizonten sinkt der Protonen - Anteil an der AKe bis auf 0%. Die Al - Anteile am Austauscher dagegen betragen in Ah - Horizonten 30 - 60 % und steigen bis auf 95% in den Cv-Bv - Horizonten an. Diese Ergebnisse zeigen, daß durch hohe Gehalte an organischer Substanz in Ah - Horizonten, die sich im Aluminium- (Eisen) - Pufferbereich bereichen befinden, der Äquivalent - Anteil des Austausch - Al reduziert und der Anteil an Protonen erhöht wird. Horizonte mit einem hohen Anteil an pH - variabler AKe müssen deshalb, wenn man die Basensättigung nach der BNK - Methode erhöht, eine höhere Pufferkapazität besitzen.

Literatur:

ERDMANN, M. (1987): Vergleichende Untersuchung zur Ermittlung des Kalkbedarfs saurer Waldböden zwischen der Methode der Ermittlung der Basennenutralisierungskapazität und der Methode nach Jensen.-Diplom - Arbeit, Forstl. Fakultät Göttingen.

HAASE, G.(1968): Inhalt und Methodik einer umfassenden Standortkartierung auf der Grundlage landschaftsökologischer Erkundung. Wiss.Veröff. d. Dt. Institut f. Länderkde. N.F. 25/26, 309-349.-Leipzig.

HILDEBRAND, E.E.(1986): Zustand und Entwicklung der Austauschereigenschaften von Mineralböden aus Standorten mit erkrankten Waldbeständen. Forstwiss. Centralbl. 1:60-76.

MEIWES, K.J., K. KÖNIG, P.K. KHANA, J. PRENZEL & B. ULRICH (1984): Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralböden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden. Bericht des Forschungszentrums Waldökosysteme-Waldsterben 7, 1-67. Gött. Bodenk. Ber. 14, 49-83.

RASTIN, N. & B. ULRICH (1988): Chemische Eigenschaften von Waldböden im Nordwestdeutschen Pleistozän. Z.Pflanzenernähr. Bodenk. 151, 229-235.

SCHWERTMANN, U. & W.R. FISCHER (1982): pH-Verteilung und Pufferung von Böden. Z.Pflanzenernähr. Bodenk. 145:221-223.

SCHWERTMANN, U., P.SÜSSER & L. NÄTSCHER (1987): Puffersubstanzen in Böden. Z.Pflanzenernähr. Bodenk. 150:174-178.

Das Fachinformationssystem Bodenkunde der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. -
IV. Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik
Deutschland im Maßstab 1:1000000

von

Hartwich, R.⁺, J. Behrens⁺, G. Haase⁺⁺, A. Richter⁺,
G. Roeschmann⁺⁺⁺, R. Schmidt⁺⁺⁺⁺ und P.-N. Schulz⁺,

Einführung

In den letzten Jahren, besonders seit der deutschen Wiedervereinigung, ist ein starkes Anwachsen des Bedarfs nach Informationsgrundlagen für den Boden- und Umweltschutz zu verzeichnen. Auch seitens der Europäischen Gemeinschaft wird die Forderung nach einer gesamtdeutschen Bodenkarte zur Einschätzung landwirtschaftlicher Potentiale erhoben.

Daher haben die bodenkundlichen Arbeitsgruppen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover und Berlin damit begonnen, eine vorläufige Bodenübersichtskarte auf der Grundlage von veröffentlichtem Material zu erarbeiten. Die Geologischen Landesämter wurden über den Stand der Arbeiten informiert.

Die hier vorgestellte neue Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland ist eine Gemeinschaftsarbeit der o.g. Arbeitsgruppen mit den Hauptautoren der bisher für Ost- und Westdeutschland getrennt vorliegenden Bodenübersichtskarten. Die Karte wurde in digitaler Arbeitsweise erstellt und ist somit für weitere Auswertungen unterschiedlichster Fragestellungen geeignet.

Arbeitsgrundlagen

Bodenkarten

In den 70er Jahren erstellten G. HAASE und R. SCHMIDT in Zusammenarbeit mit M. ALTERMANN, H. HURTTIG, D. KOPP, G. NEUHOF, D. RAU, W. SCHWANECKE und M. WÜNSCHE die Karte "Böden" für die damalige DDR. Diese Karte wurde im Maßstab 1 : 500 000 erarbeitet und 1979 in generalisierter Form als Blatt 6 im Maßstab 1 : 750 000 für den "Atlas DDR" gedruckt. Für die alten Bundesländer gab die BGR 1986 eine Bodenkarte im Maßstab 1 : 1 000 000 heraus; deren Gesamtbearbeitung von G. ROESCHMANN unter Mitarbeit der Bodenkunde-Abteilungen der Geologischen Landesämter durchgeführt wurde.

Diese Karten aus Ost- und Westdeutschland dienten als Grundlage für die neue Bodenübersichtskarte 1 : 1 000 000, da sie einerseits die umfassendste und anschaulichste Übersichtsdarstellung der Böden Deutschlands waren und

⁺ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

⁺⁺ - Außenstelle Berlin - Invalidenstraße 44, 10115 Berlin
Umweltforschungszentrum Leipzig/Halle, Permoserstraße 15,
04318 Leipzig

⁺⁺⁺ Luheweg 32, 30851 Langenhagen

⁺⁺⁺⁺ Fachhochschule Eberswalde, Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde

andererseits auch in digital aufbereiteter Form zur Verfügung gestellt werden konnten. Eine wesentliche Aktualisierung der Karteninhalte war zum jetzigen Zeitpunkt nur in wenigen Fällen möglich. Allerdings mußten die Bodeneinheiten, die sowohl in Ost- als auch in Westdeutschland auftreten, inhaltlich und maßstäblich angeglichen werden.

Topographische Karte

Da die Daten des Digitalen Landschaftsmodells 1 : 1 000 000 (DLM 1000) unter ATKIS gegenwärtig noch nicht verfügbar sind, entstammen die topographischen Grundlagendaten der digitalen kartographischen Datenbank von Europa 1 : 1 000 000 EURODB des Instituts für Angewandte Geodäsie Frankfurt/M. (Stand 1975 ...1979). Sie wurden 1990 durch die BGR modifiziert.

Für die kartographische Bearbeitung der räumlichen Bodendaten war das Vorhandensein der wesentlichen topographischen Grundlagendaten, wie Hydrographie, Ortschaften, Grenzen und Gradnetz, in digitaler Form von großer Bedeutung. Sie ermöglichten die Identifikation von Lageabweichungen sowie z.B. die erforderliche Freistellung von Seen und Stadtböden.

Karteninhalt

Legende

Die neue Bodenübersichtskarte weist 72 fortlaufend nummerierte Bodeneinheiten auf, die sechs natürlichen Bodenregionen sowie einer Gruppe anthropogen veränderter Böden zugeordnet wurden:

- Böden der Küstenregion und Moore,
- Böden der breiten Flußtäler, einschließlich Terrassenflächen und Niederungen,
- Böden des wellig-hügeligen Flachlandes und der Hügelländer,
- Böden der Lösgebiete, einschließlich Sandlöß,
- Böden der Berg- und Hügelländer sowie der Mittelgebirge, aus Festgesteinen, deren Verwitterungsmaterial und Umlagerungsdecken,
- Böden des Hochgebirges,
- anthropogen veränderte Böden, Siedlungsgebiete und Gewässerflächen.

Alle Bodeneinheiten wurden in einer Textlegende in gleichbleibender Reihenfolge nach den Kriterien Gründigkeit, Bodenarten, Wasserverhältnisse, Ausgangsgestein (Substrat) sowie nach Leit- und Begleitbodentypen beschrieben. Außerdem sind in dieser Beschreibung Hinweise auf die besondere Lage der Böden im Relief und ihre Verbreitung in speziellen Landschaften Deutschlands enthalten.

Künftig soll die vorliegende Karte durch eine Tabellenlegende ergänzt werden, die folgende Parameter enthält:

- Nummer der Kartiereinheit,
- Leitboden- und Begleitbodentypen,
- Ausgangsgesteine (Sustrate),
- Bodenarten,
- Reliefformen und Reliefpositionen,
- Wasserverhältnisse im Boden,
- Anmerkungen (z.B. Gründigkeit, örtliche Besonderheiten).

Wie in der Bodenkarte der alten Bundesländer wird die Naturräumliche Gliederung Deutschlands nach MEYNER/SCHMITHÜSEN vorerst auch für die neue Bodenübersichtskarte übernommen.

Bearbeitungsprobleme

Bei der Erstellung dieser ersten gesamtdeutschen Bodenübersichtskarte mußten u.a. folgende Probleme berücksichtigt werden:

- * unterschiedliche Boden- und Substratsystematiken in Ost und West
- * unterschiedliche Beschreibung der Bodeneinheiten und
- * unterschiedliche topographische Grundlagen.

Beim Angleich der Systematiken konnte auf Arbeiten zurückgegriffen werden, die KÜHN und ALTERMANN im Kontakt mit dem Arbeitskreis Bodensystematik der DBG durchführten. Hier waren die Bodentypen, ihre charakteristischen Horizontfolgen und ihre Substrate gegenübergestellt worden und ermöglichten somit einen relativ sicheren Vergleich der in Ost und West vorkommenden Bodenformen.

Um die Bodeneinheiten auch inhaltlich anzugleichen, war eine einheitliche Zusammenfassung notwendig; d.h. Einheiten, die sowohl in Ost- als auch in Westdeutschland auftreten, mußten in ihrer Flächeninhaltsbeschreibung identisch sein.

Ausgehend vom Grenzbereich zwischen den alten und den neuen Bundesländern wurde die Legendenanpassung vorgenommen. Von den 52 Bodeneinheiten der alten Bundesländer konnten 29 für die neuen Länder übernommen werden. Auf Grund der dort vorhandenen Bodenverhältnisse wurden weitere 17 Einheiten ergänzt.

Wegen der unterschiedlichen topographischen Kartengrundlagen beider Ausgangskarten war eine partielle Entzerrung und Aktualisierung auf der Basis der einheitlichen topographischen Einpaßgrundlage erforderlich (z.B. Stadtgebiete, Stauseen, Tagebau- und Kippenflächen).

Künftige Aufgaben

Die hier vorgelegte Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland hat vorläufigen Charakter. Dieser ergibt sich einerseits aus den verwendeten Grundlagen zu ihrer Erarbeitung und andererseits aus dem Erkenntniszuwachs. Für die kommenden Jahre ist eine völlig überarbeitete Neuauflage geplant. Sie wird in Zusammenarbeit mit den bodenkundlichen Abteilungen der Geologischen Landesämter auf der Grundlage der Vereinbarungen zur Bodenübersichtskarte i.M. 1 : 200 000 (BÜK 200) vorgenommen. Auch die Einbindung von Fachkollegen außerhalb der BGR und der GLÄ ist beabsichtigt.

Außer der Herstellung von Bodenübersichtskarten für Deutschland ist es für die internationale Zusammenarbeit mit den Ländern der Europäischen Gemeinschaft erforderlich, Bodenübersichtskarten entsprechend der FAO-Nomenklatur zu erarbeiten. Zu diesem Zweck ist die Karte hinsichtlich ihrer Bodensystematik an die internationalen Standards heranzuführen. Die BGR hat diese Aufgabe zusammen mit den bodenkundlichen Diensten der Länder der EG bereits aufgegriffen.

Literatur:

- HAASE, G. und R. SCHMIDT (1979): Karte "Böden", Blatt 6 im Atlas der DDR; und: Petermanns Geogr. Mitteilungen, 129 (1985)
- KÜHN, D. und M. ALTERMANN (1993): Versuch einer Zuordnung bodensystematischer Einheiten der ehemaligen DDR zu denen der Bundesrepublik Deutschland; unveröff. Manuskript zur DBG-Tagung 1993 in Kiel
- ROESCHMANN, G. (1986): Bodenkarte der Bundesrepublik Deutschland i.M. 1:1 000 000; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

Das Fachinformationssystem Bodenkunde der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (FISBo BGR). - II. Gütebewertung und Auswahl von Verfahren für die Methodenbank

von

Hennings, V.

1. Zielsetzung

Die Methodenbank eines bodenkundlichen Fachinformationssystems sieht zur Auswertung von Grundlagenkarten prinzipiell drei Arten von Methoden vor (s. Abb. 2 im Beitrag von ECKELMANN & ADLER in diesem Band):

- Algorithmen zur Ableitung einfacher bodenkundlicher Kennwerte wie der effektiven Durchwurzelungstiefe, Kennwerte der Wasserbindung u.a. ("Pedotransferfunktionen"),
- deterministische Auswertungsmethoden zur Ableitung komplexer bodenkundlicher Kennwerte wie der potentiellen Erosionsgefährdung, des Filtervermögens für Schwermetalle u.a.,
- numerische Simulationsmodelle.

Ein Fachinformationssystem der BGR kann sich aus Maßstabsgründen auf die beiden ersten Gruppen von Methoden beschränken. Für sie stellt sich die Aufgabe, aus der Vielzahl vorliegender Ansätze je nach Fragestellung eine gezielte Auswahl zu treffen. An zwei Beispielen soll gezeigt werden,

- wie aus der Gruppe deterministischer Auswertungsmethoden nach Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten eine Eignungsbewertung erfolgen kann,
- wie aus der Gruppe der Pedotransferfunktionen auf der Grundlage des Inventars bestehender Labordatenbanken eine Gütebewertung und gezielte Auswahl vorgenommen werden kann.

2. Eignungsbewertung deterministischer Auswertungsmethoden

Eine Sichtung der zur Auswertung bodenkundlicher Grundlagenkarten geeigneten Methoden kann sich an den Vorarbeiten des "Personenkreises Methodenbank" der ad-hoc-AG Bodenkataster orientieren. Dieses Gremium hat den Auftrag, die in den Geologischen Landesämtern routinemäßig angewandten Verfahren zu recherchieren, zu bewerten und mit allen ihren Verknüpfungsregeln oder Modulen in standardisierter Form zu dokumentieren. Eine erste Bestandsaufnahme wurde zu folgenden acht Themenbereichen durchgeführt (in Klammern die Zahl der in die Dokumentation aufgenommenen Methoden bzw. Kennwerte):

- Grundwasserneubildung (5),
- Nitratrückhaltevermögen (3),
- Filtervermögen für Schwermetalle (4),
- ackerbauliches Ertragspotential (1),
- potentielle Erosionsgefährdung durch Wasser (4),
- potentielle Erosionsgefährdung durch Wind (4),
- potentielle Verdichtungsempfindlichkeit (3),
- potentielle Versauerungsgefährdung von Waldböden (1).

^{*)} Bundesanstalt f. Geowissensch. u. Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover

Tab. 1: Vergleich der Auswertungsmethoden zum Thema "Bodenerosion durch Wasser" nach den Kriterien Eingangsdatenbedarf, Maßstabseignung und Art des Ergebnisses

Kennwert	bodenkundliche Eingangsdaten		Maßstabseignung				Kennwert	
	metrisch skaliert	ordinal skaliert	1 : 5.000 - 1 : 10.000	1 : 25.000	1 : 50.000	1 : 200.000 und kleiner	metrisch skaliert	ordinal skaliert
(1) Bodenerodierbarkeit Eb aus Bodenart und Skelettgehalt		***	***	***	***	***	***	
(2) Ebm aus Bodenart und Hangneigung nach CAPELLE & LÜDERS (1985)		***				***		***
(3) Efv aus Bodenart, Hangneigung und Niederschlag		***	***	***	***	***	***	
(4) vollständige ABAG nach SCHWERTMANN et al. (1990)	***		***				***	
(5) vereinfachte ABAG nach SCHWERTMANN et al. (1990)		***	***				***	

Bedingung für die Aufnahme in die Methodendokumentation ist, daß das betreffende Verfahren ausschließlich auf Eingangsdaten zurückgreift, die in den Flächendatenbanken bodenkundlicher Dienste zur Verfügung stehen. Weitere Anforderungen sind:

- jede Methode muß mit allen ihren Algorithmen eindeutig, reproduzierbar und direkt in Programmiersprachen umsetzbar sein;
- jede Methode darf nur Eingangsdaten erfordern, die nach bodenkundlicher, geologischer, wasserwirtschaftlicher oder klimatologischer Nomenklatur definiert sind - als Gegenbeispiel kann die Aggregierungsklasse in der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung nach SCHWERTMANN et al. (1990) dienen;
- jede Methode muß für jede mögliche Kombination von Eingangsdaten ein konkretes Ergebnis der Zielgröße liefern - als Gegenbeispiel können die Algorithmen zur Ableitung der Kohäsion bzw. des Winkels der inneren Reibung dienen, die zur Abschätzung der Vorbelastung nach HORN, LEBERT & BURGER (1991) benötigt werden.

Jede Methodendokumentation besteht aus textlicher Dokumentation und Flußplandiagramm. Der Textteil beinhaltet u.a. Angaben zu Eingangsdaten, Skalierung des Ergebnisses, Maßstabseignung, Einschränkungen und zum Status in den betroffenen Geologischen Landesämtern. Zusätzlich gehört zu jedem Thema eine vergleichende Betrachtung aller Methoden nach den drei Kriterien Eingangsdatenbedarf, Maßstabseignung und Art des Ergebnisses (Tab. 1). Eine Publikation der Methodensammlung zu oben genannten acht Themen ist für 1994 beabsichtigt (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE UND GEOLOGISCHE LANDESÄMTER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND 1994).

Erweitert man die an dieser Stelle nur vereinfacht wiedergegebene Tabelle 1 auf alle benötigten Eingangsdaten, so ist durch einen Abgleich mit dem Bestand der Flächendatenbanken bodenkundlicher Fachinformationssysteme je nach Fragestellung eine gezielte Auswahl der geeigneten Methode möglich. Nach Vorbild von Tab. 1 kann auf der analogen Ebene vorhandenes Wissen in regelbasiertes Wissen umgesetzt werden, wie es die Benutzerführung eines Expertensystems erfordert.

3. Gütebewertung und gezielte Auswahl von Pedotransferfunktionen

Pedotransferfunktionen zur Ableitung solcher Kennwerte wie der nutzbaren Feldkapazität stellen die kleinsten Module einer bodenkundlichen Methodenbank dar. Da sie Bestandteile vieler deterministischer Auswertungsmethoden und Bodenwasserhaushaltsmodelle sind und die Aussagegenauigkeit komplexer Methoden maßgeblich steuern, verdienen sie in besonderem Maße eine Gütebewertung.

Für eine exemplarische Untersuchung (TIETJE & HENNINGS 1993) wurden von weltweit ca. 30 publizierten Verfahren zur Schätzung der Wasserspannungskurve 6 Pedotransferfunktionen ausgewählt (Tab. 2). Berechnet man anhand einer Stichprobe, die fast das gesamte Bodenartenspektrum abdeckt, für jeden Datensatz die Wurzel aus der mittleren quadrierten Differenz zwischen Schätz- und Meßwerten als Integral über das pF-Intervall von 0 bis 4.2 (WMQD), so sind nach Mittelwerten dieses Fehlermaßes zwei Ansätze eindeutig zu favorisieren (Tab. 2). Die Ergebnisse erlauben,

- in Zukunft nur noch die bestgeeigneten Pedotransferfunktionen zu verwenden,
- die Qualität der Ergebnisse derartiger Schätzverfahren beurteilen zu können,
- gegebenenfalls ein bestimmtes Verfahren substrat- oder bodentypspezifisch gezielt einsetzen zu können.

Tab. 2:

Mittelwerte des Fehlermaßes WMQD für die
ausgewählten 6 Pedotransferfunktionen (n=1177)

Autoren	WMQD
(1) RENGER (1971)	3.77
(2) GUPTA & LARSON (1979)	7.12
(3) RAWLS & BRAKENSIEK (1982)	9.18
(4) SAXTON et al. (1986)	7.89
(5) RAWLS & BRAKENSIEK (1985)	8.00
(6) VEREECKEN et al. (1989)	3.66

4. Ausblick

Für die Zukunft stellen sich folgende Aufgaben:

- Ergänzung der Dokumentation deterministischer Auswertungsmethoden um weitere Themen (z.B. Filtervermögen für Pflanzenschutzmittel, ...),
- Ergänzung der bereits bearbeiteten Themen um weitere Methoden,
- Durchführung von Sensitivitätsanalysen,
- Test alternativer Ansätze in ausgewählten Beispielsgebieten zur Gewinnung statistischer Gütemaße als Vorbedingung einer gezielten Methodenauswahl,
- Wiederholung der Validierung von Pedotransferfunktionen an bundesweit repräsentativen Datensätzen.

Literatur

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE UND GEOLOGISCHE LANDESÄMTER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (Hrsg.) (1994): Fachinformationssystem Bodenkunde: Methodendokumentation. - Hannover (in Vorber.).

HORN, R., LEBERT, M. & BURGER, N. (1991): Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Böden als Pflanzenstandort auf der Grundlage von Labor- und in situ-Messungen. - Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Materialien, Bd. 73, München.

SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. - 2. Aufl., Stuttgart.

TIETJE, O. & HENNINGS, V. (1993): Bewertung von Pedotransferfunktionen zur Schätzung der Wasserspannungskurve. - Z. Pflanzenernähr. Bodenk. (im Druck).

Veränderung eines landwirtschaftlich genutzten Standortes in Niger/Westafrika durch Staubeintrag

von

Herrmann, L., K.E. Bleich und K. Stahr

Im Niger sind nährstoffarme, saure Sandböden (Arenosole), die sich aus Dünenständen entwickelten, die häufigst genutzten Standorte für die landwirtschaftliche Produktion. Aufgrund der ökonomischen Rahmenbedingungen ist der Import von Nährstoffen über mineralische Dünger selten, vielmehr beruht die landwirtschaftliche Produktion fast vollständig auf der Ausnutzung der natürlichen Ressourcen. Ein möglicher Import von Nährstoffen ergibt sich aus der Verfrachtung von Stäuben aus der Sahara in die wüstennahen Savannen. Dieser Staubtransport kann im Niger sowohl in der Trockenzeit mit dem NO-Passat 'Harmattan' (McTainsh & Walker 1982), als auch durch die konvektiven Gewitterstürme der Regenzeit, die entlang der ITCZ von Osten nach Westen wandern, erfolgen. Der Einfluß der äolischen Deposition auf den Nährstoffhaushalt, die chemischen, mineralogischen und morphologischen Eigenschaften eines typischen Bodens (Luvic Arenosol) am Standort des ICRISAT Sahelian Centers -Sadoré- wurde in dieser Arbeit untersucht.

Material und Methoden:

Die Staubdeposition wurde während des Jahres 1992 monatlich mit PE-Staubfallen (vertikale Öffnung 0.16m², 2 Wdh.) in 2m und 4m Höhe gemessen. Die Proben wurden trocken gewonnen und gewogen. Zur chemischen Charakterisierung wurden der pH (H₂O), KAK_{pot} (Bower et al. 1952) und die Gesamtelementgehalte (RFA) gemessen. Die Körnung wurde durch ein optisches Verfahren (Analysette 20) ermittelt. Die mineralogische Untersuchung erfolgte an der Gesamtprobe (Pulverpräparat) mit der Röntgenbeugung.

An einem Profil wurden zusätzlich die Basensättigung und die verwetterbaren Nährstoffe (HCl) ermittelt. Zur morphologischen Analyse wurden An- und Dünnschliffe eingesetzt.

Ergebnisse:

Die Staubdeposition betrug am Standort Sadoré im Jahr 1992 1.25 t·ha⁻¹·a⁻¹. Die Deposition zeigt einen bimodalen Verlauf (Abb.1) mit einem Maximum während der

Der Vergleich der Röntgenbeugungsdiagramme einer Staubprobe mit dem Feinmaterial (<63µm) der am Standort ausgeprägten Oberflächenkruste (Abb.2) belegt die Beteiligung der Stäube am Aufbau derselben. Dies läßt sich auch durch die erhöhten Schluffgehalte, die erhöhte KAK und die höheren Nährstoffgehalte in den obersten Zentimetern (Tab.2) belegen.

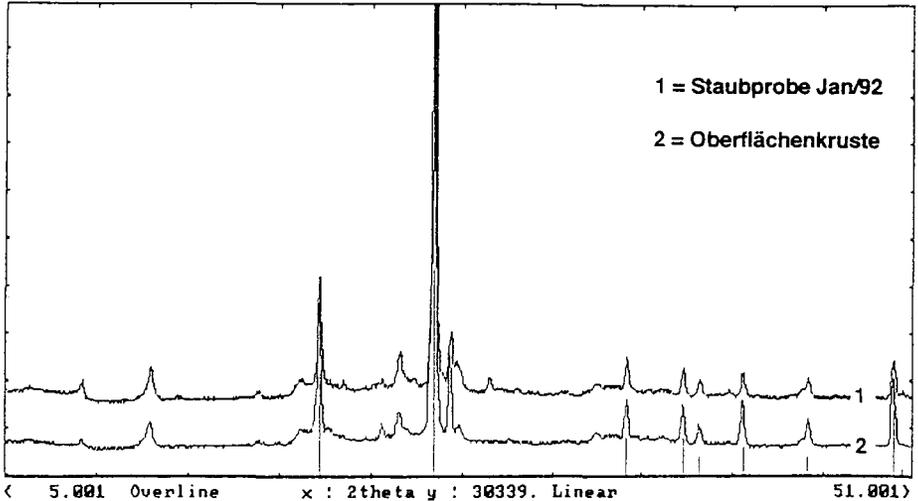


Abb.2: Vergleich des Röntgenbeugungsdiagramms (Pulverpräparat) einer Staubprobe mit der potentiellen Staubfraktion (<63µm) der Oberflächenkruste in Sadoré

Tab.2: Physikalische und chemische Merkmale des Profils Sadoré (Luvic Arenosol)

Horizont	Körnung			KAK meq·kg ⁻¹	Basen sättigung %	pH H ₂ O	C _t %	N _t %	Ca(HCl) mg·kg ⁻¹	Mg(HCl) mg·kg ⁻¹	P(HCl) mg·kg ⁻¹
	S%	U%	T%								
0-0.2cm	89	8	3	22	54	6,2	0,5	0,04	110	180	167
0.3-1cm	83	12	5	34	53	6,1	0,7	0,06	154	280	199
2-3cm	84	11	5	29	48	6,0	0,5	0,05	121	240	175
4-8cm	85	9	6	27	19	5,5	0,3	0,03	43	223	146
9-16cm	85	7	8	26	5	5,3	0,3	0,03	12	240	141
16-29cm	85	6	9	25	4	5,1	0,2	0,03	9	217	132
30-37cm	85	6	9	22	4	5,0	0,1	0,02	7	227	131
38-60cm	83	8	9	20	6	5,1	0,1	0,02	9	203	126

Dünn- und Anschliffe der Oberflächenkruste (ohne Abbildung) zeigen drei deutliche Mikrohorizonte innerhalb der obersten 1.5cm. Der oberste gelb-braune Horizont zeigt eine kompakte Lagerung und eine Anhäufung von Partikeln in Schluffgröße. Der zweite Horizont ist vesikulär, mit Vesikeln bis zu 3mm Durchmesser, während der dritte einen Illuvialhorizont mit deutlich dunkelbrauner Farbe darstellt. Casenave und Valentin (1989) bezeichnen in ihrer Systematik diese Form der Kruste aufgrund der drei Mikrohorizonte als Strukturkruste 3. Alle drei Horizonte der Strukturkruste verringern die Wasserinfiltration (Valentin & Bresson 1992) und führen damit während der Starkregenereignisse der Regenzeit zu Oberflächenabfluß und beeinflussen damit die lokale Wasserbilanz.

Schlußfolgerungen:

Die Staubdeposition trägt deutlich zum Nährstoffeintrag am Standort Sadoré bei und erklärt, warum Kalium der am wenigsten und Phosphor der am meisten limitierende Pflanzennährstoff in den Böden der Region ist. Da nur die Vegetation durch Bodenbedeckung und Herabsetzung der Windgeschwindigkeit die Retranslokation der eingetragenen Stäube und damit auch der Nährstoffe durch Deflation verhindert, unterstreichen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung die Bedeutung der Brache bzw. von Winderosionsschutzmaßnahmen für die Erhaltung der Produktivität der landwirtschaftlichen Nutzflächen.

Als negativ zu bewerten ist die Beteiligung der Stäube am Aufbau von Oberflächenkrusten, die zu Oberflächenabfluß führen und die lokale Wasserbilanz negativ beeinflussen. Auch hier kommt der Brachevegetation eine bedeutende Rolle zur Verhinderung von Wassererosion, zur Auflockerung der Oberflächenkruste und für die Strukturbildung des Oberbodens zu.

Danksagung:

Diese Arbeit entstand im Rahmen des von der DFG geförderten SFB 308 'Standortgerechte Landwirtschaft in Westafrika' der Universität Hohenheim und in Zusammenarbeit mit dem ICRISAT Sahelian Center in Sadoré, Niger.

Literatur:

- Bationo, A. & A.U. Mokwunye**, 1991: Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa: The experience in the Sahel. *Fertilizer Research* 29: 95-115.
- Bower, C.A., R. F. Reitemeier & R. Fireman**, 1952: Exchangeable cation analysis of saline and alkaline soils. *Soil Science* 73: 251-261.
- Casenave, A. & C. Valentin**, 1989: Les états de surface de la zone sahélienne. Edition de l'ORSTOM, Paris, 229p.
- Drees L.R., A. Manu & L.P. Wilding**: Characteristics of aeolian dusts in Niger, West Africa. eingereicht bei *Geoderma*.
- McTainsh, G.H. & P.H. Walker**, 1982: Nature and distribution of Harmattan dust. *Z. Geomorph. N.F.* 26: 417-435.
- Valentin, C. & L.-M. Bresson**, 1992: Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils. *Geoderma* 55: 225-245.

Merkmale unterschiedlicher Phosphat- und Eisenfraktionen in urban-industriell überformten Böden aus Oberhausen-Brücktorviertel

von

Hiller, D.A.

1 Einleitung und Problemstellung

Zur Charakterisierung der Eigenschaften urban-industriell überformter Böden wurden 20 verschiedene Leitprofile des Pilotprojektes "Stadtbodenkartierung Brücktorviertel" ausgewählt. Als ursprüngliches bodenbildendes Ausgangssubstrat standen im Brücktorviertel der Stadt Oberhausen Flugsande als auch sandige Fluß- oder Bachablagerungen über Sanden und Kiesen aus der Nieder- und Mittelterrasse des Rheins und der Ruhr sowie Talsande der Emscher an. Im Verlauf der Pedogenese bildeten sich hierauf vorwiegend Übergangsformen von vergleyten, pseudovergleyten oder podsolierten Braunerden aus. Als Folge der ab 1808 stürmisch einsetzenden großindustriellen Entwicklung wurden die natürlichen Böden im Brücktorviertel in starkem Maße überformt oder bis zu mehrere Meter mächtig mit Substraten aus anthropogenen Produktionszwecken überdeckt. Charakteristisch für solche Ruhrgebietsstandorte ist - neben einem hohen Skelettanteil - vor allem die Beimengung technogener Substrate (vorwiegend Aschen, Schlacken, Bergematerial) aus der Montan- und Schwerindustrie.

2 Material und Methoden

Zur Charakterisierung chemischer und physicochemischer Eigenschaften der Bodenproben wurden aus den im Feld angesprochenen Horizonten der Leitprofile "gestörte" Bodenproben entnommen. Die Beprobung der Profile erfolgte dabei über alle Horizonte die mit der Grabung aufgeschlossen waren. Die Analysen erfolgten an auf < 2 mm Korndurchmesser abgesiebten, lufttrockenen Bodenproben. Neben den königswasserlöslichen Eisen- (Fe-Kö.) und Phosphatgehalten (P-Kö.), wurden dithionit- (Fe-d) und oxalatlösliches Eisen (Fe-o) sowie z.T. natriumacetatlösliches Eisen (Fe-Ac.) erfaßt. Zur Charakterisierung pflanzenverfügbarer P-Fraktionen wurde doppellactatlösliches (P-DL) sowie im 1:50 Boden-Wasserextrakt lösliches Phosphat (P-1:50) bestimmt.

3 Ergebnisse

Die im Rahmen des Pilotprojektes Stadtbodenkartierung "Brücktorviertel" der Stadt Oberhausen (NRW) untersuchten 20 Leitprofile können in vier Gruppen untergliedert

FB 9, Abt. Angewandte Bodenkunde, Universität Essen, Universitätsstr. 15, 45117 Essen

werden:

Gruppe I: Naturnahe, allenfalls nur sehr geringfügig urban-industriell überformte Böden (vorwiegend Braunerden mit Übergangsformen; 2 von 20 Profilen)

Naturnahe, allenfalls nur sehr geringfügig urban-industriell überformte Böden des Brücktorviertels sind nur als inselartige Überreste der alten Pedogenese erhalten geblieben. Profil 8 ist in einer alten Parkanlage, Profil 21 in einem als Plantanenallee gestalteten Mittelstreifen zwischen zwei Straßen erhalten geblieben.

Die Fe-Kö.-Gehalte variieren in den beiden Profilen zwischen 0,35% (Go, Profil 8) bis 2,5% (IICv, Profil 21) bzw. 3,2% im jY-Horizont der Phyropararendzina-Braunerde. In diesem Horizont ist durch Beimengungen von Schlacken- und Aschengrus sowie Ziegel- und Mörtelreste auch der amorphe Fe-Anteil im Vergleich zu den anderen Horizonten deutlich erhöht, was aus dem Feo/Fed-Quotienten mit 0,73 deutlich wird. In den Horizonten ohne anthropogene Beimengungen variiert der Feo/Fed-Quotient zwischen 0,03 und 0,59.

Beim P-Kö.-Gehalt (880-1.090 mg/kg) zeigt sich in beiden Profilen eine P-Akkumulation in den ersten 10 cm des Oberbodens. In den B-Horizonten verringert sich der P-Gesamt-vorrat auf Gehalte < 500 mg/kg und weiter auf 220-300 mg/kg in den Unterbodenhorizonten. Die DL-löslichen P-Gehalte liegen im Oberboden, als auch in den B-Horizonten vorwiegend im Bereich der Versorgungsstufe (VST) B (22-57 mg P/kg; LUFA Bonn, 1983). Ein P-DL-Gehalt von 212 mg/kg aus dem jY-Horizont der Phyropararendzina-Braunerde, der weit im Bereich der VST E (> 158 mg P/kg) liegt, ist sehr wahrscheinlich auf die Beimengung anthropogener Substrate zurückzuführen, welche häufig in einer typischen P-Anreicherung resultieren. Der wasserlösliche P-Anteil von 15,7 mg/kg (7,4% von P-DL) ist jedoch vergleichsweise gering.

Aus der statistischen Auswertung läßt sich ableiten, daß in den beiden naturnahen, allenfalls nur geringfügig urban-industriell überformten, Bodenprofilen Phosphat vorwiegend an den weniger kristallinen Fe-Verbindungen gebunden ist. Der P-Gesamt-vorrat, das DL-lösliche sowie das wasserlösliche Phosphat korreliert hochsignifikant mit $r = 0,87$ bzw. $r = 0,79$ und $0,83$ mit dem Feo/Fed-Quotienten ($n = 5$).

Gruppe II: Naturnahe, anthropogen zumeist tiefgründig bearbeitete Böden (vorwiegend Hortisole mit Übergangsformen; 3 von 20 Profilen)

Als vorwiegend nur durch die gärtnerische Nutzung umgestaltete Böden wurden im Rahmen der Stadtbodenkartierung Hortisole ausgewiesen. Die tiefgründigste Bearbeitung haben dabei die Hortisole erfahren, welche sich im Gartenbereich alter Zechenhäuser befinden.

Die Fe-Kö.-Anteile weisen in den gärtnerisch bearbeiteten RAp-Horizonten mit 2,8-10,9% jeweils die höchsten Gehalte auf. Der starke Rückgang der hohen Fe-Gehalte in den

obersten 40 cm von Profil 1 (0-5 cm = 11%, 5-40 cm = 8,5%) auf 1,8% im Bv-Horizont läßt darauf schließen, daß eisenhaltige Feinsubstanzen technogener Herkunft - evtl. als P-Dünger, vgl. P-Kö.-Gehalte - eingearbeitet wurden. Auf nicht pedogene Fe-Verbindungen deutet auch der erhöhte Feo/Fed-Quotient hin, der in diesem Bereich zwischen 0,9 und 1,1 variiert.

Die P-Gesamtgehalte variieren in den 35-45 cm mächtigen RAp-Horizonten zwischen 2.830-3.440 mg/kg und liegen somit um nahezu das 3fache oberhalb von Gruppe I. In den B-Horizonten sind bereits deutlich geringere Phosphatgehalte (702-895 mg/kg) akkumuliert. Die P-Kö.-Gehalte im Unterboden der 3 Profile variieren zwischen 180-627 mg/kg und liegen somit in einer der Gruppe I vergleichbaren Größenordnung vor. Trotz der hohen P-Kö.-Gehalte im RAp-Horizont von Profil 1 (2,840-3.440 mg/kg) liegt der DL-lösliche P-Anteil mit 94-101 mg/kg (VST C) deutlich niedriger als in den anderen untersuchten RAp-Horizonten (177 bzw. 200 mg P/kg; VST E = > 158 mg P/kg). In den RAp-Horizonten wird dabei der wasserlösliche P-Anteil (24,0-54,9 mg P/kg) in starkem Maße von den amorphen Eisenoxiden festgelegt, wie eine mit $r = -0,86$ ($n = 8$) hochsignifikante Beziehung verdeutlicht.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß Hortisole im Brücktorviertel zumeist bis in eine Tiefe von 50 cm stark mit wasserlöslichen P-Verbindungen angereichert sind.

Gruppe III: Urban-industriell überformte Böden mit carbonatfreiem oder -armen Ausgangssubstrat (vorw. Phyro- und Alloregosole mit Übergangsformen, 8 von 20 Profilen)

Einen großen Anteil der kartierten Fläche im Brücktorviertel nehmen urban-industriell überformte Böden mit carbonatfreiem oder -armen Ausgangssubstrat ein. Hierbei wurden entweder vorwiegend nur natürliches Ausgangsmaterial umgelagert oder es wurden natürliche Bodensubstrate mit technogenem Material zusammen bzw. wechselweise aufgetragen, aus denen sich zumeist Phyro- und Alloregosole mit Übergangsformen herausbildeten. Sehr häufig befinden sich diese Böden im Bereich der Grünanlagen von Wohnsiedlungen.

Bei Betrachtung der Fe-Kö.-Gehalte ist zunächst die große Spannweite von 0,24-20% Fe auffällig. Von 65 untersuchten Horizonten zeigen 17 - bei welchen bereits bei der Geländeaufnahme erhöhte Bauschutt, Schlacken- und Ascheanteile ausgewiesen wurden - einen Fe-Kö.-Gehalt von > 5%. Aus dem Feo/Fed-Quotienten, der in Horizonten mit mehr als 5% Fe-Kö. zwischen (0,15) 0,73-2,84 variiert ($x = 1,41$, $n = 16$) läßt sich ableiten, daß hierin nicht nur pedogen gebildete Fe-Oxidverbindungen vorliegen.

Die P-Kö.-Gehalte (1.360-5.480 mg/kg; $x = 3.080$ mg P/kg, $n = 17$) liegen in den Horizonten > 5% Fe-Kö. gegenüber den Horizonten mit geringeren Fe-Gehalten ($x = 700$ mg P/kg, $n = 47$) deutlich höher. Erhöhte P-Kö.-Gehalte (> 1.000-5.500 mg/kg) prägen sich

nur mäßig in die DL-extrahierbare Fraktion durch. Von den 29 Horizonten, die mehr als 1.000 mg P-Kö./kg aufweisen, befinden sich die überwiegende Zahl (18 Horizonte) in der VST C (= 57-105 mg P-DL/kg), zwei Horizonte in VST D (= 106-157 mg P-DL/kg); nur 4 Horizonte liegen oberhalb 158 mg P-DL/kg. Beim wasserlöslichen Anteil verschiebt sich das Spektrum mehr von der VST C (> 11-18 mg P-H₂O/kg, 12 Horizonte) in VST D (> 19-30 mg P-H₂O, 8 Horizonte). 5 Horizonte weisen eine VST auf, die nach den Empfehlungen der LUFA Hannover (1984) in die Klasse E (\geq 31 mg P-H₂O, sehr hoch) einzugliedern sind.

Gruppe IV: Urban-industriell überformte Böden aus oder mit carbonathaltigem Ausgangssubstrat (vorwiegend Phytopararendzinen mit Übergangsformen, 7 von 20 Profilen)

Im Brücktorviertel nehmen Böden, die aus carbonathaltigem Ausgangssubstrat entstanden sind, bzw. in großem Umfang carbonathaltige, technogene Substrate (Bauschutt, Aschen, Kalk-Schlämme oder Bindemittel beigemischt sind. Diese vorwiegend als Phytopararendzinen mit Übergangsformen ausgebildeten Böden sind bevorzugt auf verfüllten Geländesenken, ehemaligen Industriestandorten, aufgelassenen Verkehrsflächen sowie Halden lokalisiert.

Die Fe-Kö.-Gehalte variieren vergleichbar zu Gruppe III in einem Bereich von 0,24-18%, wobei wiederum ca. 20% der Horizonte (11 von 41) > 5-18% Fe-Kö. aufweisen. Der Feo/Fed-Quotient variiert hierin sehr stark zwischen 0,12-4,47. Auch die P-Kö. extrahierbaren Vorräte (144-3.800 mg/kg) sind mit denen aus Gruppe III vergleichbar, wenngleich auch eine tiefgründigere P-Anreicherung - bis > 2 m mit mehr als 1.000 mg P-Kö./kg - auftritt. In den Horizonten mit mehr als 5% Fe-Kö. beträgt der durchschnittliche P-Kö.-Anteil 2.100 mg/kg (n = 11); bei Fe-Kö. < 5% nur 1.100 mg P/kg (n = 40). In den Bodenprofilen, die in starkem Maße technogene Substrate enthalten, ist die P-DL-Verfügbarkeit höher als in denen der Gruppe III. So liegen von 55 untersuchten Horizonten 13 (= 23%) in VST B und in VST C 8 (= 15%). Ein Viertel der Bodenhorizonte fallen in VST D (4 Horizonte = 7%) und E (10 Horizonte = 18%).

Bei der im 1:50 Boden-Wasserextrakt charakterisierten wasserlöslichen Fraktion zeigt sich, daß 33% der Horizonte eine hohe (C) und nur 4% eine sehr hohe Verfügbarkeitsstufe (D) aufweisen. Anders als in den Gruppen I, II und III zeigen sich im Rahmen der statistischen Auswertung keine signifikanten Abhängigkeiten des Phosphathaushaltes vom Anteil des königswasserlöslichen Eisens bzw. vom Fe-o und Fe-d-Gehalt.

Literatur:

- LUFA Hannover (1984): Düngempfehlungen aufgrund von Bodenuntersuchungsergebnissen; Phosphor (Wasser-Methode), 8 S.
LUFA Bonn (1983): Richtlinien für die Düngung nach Bodenuntersuchung

**Computergestützte Modellierungen zu Relief-Boden-
beziehungen in Lößgebieten Nord-Baden-Württembergs**

von

Hoffmann, K.* , W. Fleck** , H. Gündra* und R. Dikau*

Problemstellung

Die steuernde Funktion des Reliefs auf die Verbreitung von Böden ist eine der Grundlagen, die in der bodenkundlichen Kartierung angewandt werden. Wir wissen aus der bodenkundlichen Kartierpraxis, daß in Lößgebieten enge Beziehungen zwischen Bodenformen und der Geometrie des Reliefs bestehen. Aus diesem Grund liegt es nahe, diese Zusammenhänge für die Entwicklung von reliefbezogenen Manuskriptkarten mit Hilfe von Computertechniken zu nutzen. Zu diesem Zweck werden, in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Landesamt Baden-Württemberg, Untersuchungen zur Erfassung quantitativer Beziehungen zwischen Relief und Boden durchgeführt. Das Ziel ist die Erarbeitung eines empirischen Modells zur Beschreibung der Bodenverbreitung in Mikro - bis Mesodimension.

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im Lößhügelland des südlichen Kraichgau. Die flächenbestimmenden Bodenformen sind Pararendzina und Parabraunerde auf Löß und Lößlehm, sowie Kolluvium aus Lößbodenmaterial. Diese Bodenformen nehmen 87% des Untersuchungsgebietes ein und sollten hinsichtlich ihrer reliefabhängigen Verbreitung untersucht werden.

Bodenform	Flächenanteil	Reliefposition
Pararendzina auf Löß	27%	gerundete Scheitelbereiche, konvexe bis gestreckte Flachhänge von Hügelrücken und Kuppen
Parabraunerde auf Löß	26%	breite, schwach gewölbte Scheitelbereiche, Sattellagen, gestreckte Flachhänge, Hügelrücken und Kuppen
Kolluvium	34%	Tiefenbereiche der Muldentäler, Hangfuß, Sattellagen

Abb.1: Flächenanteil und Reliefposition der untersuchten Bodenformen nach Kartierung 1:10000 (Bodenkarte Flurber. Eppingen, GLA Baden-Württemberg. Bearb.: W. Fleck 1990).

*Geographisches Institut Universität Heidelberg

** Geologisches Landesamt Baden-Württemberg

Methodik

Die Modellierung der Boden-Reliefbeziehung wurde nach einem wahrscheinlichkeitstheoretischen Ansatz (ANIYA 1985) vorgenommen. Dieser Ansatz findet weite Anwendung bei der Beurteilung von Hangstabilitäten. Er wurde von GÜNDRA (1992) zur Modellierung von Boden-Reliefbeziehungen im nördl. Kraichgau übertragen und entspricht bei ausreichender statistischer Absicherung einem Homogenitätstest in der Wahrscheinlichkeitsrechnung (HOFFMANN 1993). Er erlaubt Aussagen über den relativen Einfluß eines Modellparameters auf das Auftreten einer bestimmten Zielgröße, hier dem Auftreten einer Bodenform, und gewinnt somit die Bedeutung einer Wahrscheinlichkeit. Die Datengrundlagen und Arbeitsschritte sind in Abb.2 dargestellt. Nach der Berechnung der Kombinierten Boden-Relief-Rate (KBR) erwiesen sich als für die Bodenverbreitung signifikant folgende Reliefattribute: Einzugsgebietsgröße, mittlere Neigung im Einzugsgebiet, Wölbung horizontal und vertikal, Exposition, Entfernung und Höhendifferenz zur Tiefenlinie, Entfernung und Höhendifferenz zur Wasserscheide (DIKAU 1989). Beispiele zur Kombinierten Boden-Relief-Rate zeigt Abb.3. Nach Zuordnung der Rate auf die Reliefattributklassen wurden die so erhaltenen neun Datenschichten durch Multiplikation kombiniert und in fünf gleich große Klassen unterteilt. Daraus konnten Karten mit gestuften Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Para-

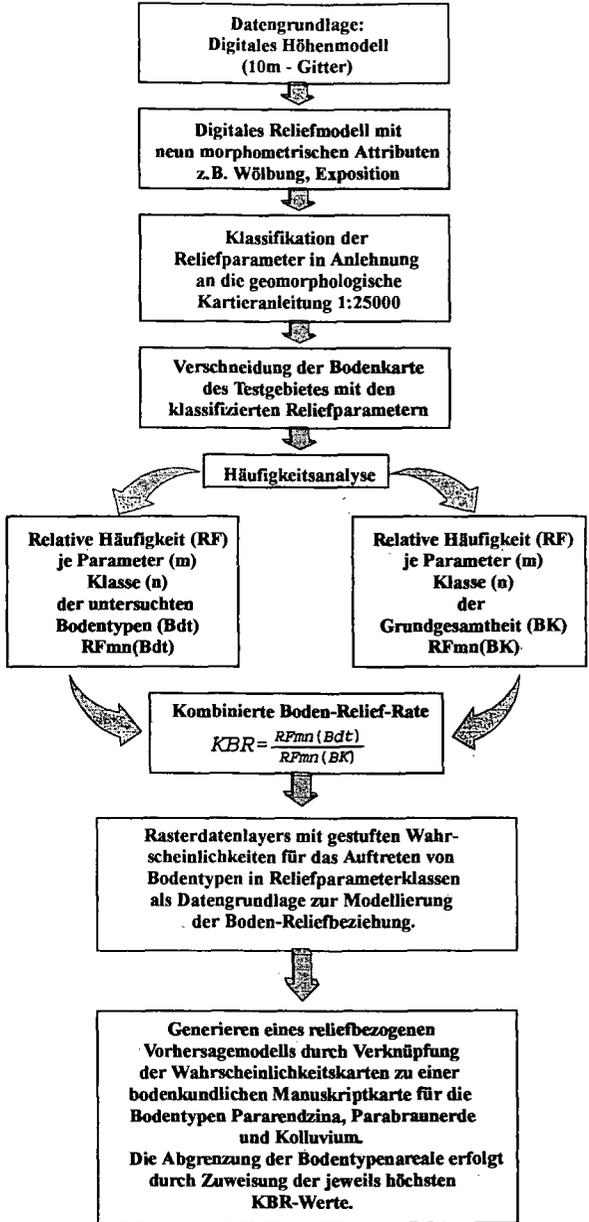


Abb. 2: Datengrundlagen und Arbeitsschritte

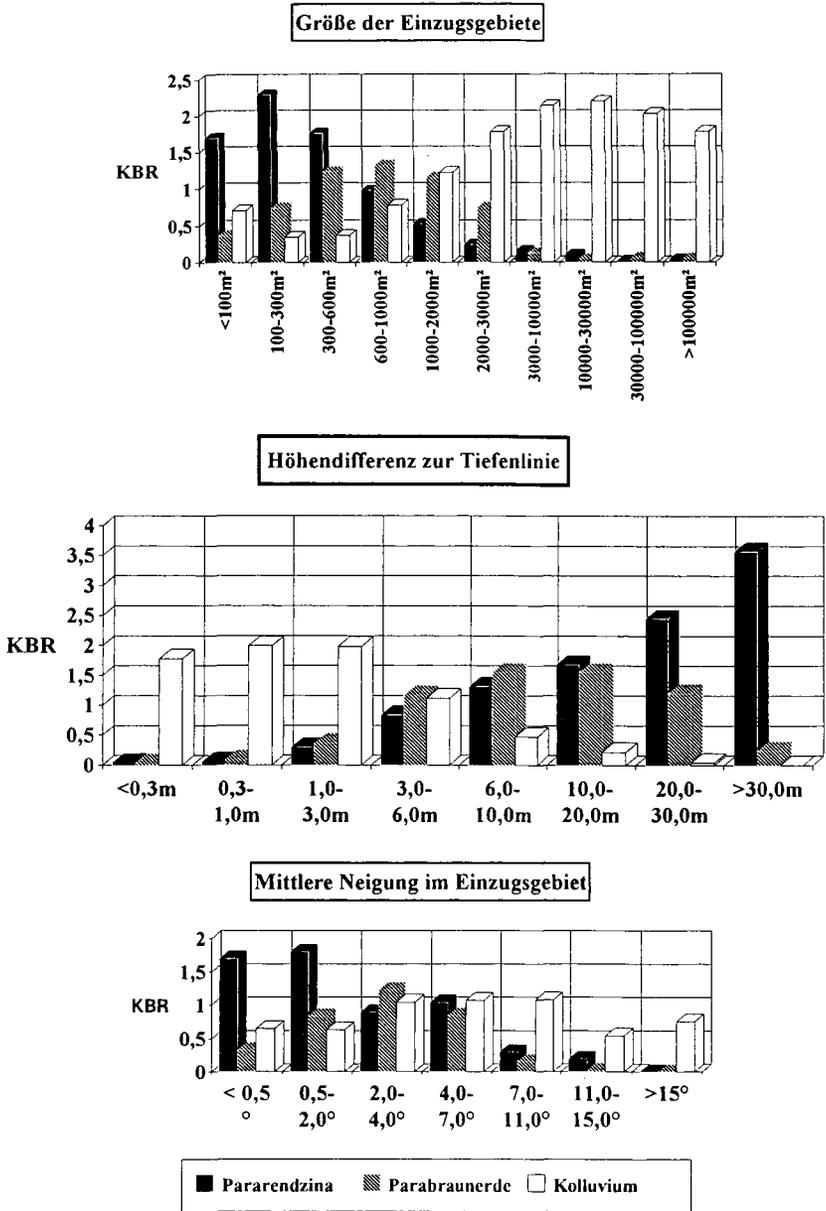


Abb. 3: Beispiele Kombierter Boden-Relief-Raten

rendzina, Parabraunerde und Kolluvium erstellt werden. Die Modellkarte zeigt Abb.4. Sie wurde nach Abgrenzung der Bodenformareale durch Zuweisen der jeweils höchsten Wahrscheinlichkeitstufe je Pixel erzeugt.

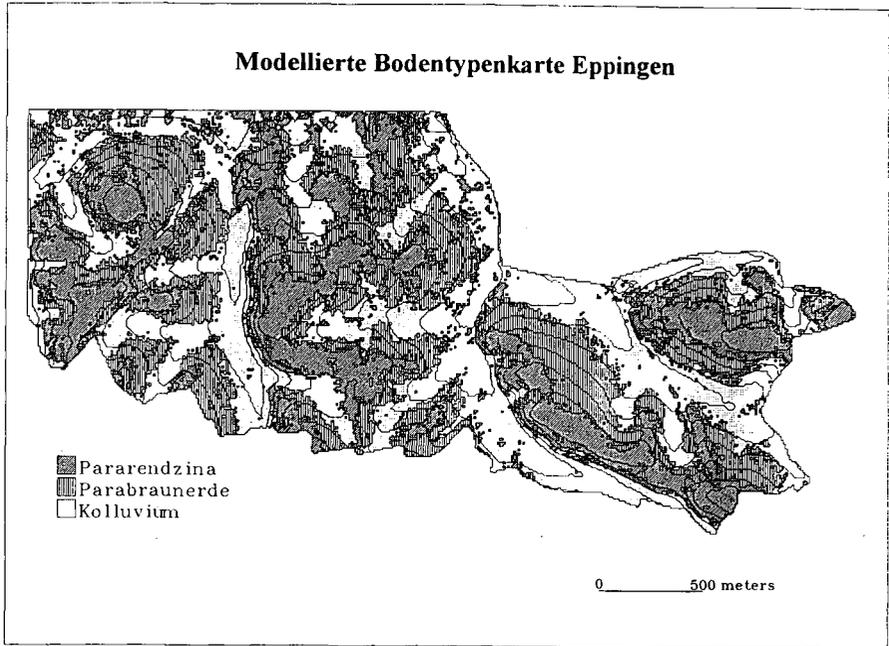


Abb. 4: Modellierte Bodentypenkarte Eppingen

Ergebnis

Das Modellergebnis stellt die ausschließlich aus dem Relief abgeleitete Verbreitung der untersuchten Bodentypen dar. Obwohl nur der Reliefaktor in die Analyse eingeht, zeigt der statistische Vergleich mit der Bodenkarte, daß 40-50% der Bodentypen durch das Modell erklärt werden können. Abweichungen von der Bodenkarte sind Ergebnis der Ungenauigkeiten des Höhenmodells sowie noch nicht berücksichtigter bodenbildener Faktoren des geologischen Untergrundes, der aktuellen und historischen Nutzung, sowie der Hang- und Grundwasserdynamik.

Literatur

- ANIYA, A. (1985): Landslide-susceptibility mapping in the Amahata River Basin, Japan. In: Ann. Assoc. Am. Geogr., 75(1), S. 102-114
- DIKAU, R. (1989): The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology. In: Raper, J. (Hrsg.): Three Dimensional Application in Geographic Information Systems, London, S. 51-77
- FLECK, W. (1990): Bodenbestandsaufnahme Flurber. Eppingen Bodenkarte 1:10000. GLA Baden-Württ., Freiburg
- GÜNDRA, H. (1992): Untersuchungen zu Relief und Bodenverbreitung im Einzugsgebiet des Biddersbach, Nord-Kraichgau. unveröffentlichte Diplomarbeit, Geogr. Inst. Univ. Heidelberg
- HOFFMANN, K. (1993): Modellierungen zu Boden-Reliefbeziehungen im Löbhoogelland, Süd-Kraichgau. unveröffentlichte Diplomarbeit, Geogr. Inst. Univ. Heidelberg

Böden und Substrate auf Sportplätzen im Ruhrgebiet

von

Hütter, M. und P. Reinirkens

1. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Auftrag der Stadt Bochum wurden auf acht ausgewählten Sportplätzen des gesamten Stadtgebietes die verwendeten Baustoffe im Hinblick auf ihre Schwermetallgehalte untersucht. Ziel war es, gesundheitliche Gefährdungen der Sporttreibenden, die sich durch die verwendeten Baustoffe ergeben können, abzuschätzen. Gesundheitliche Risiken können u.a. von Schwermetallen ausgehen, die in den Baustoffen enthalten sind und insbesondere im Verletzungsfall durch direkten Kontakt in den menschlichen Körper eintreten können. Vor dem Hintergrund der intensiven Inhalation der körperlich stark belasteten Sporttreibenden ist die Aufnahme von Stäuben und Gasen über die Lunge ein weiterer möglicher Kontaminationspfad.

Die ausgewählten Sportplätze liegen auf oder benachbart zu Verdachtsflächen von Altablagerungen oder industriellen Altstandorten (STADT BOCHUM Altlastenplan). Gleichzeitig sollten unterschiedlich alte oder im Aufbau verschiedene Anlagen untersucht werden, um die Untersuchungsergebnisse in ihren Größenordnungen vergleichend einordnen zu können.

Untersuchungsgegenstand sind die bei Tennisplätzen im Tennenaufbau verwendeten Baumaterialien der Tennisbeläge und Tragschichten und bei (Teil)-Rasenplätzen die Rasentragschichten. Vielfach sind dabei sekundäre Baustoffe unterschiedlicher Entstehung verwendet worden. In Bochum wird beim Neubau von Sportplätzen als Tennisbelag seit etwa 15 Jahren aufgemahlenes, sog. rotes Haldenmaterial unter den Bezeichnungen Gelsenrot, Haldenrot oder Haverrot benutzt. Aufgemahlene Kraftwerksasche findet als Filterschicht und um die Drainrohre Verwendung. Für alle Materialien liegen seit 1983 Prüfzeugnisse vor, die den Regelprüfungen nach den Güte- und Prüfbestimmungen "Tennisbaustoffe für Sportanlagen" (RAL-GZ 515, 1988) und der DIN 18035, Teil 5 (1987) bzw. deren Vorgängern entsprechen. Darin sind auch Angaben auf die Gehalte der toxischen Stoffe Arsen, Blei, Cadmium, Quecksilber und Zink enthalten. Für die Baustoffe der Tragschichten (Bergehaldenmaterial, Schlacken, Bauschutt u.ä.) liegen entsprechende Unterlagen nicht vor. Ebenso gibt es keine Angaben über die Rasentragschichten.

Während der laufenden Untersuchungen wurde dann bekannt, daß ein bis Mitte der 60er Jahre unter dem Namen Kieselrot verwendeter Baustoff extreme Dioxinbelastungen aufweist. Die Quelle war aufgedichtetes Material aus Rückständen der ehemaligen Kupferverhüttung in Marsberg. Daraus ergibt sich, daß extrem erhöhte Kupferwerte einen begründeten Verdacht liefern, daß dieser Baustoff auch auf Bochumer Sportplätzen Verwendung gefunden hat. Deshalb wurde die Kupferbestimmung kurzfristig in Absprache mit der Auftraggeberin zusätzlich in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Bestimmt worden sind daher die Gehalte der Schwermetalle: Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Quecksilber (Hg) und Zink (Zn)

2. Methodisches Vorgehen

Zur Abschätzung der Gefährdungen, die sich aus den verwendeten Baustoffen ergeben können, sind neben den quantitativen Bestimmungen der toxisch wirkenden Schwermetalle weitere Untersuchungen notwendig. Sowohl für den Kontaminationspfad "Inhalative Aufnahme" als auch zur Bestimmung der Versickerungsintensität der Niederschläge sowie des Verschleißes ist die Körnung ein entscheidendes

*) Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Geowissenschaften, Geoökologie, D-44780 Bochum

Kriterium. Daher wurden von allen Tennenbelägen und Rasentragschichten Korngrößenanalysen durchgeführt.

Auf Löslichkeiten und potentielle Verlagerungen der Schwermetalle in Richtung Grundwasser kann aus dem Aziditäts- bzw. Alkalinitätszustand der Baustoffe geschlossen werden. Dazu wurden die pH-Werte aller beprobten Schichten gemessen.

2.1 Entnahme der Bodenproben und Ansprache der Baustoffe

Die Proben wurden an 27 Probenentnahmestellen je Sportplatz entnommen. Die Verteilung auf dem Feld hatte der Forderung nach Repräsentativität nachzukommen. Dementsprechend sind drei Sektoren in Längsrichtung des Platzes gebildet worden, der Einfachheit halber als Links, Mitte, Rechts bezeichnet, auf denen in drei Bereichen (Teilung in Querrichtung) jeweils drei Einzelproben zu einer Teilmischprobe pro Bereich schon im Gelände zusammengeführt wurden. Für das gesamte Sportplatzfeld führte dies zur Entnahme von neun Teilmischproben, also drei pro Sektor. Zum Transport und für die Lagerung der Proben wurden PE-Tüten verwendet.

2.2 Physiko-chemische Boden-/Substratuntersuchungen

1. Nach Trocknung im Trockenschrank bei 35-40 °C und leichtem Zerstoßen werden je 150 g der drei Teilmischproben identischer Tiefenstufe eines Platzsektors (L, M, R) zu einer Gesamtmischprobe pro Platzsektor vereinigt.
2. Anschließend wird die Mischprobe mit schwermetallfreien Sieben zunächst der Maschenweite 4 mm, dann 2 mm vom Feinkiesanteil getrennt. Die Gewichtsprozent der drei Körnungsfractionen (> 4 mm, < 4 mm und > 2 mm, < 2 mm) wurden bestimmt. Die Obergrenze der Maschenweite von 4 mm bot sich an, weil die Auswertungen der Prüfberichte zu den angelieferten Tennenbelägen, beispielsweise von Gelsenrot 0/3 oder Haverrot 0/3, deutlich machten, daß Kiesanteile > 5 mm nicht vorhanden sind. Zudem beschränkt die RAL-GZ 515 für die Körnung 0/3 den maximalen Überkornanteil auf 5 %. Nachfolgend wird das Material mit einem Durchmesser > 2 mm in Anlehnung an die bodenkundliche Nomenklatur als Skelett, das Material < 2 mm als Feinsubstrat bezeichnet.
3. Von der Fraktion < 2 mm wurde die Korngrößenverteilung nach DIN 19683, Blatt 1 und 2 bestimmt. Bei allen Proben wurde die Dispergierung mit Natriumpyrophosphat durchgeführt. Eine Carbonatzerstörung unterblieb, da dies besonders bei den Tennenbelägen aus Dolomitsand nicht sinnvoll ist.
4. pH-Werte (aus der < 2 mm - Fraktion in 0,01 m CaCl₂-Lösung elektrometrisch)
5. Schwermetallanalyse im Königswasseraufschluß (Homogenisierung in Kugel- bzw. Schwing-scheibenmühle); Bestimmung mit AAS

3. Bewertungskriterien der Boden-/Substratuntersuchungen

Grundlage für die Bewertung der Einzelergebnisse sind:

- die Güte- und Prüfbestimmungen Tennenbaustoffe für Sportanlagen (RAL-GZ 515)
- Prüfungszeugnisse für die verwendeten Tennenbaustoffe
- Erlaß "Metalle auf Kinderspielplätzen" (MAGS NRW 1990)

Die Setzungen der Grenzwerte sind auf den Kontaminationspfad "Inhalative Aufnahme" über aufgewirbelte Stäube von Tennenplätzen abgestellt. Entsprechend groß ist der Aufwand in der Aufbereitung und der Analyse der Proben, denn untersucht wird nur der Feinstaubanteil (< 20 µm). Ziel dieser strengen Qualitätsüberwachung ist es, die Verwendung gesundheitlich bedenklicher Baustoffe von vornherein auszuschließen (DRESCH 1976; DRESCH, EINBRODT & SCHRÖDER 1976).

Die hier verwendete Methode ist ein vereinfachtes und weniger aufwendiges Verfahren in der Probenaufbereitung. Sie vermittelt zwischen den human-toxikologisch ausgerichteten und den bodenkundlichen Methoden. Sie verfolgt - ähnlich der Intention des Erlasses Metalle auf Kinderspielplätzen - als Zielsetzung, den Ist-Zustand zu erfassen und stellt damit ein Monitoring der unterschiedlich alten Sportplätze dar. Diese Methode ist nicht als Ersatz für die aufwendigeren Baustoff-Prüfverfahren gedacht, sondern kann für die Erfassung und Überwachung bereits bestehender, insbesondere älterer Anlagen eingesetzt werden.

4. Ergebnisse am Beispiel einer Sportanlage in Bochum-Werne

Die Sondierungen des Aufbaus des 1986 errichteten Tennenplatzes belegen, daß der Aufbau weitgehend dem der Norm (DIN 18.035 T5) entspricht. Als Baustoff für die Tragschicht wurde dolomitischer Kalkschotter verwendet. Im Bereich M (Torraum) wurden einige Nachbesserungsstellen festgestellt. Der flächigen Homogenität wegen wurden die Trag- und die Filterschicht an nur sechs Stellen beprobt und aus dem Material der Tragschicht nur eine Mischprobe über den gesamten Platz erstellt.

Alle Resultate der Schwermetallanalysen sind der Tabelle 1 (Platz A) zu entnehmen. So haben die Analysen des Tennenbelag-Substrats ergeben, daß eine direkte Gesundheitsgefährdung der Sportler ausgeschlossen werden kann. Insgesamt bleiben fast alle Werte (zumeist deutlich) unter den herangezogenen Grenz- und Richtwerten. Insbesondere die hier wesentlichen Grenzwerte der REBT bzw. der RAL für Tennenbeläge werden sehr deutlich unterschritten. Nur für As ist eine geringfügige Überschreitung des Richtwertes I des Spielplatzerlasses festzustellen. Allerdings wurde dieser Wert wegen der erhöhten oralen Aufnahmewahrscheinlichkeit durch Kleinkinder sehr eng angesetzt und ist auf die Sportler nicht übertragbar, so daß die angesprochene Überschreitung als unbedeutend gelten kann. Insgesamt zeigen die Meßwerte der Tennenbeläge, daß sich keine wesentlichen Differenzierungen hinsichtlich der Platzbereiche ergeben und unterstreichen damit die makroskopisch erkannte Homogenität.

Tab. 1: Schwermetallgehalte [ppm] der Tennenbeläge (I), Tragschichten (II) und des Untergrundes (III)

Platz	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Hg	As
A I L	49,6	57,5	0,47	53,0	30,2	0,19	26,7
M	51,2	63,8	0,36	53,5	29,4	0,16	24,6
R	52,2	67,5	0,47	52,9	31,8	0,16	28,1
II X	10,1	9,0	0,02	43,6	38,5	0,09	3,2
III L	58,5	73,8	0,58	123,3	27,2	0,29	23,0
III RM	55,9	68,5	0,54	125,8	24,5	0,30	19,0
N I L	39,4	145,1	1,47	181,5	20,5	0,23	22,2
M	13,5	51,5	1,05	79,9	6,4	0,20	6,9
R	26,5	111,7	1,30	138,8	12,7	0,20	15,8
II L	39,5	86,9	0,13	54,0	12,8	0,42	29,0
M	35,2	65,2	<0,01	17,6	7,3	0,30	39,0
R	46,5	73,3	0,56	86,0	17,3	0,41	28,0
G I L	911,9	213,5	1,39	287,1	58,9	0,16	40,2
M	798,3	140,3	1,37	206,6	58,8	0,11	29,8
R	834,1	213,9	1,74	270,9	56,5	0,07	36,1
II L	118,2	406,8	1,98	813,5	30,3	0,30	26,0
M	94,4	464,8	1,35	928,7	20,1	0,20	17,0
R	55,8	454,7	1,33	616,1	33,8	0,25	18,0
W I L	32,6	51,0	0,51	59,9	25,6	0,05	13,4
M	29,3	42,4	0,44	54,2	24,5	0,06	13,4
R	32,2	43,4	0,56	50,5	27,4	0,08	11,9
II L	56,5	267,4	0,41	113,1	28,5	0,23	200,0
M	60,4	138,3	0,95	124,0	29,6	0,29	110,0
R	45,4	61,3	0,24	79,6	34,8	0,19	35,0
III L	43,6	232,4	0,23	82,4	21,1	0,45	200,0
M	57,1	169,0	0,44	114,7	30,7	0,31	110,0
R	36,3	112,4	0,16	69,2	23,7	0,44	120,0
Roo I L	550,6	195,4	0,84	88,8	28,5	0,22	35,2
M	617,0	189,6	0,69	86,0	34,4	0,26	33,2
R	740,9	245,7	0,67	92,3	25,5	0,27	45,5
II L	1693,0	62,6	0,81	228,8	49,6	0,40	13,0
M	333,3	51,1	0,72	189,0	61,6	0,24	9,5
R	476,9	48,3	0,50	137,2	25,0	0,28	14,0
III X	44,7	47,3	0,20	86,6	19,4	0,28	25,0

L, M, R: Platzsektoren; X: Mischprobe über den gesamten Platz; A, N, G, W, Roo: Platzkennung; die genauen Ortsangaben sind REINIRKENS & HÜTTER (1991) zu entnehmen.

Ähnlich zu bewerten sind die Analyseergebnisse der Tragschicht und der Filterschicht. Vorab bleibt festzuhalten, daß die Schwermetallgehalte in dem natürlichen Baustoff der Tragschicht (dolomitischer Kalk) generell unter denen der aus Bergematerial bestehenden Filterschicht zurückbleiben. Ausnahme ist der Chrom-Wert der Tragschicht mit 38,5 mg/kg. Auch für die Trag- und die Filterschicht gilt, daß die Richtwerte I und II nach der Spielplatzverordnung nicht erreicht werden. Letztlich ergeben sich auch hier keine Unterschiede der Werte nach Platzbereichen. Insofern bleibt auch für die Trag- und die Filterschicht festzustellen, daß kein Gesundheitsrisiko für Sportler besteht. Der lungengängige Anteil von Staubpartikeln ($< 20 \mu\text{m}$) des Tennenbelages ist so gering, daß auch von daher keine Gefährdung ausgehen kann (10,0 % Ton und Feinschluff).

5. Zusammenfassende Beurteilung

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß eine gesundheitliche Gefährdung der Sporttreibenden auf den ausgewählten Sportanlagen durch die analysierten Parameter grundsätzlich nicht gegeben ist. Im einzelnen zeigen die Ergebnisse dennoch ein heterogenes Bild. Bei den Tennenbelägen sind von den untersuchten Spurenstoffen keine bedenklichen Konzentrationen vorhanden. Die hohen Kupfergehalte der Beläge auf zwei Sportanlagen (Roo, G; s. Tab. 1) begründeten den Verdacht auf den Baustoff Kieselröt, der erhöhte Dioxinkonzentrationen aufweist. Besonders auffällig ist bei den verwendeten Baustoffen das Arsen. Gleichfalls auf diesen beiden Plätzen erreichen - oder überschreiten bis zu 25 % - die ermittelten Konzentrationen die gesetzten Grenzwerte. Eine entsprechende Erneuerung des Tennenbelages ist daher auch aus diesem Grund mittelfristig anzuraten.

Aufgrund der Verschiedenheit der verwendeten Baustoffe für die Tragschichten und des Untergrundes der Tennenaufbauten ist das Ergebnis der Schwermetallanalysen der jeweiligen Schichten differenzierter zu beurteilen. Grundsätzlich gilt, daß der direkte Kontakt der Sporttreibenden mit diesen Baustoffen ausgeschlossen ist. Der Tennenbelag und - soweit vorhanden - die darunterliegende dynamische Schicht decken diese ausreichend ab. Auffällig verhält sich vor allem Bergematerial bezüglich seines Arsengehaltes (W, s. Tab. 1). Die festgestellten Gehalte sind so groß, daß empfohlen wurde, als Vorsichtsmaßnahme und zum Ausschluß anderer Gefährdungen weitergehende Untersuchungen des Sickerwassers anzustellen. So ließ sich mit relativ einfachen Mitteln feststellen, daß unter den vorherrschenden Bedingungen aktuell keine Auslaugungen stattfinden und damit andere Umweltbereiche nicht beeinträchtigt werden.

Literatur:

- DRESCH, W.H.; EINBRODT, H.J. & A. SCHRÖDER (1976) : Zur Beurteilung einer möglichen Gesundheitsgefährdung durch bleihaltige Sportplatzbeläge.- Sportarzt und Sportmedizin, 9: 216 - 220; Köln.
- DRESCH, Walter H. (1976) : Zur Beurteilung einer möglichen Gefährdung durch Blei von Sportplätzen.- Dissertation, RWTH Aachen: 48 S.; Aachen.
- MAGS NRW (1990) : Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen, Erlaß Metalle auf Kinderspielplätzen.- V B 4 - 0292.5.3
- RAL DEUTSCHES INSTITUT FÜR GÜTESICHERUNG UND KENNZEICHNUNG e.V. (1988) : Tennenbaustoffe für Sportanlagen. Gütesicherung RAL-GZ 515.- 12 S.; Bonn. (Gütegemeinschaft Tennendecken e.V., Frankfurt/Main).
- REBT BISp : Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Richtlinie über die Durchführung von Eignungsprüfungen und die Überprüfung der Eigenüberwachung an Baustoffen für Beläge und Dynamische Schichten für Tennenflächen nach DIN 18035 T5.
- REINIRKENS, P. & M. HÜTTER (1991) : Untersuchung Bochumer Sportplätze.- Im Auftrag der Stadt Bochum, Nr. S 33899: 61 S. & Anhang; Bochum.

**Produktionsstättenbedingte Verteilungsmuster von
PAK in Böden ehemaliger Kokerei- und Gaswerk-
standorte des Ruhrgebiets**

von

Ifland, K.¹, D.A. Hiller¹ und R.H. Tebaay²

Einführung und Problemstellung

Das seit 150 Jahren stark industriell überformte Ruhrgebiet besitzt heute große Flächen an schadstoffbelasteten Zechen-, Industrie- und Verkehrsbrachen, deren weitere Nutzung als Industrie- und Gewerbeflächen nicht möglich ist. Besonders von Kokereien und Gaswerken können aufgrund der zumeist vorliegenden organischen Schadstoffbelastung eine besondere Umweltgefährdung ausgehen.

Vorwiegend alte und zumeist aufgelassene Standorte, welche eine Fläche von 100 ha (z.B. Kokerei Dortmund - Dorstfeld) und mehr innehaben können, weisen durch

- Leckagen oder Handhabungsverluste während des Betriebes
- Tank- und Kesselanlagenzerstörung durch Kriegseinwirkungen
- Deponierung von eigenen und fremden Produktionsrückständen auf dem Betriebsgelände während des Betriebs und nach Produktionsaufgabe
- zurückgelassenes Material in den Anlagen nach Stilllegung
- Verlagerung bzw. Ausbreitung kontaminierender Substanzen durch Abriß und Einebnungsmaßnahmen

tiefgründig hohe Gehalte an teils hoch-toxischen polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) auf, die stellenweise bis zu mehreren tausend mg Schadstoff/kg Boden betragen können.

Ziel der vorgestellten Recherche war es, festzustellen, ob auf den Kokerei- oder Gaswerksstandorten - aufgrund der unterschiedlichen Produktionsprozesse bei der Kohleveredlung - Produktionsstätten bedingte Verteilungsmuster von PAK in den Böden vorliegen. Die Kenntnis von produktionspezifischen Verteilungsmustern ermöglicht es Laboruntersuchungen zu minimieren und die Bodensanierung auf die hochkontaminierten Bereiche zu beschränken bzw. anhand der spezifischen PAK-Verteilung in den Böden geeignete Sanierungsverfahren einzusetzen.

Bei der Interpretation der vorhandenen Daten ist zu berücksichtigen, daß nicht an allen Standorten die 16 PAK nach EPA untersucht wurden bzw. daß nicht auf jedem Standort zu allen Produktionsstätten eindeutig Probenahmepunkte zugeordnet werden konnten. Trotz dieser Einschränkung kann davon ausgegangen werden, daß die nachfolgend ausgeführten Ergebnisse die produktionsstättenbedingte PAK-Verteilung auf Kokerei- und Gaswerkstandorten weitgehend charakterisieren.

Material und Methoden

Zur Auswertung standen Daten der Kokerei- und Gaswerkgefährdungsabschätzungen von 5 aufgelassenen Kokereien und 2 ehemaligen Gaswerken zur Verfügung, die zwischen 1988 und 1990 vom Institut Fresenius Dortmund beprobt und auf organische Schadstoffe analysiert wurden (Tab. 1).

Zur Ableitung produktionsstättenbedingter PAK-Verteilungsmuster wurden, in einer nachgeschalteten historischen Analyse, zu den einzelnen Probenahmepunkten auf den Geländen die entsprechende Produktionsanlage recherchiert.

Nach der Datenaggregation wurde für die ausgewiesenen Betriebsanlagen von der Vielzahl der Einzelanalysen ein arithmetischer Mittelwert zu den einzelnen PAK berechnet, welcher die mittlere Belastung charakterisiert.

1) Universität-GHS-Essen, Abt. Angewandte Bodenkunde, 45001 Essen

2) Agentur Altlastenmanagement Emscher-Lippe, Kurt-Schumacher-Straße 28, 45699 Herten

Tab. 1: Probenanzahl und Probenentnahmemethode sowie Anzahl der untersuchten PAK-Verbindungen auf den verschiedenen Standorten

Standort	Probenanzahl	Proben- (* nahme	untersuchte PAK-Verb.
1 Kokerei, Essen	71	O+B+RK	14
2 Kokerei, Dortmund	30	RK	14
3 Kokerei, Unna	66	RK	14
4 Kokerei, Lünen	60	S + RK	14
5 Kokerei, Gelsenkirchen	47	O + RK	12
6 Gaswerk, Lippstadt	58	RK	16
7 Gaswerk, Dortmund	29	RK	11

(* : B = Bohrungen, RK = Rammkernsondierung, S = Schürfe,
O = Oberflächenbeprobung

Ergebnisse

Aus den Ergebnissen der historischen Recherche lassen sich auf den verschiedenen Kokerei- und Gaswerkstandorten 24 unterschiedliche Betriebsanlagen rekonstruieren, denen PAK-Untersuchungen aus den jeweiligen Gefährdungsabschätzungen zugeordnet werden können.

Da die Ausgangsstoffe der PAK-Bodenkontamination stets Kohle und die hieraus destillierten Kohlenwasserstoffe sind, treten bestimmte PAK-Verbindungen wiederkehrend auf. Die übergreifende Auswertung der gemittelten PAK-Werte aus den Standortuntersuchungen zeigt, daß auf den Kokerei- und Gaswerkstandorten in der Regel *Naphthalin* (2-Ringaromat) (bis zu 42 % der PAK-Gesamtbelastung) mit *Phenanthren* (3-Ringaromat) (bis zu 28% der PAK-Gesamtbelastung) dominieren und deutlich höhere Anteile an der PAK-Belastung einnehmen als die Vierringaromaten Fluoranthren (7-23 %) und Pyren (5-24 %). PAK-Verbindungen mit mehr als vier kondensierten Ringen haben in der Regel weniger als 10% Anteil an der jeweiligen durchschnittlichen gesamt PAK-Belastung der 7 Standorte (vgl. Tab. 2).

Zur Merkmalserfassung eines Produktionsstätten bedingten PAK-Verteilungsmusters wurden die PAK zueinander in Bezug gesetzt um die den Standort dominierenden, musterprägenden PAK-Verbindungen herauszuarbeiten. Nachfolgend ist dies für den Produktionsablauf vom Lagerbereich bis zur Teerdestillation näher ausgeführt.

Im Lagerbereich muß von einer diffusen Kontamination ausgegangen werden, da Neben-, Zwischen- und Endprodukte sowie Abfälle aus den Produktionsprozessen gelagert wurden. Es dominieren Fluoranthren und Anthracen und bilden zusammen das PAK-Verteilungsmuster. Diese Kombination tritt in keinem anderen untersuchten Anlagenbereich wieder auf. Bei der PAK-Belastung des **Gleiskörpers**, über den Fertig-, Halb- und Rohprodukte bzw. Abfallstoffe der Kokerei transportiert wurden, dominiert Fluoranthren deutlich vor Benzo(b)- und Benzo(a)pyren. Bei der **Kohlesieberei** konnten mit einer durchschnittlichen PAK-Belastung von 1,1 mg/kg nur gering erhöhte PAK-Gesamtgehalte ermittelt werden. Das PAK-Verteilungsmuster wird durch Benzo(a)pyren und Benzo(k)fluoranthren dominiert. Dies deutet auf einen nicht ausschließlich auf Kohle zurückzuführenden PAK-Eintrag hin, da das PAK-Muster von Kohle durch Naphthalin, Phenanthren, Fluoren, Fluoranthren und Pyren charakterisiert ist. Eindeutig für die Bodenbereiche um **Koksöfen** ist eine PAK-Musterprägung durch Phenanthren, Fluoranthren und Benzo(a)anthracen. Diese Ver-

teilung stimmt mit dem Muster überein welche beim Verkokungsvorgang entstehen. Durch beim Koksdrücken entstehende Stäube und Gase, welche die vorgenannten PAK-Verbindungen enthalten werden die Böden der Umgebung belastet.

Tab. 2: Durchschnittliche prozentuale PAK-Verteilung auf den Kokerei- und Gaswerkstandorten

PAK	Standorte						
	1	2	3	4	5	6	7
NA	35	0	4	34	1	42	
Alen					0	2	9
Aen					0	1	
F	2	9	0	7	1	4	
PHE	28	26	13	13	9	16	
ANT	2	6	1	4	4	4	
FLU	7	22	18	12	23	10	29
PYR	5	16	24	11	16	8	
BaA	3	4	6	5		4	11
CHR	7	3	8	3	11	3	9
BbF	2	4	8	3		2	15
BkF	1	2	3	1	16	1	6
BaP	2	3	5	2	9	2	9
DBahA	0	0	1	1		0	1
BghiP	3	2	5	1	5	1	6
IP	3	2	4	2	5	1	6

Der **Kühler**, welcher zur Trennung von Gas und Teer das ausgeschwelte Gas auf 25 °C herunterkühlt, ist eine im weit vorne im Produktionsprozeß angeordnete Anlage. Aus Leckagen können hier besonders die leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe Naphthalin, Fluoren und Phenanthren in größerem Umfang freigesetzt werden.

In den Böden um die **Kondensation**, welche die Ammoniakwasserphase von der Teerphase trennt zeigt sich ein typisches Teer-Verteilungsmuster. In Steinkohlenteerresten oder -teersäuren dominierenden neben dem Fluoranthen die Fünfringaromaten Benzo(b)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Benzo(k)fluoranthen. In den die Teerbecken umgebenden Böden dominieren Naphthalin, Phenanthren, Fluoranthen sowie Pyren und bilden ein typisches Steinkohleteer PAK-Muster. Der dominante Anteil der leichtflüchtigen PAK-Verbindungen diesen Bereich ist darauf zurückzuführen, daß der in den Teerbecken gesammelte Teer in der ersten Phase des Kokereiprozesses anfällt. In den Bereichen um die **Teerdestillation** wurden nur die PAK der TVO erhoben. Mit 26% am durchschnittlichen PAK-Gesamtgehalt dominiert Fluoranthen über Benzo(b)fluoranthen (12%), Benzo(a)pyren (11%) und Indeno(1,2,3)pyren (8%). Die vergleichsweise hohen Konzentrationen der über drei Ringe kondensierten PAK ist auf die in diesem Produktionsprozess ablaufen-

de Zerlegung des Steinkohlenteers in verschiedene Fraktionen zurückzuführen, welche zum Teil vorwiegend aus höher kondensierten Aromaten (Waschöl, Anthracenöl, Pech u.a.) bestehen.

In der auf die Kondensation folgenden **Benzolfabrik** verschiebt sich das PAK-Muster der untersuchten Böden zu den höher kondensierenden PAK-Verbindungen. Von 12 untersuchten PAK dominiert Fluoranthren mit 18%, Benzo(k)fluoranthren mit 14%, Dibenzo(a,h)anthracen mit 12% und Indeno(1,2,3)pyren mit 11% Anteil das PAK-Muster in Bodenproben der Benzolfabrik. Verantwortlich hierfür sind u.a. welche bei der Gasabspaltung und der Auftrennung des Rohbenzols anfallenden Teersäuren, aus denen im Benzolwäscher die verbliebenen Benzolkohlenwasserstoffe aus dem anfallenden Rohgas abgeschieden werden. Dadurch läßt sich auch die in der Untersuchung festgestellte gleichmäßige Verteilung der 16 PAK erklären. Prägend für die Musterbildung ist das Pyren. Das PAK-Verteilungsmuster in den Böden um die **Benzolwäsche** wird von den PAK-Gehalten des Rohgases und denen des Waschöls bestimmt. Die PAK-Verteilungsmuster der Böden um die **BTX-Destillation** und denen des **Tanklagers** sind weitgehend identisch. Von den 6 nach TVO bestimmten PAK nehmen die Gehalte von Fluoranten über Benzo(b)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Benzo(k)pyren und Benzo(ghi)perylen zu Indeno(1,2,3)pyren ab. Ob in dem Tanklager Produkte der BTX-Destillation aufbewahrt wurden ließ sich durch die Nutzungsrecherche nicht eindeutig klären; aufgrund der PAK-Musterausprägung scheint dies jedoch als sehr wahrscheinlich.

Der **Gasometer**, als Lagerort für das produzierte Kokereis- oder Stadtgas - befindet sich am Ende des Produktionsprozesses. Ein großer Teil der Zwei- und Dreiringaromaten sind im Laufe der Produktion in anderen Bereich abfraktioniert worden, wodurch sich vermehrt höher siedende PAK-Verbindungen, wie z.B. Benzo(b)-fluoranthren sowie Benzo(ghi)perylen anreichern, welche sich auch infolge von Leckagen auch im Boden um den Gasometer niederschlagen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß eine PAK-Bodenbelastung auf Kokereien und Gaswerkstandorten in der Regel von Naphthalin, Phenanthren dominiert wird, wobei auch Fluoranthren und Pyren hohe Gehalte aufweisen. PAK-Verbindungen mit mehr als vier kondensierten Ringen haben zumeist weniger als 10% Anteil an der jeweiligen durchschnittlichen gesamt PAK-Belastung.

Jedoch gibt es produktionsstättenbedingt deutliche Unterschiede der PAK-Verteilungsmuster, welche in starkem Maße von dem jeweiligen Verarbeitungsschritt mit beeinflußt werden. Böden um Anlagen, die am Beginn der Kohleveredlung stehen (Kühler, Kondensation, Teerbecken) weisen im PAK-Verteilungsmuster vorwiegend leichtflüchtige und niederkondensierte PAK-Verbindungen aus. Flächen mit Produktionsanlagen, die am Ende des Produktionsprozesses einer Verkokung bzw. Gaserzeugung (Kläranlage, Gasometer, BTX-Destillation, Tanklager) stehen, haben häufig Benzo(b)fluoranthren, Benzo(a)pyren u.a. höher kondensierten PAK-Verbindungen als prägende Substanzen im PAK-Verteilungsmuster.

Abkürzungen:

Aen = Acennaphthen, Aen = Acennaphthylen, ANT = Anthracen, BaA = Benz(a)anthracen, BaP = Benzo(a)pyren, BbF = Benzo(b)fluoranthren, BghP = Benzo(ghi)perylen, BkF = Benzo(k)fluoranthren, BTX = Benzol, Toluol und Xylol, CHR = Chrysen, DBA = Dibenzo(ah)anthracen, EPA = Environmental Protection Agency, F = Fluoren, FLU = Fluoranthren, IP = Indeno(1,2,3)pyren, NA = Naphthalin, PAK = Polyzyklisch aromatische Kohlenwasserstoffe, PCB = Polychlorierte Biphenyle, PHE = Phenanthren, PYR = Pyren, TVO = Trinkwasserverordnung, * = nicht bestimmt

Standorteigenschaften arider Böden in der Namib

von

Jähniq, U.⁺ und N. Jürgens⁺⁺

1. Einleitung

Seit mehr als 10 Jahren wird die Vegetation verschiedener Wüstenregionen der Namib und der an sie angrenzenden Gebiete in pflanzensoziologischer und vegetationsgeographischer Hinsicht untersucht (JÜRGENS 1986, 1991, 1993). Während bereits einige Arbeiten über die Geologie und Geomorphologie der Namib erschienen sind, gibt es bisher fast keine Untersuchungen über die Böden und ihre Standorteigenschaften. Das Ziel der präsentierten Arbeit ist es, mit Hilfe von Gelände- und Laboranalysen und durch die parallele Bestimmung der Vegetation eine erste Prüfung der Beziehung zwischen den Vegetationseinheiten und ihren Böden durchzuführen. In drei Regionen der Namib wurden die Bodeneigenschaften einer Auswahl von charakteristischen Vegetationseinheiten (40 Standorte) untersucht.

2. Die Namib

Die Namib erstreckt sich als relativ schmales Band (80-150 km breit) über eine Strecke von fast 2000 km vom südlichen Angola bis zur Kapprovinz der Republik Südafrika (vgl. Abb.1). Sie wird im Westen durch den Atlantik und im Osten durch das Große Escarpment begrenzt. Die Namib liegt im Bereich des trockenen subtropischen Klimagürtels. Im Norden erhält sie Sommerregen und südlich von Lüderitz Winterregen. Auf Grund des kalten Benguelastromes, über dem sich ständig Nebel bildet, stellt sie in Küstennähe eine Nebel-Wüste mit geringeren Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit dar. Dagegen wird das Klima der Namib am Fuß des Escarpment von heißen, kontinentalen Luftmassen bestimmt. Zudem zeigt diese Region sowohl geomorphologisch als auch geologisch ein sehr abwechslungsreiches Bild.

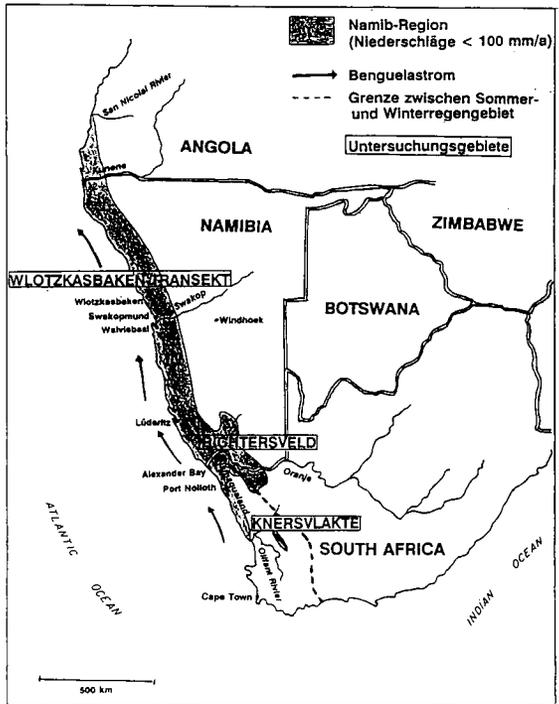


Abb.1 Lage der Namib und der Untersuchungsgebiete

⁺) Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg, Allende-Platz 2, 20146 Hamburg

⁺⁺) Institut für Allgemeine Botanik der Universität Hamburg, Ohnhorststr. 18, 22609 Hamburg

3. Untersuchungsgebiete und Methoden

Der regionale Schwerpunkt der Untersuchung war das **Richtersveld** (vgl. Abb.1), in dem 1989 ein Nationalpark errichtet worden ist. Es befindet sich an der nördlichen Grenze von Südafrika, am Oranje. Es wurde ausgewählt, da in ihm viele Besonderheiten der Namib-Region auf kleinem Raum zusammentreffen, wie z.B. die Grenze zwischen Sommer- (im Osten) und Winterregengebiet (im Westen). Das Richtersveld läßt sich in Küstenniederung und Bergland untergliedern. Entsprechend vielfältig ist auch die Vegetation sowohl in ihren Adaptionformen als auch in ihrer phytocoenologischen Gliederung (JÜRGENS 1986). Ergänzende Untersuchungen wurden im Winterregengebiet (**Knersvlakte**) und im Sommerregengebiet in der Zentralen Namib (**Wlotzkasbaken-Transekt**) durchgeführt (vgl. Abb.1).

An den Standorten sind folgende Parameter bestimmt worden: Bodenart, Kalkgesamtgehalt, pH-Wert (H_2O , $CaCl_2$), Leitfähigkeit, lösliche Ionen aus der Gleichgewichtsbodenlösung (Ca, Mg, K, Na, Cl, SO_4 , CO_3 , NO_3 ; 1:1-wässriger Extrakt), Elementgesamtgehalte mit der Röntgenfluoreszenzanalyse.

4. Bodeneigenschaften

Folgende Bodentypen sind nach der Soil Taxonomy in den drei Untersuchungsgebieten angesprochen worden: **Entisols**: Lithic Torriorthents, Typic Torriorthents, Typic Torripsamments. **Aridisols**: Lithic Calcicorthid, Typic Paleorthid, Typic Gypsiorthid, Petrogypsic Gypsiorthid, Lithic Natrargid.

Die **Bodenarten** vieler Böden sind schluffige oder lehmige Sande. In der Küstenniederung und in einigen Talungen kommen auch reine Sande vor. Bodenarten mit deutlich höheren Schluff- und Tonanteilen findet man selten.

Die **Kalkgesamtgehalte** der Böden sind in der Zentralen Namib (Durchschnittswert im Untersuchungsgebiet: 11,8 %) deutlich höher als im Richtersveld (Durchschnittswert im Untersuchungsgebiet: 2,2 %). Im Richtersveld sind die Kalkgesamtgehalte für Wüstenböden relativ gering; sie weisen kleinräumig - v.a. im Bergland - große Unterschiede auf.

Bei den untersuchten Standorten variiert der **pH-Wert** (H_2O) von 4,8 bis 10,5. Im Vergleich zu mitteleuropäischen Böden sind die pH-Werte meist sehr hoch ($> pH 8$). Während die pH-Werte in den Küstenniederungen und den Talungen relativ einheitlich sind, variieren sie im Bergland kleinräumig stark.

Die **Leitfähigkeit** liegt in diesen Böden zwischen 0,1 und 14,9 mS/cm. Typische Salzböden mit Salzgehalten über 2% sind in dieser Region nur selten. Die Leitfähigkeiten erreichen aber häufig Werte (> 2 mS/cm), die bei vielen Nutzpflanzen schon toxische Auswirkungen haben.

Häufig weisen die Böden einen konträren Tiefenverlauf von pH-Wert und Leitfähigkeit im Profil auf (vgl. Abb. 2). Mit zunehmender Profiltiefe nimmt der pH-Wert ab, die Leitfähigkeit dagegen zu.

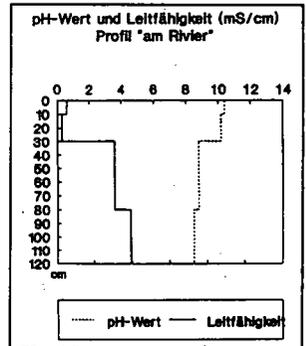


Abb.2 pH-Wert und Leitfähigkeit des Profils 'am Rivier' (Richtersveld)

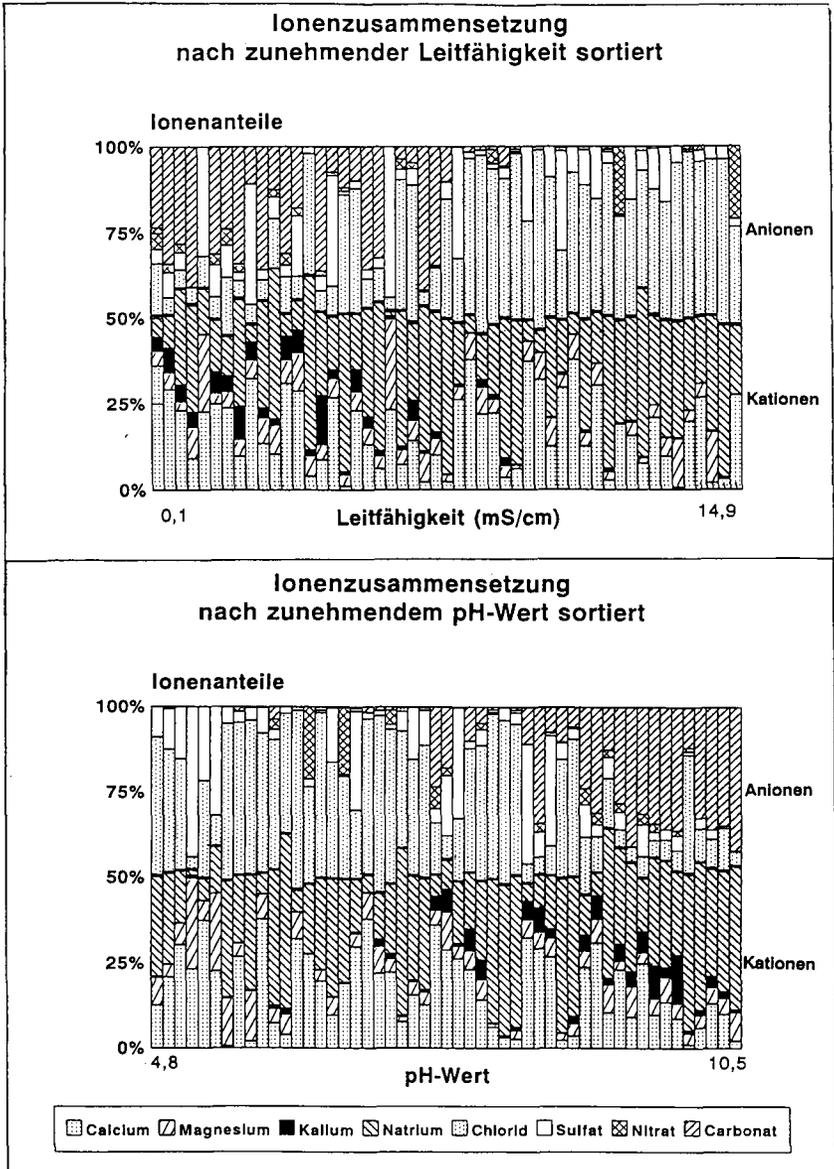


Abb.3 Ionenzusammensetzung in der Gleichgewichtsbodenlösung nach zunehmender Leitfähigkeit (oben) und nach zunehmendem pH-Wert (unten) sortiert

Auffällige Unterschiede bestehen zwischen den Böden hinsichtlich der **Ionenkonzentration und -zusammensetzung**. Im Gegensatz zu mitteleuropäischen Böden sind die Gehalte an löslichem Sulfat und Kalium erhöht, wogegen die Gehalte an löslichem Nitrat und Phosphat

nur sehr gering sind. Phosphat liegt in diesen Böden wahrscheinlich hauptsächlich als schwerlösliches Calciumphosphat (Apatit) vor und ist somit schlecht für Pflanzen verfügbar.

Die Ionenzusammensetzung in der Gleichgewichtsbodenlösung zeigt sowohl eine Beziehung zur Leitfähigkeit (vgl. Abb. 3 oben) als auch eine zum pH-Wert (vgl. Abb. 3 unten). Böden mit niedrigen Leitfähigkeiten und hohen pH-Werten enthalten hauptsächlich Soda als lösliches Salz, dagegen sind Böden mit niedrigeren pH-Werten und hohen Leitfähigkeiten durch Calcium- und Natriumchloride gekennzeichnet. Die Kaliumanteile sind in Böden mit geringeren Leitfähigkeiten und höheren pH-Werten größer. Somit können in den Böden je nach pH-Wert und Leitfähigkeit bestimmte Hauptsalzkomponenten angenommen werden.

Die Verteilung der Ionen innerhalb der Profile ist durch ihre unterschiedliche Löslichkeit bedingt. Während das schlechter lösliche Soda schon oberflächlich ausfällt, fallen die besser löslichen Chloride erst in größerer Tiefe aus.

Die Untersuchung der **Nährstoffgesamtgehalte** ergab nur geringfügige Unterschiede innerhalb der Böden in dieser Region. Die löslichen Salzgehalte sind unabhängig von den Nährstoffgesamtgehalten.

5. Beziehung zur Vegetation

In dieser Arbeit wurden die Böden verschiedener Vegetationseinheiten charakterisiert. Trotz einer Vielzahl unterschiedlicher Gesteine lassen sich die Böden nur geringfügig aufgrund der Nährstoffgesamtgehalte und der Bodenarten unterscheiden. Dagegen unterscheiden sich die Standorte deutlich hinsichtlich des pH-Wertes und der Leitfähigkeit, sowie der Ionenzusammensetzung in der Gleichgewichtsbodenlösung. Mit Hilfe dieser drei Parameter können die Böden von nebeneinanderliegenden Vegetationseinheiten gut differenziert werden. Diese Unterschiede sind im Bergland (z.B. in Numees, Richtersveld) besonders deutlich, wo die Vegetationseinheiten und Böden kleinräumig stark variieren. So unterscheiden sich die pH-Werte der Böden von zwei benachbarten Vegetationseinheiten einer Hangsequenz in Numees um c.a. 4 pH-Einheiten (pH 6 und pH 9,7 - Mittelwert). Auch die Ionenzusammensetzung in der Gleichgewichtsbodenlösung zeigt deutliche Unterschiede: Das am Unterhang gelegene Profil ist durch einen erhöhten Anteil an Magnesium- und Calciumsulfat gekennzeichnet, das höher gelegene dagegen durch einen erhöhten Soda-Anteil. Diese Vielseitigkeit ist in erster Linie auf klimatische Unterschiede zurückzuführen, die durch das Relief und die Exposition bedingt sind. In künftigen Untersuchungen zu den ursächlichen standort-physiologischen Zusammenhängen zwischen den Bodeneigenschaften und den Pflanzenansprüchen sollten sowohl der Nährstoffhaushalt als auch der Wasserhaushalt stärker berücksichtigt werden.

6. Literatur

- JÄHNIG, U. (1993): Charakterisierung arider Böden in der Namib unter besonderer Berücksichtigung der Vegetation (Nationalpark Richtersveld - Südafrika - und andere Standorte), unveröff. Diplomarbeit, Hamburg, 126 S. + Anhang
- JÜRGENS, N. (1986): Untersuchungen zur Ökologie sukkulenter Pflanzen des südlichen Afrika. (Mitt. Inst. Allg. Bot. Hamburg, 21, S.139-365
- JÜRGENS, N. (1991): A new approach to the Namib Region I: Phytogeographic subdivision. *Vegetatio*, 97, S. 21-38
- JÜRGENS, N. (1993): Vegetation der Namib: Ein Beitrag zur ökologischen Gliederung, Phytogeographie und Florengeschichte einer afrikanischen Trockengebietsflora, im Druck

Rekonstruktion jungquartärer Landschaftsgenese in Nordost-Afrika

von

Janz, E.¹, I. Ahrendt¹ und H.-R. Bork²

Projektziel:

Rekonstruktion der jungquartären Landschaftsgenese in Nordost-Afrika mittels bodenkundlicher und geomorphologischer Untersuchungen.

Das gesamte Untersuchungsgebiet umfaßt die ägyptische und sudanesishe Küstenebene entlang des Roten Meeres sowie das westlich daran anschließende Gebirge.

Die hier beispielhaft dargestellten Ergebnisse beschränken sich auf den äußerst südöstlich gelegenen Untersuchungsraum im Sudan, dem Einzugsbereich des Wadi Baraka mit seinem größten Nebenarm, dem Wadi Langeb nahe der äthiopischen Grenze.

Beschreibung des Untersuchungsraumes um Wadi Baraka / Wadi Langeb

Der periodisch wasserführende Fluß Baraka entspringt im äthiopischen Hochland (Gipfel mit bis zu 2.500 m über dem Meeresspiegel), wo er auch sein Haupteinzugsgebiet besitzt und mündet mit dem 900 km² großen Tokar Delta im Roten Meer. Sein Hauptnebenfluß Langeb liegt vollständig auf der sudanesischen Seite der sog. 'Red Sea Hills', die hier Höhen von etwa 1.000 m über dem Meeresspiegel erreichen.

Die Gebirgskette der 'Red Sea Hills' verläuft parallel zur Küstenlinie. Der Hauptanteil des Gebirges ist geologisch gesehen Teil des Präkambrischen Grundgebirges, das hier an mehreren Stellen durch jüngere Granite, Gabbros, Syenite und Diorite intrudiert wird. Auch Vulkanite, speziell Basalte und Rhyolite, und Ganggesteine treten häufig auf. Die Wadis und die Küstenebene sind von tertiären und quartären Sedimenten überdeckt. Es wurden Sanddünen bis zu einer Höhe von 8m gesehen.

Generell gilt das Klima als 'arid'. Es treten jedoch zwei kurze potentielle Regenzeiten (Juli bis Sept. und Nov. bis Jan.) auf, die durch die zwei Hauptwindrichtungen ausgelöst werden: durch die ITC gesteuerter Südwestwind von Juni bis September und Nordostwind während des restlichen Jahres.

Die vorgefundene spärliche Vegetation ist halbwüstenartig und erscheint vorwiegend in und entlang der Wadibette. Sie setzt sich zusammen aus großen Dom-Palmen, kleinwüchsigen, kleinstblättrigen Akazienarten, einigen Tamarisken, Euphorbien und annuellen Gräsern. Nahe der Küste finden sich fast ausschließlich Halophyten.

Die heutige Landschaft zeigt ein Mosaik aus Zeugenbergen, Pedimenten und Pedimentresten, Waditerrassen und deren Reste und aus sandbedeckten Wadis. Generell wurden vier verschiedene Höhenniveaus als Zeugen früherer Landschaftsoberflächen - und damit verbunden anderer Klimabedingungen (s. Abb. 1) - gefunden.

Bodenentwicklung

Unter den gegenwärtigen Klimabedingungen findet hauptsächlich physikalische Verwitterung und Verlagerung (äolisch und fluvial) von früher verwittertem oder sedimentiertem Material statt. Chemische Verwitterungs- und Bodenbildungsprozesse laufen wegen des Mangels an Feuchtigkeit nur sehr minimal ab. Die in Pedimentresten (Profil # 31/33) oder Flußterrassen (Profil # 2) gefundenen Böden müssen sich unter deutlich feuchteren Klimabedingungen als den heutigen entwickelt haben. Die hohen Tongehalte, die hohen Gehalte an pedogenen Eisenoxiden und die rötlichen Bodenfarben (s. Tab. 1) zeugen von ehemals intensiv abgelaufenen pedogenen Transformationsprozessen. Als weiteres Indiz für ehemals feuchteres Klima sind die meist weitgehend entkalkten Bodenprofile (oft im Oberboden sekundär aufgekalkt; s. Tab. 1) oder die oftmals im Unterboden vorhandenen steinharten Kalkkrusten anzusehen.

Das Bodenprofil # 31 wurde im Top, # 33 als Aufschluß innerhalb eines ca. 3,5 m mächtigen Pedimentrestes im Bereich des Wadi Baraka gefunden. An der Basis des Pedimentrestes steht Basalt an.

Die Analyse des Profils # 33 zeigt im wesentlichen die gleichen Ergebnisse (s. Tab. 1) wie die Analyse

¹ Techn. Universität Berlin -SFB 69-, Ackerstr. 71-76, 13355 Berlin

² Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V., Wilhelm-Pieck-Str. 72, 15374 Müncheberg

des Profils # 31, nur daß sich bei # 33 zusätzlich Hangeffekte beobachten lassen und man hier das Profil bis zu seiner Basis verfolgen kann. Das Pediment bzw. das Bodenprofil wird von einem mäßig dichten, schwach mit Wüstenlack geschwärzten Steinpflaster bedeckt, welches in eine ca. 2 cm mächtige Schluffschicht eingebettet ist. In einer Tiefe von 26 - 38 cm und bei 52 cm erscheinen verhärtete Salzkrusten, die vermutlich das Ende zweier verschieden alter Sickerwasserfronten markieren. In einer Tiefe von über 3,25 m, also direkt über der Basis, findet sich eine harte Kalkkruste. Sowohl die chemischen Daten (s. Tab. 1) als auch die Ergebnisse der Korngrößenanalyse weisen bei diesem Profil auf drei verschiedene Generationen von Bodenbildungsphasen.

Das Bodenprofil # 2 wurde im oberen Teil einer 7m über das rezente Wadibett herausragenden Terrasse auf basaltischem Ausgangsmaterial im Wadi Langeb gefunden. Die oberen beiden Horizonte (s. Tab. 1) zeigen einen tief dunkelroten, tonhaltigen, entkalkten Boden, der sich aus granitischem Ursprungsmaterial gebildet hat. Unterhalb des zweiten Horizontes ist sowohl in Farbe als auch Struktur eine abrupte Schichtgrenze sichtbar: die beiden unteren Horizonte stellen Relikte eines über dem Basalt in situ entwickelten Bodenprofiles dar. Vermutlich kam es bei diesem Profil zuerst zu einer mächtigen Bodenentwicklung über dem anstehenden Basalt. Ein deutlich warm-humides Klima förderte dann starke Entkalkungs-, Rubefizierungs- und Tonbildungsprozesse. Es entstand eine sehr harte, mächtige Kalkkruste im Unterboden. Danach wurde das Bodenprofil teilweise gekappt und das Ganze fluvial mit granitischem Material überschüttet. Die folgende geomorphologische Ruhephase ermöglichte wiederum eine intensive Bodenbildung, so daß sich im aufsedimentierten granitischen Material erneut ein Bodenprofil entwickelte. Später wurde hiervon der Oberboden wieder gekappt. In der Folgezeit kann das Klima dann nur noch arid, entsprechend dem heutigen Zustand, gewesen sein.

Eine zeitliche Einordnung der stattgefundenen landschaftsprägenden Ereignisse wird von einer noch ausstehenden C¹⁴-Datierung verschiedenen Materials erhofft.

Beide Böden wurden anhand der FAO-Unesco soil chart (1988) als 'Gypsic Solonchak' klassifiziert.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über einige diagnostische Analysedaten der aufgeführten Bodenprofile.

horizon no.	symbol (FAO)	depth cm	remarks / colour*	>2mm %	clay %	pH H ₂ O	EC 1:2,5 ms/cm	soluble Ca mg/kg	sol. Na mg/kg	CO ₃ % of <2mm	SI / mg/kg	Al / mg/kg	Fe o mg/kg	Fe d mg/kg	Fe 203 total (of <2mm)
Baraka (#31)															
31/1	Av	00-02	yeamic ph.	55.2	11,33	7,6	15,7	4688	1176	2,09	1398	1285	292	6546	7,62
31/2	Bws	02-05	10 YR 3/3	24,5	10,62	7,7	14,4	3608	1578	0,00	1679	1114	292	6846	8,14
31/3	By	05-16	5 YR 3/3	55,9	13,25	7,1	22,3	5707	4405	0,00	1294	1308	336	4635	7,34
31/4	Bz	16-22	5 YR 3/3	40,8	15,93	7,1	32,4	8751	8432	1,16	1755	1450	380	5532	7,99
31/5	I Bwz	22-28	7,5 YR 3/4	17,8	17,12	7,1	26,0	9656	5763	0,00	1713	1219	556	6012	8,03
31/6	Bmz	26-38	salt crust	33,9	18,02	5,7	53,6	11958	19015	0,00	1813	1295	404	5439	7,22
31/8	III Btb	38-52	7,5 YR 3/3	48,2	18,24	7,2	22,9	7319	5138	1,05	1918	1354	332	6204	8,32
31/9	Bmz	> 52	salt crust	49,4	20,49	6,9	52,4	9732	18264	0,00	1729	1240	268	5400	7,74
Baraka (#33)															
33/2	Avs	00-04	yeamic ph.	28,1		6,8	13,2	4458	2428	1,22	184	207	492	7737	7,90
33/3	Bws	04-11	7,5 YR 3/3	50,6	6,7	40,9	9518	15976	0,41	173	473	341	5427	6,92	
33/4	I Bwz	11-29	7,5 YR 3/3	37,4	6,2	61,8	7097	20393	2,45	113	424	234	5202	6,27	
33/5	Bmz	26-39	salt crust							0,20	221	552	140	3498	4,47
33/6	Cvz	39-60	7,5 YR 4/3	78,2		6,6	56,4	3444	22608	0,82	198	416	225	4458	6,66
33/7	III Bwz	60-90	10 YR 4/2	43,9		7,5	69,6	1113	34917	1,63	425	349	145	2544	7,81
		90-137	hard salt cr.												
33/8	V Bn	137-170	7,5 YR 3/4	63,7		7,3	65,8	4686	26360	3,67	374	237	202	4874	5,56
33/9	Bwn	170-200	7,5 YR 3/4	42,6		7,3	35,9	6351	12770	9,36	156	565	121	3723	5,50
33/10	Bw	200-250	7,5 YR 3/4	48,5		7,3	21,2	2615	9209	9,79	160	248	88	3294	5,07
Langeb (#2)															
2/1	Biny	00-25	2,5 YR 3/8	49,3	23,54	7,9	5,52	2150	2844	0,83	2163	1442	224	1350	4,49
2/2	Binz	25-65	2,5 YR 3/6	46,1	22,73	6,9	18,55	6300	2654	1,25	678	1203	158	1316	4,58
2/3	I Bz	65-90	7,5 YR 3/4	2,8	16,44	7,0	17,13	4390	1587	1,25	476	484	108	n.m.	7,84
2/4	I Bv	90-155	7,5 YR 4/4	22,5	4,92	7,4	11,44	2825	1928	9,08	900	209	n.m.	n.m.	6,16

EC = electrical conductivity; SI/(Al) = alkaline soluble oxides; ps oxalate soluble oxides; desferrioxalate soluble; *) moist colours from MUNSELL Soil Colour Chart

Tab. 1: Charakteristische Analysedaten Profil # 31, 33 Wadi Baraka und # 2 Wadi Langeb

Chronologische Stratigraphie des Gebietes um Wadi Baraka / Wadi Langeb

Anhand der vorgefundenen und vermessenen Geländeformen (einzelne Zeugenberge, alte Waditerrassen, Pedimente und Pedimentreste), die in diesem untersuchten Gebiet nahezu einheitlich in vier verschiedenen hohen Niveaus auftraten und anhand von Analysedaten gefundener fossiler bzw. reliktorischer Böden und Sedimente wird versucht, die jungquartäre Entwicklung dieses Raumes geomorphologisch und klimageschichtlich zu rekonstruieren.

Der Versuch einer solchen Rekonstruktion ist in Abb. 1 in chronologischer Abfolge von 20 geomorphologisch wirksamen Stadien dargestellt.

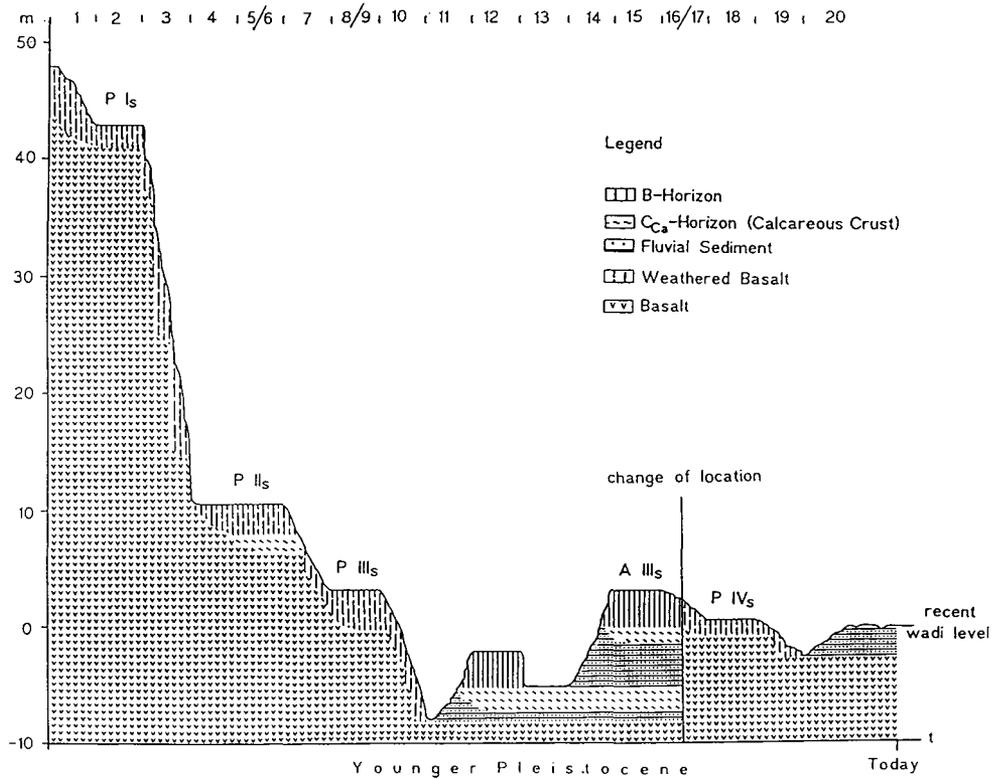


Abb. 1. Chronostratigraphie des Untersuchungsgebiets Wadi Baraka

Stratigraphie für das Untersuchungsgebiet Wadi Baraka

Klimarekonstruktion

1. Tiefgründige Verwitterung der Basalte	humid
2. Entstehung von Pediment I _S , (43 m ü. rez. Wadibett)	semiarid
3. Zerschneidung von P I _S , (3 alterniert mit 4)	semiarid / arid
4. Erneute tiefgründige Verwitterung der Basalte	humid / perhumid
5. Entstehung von P II _S , (10 m Niveau, Profil 2)	semiarid
6. Entstehung eines stark tiefgründigen dunkelroten Bodens mit Kalkkruste	semihumid
7. Zerschneidung von P II _S , (7 alterniert mit 8)	semiarid / arid
8. Tiefgründige Verwitterung der Basalte	humid / perhumid
9. Entstehung von P III _S	semiarid
10. Zerschneidung von P III _S auf tieferes nicht aufgeschlossenes Niveau	semiarid / arid
11. Fluviale Sedimentation	semiarid - arid
12. Bildung eines kräftigen dunkelroten Bodens mit intensiver Kalkkruste	semihumid
13. Weitgehende Abtragung des dunkelroten Bodens	semiarid / arid
14. Fluviale Sedimentation bis auf die Höhe von P III _S	semiarid - arid
15. Bildung eines dunkelbraunen Bodens mit deutlicher Kalkkruste (Profil 31, 33)	semihumid / semiarid
16. Zerschneidung des Akkumulationsniveaus A III _S	semiarid / arid
17. Verwitterung der Basalte	humid
18. Entstehung von P IV _S	semiarid
19. Zerschneidung von P IV _S auf tieferes, nicht aufgeschlossenes Niveau	semiarid / arid
20. Fluviale Sedimentation bis auf die Höhe des rez. Wadibetts	semiarid - arid

Legende zu Abb. 1 Stratigraphie des Untersuchungsgebiets Wadi Baraka

Wir danken der Deutschen Forschungs-Gemeinschaft für die Finanzierung dieser Arbeit.

**Kartieranleitung zur Aufnahme der on-site - und
off-site - Erscheinungen der Bodenerosion durch
Wasser**

von

Kastell, S. und O. Stüdemann

Gliederung des Posters:

1. Der landschaftsökologische Ansatz - Grundlage des Konzeptes der KA (Text)
2. Systemare Erscheinungen an Wasser - und Stoff - Pfaden der Bodenerosion - Erkennen und Ableitung von Kartierelementen im Gelände (Text und 5 Fotos)
3. Gliederung der Kartierlegende und Merkmalsklassen (Schema und Beispielsblatt)
4. Datendokumentation für landschaftsökologisch und wirtschaftszweigspezifisch ausgerichtete Auswertungen (Blockschema des Datendokumentationsblattes)
5. Kartierung von Erosionssystemen mit on-site - und off-site - Erscheinungen (GIS-Karte, M 1:2000)
6. Auswertung von Erosionskartierungen eines 10 km² großen Ausschnittes einer welligen Grundmoräne mit Zerschneidungen und Zertalungsbereichen (Karte, M 1:25000)
7. Rangfolgen lokalisierter Schnittstellen zwischen on-site - und off-site - Erscheinungen von Erosionssystemen - Synthesekarte für Planungszwecke (GIS-Karte, M 1:50000)

Erläuterungen:

0. Grundsätzlich unterschieden wird die Bodenerosionsgefährdung von der Bodenerosion. Während der erste Begriff einen möglichen Bodenabtrag auf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche (z.B. mit Hilfe der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung berechnet) angibt, bezeichnet der zweite einen tatsächlich stattfindenden Vorgang oder einen abgeschlossenen Prozeß des Wasser - und Stoff - Transportes. Der Nachweis der durch diesen Prozeß verursachten Erscheinungen und Wirkungen in einer Landschaft kann nur im Gelände oder an Boden-, Wasser- und Pflanzenproben erbracht werden.

Im Rahmen der Arbeit des FA "Bodenerosion" des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) wird gegenwärtig eine diesbezügliche Kartieranleitung erarbeitet.

1. Den landschaftsökologischen Ansatz umzusetzen heißt, die Raum - Zeit - Strukturen von Erosionsvorgängen und die Stoff - Pfade in der topologischen und chorologischen Dimension ereignisbezogen von einer Initialfläche bis zu den entferntesten Orten mit noch kartierbaren systemaren Erscheinungen der Bodenerosion

+) Fachbereich Landeskultur und Umweltschutz der Univ. Rostock
Justus-v.-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock, Tel.: 0381/4405521

nachzuweisen. Die systembezogene Aufnahme der Bodenerosion umfaßt alle ihre Merkmale und Erscheinungen sowie die durch sie ausgelösten Veränderungen und Relationen des Stoff- und Wasserhaushaltes und Prozesse, die mit Nutzungs- und Funktionsveränderungen in beeinflussten Räumen verbunden sind. Erosionsbezogene geomorphologisch oder nutzungsbedingte Prädispositionen sowie gesellschaftlich determinierte Raumstrukturen bewirken einerseits das Ausmaß der Erosion, andererseits lassen sich aus diesbezüglichen Gegebenheiten Bewertungen der Wirkungen von Erosionen ableiten.

2. On-site - Erscheinungen und - Wirkungen der Bodenerosion sind Veränderungen der mechanischen, hydraulischen, chemischen und biologischen Eigenschaften der Böden einer Ackerfläche. Sie beziehen sich auf die Oberfläche und die oberflächennahen Bodenschichten.

Off-site - Erscheinungen und - Wirkungen der Bodenerosion sind Tatbestände, die auf dem Transportweg von Boden und Wasser mit seinen Inhaltsstoffen und bei deren Ablagerung sowie ggf. Einmischung in Gewässer außerhalb von dem der Erosion unterliegenden Bearbeitungsschlag oder im Grundwasser erkennbar sind.

Das Poster enthält jeweils eine Zusammenstellung genannter Erscheinungen und Wirkungen. Aus diesen werden kartierbare Merkmale definiert. Nachweise werden durch bodenphysikalische und bodenchemische Analysen sowie durch Methoden der Bioindikation geführt (Tab. 1,2,3).

Tab.1: Sedimentverteilung als Indikator des Stoff - Pfades (KASTELL u. STÜDEMANN, 1993)

Stoffaustrag

Horizontale Korngrößenabfolge in einem Schwemmfächer (in %)

Position	T	U	fs	mS	gS	Skel.
Wurzel	2,9	2,5	30,1	48,7	14,4	7,7
Rücken	3,8	9,5	50,0	35,2	2,1	0,3
Fuß	19,7	59,5	15,6	5,0	1,0	0,5

Stoffeintrag bei Versickerung

Vertikale Korngrößenabfolge in einer abflußlosen Reliefverflachung (in %)

Tiefe	T	U	fs	mS	gS	Skel.
3 mm	27,7	60,8	9,0	2,5	0,3	0,0
10 mm	21,4	54,6	13,7	8,5	1,1	0,0

Tab.2: Stoff - Pfade bei unterschiedlichen Reliefformenkombinationen (KASTELL, 1990)

Stoffeintrag (Phosphor, in rel. %)

Morphosequenz mit geschlossener Hohlform

	KU	OH	MH	UH	HF, geschl.
P	100	51	38	38	155

Stoffaustrag (Phosphor, in rel. %)

Morphosequenz mit halboffener Hohlform

	KU	OH	MH	UH	HF, halbo.
P	100	78	65	73	50

Tab.3:Nachweis eines off-site Stoff - Pfades im Grünland durch Bioindikation (PIVARCI,1993 Methode BRAUN - BLANQUET)

Pflanzenart		Aufnahmefläche				
		1	2	3	4	5
Gemeine Quecke	<i>Elytrigia repens</i>	3	2	2	2	2
Glatthafer	<i>Arrhenatherum elatius</i>	2	3	+	.	2
Gemeine Kuhblume	<i>Taraxacum officinale</i>	1	1	1	+	1
Fünfmänniges Hornkraut	<i>Cerastium semidecandrum</i>	+	+	.	+	+
Gemeines Hirtentäschel	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	r	r	+	+	r
Gänseblümchen	<i>Bellis perennis</i>	+	+	.	.	+
Gemeine Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i>	r	+	r	.	+
Breit-Wegerich	<i>Plantago major</i>	+	1	.	.	r
Gemeines Knaulgras	<i>Dactylis glomerata</i>	1	+	+	+	1
Große Brennessel	<i>Urtica dioica</i>	+	r	+	2	+
Geruchlose Kamille	<i>Matricaria maritima</i>	.	.	3	2	r
Acker-Winde	<i>Convolvulus arvensis</i>	.	.	+	.	.
Gemeiner Reiherschnabel	<i>Erodium cicutarium</i>	.	.	r	+	.
Feld-Stiefmütterchen	<i>Viola arvensis</i>	.	.	+	+	.
Spieß-Melde (?)	<i>Atriplex prostrata</i>	.	.	+	+	.
Raps	<i>Brassica napus</i>	.	.	r	r	.
Weiche Trespe	<i>Bromus hordeaceus</i>	.	.	.	+	.
Wiesen-Fuchsschwanz	<i>Alopecurus pratensis</i>	.	.	.	1	1
Kriechender Hahnenfuß	<i>Ranunculus repens</i>	.	.	.	.	+

Aufnahmefläche 1 u. 2 durch Erosion unbeeinflusst

Aufnahmefläche 3, 4 u. 5 wiederholt durch Oberflächenabfluß und Sediment beeinflusst

3. Gliederung der Kartierlegende (gekürzte Fassung)

1. Erosionsart durch Wasser
 - 1.1. Flächenhafte Formen
 - 1.2. Lineare Formen
 - 1.3. Flächenhaft lineare Formen
2. Erosionsart durch Massenversatz
3. Akkumulation
 - 3.1. Kleinflächige Akkumulation variabler Mächtigkeit
 - 3.2. Akkumulation in Reliefverflachung im Verlaufe linearer Erosion
 - 3.3. Akkumulation in Form eines Schwemmfächers
4. Auftragsform durch Massenzufuhr
5. Oberflächenabfluß und Fremdwasserzuluß
 - 5.1. Linienförmiger Wassertransport
 - 5.2. Flächenhafter Wassertransport
- 5.3. Wassertransport an vorgegebener Leitlinie
6. Wassereinzugsgebiet der Erosion
7. Besonderheiten zum Auftreten des Oberflächenwassers und seines Transportes
8. Bioindikatoren
9. Angaben zur Bewirtschaftungs- und Bearbeitungsweise
10. Erosionshemmende topographische Objekte
11. Durch Wasser- und Stofftransporte beeinflusste Areale
12. Geschützte u. sensible Naturräume, Biotope, Potentiale
13. Zusatzinformationen

4. Die Kartierung umfaßt die Anfertigung einer Karte, die ein oder mehrere Erosionssysteme enthalten kann, und eines Dokumentationsblattes für je ein Erosionssystem. Der Auftragserteilung entsprechend sind der Datenblock I und mindestens ein weiterer Datenblock oder ggf. alle Datenblöcke auszufüllen.

ERODAT - ist ein Datendokumentationsblatt der Erosionskartierung für landschaftsökologisch und/oder wirtschaftszweigspezifische Auswertungen (Übersicht 1).

5. Die Kartierung erfolgt je nach Aufgabenstellung in den Abbildungsmaßstäben der topographischen Verhältnisse M 1:2000, M 1:5000 (bzw. M 1:10000) oder M 1:50000.

6. Für die Darstellung generalisierter Erosionssysteme ist der Maßstab M 1:25000 (ggf. M 1:10000) zu wählen.

7. Als landschaftsökologische Komponentenkarte "Bodenerosion" für Raumordnungspläne, Landschaftsentwicklungspläne oder Sanierungskonzepte für Fließgewässer o.a. wird der Kartenmaßstab M 1:50000 zweckmäßig sein.

Literatur

KASTELL, S., 1990: Untersuchungen zu abtragsbedingten Bodenunterschieden im Rostocker Raum als Grundlage für standortdifferenzierten produktionsintegrierten Bodenschutz. Diplomarbeit, Univ. Rostock

KASTELL, S. u. O. STÜDEMANN, 1993: Kartierung und Schätzung von Erosionsvorgängen, geomorphodynamische Geländeaufnahme. unveröff. Fo.-bericht des DVWK, FB Landeskultur und Umweltschutz, Univ. Rostock

PIVARCI, R., 1993: in KASTELL u. STÜDEMANN, 1993

Übersicht 1: Datendokumentationsblatt der on- und off-site Erscheinungen der Bodenerosion - "ERODAT"

<p>I. Datenblock Titeldaten Räumliche Zuordnung des Untersuchungsgebietes (Kreis, Gemeinde, Naturräumliche Einheit, Flußgebiet, Blattnummer der topographischen Karte u.a.) Kartierzeitraum, Auftraggeber, Kartierer, Zielstellung (Naturschutz, Raumordnung, Gewässersanierung, Bodenschutz)</p>

<p>II. Datenblock Naturschutz Gewässerschutz, Landschaftspflege Raumordnung</p>
<p>landschaftsökologisch relevante on- und off-site Erscheinungen</p>
<p>Angaben zum Stoff-Pfad, Lage der "Schnittstellen" zwischen on- und off- site im Erosionssystem, Bioindikatoren</p>

<p>III. Datenblock Landwirtschaft Bodenschutz</p>
<p>vorwiegend on-site Erscheinungen</p>
<p>numerische Angaben zum Bodenabtrag und Bodenauftrag, Erosionsformen auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche</p>

<p>IV. Datenblock Wasserwirtschaft, Wasserbau Verkehrsbau</p>
<p>vorwiegend off-site Erscheinungen</p>
<p>Angaben zum Stoffeintrag in Gewässer, in Reliefverflachungen, Vorfluter, Bioindikatoren, Veränderungen an Verkehrsbauten</p>

Die Umweltverträglichkeitsprüfung bei landwirtschaftlichen Projekten, III. Fallbeispiel

von

Kaupenjohann, M.¹, H. Döhler², J.C. Forster³, H. Deschauer³
und R. Bäuml³

0 Zusammenfassung

An einem konkreten Beispiel aus der UVP-Praxis wird gezeigt, wie Boden- und StandortkundlerInnen bei der Entscheidungsfindung über die Umweltverträglichkeit einer Maßnahme in der Landwirtschaft mitwirken können. Im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens zur Umstellung der Haltungstechnik in einem eiererzeugenden Großbetrieb wurde behördlicherseits die Prüfung der resultierenden Umweltauswirkungen angeordnet. Die Behörde erwartete Aussagen zur Frage, ob die als Folge der Anlagenänderung prognostizierte Senkung der NH_3 -Emissionen ausreicht, die anlagennahen Kiefernwälder vor weiterer Schädigung zu schützen. Mit Blick auf die - im UVPG vorgeschriebene - Dokumentation des ökologischen Ist-Zustands werden die Ergebnisse der Messungen immissionsökologisch relevanter Boden- und Bestandesparameter im Einflußbereich der Anlage dargestellt. Kriterien für die Auswahl der Meßgrößen werden erläutert. Die Abschätzung der forstökologischen Auswirkungen der Anlagenänderung erfolgt an Hand von "critical loads" für einzelne Komponenten der Schutzgüter Wald und Boden.

1 Einleitung

Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) setzt, sofern nicht auf in Verordnungen und Richtlinien festgelegte Grenzwerte zurückgegriffen werden kann, empirisch-analytische Umweltverträglichkeitsuntersuchungen (UVU) voraus. Diese werden, entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik, i.d.R. von Naturwissenschaftlern durchgeführt (Methoden s. Teil II). In diesem Beitrag wird gezeigt, wie die Methoden in einem konkreten Fall umgesetzt wurden. Die Darstellung ist eingeschränkt auf Leistungen, die der/die Boden- und Standortkundler/-kundlerin für die Beurteilung der Umweltauswirkungen einer landwirtschaftlichen Produktionsanlage erbringen kann.

2 Problemstellung

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zur Umstellung vom Flüssigmist- auf das Trockenkotverfahren in einem eiererzeugenden Großbetrieb wurde behördlicherseits die Prüfung der umweltrelevanten Auswirkungen dieser Maßnahme angeordnet. Nach Emissionsprognosen sollten die NH_3 -Ausstöße als Folge der geplanten Anlagenänderungen und Produktionseinschränkungen auf ca. 10% des ursprünglichen Wertes reduziert werden.

¹Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie, Universität Bayreuth, ²KTBL Darmstadt, ³KDBF Umweltforschung, Bayreuth

Die angeordnete UVU ist auf die anlagennahen Kiefernwaldökosysteme konzentriert. Neben einer Dokumentation des boden- und waldernährungskundlichen Ist-Zustands wurden Aussagen zu der Frage erwartet, ob die angestrebten NH_3 -Emissionssenkungen ausreichen, weitere Waldschäden in den anlagennahen Wälder zu verhindern.

3 Standortkundliche und technische Ausgangssituation

Die Produktionsanlage findet sich, in neun Einheiten zusammengefaßt, entlang der Nord-Südachse aufreicht. Derzeit faßt die Anlage insgesamt 1 152 000 Legehennen in Käfigen, im geplanten Zustand 240 000 in Bodenhaltung. Vorgesehen ist außerdem die Umstellung von Gülle- auf Trockenkotentmischung. Durch diese Maßnahmen sollen die N-Emissionen der Anlage von ca. 100 auf 9.6 t a^{-1} reduziert werden. Nach Osten schließt 69jähriger Kiefernwald unmittelbar an die Stallanlagen an. Der Wald stockt in ebener Lage auf schwach lehmigen, leicht podsolierten Braunerden.

4 Meßprogramm: Kriterien

Die im Rahmen der UVU erhobenen Daten müssen sowohl eine umfassende Dokumentation des ökosystemaren Zustands zum Zeitpunkt der Untersuchung (Ist-Situation) als auch eine Abschätzung der Entwicklung des Ökosystems infolge des Anlagenbetriebs erlauben (Prognose, vgl. Teil I). Die Ökosystemsimulation als grundsätzlich ideales Instrument der UVU ist u.a. aufgrund des hohen Inputs dafür bisher nicht nutzbar (vgl. Teil II). Deshalb müssen Parameter ausgewählt werden, die bei vertretbarem Meßaufwand immissionsökologisch möglichst aussagefähige Resultate liefern.

Diese Auswahl setzt Expertenwissen voraus: Der Experte muß wissen, welche Parameter "immissionssensibel" sind, d.h. Immissionseffekte gut zeichnen. Mit Blick auf die Prognose muß der Experte die für praktikable Prozeßsimulationsmodelle bzw. andere Prognosekonzepte nötigen Eingangsgrößen kennen. Die Auswahl der Meßgrößen im konkreten Einzelfall erfolgte im Rahmen einer gründlichen Ortsbegehung unter Berücksichtigung der lokalen Besonderheiten der ökosystemaren Situation.

5 Meßprogramm: Parameter

Im vorliegenden Fallbeispiel wurden im April 1992 folgende Parameter zur Dokumentation des forst- und bodenökologischen Ist-Zustands erhoben: **Waldzustand:** Schadensbonitur (direkte NH_3 -Schäden, Benadelungsdichte), Zuwachsgrößen (BHD, Höhe, Jahrringbreiten), Bodenvegetation; **Waldernährung:** Gehalte von N^* , S, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Al in ein- und zweijährigen Nadeln; **Bodenzustand:** N- und C-Vorräte, N_{min} (KCl-Extrakt)*, Austauschbare Kationen, KAK, Basensättigung (ungepufferter NH_4Cl -Extrakt), chemische Zusammensetzung der Bodenlösung (0.001 N CaCl_2 -Extrakt) (*) Resultate hier gezeigt, Darstellung alle Ergebnisse in (5).

Die Meßgrößen wurden entlang von Transekten ausgehend von einzelnen Anlageneinheiten aufgenommen. Diese Anordnung liefert Gradienten immissionsökologisch aussagefähiger Daten. Mit Blick auf die Prognose sollten diese Gradienten für die Validierung eines bodenchemischen Modelles genutzt werden. Das Modell sollte schließlich über Regression mit Waldzustandsparametern verknüpfen werden (vgl. (5)).

6 Ergebnisse: Ist-Situation

Die immissionsökologisch aussagefähigen waldzustands-, -ernährungskundlichen und bodenzustandkundlichen Parameter deuten insgesamt auf signifikante Effekte der Stallemissionen bis in ca. 400 m Entfernung von der Anlage hin. Als Beispiele sind die N-Gehalte in rezenten und vorjährigen Kiefernnadeln und die N_{\min} -Gehalte im Boden aufgeführt (Abb. 1 und 2). Die ernährungsphysiologisch untypisch höheren N-Gehalte in älteren Kiefernnadeln verschieben sich z.B. ab einer Entfernung von ca. 200 bis 400 m zu dem typischen Bild mit höheren Gehalten in rezenten Nadeln.

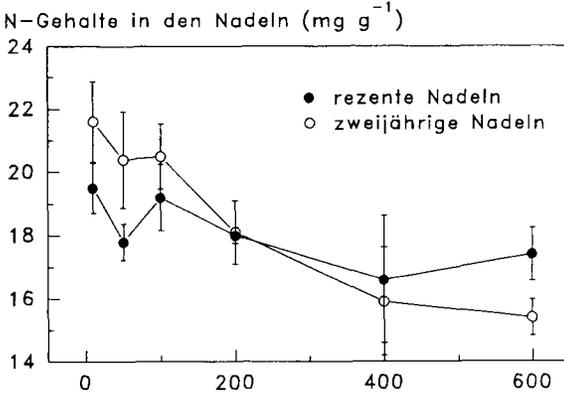


Abbildung 1: Die N-Gehalte zweijähriger Nadeln der untersuchten Kiefern liegen in Anlagennähe über jenen in rezenten Organen.

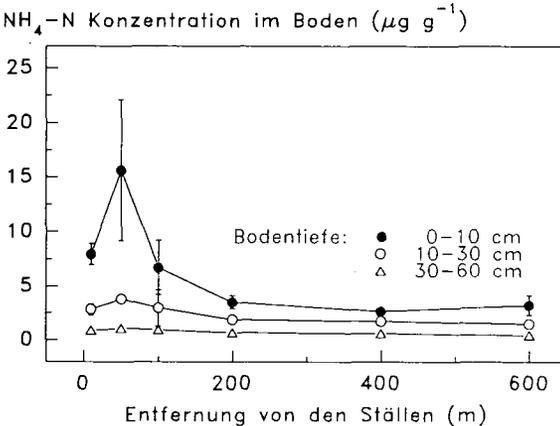


Abbildung 2: Die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalte der Böden sinken mit zunehmender Entfernung von der Stallanlage rasch ab.

Die chemische Zusammensetzung der Bodenlösung und die Belegung des Kationensorptionskomplex zeigten keine entfernungsabhängigen Gradienten. Die Böden waren auch in weiterer Entfernung (Probeuntersuchen in 2 400m) stark versauert (V-Wert: 5-8%). Deshalb konnten verfügbare bodenchemische Versauerungsmodelle, deren entscheidende Zielgröße die Basensättigung ist, nicht wie geplant, für Prognosezwecke benutzt werden. Die Abschätzung der forstökologischen Wirksamkeit der emissionsmindernden Maßnahmen durch die Anlagenveränderung erfolgte deshalb auf der Basis von "critical loads".

7 Ergebnisse: Prognose

Nach Depositionsprognosen⁽¹⁾ sinken die N-Einträge in die benachbarten Wälder nach Umbau der Anlage von derzeit 40 kg auf 22 kg N ha⁻¹ a⁻¹. Die Stallanlage selbst ist nur noch mit 2 kg N ha⁻¹ a⁻¹ an der Gesamtbelastung beteiligt. Wegen der hohen Grundbelastung liegen die Eintragungswerte jedoch z.T. noch über der Belastbarkeit einzelner forstökologischer Funktionen:

	"critical load"	Vergleichswert	
		ist	geplant
Direkte NH ₃ -Schäden (Jahresmittel µg m ⁻³) ⁽²⁾	> 8	< 30	< 3
K-Aufnahme behindert bei NH ₄ /K ⁽³⁾	> 5	< 4.8	<< 4.8
Mg-Aufnahme behindert bei NH ₄ /Mg ⁽³⁾	> 10	< 4.5	<< 4.5
Streifenanfälligkeit erhöht bei N-Nadelgehalt (mg g ⁻¹) ⁽⁴⁾ ,	> 20	< 23	?
langfristiger N-Deposition (kg ha ⁻¹) ⁽⁴⁾	> 20	40	22
Bodenvegetation verändert bei (N-Eintrag, kg ha ⁻¹) ⁽⁴⁾	> 15	40	22
Nitrat-TW-Grenze überschritten (N-Eintrag, kg ha ⁻¹) ⁽⁵⁾	> 21	40	22

8 Schlußfolgerungen

Die Inventur des forstökologischen Ist-Zustandes hat den Nachweis deutlicher Schäden der anlagennahen Kiefernbestände erbracht. Art und räumliche Verteilung der analysierten Belastungsindikatoren lassen keinen berechtigten Zweifel daran, daß der bisherige Betrieb der Hühnerfarm als entscheidende Ursache anzusehen ist.

Nach der geplanten Umrüstung der Produktionsanlagen wird ein Rückgang der anlagenbedingten N-Einträge in der Stallumgebung um ca. 90% erwartet. Von dieser Reduzierung werden z.T. rasche (z.B. auf die N-Ernährung der Bäume), durchweg positive Wirkungen auf das Waldökosystem erwartet. Weitere Reduzierungen der Emissionen der Anlage würden, aufgrund des nur noch geringen Anteils an der Gesamt-N-Fracht, kaum noch Entlastungen bewirken, so daß aus boden- und forstökologischer Sicht kein seriöses Argument gegen die Genehmigung des Anlagenumbaus vorgebracht werden kann.

Aus den Erfahrungen dieses Projekts und unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus einer Reihe vergleichbarer Arbeiten wird allgemein gefolgert, daß für die Qualität der UVU vor allem eine gründliche Ortsbegehung durch geoökologisch erfahrene Experten entscheidend ist.

9 Literatur

- (1) Daten von FA ECOPLAN, zit. in (5)
- (2) Van der Eerden et al. 1990, In: Ammoniak in der Umwelt, Kreisläufe, Wirkungen, Minderung, KTBL-Schriften, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 6.1-6.19.
- (3) Boxman et al. 1988, In: Nilsson, J. und P. Grennfelt, Critical Loads for Sulfur and Nitrogen. Miljörapport 15, 295-322.
- (4) De Vries 1988, Water, Air, and Soil Pollution 42, 221-239.
- (5) KDBF 1992, Bodenökologisch-ernährungskundliches Gutachten über Kiefernstandorte im Umkreis einer Eierproduktionsanlage, Bericht vom September 1992, KDBF, Carl-Schüller-Straße 5, 95444 Bayreuth.

Flächenhafte und punktuelle Anwendung des DVWK-Modells zur Einschätzung der Grundwassergefährdung durch Schwermetalle

von

Kazda, M.¹, H. Neite² und V. Thiele²

1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Im Land Nordrhein-Westfalen wird vom Bodenschutzzentrum das Bodeninformationssystem (BIS) eingerichtet (Thiele und Roenick, 1992). Ein Bestandteil des BIS sind Anwendungen, die dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden. In einem Pilotprojekt sollte die Anwendung des DVWK-Modells zur Beurteilung der potentiellen Grundwassergefährdung durch Schwermetalle (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, 1988) getestet werden. Als Datengrundlage standen Daten von Landesvermessungsamt (Topographie), Geologisches Landesamt NRW (Digitale Bodenkarte), Landesanstalt für Immissionsschutz (Belastungsdaten) und Kreis Recklinghausen (Schwermetallbelastungskataster (Crößmann, 1988)) zur Verfügung. Aus den Ergebnissen sollte die Anwendbarkeit des DVWK-Modells für größere Gebiete sowie der eventuelle Bedarf an weiteren Daten abgeleitet werden.

2 METHODEN

Das DVWK-Modell benutzt zur Abschätzung der relativen Bindungsstärke als Ausgangsgröße den pH-Wert. Bei der Berechnung werden zu der relativen Skala der Bindungsstärke (0=sehr gering, 5=sehr hoch) Zuschläge für den Gehalt an organischer Substanz, Sesquioxiden und Ton addiert. Aus der relativen Bindungsstärke wird in zweitem Schritt unter Berücksichtigung der Bodeneigenschaften des Unterbodens, der klimatischen Wasserbilanz und insbesondere der Grundwassernähe die potentielle Grundwassergefährdung durch Schwermetallverlagerung abgeleitet.

Die Angaben über die Bodeneigenschaften wurden durch die Verarbeitung der digitalen Bodenkarte, Blatt Recklinghausen gewonnen. Durch das Digitalisieren weiterer Bodenkarten, die ausschnittsweise die Kreisfläche abdecken, wurden weitere Daten über die Bodenparameter der Kreisfläche erfaßt. Da die Auswertungen des Projektes nur die Waldflächen betrafen, wurden mittels einer Verschneidung nur die Waldflächen (Daten des Landesvermessungsamtes) "herausgestanzt" und weiter verarbeitet. Für die GIS-Auswertungen wurde das Programm SPANS verwendet. Durch die Quadtree-Struktur der geographischen Daten ist dieses Programm besonders für räumliche Analysen (Verschneidungen) geeignet. Wegen unterschiedlicher Vorgehensweise bei der Umsetzung des DVWK-Modells wurde zwischen der flächen- und punktbezogenen Anwendung des Modells unterschieden.

2.1 Flächenbezogene Anwendung des DVWK-Modells

In flächenbezogenen Anwendungen des DVWK-Modells (Anonym, 1989; Raschke und Müller, 1991) wurde von einem nutzungsabhängigen "Ziel-pH-Wert" ausgegangen, der für Waldflächen mit 4,5 angesetzt wurde. Wie die Auswertung der pH-Werte aus den Daten des Kreises Recklinghausen (RKS-Daten) zeigte, liegt der Median des pH-Wertes der Auflagen und der A-Horizonte bei 3,5. Um die Auswirkungen auf das Ergebnis des DVWK-Modells je nach Annahme eines pH-Wertes zu prüfen, wurde die Auswertung mit zwei unterschiedlichen pH-Werten durchgeführt:

Median der gemessenen pH-Werte von 3,5
Nutzungsabhängiger "Ziel-pH-Wert" von 4,5

¹ Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur, Peter-Jordanstraße 70, A-1190 Wien
² Bodenschutzzentrum des Landes NRW, Essener Str. 3, D-46047 Oberhausen

Ebenso wie beim pH-Wert fehlen flächendeckend repräsentative Meßwerte für die Humusgehalte im Oberboden. Bei den Berechnungen wird als Humusgehalt der Median der RKS-Meßwerte für A-Horizont von 11,2 % angenommen. Bei den flächenbezogenen Auswertungen mit dem GIS-Programm SPANS wurden zu der pH-abhängigen Bindungsstärke Zuschläge für die Bindungsstärke des Humus und des Tones addiert. Für die Zuschläge zur Berücksichtigung des Einflusses des Tongehaltes bzw. der Bodenart wird im DVWK-Modell eine Vereinfachung auf fünf Klassen vorgenommen. Die Angaben aus der Bodenkarte wurden entsprechend umgesetzt.

Zur Beurteilung der potentiellen Grundwassergefährdung durch Schwermetalle ist die Kenntnis der Menge der Grundwasserneubildung notwendig. Die meteorologische Station Essen gibt für den Zeitraum 1951 bis 1980 die klimatische Wasserbilanz mit 378 mm an (MURL, 1989). In Wäldern ist diese Zahl wegen der stärkeren Interzeptionsverluste um 50 mm herabzusetzen (DVWK, 1988).

Die Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle wird entscheidend vom Grundwasserstand beeinflusst. Das DVWK-Modell geht von einer sechsteiligen Skala des mittleren Grundwasserstandes aus. Der mittlere Schwankungsbereich des Grundwassers wird in der Bodenkarte allerdings in vier Stufen angegeben. Die Grundwasserstufen 1 und 2 sowie 5 und 6 des Modells wurden daher entsprechend zusammengefaßt. Im DVWK-Modell werden auch die Stauwasserneigung und eine Wasserdurchlässigkeit unter 10 mm/Tag berücksichtigt. Diese Angaben wurden ebenfalls den Bodenkarten entnommen und sinngemäß des Modells zu einer Karte der Grundwasserstufen nach DVWK umgesetzt.

Die Verarbeitung innerhalb von SPANS wurde als klassifizierte Fläche*Fläche-Verschneidung (Matrix-Overlay) durchgeführt. Hierbei wurden die Flächen der relativen Bindungsstärke mit den für DVWK-Modell angepaßten Grundwasserstufen kombiniert.

2.2 Punktbezogene Anwendung des DVWK-Modells mit Daten der Untersuchung des Kreises Recklinghausen

Vom Kreis Recklinghausen wurden auf 87 Punkten Bodenuntersuchungen durchgeführt. Diese Daten beinhalten Angaben zu pH-Werten, Gehalt an organischer Substanz und über Schwermetallgehalte in drei Tiefenstufen (Crößmann, 1988). Im punktbezogenen Auswertungsverfahren wurden zunächst zwei Punkt*Fläche-Verschneidungen vorgenommen. Zu den Koordinaten mit Informationen über die pH-Werte und den Gehalt an organischer Substanz wurden dabei aus der Karte der Bodenarten und des Grundwasserstandes die jeweiligen Daten angeschlossen. Dieser Punktdatensatz wurde in SAS eingelesen. Dort wurden die relative Bindungsstärke (FSMt) und die potentielle Grundwassergefährdung (FSMw) errechnet. Die Ergebnisse wurden dann wieder in SPANS importiert und zur Klassifizierung der Meßpunkte verwendet.

Um die Übereinstimmung der flächen- und punktbezogenen Ergebnisse zu testen, wurde eine Verschneidung der Punkte mit errechneter Grundwassergefährdung mit der jeweiligen Karte der flächenbezogenen Grundwassergefährdung vorgenommen. Die Ergebnisse beinhalten zu jedem Meßpunkt die in beiden Verfahren ermittelten Ergebnisse über die potentielle Grundwassergefährdung. Diese Daten wurden nach einem Export aus SPANS mit der SAS PROC FREQ verglichen.

3 ERGEBNISSE

3.1 Flächenbezogene Anwendung des DVWK-Modells

Für Cadmium gehen bei der Ermittlung der relativen Bindungsstärke nur der pH-Wert und der Gehalt an organischer Substanz in das Modell ein. Das Ergebnis ist eine für das gesamte Untersuchungsgebiet von der Bodenart unabhängige Einstufung der Bindungsstärke. Für pH 3,5 ergibt sich die Stufe gering bzw. für pH 4,5 die Stufe mittel. Die unterschiedliche Grundwasserstufe wirkt sich auf die potentielle

Grundwassergefährdung stark differenzierend aus. Je nach Eingangs-pH-Wert sind über 70 % der Fläche in der Gefährdungsstufe gering bis mittel (pH=3,5) bzw. sehr gering bis gering (pH=4,5).

Der pH-Wert wirkt sich auf das Ergebnis der relativen Bindungsstärke von Zink sehr deutlich aus. Geht man vom pH-Wert-Median der RKS-Meßwerte von 3,5 aus, wird die Bindungsstärke auf diesen Flächen als gering eingestuft. Bei einem pH-Wert von 4,5 hingegen weist Zink im überwiegenden Teil der Waldflächen eine mittel bis hohe Bindungsstärke auf. Bei pH-Wert 3,5 befinden sich 68 % der Fläche in der potentiellen Grundwassergefährdungsstufe gering bis mittel. Bei einem pH-Wert von 4,5 hingegen ist die potentielle Grundwassergefährdung auf 71 % der Waldfläche als sehr gering eingestuft worden.

Die relative Bindungsstärke für Kupfer ist bei einem pH-Wert von 3,5 als mittel bis hoch eingestuft worden. Demgegenüber weisen bei einem pH-Wert von 4,5 alle Flächen die höchste Bindungsstärke auf. In beiden Berechnungsvarianten ist die potentielle Grundwassergefährdung auf über 70 % des Untersuchungsgebietes als sehr gering eingestuft worden.

Blei weist bei beiden pH-Werten eine sehr hohe Bindungsstärke auf. Nur Sandböden haben bei einem pH-Wert von 3,5 eine um eine halbe Stufe verminderte Bindungsstärke. Daraus resultiert, daß sich bei diesem Schwermetall die potentielle Grundwassergefährdung nur nach der Grundwassernähe, jedoch kaum nach dem pH-Wert unterscheidet.

3.2 Punktbezogene Anwendung des DVWK-Modells

Bei der punktbezogenen Anwendung des DVWK-Modells für das Cadmium zeigen die meisten Punkte sehr geringe bis mittlere Bindungsstärken. Unter Einbeziehung der Grundwassernähe weisen einige Punkte im Süden des Kreises und im Osten der Haard eine starke bis sehr starke potentielle Grundwassergefährdung auf. Die Bindungsstärken des Zinks bewegen sich zwischen sehr gering bis mittel. Geringe Bindungsstärken sind vor allem auf Sandböden im Norden des Kreises zu finden. Die potentielle Grundwassergefährdung ist im Norden und im Westen der Haard meist gering bis mittel, während Punkte auf vernünftigen Standorten im Süden des Kreises eine starke potentielle Grundwassergefährdung zeigen. Die relative Bindungsstärke des Kupfers ist bei allen Punkten meist mittel bis hoch. Diese im humosen Waldboden geringe Kupfermobilität hat in grundwasserfernen Böden eine sehr geringe Stufe der potentiellen Grundwassergefährdung zur Folge. Die grundwasser nahen Standorte im Süden und Osten weisen eine etwas erhöhte Gefährdungsstufe auf.

Die Bindungsstärke des Bleis ist bis auf wenige Ausnahmen hoch bis sehr hoch. Die daraus abgeleitete potentielle Grundwassergefährdung ist auf fast allen Punkten sehr gering, mit Ausnahme einiger Standorte mit einem starken Grundwassereinfluß.

3.3 Vergleich der flächen- mit punktbezogener Anwendung des DVWK-Modells

In der flächenbezogenen Anwendung des DVWK-Modells werden generalisierende Annahmen über die Boden-pH-Werte und den Gehalt an organischer Substanz gemacht. In der punktbezogenen Anwendung beziehen sich die Ergebnisse auf gemessene Werte. Durch den Vergleich beider Ergebnisse kann festgestellt werden, in welchem Ausmaß beide Methoden übereinstimmen (Tabelle 1).

Wenn für alle Waldflächen des Kreises Recklinghausen ein pH-Wert von 3,5 angenommen wird, ist die niedrigste Stufe der potentiellen Grundwassergefährdung durch Cadmium gering bis mittel. Verglichen mit den tatsächlich errechneten Gefährdungsstufen liegen aber 33 Punkte bei einer geringeren und 10 Punkte bei einer stärkeren Gefährdung. Wenn mit einem pH-Wert von 4,5 gerechnet wird, weisen über 31 Punkte eine höhere potentielle Grundwassergefährdung auf als in der generalisierten flächenbezogenen Berechnungsvariante ermittelt wurde. Bei der Ermittlung der potentiellen Grundwassergefährdung durch Zink erreicht die Flächenberechnung mit einem pH-Wert von 3,5 eine relativ gute Übereinstimmung mit den

Punktdaten. Die pH-Wert-Annahme von 4,5 führt hingegen zu einer starken Unterschätzung der Grundwassergefährdung. Kupfer zeichnet sich im Waldboden durch eine hohe Bindungsstärke aus. So liegen unabhängig vom Eingangs-pH-Wert für die Flächenberechnungen 51 der insgesamt 80 Punkte in der Gefährdungsstufe 1 (sehr gering). In höheren Gefährdungsstufen erzielt der pH-Wert von 4,5 eine bessere Übereinstimmung. Da bei Blei die potentielle Grundwassergefährdung praktisch nur von der Grundwasseremähe bestimmt wird, gibt es keine Unterschiede zwischen den Berechnungsvarianten.

Tabelle 1: Übereinstimmung der generalisierten flächenbezogenen Auswertung mit punktuell ermittelten Ergebnissen

Element	Cadmium		Zink		Kupfer		Blei	
	3,5	4,5	3,5	4,5	3,5	4,5	3,5	4,5
Grundwassergefährdung								
überschätzt	50	17	19	3	23	2	2	2
übereinstimmend	20	31	43	14	47	64	75	75
unterschätzt	10	32	18	63	10	14	3	3

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Datendichte der pH-Wert-Messungen in Wäldern des Kreises Recklinghausen war für flächenhafte Berechnungen zu gering. Daher konnte eine flächenbezogene Anwendung des DVWK-Modells für die gesamte Kreisfläche nur mit stark generalisierten Annahmen vorgenommen werden. Auf den 87 Meßpunkten des Kreises Recklinghausen konnte hingegen eine relativ gesicherte Aussage über die potentielle Grundwassergefährdung gewonnen werden. Beim Vergleich der generalisierten flächenbezogenen Ergebnisse mit Ergebnissen der punktbezogenen Auswertungen wurde festgestellt, daß die bislang übliche Annahme eines nutzungsabhängigen "Ziel-pH-Wertes" von 4,5 für Waldböden bei der aktuellen Bodenversauerung zu einer deutlichen Unterschätzung der potentiellen Grundwassergefährdung bei relativ mobilen Metallen (Zink, Cadmium) führt.

In der vorliegenden Untersuchung wurde das DVWK-Modell in der Originalfassung (DVWK, 1988) verwendet. Gegenüber der verfeinerten Version des Modells von Blume und Brümmer (1991) ist im Untersuchungsgebiet auf Böden mit einer sehr hohen Wasserdurchlässigkeit eine Unterschätzung der potentiellen Grundwassergefährdung um eine halbe Stufe möglich, angesichts des großen Schätzfehlers bei einer flächigen Anwendung des Modells aber unerheblich. Bei einer punktuellen Anwendung kann unter Einbeziehung des erweiterten Modells unter Verwendung breiterer Basis von Grundlagendaten eine Verbesserung der Aussagegenauigkeit erreicht werden. Eine Verifizierung der Ergebnisse ist auch hier anzustreben.

5 LITERATUR

Anonym (1989): NIBIS - Niedersächsisches Bodeninformationssystem Methodenbeschreibung und Verknüpfungsregeln. 19 S.

Blume H.-P. und G. Brümmer (1991): Prediction of heavy metal behavior in soil by means of a simple field tests. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 22: 164-174.

Crößmann G. (1988): Schwermetalle in Böden des Kreises Recklinghausen. Kreis Recklinghausen. 43 S.

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. Teil 1: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, Heft 212. 8 S.

Minister für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (1989): Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen. Hrsg. MURL, Düsseldorf. 65 S.

Raschke N. und K.H. Müller (1991): Auswertung von Bodenkarten mit Hilfe geographischer Informationssysteme unter Verwendung digitaler Fernerkundungsdaten. *Geoökodynamik*, 12: 41-70.

Thiele V. und C. Roenick (1992): Vor- und Hauptuntersuchung zur Einrichtung des Bodeninformationssystems des Landes Nordrhein-Westfalen (BIS NRW) - Zusammenfassung der Ergebnisse. Abschlußbericht. Hrsg.: Bodenschutzzentrum des Landes Nordrhein-Westfalen, Oberhausen. 23 S.

Stadtbodenkartierung Herne-Sodingen, ein Pilotprojekt des GLA NW

von

Kersting, A., P. Pingel, S. Schneider und W.G. Schraps

Problemstellung

Für einen qualifizierten Umgang mit dem Boden fehlen in urban, gewerblich und industriell genutzten Bereichen geeignete Informationsgrundlagen über schützenswerte und entwickelbare Geopotentiale. Das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen hat im Rahmen eines Pilotprojektes "Herne-Sodingen" begonnen, solche Defizite aufzuarbeiten und Verfahren der Stadtbodenkartierung zu entwickeln.

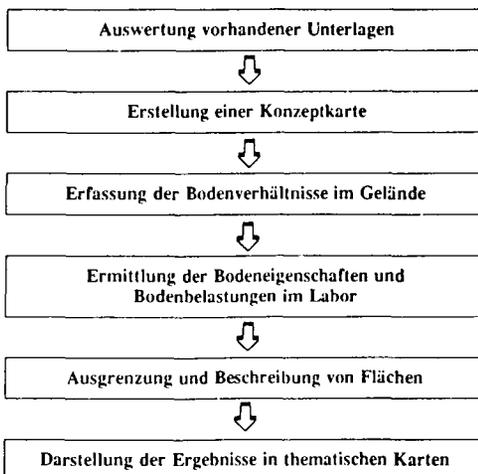
Untersuchungsgebiet

Es wurde ein ca. 700 ha großes Untersuchungsgebiet mit einer großen Nutzungsvielfalt ausgewählt. Durch Bebauung, Versiegelung und vor allem durch die Montanindustrie mit ihren Folgeerscheinungen (Zechenbrachen, Halden, Aufschüttungen und Deponien) sind in diesem Gebiet Böden in großem Maße verändert oder überprägt. Gering beeinflusste Böden finden sich nur auf wenigen landwirtschaftlich oder forstlich genutzten Flächen.

Vorgehensweise im Pilotprojekt

Die Durchführung des Pilotprojektes erfolgte auf Grundlage der Bodenkundlichen Kartieranleitung der Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde (KA3) sowie der Kartieranleitung "Stadtböden" des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft.

Die Vielfalt der Böden und die Dynamik ihrer Veränderungen in diesem urban, gewerblich und industriell überformten Gebiet machten gegenüber den üblichen bodenkundlichen Standorterkundungen eine veränderte Vorgehensweise erforderlich:



*) Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, De-Greiff-Str. 195, D-47803 Krefeld

Auswertung vorhandener Unterlagen

Vor Beginn der Bodenkartierung erfolgte die digitale Erfassung und Auswertung bereits vorhandener Unterlagen, die einen Überblick über die Bodenverhältnisse im Untersuchungsgebiet zuließen.

Berücksichtigt wurden u.a.: Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000, Blatt L 4508 Essen(1984), Stadtrandkartierung Herne 1 : 25 000 (1950), Bodenkarte auf Grundlage der Bodenschätzung 1 : 5 000 (1984), Geologische Karte 1 : 25 000, Blatt Herne (1931), Altlastenkataster der Stadt Herne 1 : 10 000 (1988), Realnutzung 1926, 1959, 1989, 1 : 5 000 auf Grundlage einer Luftbilddauswertung, Umweltamt Stadt Herne (1991).

Neben der Auswertung bodenkundlicher, geologischer und hydrologischer Vorinformationen wurde die Nutzungsgeschichte intensiv erfasst. Ihr kommt eine wichtige Funktion zu, da der Vergleich des Ist-Zustandes mit früheren Zeitschnitten eine Gesamteinschätzung der Freiflächenverluste ermöglicht und Ausmaß, Intensität und Dynamik der Veränderungen einzelner Belastungsarten aufzeigen sowie zu einer Abschätzung möglicher Gefahrenpotentiale führen kann.

Erstellung einer Konzeptkarte

Die Konzeptkarte enthält als Basis für die Geländearbeiten alle verfügbaren, bodenkundlich relevanten Vorinformationen. Diese wurden digital erfaßt, mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems(GIS) miteinander verschnitten und zu einer Konzeptkarte zusammengeführt.

Erfassung der Bodenverhältnisse im Gelände

Zur Überprüfung der Arealgrenzen der Konzeptkarte und der Beschreibung der Substrat- und Bodeneigenschaften erfolgte eine Bodeninventur flächendeckend im Maßstab 1 : 5 000 im Gelände.

Hierbei wurden ca. 420 bis zu 2m tiefe Sondierungen mit dem Bohrstock niedergebracht, Schürfguben angelegt sowie vorhandene Aufschlüsse von Baumaßnahmen aufgenommen. Die bodenkundliche Ansprache (Horizontierung, Bestimmung der Korngrößenverteilung, Lagerungsdichte, Humus- und Kalkgehalt) erfolgte nach der KA3. In den Schürfguben wurden zusätzlich Bodenproben für ergänzende Laboruntersuchungen entnommen.

Neben den gebräuchlichen boden- und standortkundlichen Merkmalen wurde bei der Aufnahme der stark veränderten und überprägten Böden besonderes Gewicht auf die Beschreibung der stadtbodenspezifischen Substrate (z.B. Bauschutt, Schlacken, Bergematerial, Formsande, Aschen und Müll) gelegt.

Ausgrenzung und Beschreibung von Flächen

Im Untersuchungsgebiet finden sich sehr unterschiedliche Bodenverhältnisse, von unveränderten Böden mit einem natürlichen Profilaufbau bis hin zu stark veränderten oder überprägten Böden (Tab.1).

Tab.1: Bodenverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Bodenverhältnisse	Flächenanteil in %
Natürliche und naturnahe Böden (Braunerden, Pseudogleye, Gleye, Niedermoore)	23
Durch Bebauung (Auftrag, Abtrag, Mischung Verdichtung) weitgehend veränderte Böden; in Gartenbereichen naturnahe Böden, z.T. infolge langjähriger Gartennutzung Hortisole;	38
Aufschüttböden aus umgelagerten natürlichen Substraten	19
Aufschüttböden aus umgelagerten technologischen Substraten (Aschen, Schlacken, Bergematerial, Formsande, Bauschutt) mit stark wechselnder Zusammensetzung	4
Bergehalden und Deponien	14

Einzelflächenbeschreibung

TK 25: 4409 DGK 5: Herne, Holthausen

142

Lage: R. 2588,2 H. 5712,8

Bodenart: 1) humoser lehmiger Schluff 30 - 40 cm
(Schichtung) 2) schwach lehmiger bis lehmiger Schluff 100 - 170 cm
3) schluffig toniger Lehm übergehend in Mergel

Bodentyp: Pseudogley-Braunerde

Geologie: Löß (Pleistozän) über Ablagerungen der Kreide

Bodenkundliche Kennwerte auf Basis der Geländeansprache

Wasserverhältnisse: Wasserangebot für die Vegetation immer ausreichend (nFKWe sehr hoch bei 110 cm eff. Durchwurzelungstiefe).

Staunässe: ab 100 cm unter Flur (SW2)

Wasserdurchlässigkeit: Schicht 1 - 3) gering

Sorptionsfähigkeit: 1 - 3) hoch **Pot. Austragsgefährdung** sehr gering
(schichtbezogen) **wasserlösl. Stoffe:**
(aus dem effektiv durchwurzelten Boden)

Nutzung z. Zt. d. Aufnahme: 2 - 3 geschossige Wohnbebauung mit Hausgärten

Versiegelung: ca. 35 %, Gebäudeanteil ca. 16 %
(geschätzt)

Allgemeine Angaben zur Fläche: Wertzahlen der Bodenschätzung 48 - 55 ; Zechensiedlung der 20er Jahre; Böden sind in den Gartenbereichen wenig verändert, in Gebäudenähe weitgehend verändert, verdichtet oder versiegelt; lehmige Schluffböden weisen hohe Ertragsfähigkeit auf und reagieren empfindlich auf Bodendruck und Bodenbearbeitung im nassen Zustand; aufgrund schwacher Hangneigung nach Norden, schwach erosionsgefährdet; mittlere Verschlammungsneigung; bei Baumaßnahmen Staunässe im Unterboden beachten.

Nutzungsempfehlung: Erhaltung der Gartenstandorte

Empfehlungen zum Bodenschutz: Erhaltung der natürlichen und naturnahen Böden; Schonung des Bodens durch standortgerechte Bewirtschaftung; Freihalten von Bebauung und Versiegelung

Abb.1: Beispiel einer Einzelflächenbeschreibung

Eine Darstellung dieser unterschiedlichen Bodenverhältnisse als Bodeneinheiten erschien nicht praktikabel, da neben den pedogenen Faktoren noch weitere Einflüsse den Bodenzustand bestimmten. Aus diesem Grund wurden 144 Einzelflächen mit vergleichbaren Bodenartenschichtungen, Zusammensetzung des Bodenmaterials, Wasserverhältnisse, heutiger oder früherer Nutzung ausgeschieden und beschrieben (Abb. 1).

Die Schätzung der bodenphysikalischen Eigenschaften erfolgte auf Grundlage der KA3.

Die Angaben zur Bodenart wie auch zum Grundwasser und zur Staunässe wurden mittels eines Datenschlüssels und einer für diese Zwecke entwickelten Syntax codiert. Mit Hilfe eines EDV-Programmes konnte für jede Schicht entsprechend der prozentual gewichteten Bodenarten eine schichtspezifische Kenngröße (k_f , nFK_{We} , KAK) errechnet und über die mittlere effektive Durchwurzelungstiefe aufsummiert werden.

Darstellung in thematischen Karten

Die Ergebnisse der Einzelflächenauswertungen wurden klassifiziert und mit Hilfe eines Geographischen Informationssystem als Karte herausgegeben.

Folgende thematische Karten liegen vor:

- Bodenarten
- Wasserverhältnisse
- Pflanzenverfügbar gespeichertes Wasser
- Sorptionsfähigkeit
- Wasserdurchlässigkeit
- Austragsgefährdung für wasserlösliche Stoffe
- Flächenversiegelung
- Bodenbelastung
- Empfehlungen zum Bodenschutz

Ziel

Die vorliegenden Auswertungen sollen den Stadt- und Fachplanern bei der Umsetzung des Bodenschutzes Daten, Karten und Bewertungen über Zustand, Standorteigenschaften und Verteilung der Böden liefern und wichtige Hinweise bei der Entscheidungsfindung für bestimmte Nutzungen, bei konkreter Standortfindung oder Standortgestaltung geben.

Literatur

ARBEITSKREIS STADTBÖDEN, 1989: Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). - UBA-Texte Nr. 18/89, 162 S.

EIKMANN, TH. & KLOKE, A., 1991: Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe in Böden. - VDLUFA-Mitteilgn. 91, 19 - 23

**Bodenübersichtskarte von Niedersachsen im Maßstab
1:50000 (BÜK 50)**

von

Klausing, C. und U. Ostmann

Zur Zeit wird im NLFb flächendeckend für Niedersachsen eine mittelmaßstäbige Bodenkarte unter der Bezeichnung "**Bodenkundliche Übersichtskarte 1:50 000 (BÜK 50)**" erstellt. Dieses Kartenwerk soll als Grundlage für Regionale Raumordnungsplanung, Landschaftsrahmenplanung und wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, also dem Bedarf der mittleren Planungsebene (Landkreise und Bezirksregierungen) dienen. Die Daten werden im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS) digital vorgehalten.

Ausgehend von dem Gliederungsprinzip der Legende der Bodenkundlichen Standortkarte von Niedersachsen 1:200 000 wird die BÜK 50 nach Auswertung analog oder digital vorhandener, bodenkundlich relevanter Daten aus Kartenwerken im Maßstab 1:5 000 bis 1:25 000 neu erstellt. Hier sind Bodenkarten (BK 25 soweit vorhanden), Geologische Karten (GK 25), Historische Karten (alte topographische Karten von Mitte des 18. Jhdts. bis beginnendes 20. Jhdts.), Unterlagen der Bodenschätzung, Karten der Tiefumbruchflächen der Landwirtschaftskammern und Projektkartierungen des NLFb besonders hervorzuheben.

Erstmalig wird in diesem Kartenwerk besonderer Wert auf die Auswertung der in den Historischen Karten ausgewiesenen Feuchtgebiete gelegt (s. OSTMANN, 1993). Die Verbreitung ehemaliger Moore und Bruchflächen führt zur Ausweisung von Gebieten potentieller Grundwasserabsenkung.

Nach Zusammenstellung aller verfügbaren Unterlagen werden die Grenzen der Bodeneinheiten auf verzugsfreie Folien der TK 25 eingezeichnet und dann photographisch auf den Maßstab 1:50 000 verkleinert. Das Scannen der Karten erfolgt außer Haus. Es werden zwei Dateien geliefert: eine Liniendatei mit den Grenzlinien der Bodeneinheiten, abgespeichert als Gauß-Krüger-Koordinaten in m-Genauigkeit und eine Flächenattributedatei, in der die Landnutzungsart (alphanumerischer Schlüssel) über einen in der Fläche liegenden Flächeninpunkt (Point in Polygon) mit der

¹⁾ NLFb, Stilleweg 2, 30655 Hannover

jeweiligen Fläche der Liniendatei gekoppelt wird. Diese Dateien werden in das Datenverwaltungssystem DASP eingelagert. Über den alphanumerischen Schlüssel werden die Daten mit der Generallegende verknüpft, die in Kurz- oder Langform ausgegeben werden kann.

Die Langform enthält pro Kartiereinheit neben Angaben zum Klimabereich, zur Geomorphologischen Einheit und zu Besonderheiten, Angaben zum Bodentyp (Bodentyp, Bodenartentyp, geologischer Profiltyp), zum Grundwasser (mittlerer GW-(Hoch-, Niedrig-)Stand, GW-, Staunässe- u. Feuchtestufe), zum Relief (Reliefform, Flächenneigung), zum Flächenanteil, zur Verteilungsform und -art der Böden, zur vorwiegenden Nutzung und zum Schichtaufbau (Horizontsymbole, Bodenart, Geogenese, Humus- und Kalkgehalt, Lagerungsdichte).

U. a. zur Bewertung des natürlichen Leistungspotentials der Böden und ihrer Empfindlichkeiten gegenüber Belastungen werden auf der Grundlage dieses Kartenwerkes unter Nutzung der Methodenbank im NIBIS (MÜLLER et. al. 1993) Auswertungskarten angefertigt.

In Abhängigkeit von dem angemeldeten Bedarf erfolgt die Erstellung der Karten landkreisweise. Den Benutzern werden die Daten in analoger (SW-, Farbplots mit gesondertem Legendenausdruck) oder digitaler Form übergeben.

Zur Zeit wird ca. die Hälfte der Landesfläche Niedersachsens (und zwar der nördliche Bereich) durch das Kartenwerk abgedeckt. Mit der Fertigstellung ist Ende 1994 zu rechnen.

Literatur

- MÜLLER, U., ECKELMANN, W. & HEINEKE, H. J. (1993): Zum Aufbau der Methodenbank im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS). - Geol. Jb., F27, 185-196; Hannover.
- OSTMANN (1993): Die Übernahme der historischen Landnutzungsarten aus Karten des 18. und 19. Jahrhunderts in das Niedersächsische Bodeninformationssystem. - Geol. Jb., F27, 145-183; Hannover.

**Vorschlag zur Gliederung der Anthropogenen Böden
Sachsen-Anhalts am Beispiel der Kippenböden im
Tagebauegebiet östlich von Bitterfeld**

von

Knauf, C. und A. Möbes

Einleitung:

Im Referat "Anthropogene Böden" der Abt. Bodenkunde des GLA - ST wird auf Grundlage fast 30-jähriger Arbeitserfahrung bei bodengeologischen Arbeiten auf Kippen und Halden im jetzigen Sachsen-Anhalt im Rahmen der Bodenkundlichen Landesaufnahme die Untersuchung und Kartierung der anthropogen entstandenen/veränderten Böden durchgeführt.

Kippenböden auf Abraum des Braunkohlen- sowie Steine- und Erdentagebaues haben dabei besondere Bedeutung, weil sie durch die lagerstättengeologisch bedingte Konzentration dieser Abbauegebiete in Sachsen-Anhalt hier weite Flächen einnehmen.

Als Beispiel für die Landnahme durch den Braunkohlenabbau im Tagebaubetrieb und für die Neugestaltung ganzer Landschaften sei hier der Südwest-Quadrant des Meßtischblattes Bitterfeld-Ost (ca. 36 km² = 3600 ha Fläche) mit seiner Muldeau, der quartären Hochfläche im Norden, dem Talsandgebiet im Süden - jeweils an die Muldeau anschließend - vorgestellt: die Bodenschätzungskarte mit **Stand von 1959** zeigt diesen rd. 36 km² großen Quadranten/ Geländebereich **im wesentlichen noch ohne** Devastierung durch den Braunkohlebergbau. Lediglich ein kleiner Geländeabschnitt im Südwesten (0.15 km² = 15 ha) ist vom Braunkohlenabbau im Tagebaubetrieb erfaßt (siehe Karte).

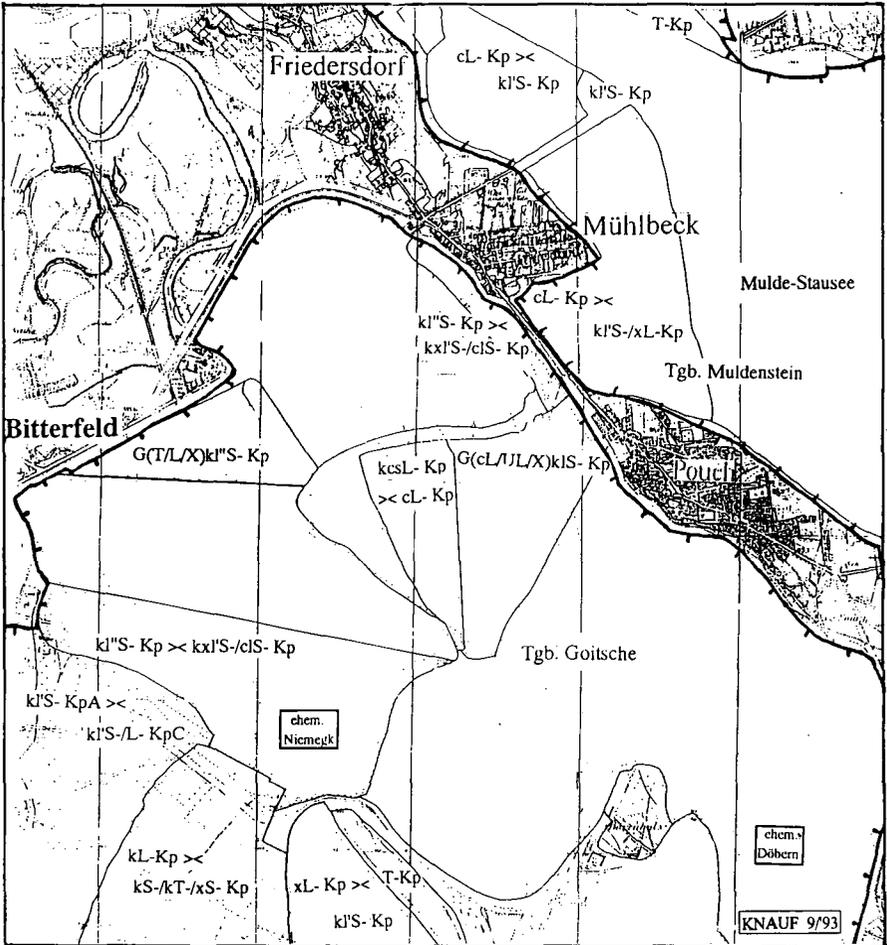
Die Bodenkundliche Landesaufnahme/Kippenkartierung mit **Stand vom 1/93** hat dagegen von den o.g. >36 km² "gewachsenen" Geländes nur noch etwa 7 km² = 700 ha angetroffen: **29 km² = 2900 ha Fläche/Landschaft sind überwiegend dem Braunkohle-Tagebaubetrieb zum Opfer gefallen**. Dabei sind die gesamte Muldeau und Ortslagen wie Niemegk und Döbern überbaggert worden (siehe Karte)!

Aber auch neue Landschaften - und damit neue Böden - entstanden sowohl in den Tagebaurestlöchern, als auch auf dem verkippten Lagerstättenabraum als wiederurbarmachte/rekultivierte Tagebaureiche: aufgestorete und/oder landwirtschaftlich als Acker genutzte Hoch- und Tiefkippen sowie der Mulde-Stausee mit etwa 650 ha freier Wasserfläche.

Dem Substratangebot auf der Abraumgewinnungsseite entsprechend kommen die Kippenböden hier meist so kleinflächig vor, daß sie zu Wechselstandorten/Kartierungseinheiten zusammengefaßt dargestellt werden müssen.

Folgende Kippbodenformen sind angetroffen und kartiert worden:

1. Kipp-Kalklehm im Wechsel mit Kipp-Kieslehmsand
Abkürzung: cL-Kp >> kl`S-Kp
2. Kipp-Kieslehmsand im Wechsel mit Kipp-Kieskohlelehmsand/Kipp-Kalklehmsand
Abkürzung: kl"S-Kp >> kxl`S-/clS-Kp
3. Kipp-Gemengekieslehmsand
Abkürzung: G(cL/UL/X)klS-Kp
4. Kipp-Kieslehmsandranger im Wechsel mit Kipp-Kieslehmsand/Kipp-Lehmrendzina
Abkürzung: kl`S-KpA >> kl`S-Kp/L-KpC
5. Kipp-Kieskalksandlehm im Wechsel mit Kipp-Kalklehm
Abkürzung: kcsL-Kp >> cL-Kp
6. Kipp-Kieslehm im Wechsel mit Kipp-Kiessand/Kipp-Kieston/Kipp-Kohlesand
Abkürzung: kL-Kp >> kS-Kp/kT-Kp/xS-Kp
7. Kipp-Kohlelehm im Wechsel mit Kipp-Kieslehmsand
Abkürzung: xL-Kp >> kl`S_Kp
8. Kipp-Gemengekiessand
Abkürzung: G(T/L/X)kl"S-Kp
9. Kipp-Kalklehm im Wechsel mit Kipp-Kieslehmsand
Abkürzung: cL-Kp >> kl`S-Kp
10. Kipp-Ton
Abkürzung: T-Kp



Bitterfeld - Ost / 4340, Blatt C (SW)

Bodenkundliche Landesaufnahme /

Kippenkartierung

stand I/93

M ca. 1: 50 000

Legende:

- Bodenformen siehe Text

 - Grenze "gewachsenes" Gelände / Tagebau

Begriffsdefinition:

Als *Anthropogene Böden* werden *Bodenbildungen* aufgefaßt - die sowohl in *natürlichen geologischen Substraten*, die im Zuge der Abraumbeseitigung hauptsächlich bei der bergmännischen Gewinnung von Rohstoffen/ Baustoffen im Tagebau-, seltener im Tiefbaubetrieb oder als Aushub bei Baumaßnahmen anfallen, - als auch in (*künstlichen*) *industriellen Produktionsrückständen* (z.B. Kraftwerksaschen, Kalkschlämme der Azetylen- und Sodaproduktion, Rückstände der Kaliproduktion).

Systematik:

Zur Systematisierung von Böden auf Kippen und Halden in Sachsen-Anhalt ist aus Gründen besserer Vergleichbarkeit mit/Zuordnung zu- "gewachsenen" Böden eine Gliederung entwickelt worden, die sich in ihren Definitionsmerkmalen an die TGL 23865 und 24300 anlehnt und in wesentlichen Passagen der "Arbeitsrichtlinie Bodengeologie 1979" entspricht, seitdem von uns aber ständig weiterentwickelt worden ist.

Diese Böden (s.o.) werden in "*Kippbodenformen*" zusammengefaßt und wie bei "gewachsenen" Böden aus dem Substrat/Körnung und dem Bodentyp gebildet; als *Bodentyp* wird hier als Hinweis auf die "technogene Entstehung" generell erst einmal "Kipp-" eingesetzt und damit auf eine (noch) nicht erkennbare Bodenentwicklung/Horizontdifferenzierung hingewiesen.

Es werden *Haupt- und Lokalbodenformen* ausgeschieden: für die Bildung von *Hauptbodenformen* finden in erster Linie die *qualitativen* Unterschiede in den stabilen Substratparametern "Körnung (mit Kies!)/Kohle/Humus/Kalk" Berücksichtigung; für die weitere Unterteilung auf *Lokalbodenformenebene* werden dann die *quantitativen* Unterschiede (Tabelle Grenzwerte liegt vor!) im Kies-, Kohle-, Humus- und Kalkgehalt, sowie die *Art der Substratzusammensetzung* herangezogen.

In etwa gleichartige/gleichkörnige Substratzusammensetzungen sind als "Gemisch" aufzufassen, werden aber nicht extra so bezeichnet.

Kiessandige Substrate mit Klumpen und/oder Brocken aus Lehm/Ton/Kohle u.a.m. werden als "Gemenge" bezeichnet und besonders hervorgehoben.

Sobald jedoch eine Horizontdifferenzierung erkennbar ist, wird das Substratsymbol mit dem entsprechenden Bodentypensymbol kombiniert: z.B. *Kipp-Sandranker* (S-KpA). Bei Kipp-Reduzinen, die sich bei anthropogenen Böden meist aus Löß (cUL-Kp) und/oder Geschiebemergel (cL-Kp) rekrutieren, entfällt dann aber in der (Kipp-)Substratkennzeichnung das Karbonatsymbol "c"; z.B. UL-KpC und L-KpC!

Gemengebodenformen:

Als "Gemenge" werden verkippte Substrate aufgefaßt und bezeichnet, die *nicht* aus lithologisch "reinen" Lockergesteinsschichten (z.B. Löß, Geschiebemergel, Schmelzwassersand), sondern aus Substraten bestehen, die durch ihre Einzelkomponenten bedingt einen weiten ökologischen Abstand voneinander haben und in der Regel meist aus einem *sandigen* Grundsubstrat bestehen, das brockige und/oder klumpige *bindige* Beimengungen in unterschiedlicher Menge und Verteilung enthält; andererseits ist aber auch ein lehmiges Grundsubstrat denkbar.

Im Bodenformensymbol werden die Gemenge gegenüber den anderen (Kipp-)Bodenformen dadurch besonders gekennzeichnet (s.o.!), indem *vor* die Substratkombination ein "G" gestellt wird; Gemengebodenformen werden vorerst nach dem Gehalt an Klumpen/Brocken in "schwach" und "stark" gegliedert.

Sondersubstrate:

Sowohl stark kontaminierte/stark veränderte Böden und Industrierückstände, als auch Böden in Bergmassen und Rückständen des Kupferschiefer- und Kali-/ Salzbergbaues werden wegen der von den anderen Kippenböden stark abweichenden Substratparameter/ Substratwirkungen als "Sondersubstrat" deklariert und in der Bodenformenbezeichnung auch abweichend behandelt.

Substratschichtungen:

Kommen mehrere Schichten aus unterschiedlichen Substraten übereinander vor, wird das in Mächtigtkeitsstufen < 3 dm, 8 und > 12 dm berücksichtigt und auch entsprechend benannt.

Kartierungseinheiten:

Grundlage für die Bildung von Kartierungseinheiten ist die o.g. Bodenformengliederung: Kartierungseinheiten können sowohl aus einer einzigen Bodenform bestehen, als auch aus einer Bodenformengesellschaft, deren Einzelglieder wegen zu geringer Flächen-größe nicht kartiert werden können und deshalb als Wechselstandort zusammengefaßt dargestellt werden müssen.

Zum Beispiel können so die Verhältnisse auf einer Schmelzwassersandkippe mit klein-flächigen Inseln und Streifen aus Geschiebemergel und tertiären, sandig-kohligen Mittel-massen als Wechselstandort erfaßt werden.

Bei den auf Kippen und Halden üblichen Kartierungsmaßstäben von M 1:2000 /1:5000 sollte die Mindestflächengröße der Kartierungseinheiten/Bodenformen 0,5 ha nicht unterschreiten.

Literaturverzeichnis:

AUTORENKOLLEKTIV: Arbeitsrichtlinie Bodengeologie.- VEB Kombinat Geologi-sche Forschung und Erkundung Halle, Halle/Saale 1979

KNAUF, C.: Bodenchemische und bodenphysikalische Eigenschaften von Abraum-schichten aus den Braunkohlerevieren der Bezirke Halle und Magdeburg und ihre Eignung zur Rekultivierung.- unveröff. F/E-Arbeit, VEB K GFE Halle, Halle/Saale 1974

KNAUF, C.: (53) Bodengeologische Kippengutachten für die Kippen der Tagebaue Mul-denstein (15; 1970-1973) und Goitsche (38; 1969-1991) des VEB BKK Bitterfeld.- unveröff., Archiv des VEB K GFE Halle, Halle/S. 1969 bis 1991

KNAUF, C. u. A. MÖBES: Vorschlag zur Gliederung der Anthropogenen Böden Sachsen-Anhalts, unveröff., Halle 1993

SCHRÖDER, H. u.a.: Komplexanalyse Bitterfeld - Wolfen.- GFE - GmbH Halle, Halle, 10.07.1991

WÜNSCHE, M. u.a.: Die Klassifikation der Böden auf Kippen und Halden in den Braunkohlerevieren der DDR.- Neue Bergbautechnik II (1981) 1, S. 42-48

Erfassung und Überwachung des Zustands der Böden in Baden-Württemberg durch Boden-Dauerbeobachtungsflächen

von

Kohl, R., T. Nöltner und M. Schöttle

ANLASS UND ZIELSETZUNG

Böden unterliegen ebenso wie die Umweltmedien Luft und Wasser vielfältigen natürlichen und anthropogenen Einwirkungen. Die Nutzbarkeit der Böden und die Erfüllung ihrer natürlichen Funktionen werden durch Einträge von Schadstoffen in gleicher Weise gefährdet wie durch Versiegelung, Verdichtung oder Erosion. Der Schutz der Böden bedarf daher gleichfalls unserer besonderen Aufmerksamkeit.

Im Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg ist die Erfassung und Überwachung der Bodenbeschaffenheit als Aufgabe der Landesanstalt für Umweltschutz festgelegt (§ 16 BodSchG). Auf dieser gesetzlichen Grundlage und unter Berücksichtigung der Vereinbarungen auf Bund-/Länder-Ebene zur Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen (SAG "Informationsgrundlagen Bodenschutz" 1991) wurde eine Konzeption zur Einrichtung und zum Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) in Baden-Württemberg erarbeitet. Darin wird als ein übergreifendes Ziel der Boden-Dauerbeobachtung die Erfassung der Beschaffenheit gebietstypischer Böden, ihres aktuellen Zustands und ihrer Veränderungen im Hinblick auf eine Beeinträchtigung von Bodenfunktionen formuliert. Hierdurch soll die künftige Entwicklung der Böden abgeschätzt werden, um Handlungsmaßnahmen rechtzeitig im Sinne eines vorsorgenden Bodenschutzes ergreifen zu können.

Die Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg erfolgt mit einem zweistufigen Meßnetz:

GRUNDMESSNETZ (BDF I)

Die Ersterfassung und Beschreibung der Bodeneigenschaften und des gegenwärtigen Bodenzustands wurde mit dem 1986 eingerichteten Bodenmeßnetz (Grundmeßnetz) realisiert. Dieses Grundmeßnetz umfaßt 155 ausgewählte, für die Naturräume des Landes repräsentative Beobachtungsflächen mit jeweils typischen Böden. Die Standorte wurden so ausgewählt, daß an ihnen die ubiquitären Stoffgehalte der Böden Baden-Württembergs ermittelt werden können.

Neben der Erfassung der Schadstoffgehalte der Böden (Schadstoffpotential) steht hier die Untersuchung der langfristigen stofflichen Einwirkungen (luftgetragene oder bewirtschaftungsbedingte Schadstoffeinträge) im Vordergrund, d. h. die Eigenschaften der Standorte als Schadstoffsenke werden zur Dokumentation von Stoffeinträgen genutzt. Wiederholungsproben der Standorte sind in größeren Zeitabständen (> 10 Jahre) vorgesehen.

Die Ergebnisse der Erstuntersuchung ermöglichten eine Charakterisierung der ubiquitären Gehalte anorganischer und organischer Schadstoffe gebietstypischer und flächenbedeutsamer Bodenformen bzw. Standortseinheiten des Landes (Landesanstalt für Umweltschutz B.-W. 1990, 1993). Diese Informationen bilden die Grundlagen für ein landesspezifisches Einstufungssystem von Schadstoffgehalten in Böden und deren

¹Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Griesbachstraße 1-3, 76 185 Karlsruhe

Bewertung. Mit der dritten Verwaltungsvorschrift zum Bodenschutzgesetz (GABl. 1993) wurden ausgehend von den Ergebnissen der Dauerbeobachtung Hintergrundbereiche für anorganische Schadstoffe definiert und damit ein hilfreiches Instrument für den Verwaltungsvollzug im Bodenschutz geschaffen.

INTENSIVMESSNETZ (BDF II)

Kleine Veränderungen im Stoffbestand sind bei reiner Vorratsbetrachtung aufgrund der hohen standörtlichen Variabilität der Böden und z. T. auch aufgrund hoher natürlicher Hintergrundgehalte nicht erfassbar. Die weitgehende Irreversibilität von Schadstoffanreicherungen in Böden verleihen jedoch der Vorsorge eine besondere Bedeutung und machen daher die Erfassung auch geringfügiger Veränderungen erforderlich.

Diesen Anforderungen soll künftig mit einem Intensivmeßnetz Rechnung getragen werden. Hierzu werden solche Standorte ausgewählt, die einem erhöhten lokalen oder regionalen exogenen Veränderungsdruck ausgesetzt sind und deren Böden gegenüber diesen Einwirkungen als empfindlich bzw. wenig belastbar einzustufen sind (Tab. 1). Beispiele sind Böden mit geringer Sorptionskapazität, die den Immissionen aus dem Straßenverkehr ausgesetzt sind. Aus rationellen Gründen sollen die BDF II-Standorte auf jeweils ein oder zwei Schwerpunktthemen (vgl. Tab. 1) mit spezifischen Untersuchungsprogrammen ausgerichtet werden. An Standorten mit solchen empfindlichen Böden lassen sich Veränderungen frühzeitig messen. Damit wird es möglich, das Intensivmeßnetz gewissermaßen als Frühwarnsystem im Sinne eines vorsorgenden Bodenschutzes zu nutzen.

Die Untersuchungen im Rahmen des Intensivmeßnetzes sollen auch eine Überprüfung der Wirksamkeit von Maßnahmen ermöglichen, wie z. B. des Verbots des Einsatzes von Scavengern im bleihaltigen Benzin, der Reduzierung des bleihaltigen Benzins generell sowie Untersuchungen des Eintrags "neuartiger" Stoffe wie Platingruppenelemente aus Abgaskatalysatoren.

Um die Ursachen etwaiger Funktionsbeeinträchtigungen der Böden nachweisen zu können, sind neben den zeitlichen auch räumliche Bezugswerte erforderlich. Durch Einbezug benachbarter Vergleichsstandorte unterschiedlicher Nutzung oder Exposition (z. B. Intensiv-Obstkultur und Streuobstwiese) sollen nutzungsbedingte Einflüsse belegt werden können.

Die parameter- und standortbezogene Beurteilung von schädlichen Einwirkungen auf die Böden (exogener Veränderungsdruck) und der Standortempfindlichkeit ist erst durch den Vergleich der Ergebnisse mehrerer Wiederholungsuntersuchungen möglich. An den Standorten des Intensivmeßnetzes sind Folgebeprobungen des Bodens nach drei, danach jeweils nach acht Jahren vorgesehen. Stoffein- und -austräge (Deposition, Sickerwasser) werden in kurzen Zeitabständen (2 - 4 Wochen) untersucht.

Ein erster Standort mit der Zielrichtung "Immission aus dem Straßenverkehr" wurde an der BAB 5 bei Bruchsal eingerichtet. An diesem Pilotstandort (Wald) wird der Stoffhaushalt des Bodens insgesamt, d. h. Einträge, Austräge und Vorratsänderungen erfaßt (Abb. 1). Die Sickerwasserraten sowie die Schadstoffgehalte im Sickerwasser werden mit Hilfe von in einem Meßschacht angebrachten Sonden direkt unter dem Waldtrauf ermittelt. Als Vergleichsfläche dient eine benachbarte Freilandfläche, auf der kontinuierlich Klimadaten aufgezeichnet und ebenfalls die Depositionen in kurzen Intervallen untersucht werden. Ziel ist es, Aussagen zu den Auswirkungen des verkehrsbedingten Stoffeintrags und zum Erfüllungsgrad der Bodenfunktionen machen zu können.

Tab. 1: Auswahlkriterien für Intensiv-Beobachtungsflächen (BDF II)

EINWIRKUNGEN (Belastungsursachen)	EMPFINDLICHE / GEFÄHRDETE STANDORTE				AUSWIRKUNGEN (Gefährdung von Bodenfunktionen)
	Standorteigenschaften, Bodenkennwerte	Bodenformen, Bodentypen	Nutzung und Bewirtschaftung	Naturräume, Immissionssituation	
1. Einträge von anorganischen Schadstoffen	niedrige KAK, hohe Vorbelastung, etc.	Ranker, Rendzinen, etc.	Wald, Acker (Auftrag von Siedlungsabfällen), etc.	Oberrheintal sowie Um- feld urbaner Gebiete (emittentennah), westl. Schwarzwald	Boden als Filter und Puffer: Schadstoffgehalte
2. Einträge von organischen Schadstoffen	niedriger Humusgehalt, geringe bodenbiologische Aktivität, etc.	Sand- und Sandstein- Braunerden, etc.	Wald, Intensivkulturen, z. B. Hopfenanbau, etc.	Nahbereich von Verkehrswegen, etc.	Schadstoffgehalte von Pflanzen und Sicker- wasser, etc.
3. Säuredepositionen, NO _x , SO ₄	geringe Pufferkapazität (SNK), etc.	Granit-Braunerden, etc.	Wald, Extensivgrünland, etc.	westl. Odenwald, etc.	Boden als Filter u. Puffer: Schadstoffgehalte im Sickerwasser, etc.
4. Einträge von Nähr- stoffen (NH ₃ , etc)	oligotrophe Böden, etc.	Hochmoor, etc.	Naturschutzflächen, etc.	Intensivtierhaltung im Umfeld (z. B. Moränen- landschaft Oberschwa- bens), etc.	Boden als Standort für Naturvegetation: Vege- tationszusammensetzung, etc.
5. Befahren, Bewirtschaf- tungsfehler	labiles Bodengefüge (hoher Schluffgehalt), etc.	Parabraunerde aus Löß, etc.	Acker mit hoher Bearbeitungsintensität, etc.	Kraichgau, etc.	Boden als Ausgleichskör- per im Wasserkreislauf: Verdichtung und Ober- flächenabfluß, etc.

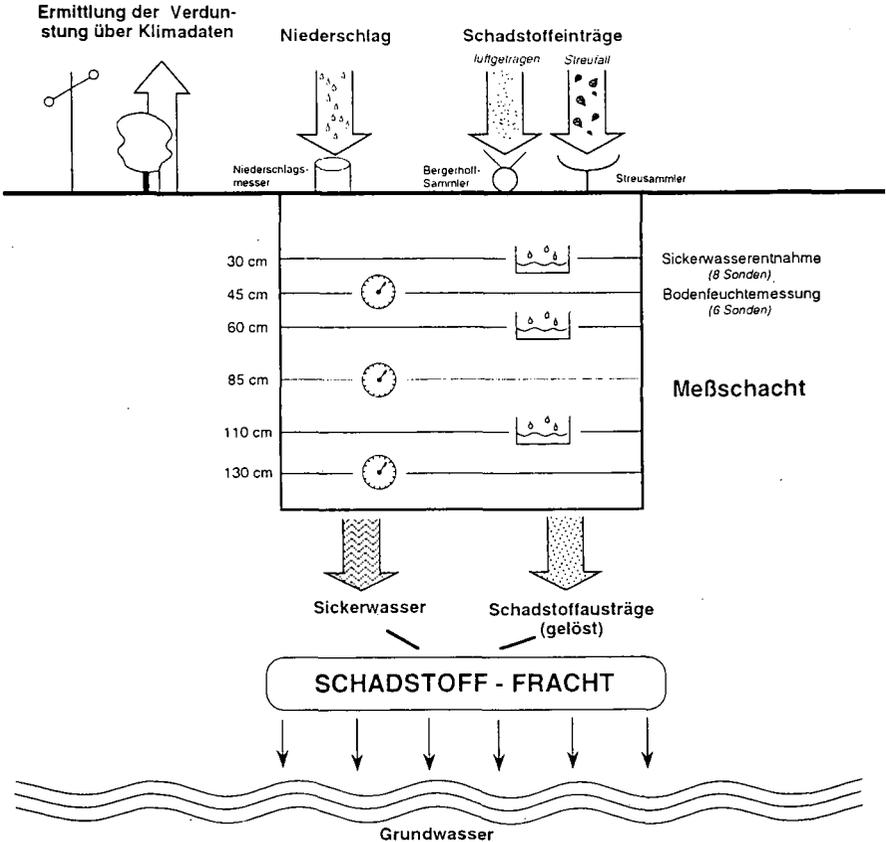


Abb. 1: Schematische Darstellung des Meßschachts der Bodendauerbeobachtungsfläche bei Bruchsal und Umfang der Untersuchungen.

LITERATUR

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ B.-W. (1990): Schwermetallgehalte der Böden aus verschiedenen Ausgangsgesteinen in Baden-Württemberg. - Sachstandsbericht 4 der Arbeitsgruppe Bodenschutz, 14 S.; Karlsruhe.

LFU B.-W. (1993): Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg - Schwermetalle, Arsen, Organochlorverbindungen. - Materialien zum Bodenschutz Band 2, 33 S.; Karlsruhe.

SAG "INFORMATIONSGRUNDLAGEN BODENSCHUTZ (1991): Sonderarbeitsgruppe "Informationsgrundlagen Bodenschutz" der Umweltministerkonferenz (Arbeitshefte zum Bodenschutz 1 der Unterarbeitsgruppe "Boden-Dauerbeobachtungsflächen").

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1993): Dritte Verwaltungsvorschrift zum Bodenschutzgesetz (VwV Anorganische Schadstoffe). - Gemeinsames Amtsblatt (GABl.) des Landes Baden-Württemberg, September 1993.

Kennzeichnung von Teerdeposolen im Stadtgebiet von Rostock

von

Kretschmer, H.⁺, P. Kahle⁺⁺, L. Belau⁺⁺ und E. Coburger⁺

1. Einleitung und Zielstellung

Die sogenannte Teerdeponie entstand vor 20 Jahren durch Ablagerung flüssiger organischer Rückstände aus der Erdölspaltung zur Stadtgasgewinnung in einem künstlich angelegten Becken und in 7 davon abgezweigten Gräben. Gipseinmischung bewirkte die Entstehung eines bläulich-schwarzen teerartigen Produktes breiig-flüssiger bis steifplastischer Konsistenz mit starkem Phenolgeruch (nachfolgend Teer genannt). Nach seiner Überdeckung mit mineralischem Aushubmaterial entstand auf der Fläche der Gräben wieder das ursprünglich vorhandene, von SSW nach NNE um 1 - 1.5% abfallende Relief der Hangneigungs- Unterstufe NO.2 "fast nicht geeignet" (Arbeitsgruppe Bodenkunde 1982, S. 42).

Über dem Becken wurde mineralisches Substrat zu einem kegelförmigen Hügel von 12m Höhe gegenüber der Umgebung zusammengeschieben.

In einer bodenkundlichen Grunderhebung wurden 1991/92 auf dieser Fläche von ca. 25 ha Größe 30 Schürfe und 192 Peilstangenbohrungen von 1.0 - 2.7m Tiefe angelegt. 1993 erfolgten weitere Untersuchungen an 2 zusätzlichen Schürfen sowie Gefäß- und Brutversuche mit unterschiedlichen Boden-Teer-Gemischen. Ziel dieser Untersuchungen war einerseits, dem Senat der Hansestadt Rostock Bewertungsgrundlagen zur Flächennutzungsplanung in die Hand zu geben. Andererseits sollte damit zugleich ein Beitrag zur Stadtbodenkartierung und zur Kennzeichnung eines technogenen Substrates erarbeitet werden.

2. Bodendecke

Das jungpleistozäne Moränesubstrat variiert zwischen den Körnungsarten sL (St2, S13, 4, S1u) und rS (S), wobei der Tongehalt mit dem Gefälle nach NNE abnimmt. Es treten überwiegend halb- und vollhydromorphe Bodenformen auf, z.B. Sandtieflehm-Halbamphigleye (Pseudogley-Gleye) und Sand-Gleye. Die potentielle Vernässung beginnt demzufolge meist oberhalb 8dm GOK. Im Sommer 1991 lag die mittlere Grundwassertiefe zwischen 2.03m (SSW) und 1.44m (NNE). Die mittlere Entkalkungstiefe liegt unterhalb von 1m. In den Grabenbereichen läßt sich bei erhöhtem Bodenformenkontrast CaCO₃ teils bis in den Oberboden hinein nachweisen.

⁺ Universität Rostock, Agrarwissenschaftliche Fakultät, FB Agrarökologie, J.-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock

⁺⁺ Universität Rostock, Agrarwissenschaftliche Fakultät, FB Landeskultur und Umweltschutz, J.-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock

Dem Bodenformen-, vor allem dem Körnungskontrast entsprechen analoge Kontraste bei verschiedenen Bodeneigenschaften und -kennwerten. Trockenrohdichten (Spannweiten von 1.44 - 2.00g/cm³) sind negativ mit k_f -Werten (zwischen 0.01 und 1.89m/d) nach der Beziehung

$$\text{Trockenrohdichte} = 1.763 - 0.1495 k_f \quad (r = -0.66^{***}, n = 24)$$

korreliert. Die höchsten Trockenrohdichten betreffen besonders sandige Lehme im oberen Unterboden. Dies weist auf technogene Verdichtungen aus dem Teereinlagerungsprozeß hin. Die pH-Werte variieren zwischen 5.8 (Sande) und 7.4 (sandige, CaCO₃-haltige Lehme).

Untersuchungen an 15 Bodenproben aus 0 - 20 dm Tiefe ergaben folgende Gehaltsbereiche für Schwermetalle und Organika:

Element/ Fraktion	Bodenge- halt mg/kg	Grundwas- ser µg/l	Referenzwerte ¹⁾	
			Wasser	Boden
Pb	1.0 - 6.5	0.03	20 µg/l	50 mg/kg
Zn	2.7 -15.3	0.03	50 µg/l	200 mg/kg
Cu	3.3 - 6.7	-	20 µg/l	50 mg/kg
Hg	0.020-0.320	-	0,2 µg/l	0.50 mg/kg
Cd	n.b.	< 0.05	1 µg/l	1 mg/kg
As	n.b.	1.73	10 µg/l	20 mg/kg
IR-KW	1.0 -2.58	< 1.0	20 µg/l	10 mg/kg
Phenol index	19 -400	<10.0	1 µgl	0,1 mg/kg

¹⁾ Hollandliste

Die Werte für Pb, Zn, Cu und Hg liegen deutlich unter den Referenzwerten. Demgegenüber treten bei den IR-Kohlenwasserstoffen und beim Phenolindex meist erhebliche Referenzwertüberschreitungen auf, insbesondere in Grabennähe und innerhalb der oberen 5dm. Das deutet auf Schadstoffverschleppung während des Teereinlagerungsprozesses hin.

Im Grundwasser, entnommen aus einer vorhandenen Meßstelle zwischen den Gräben II und III, finden sich dagegen nur unbedeutende Schwermetall- und Organika-Gehalte.

3. Lage und Eigenschaften des Teers in den Gräben

Allgemein sind Graben-Überdeckungshöhen zwischen 5 und 10dm Mächtigkeit anzutreffen. Die Teersohle reicht bis maximal 2.7m unter GOK, so daß der Teerkörper zumindest in seinem unteren Bereich mit dem Grundwasser in Verbindung steht. Die durchschnittliche Grabenbreite beträgt 5 - 10m. An der Teersohle hat sich eine Schwarzfärbung des liegenden mineralischen Substrates von 5cm (bindige Substrate) bis 40cm (Sande) herausgebildet, die auf Vertikalverlagerung beweglicher Teerfraktionen zurückgeht und deutlich erhöhte C-Gehalte bewirkt hat.

Soweit sich durch die Gipszumischung eine steifplastische Konsistenz eingestellt hatte, war eine Aggregation und Makrodurchporung in situ feststellbar. Dieser Gefügestand wird durch niedrige Trockenrohdichten (im Mittel 0.99g/cm^3) belegt. Obwohl sie sicher durch den erhöhten C₁-Gehalt mitbedingt sind, weisen sehr hohe Wasser- und Luftdurchlässigkeiten auf große Porenvolumina hin.

Für die IR-KW wurden 72, für den Phenolindex 0.16g/Kg gemessen. Damit können die Bodenbildungen in den Teergräben vorerst als

- * Sandlehm-Pararendzinen mit Relikt-Haftvergleyung und Teerunterlagerung (Teeroberkante > 8dm unter GOK)
- und
- * Sandlehm-Teerpararendzinen mit Relikt-Haftvergleyung (Teeroberkante zwischen 4 und 8dm unter GOK)

bezeichnet werden.

Zu Gefäßversuchen wurde ein schwach lehmiger Sandboden (S12) verwendet (0.73% C₁, pH 4.7, KAK $4.64\text{mmol}/100\text{g}$). Der Teerzusatz lag bei 0, 5, 10 und 20 Masse%. Als Pflanze diente Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.). Mit steigendem Teerzusatz traten zunehmend Keimverzögerungen und Wachstumshemmungen auf. Bei 20% Teerzusatz keimten nur noch wenige Samen. Die Pflänzchen starben kurz danach ab.

Brutversuche mit den o.a. Mischungen ergaben im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle keine Einschränkung der Mikrobentätigkeit. Die intensive CO₂-Freisetzung zeigte starke Um- und Abbaureaktionen auch nach der langen Deponierung des Teer an, wenn dieser aeroben Umsetzungsbedingungen ausgesetzt wurde. Dabei erfolgte in erheblichem Maße eine Immobilisation des bodenbürtigen Stickstoffes, so daß bei ausbleibender Ausgleichsdüngung N-Mangel für das Pflanzenwachstum vorliegen kann.

4. Schlußfolgerungen

Soweit auf dieser Fläche ein Gefährdungspotential gegeben ist, geht es von organischen Schadstoffen aus. Die Lage der unteren Teerschichten im oberflächennahen Grundwasser und die hohe Durchlässigkeit des Teerkörpers verstärken die Möglichkeit eines Schadstoffaustrages. Horizontale Schadstoffverlagerungen mit dem strömenden Grundwasser lassen sich z. Z. aber weitgehend ausschließen. Vertikalverlagerungen sind erfolgt (Dunkelfärbung des Liegenden) oder erfolgen noch.

Allerdings treffen die sich verlagernden Stoffe in jedem Fall auf eine mächtige, dicht gelagerte, basenübersättigte Geschiebemergelbarriere. Nach derzeitigem Erkenntnisstand besteht daher kein unmittelbarer Handlungsbedarf zur Standortsanierung. Die Fläche sollte im Bereich der Gräben versiegelt werden. Die Untersuchungen zum Teersubstrat werden fortgesetzt.

Anmerkung

Eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse erfolgt an anderer Stelle.

Literatur

ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE: Bodenkundliche Kartieranleitung,
3. Auflage, Stuttgart 1982

**Untersuchungen zum Interpretationspotential von
Fremddaten für die Prognose der Bodenverbreitung in
einem Stauchendmoränen-Gebiet**

von

Krug, D.⁺ und H. Sponagel⁺⁺

Zielsetzung

In einem Teilprojekt des Sonderforschungsbereichs (SFB) 179 der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurden Untersuchungen durchgeführt, die zum Ziel hatten, die räumliche Variabilität von Bodeneigenschaften in einem Beispielsgbiet am Südrand des Uelzener Beckens zu erfassen. Es handelt sich bei dem SFB-Untersuchungsgebiet um eine charakteristische, überwiegend durch Sandböden geprägte Stauchendmoränenlandschaft, von ca. 7 km² Größe. Als Schwerpunkt des Teilprojektes sollte die Frage beantwortet werden, inwieweit sich taxonomische Variabilität bzw. Merkmalsvariabilität von Raumeinheiten aufgrund von Unterlagen verschiedener Informationsebenen (hier: Bodenschätzung, Nutzungszustand historischer Karten, morphographische Einheiten digitaler Reliefmodelle) ableiten und bodenkundlich interpretieren lassen, um schließlich das Potential der Fremddaten für die Vorhersage von Bodenformen, -gesellschaften und -eigenschaften sowie deren Regionalisierung zu nutzen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen zu einer Verbesserung der Entwicklung von Konzeptkarten dienen, die in der zukünftigen Bodenkartierung immer mehr an Bedeutung gewinnen, da sie dem Kartierer nicht nur eine bessere Vorstellung über das zu erwartende bodenkundliche Inventar liefert, sondern auch zu einer wesentlichen Verbesserung der Kartiererergebnisse führt.

Unter Ausnutzung aller bodenkundlich relevanten Informationen kann der Geländeaufwand durch eine gezielte Aufnahme schneller und besser erfolgen. Auch die anschließende Auswertung der eigenen punktförmigen Geländeerhebungen (Bildung von Kartiereinheiten und Regionalisierung) wird mit Hilfe der Konzeptkarte wesentlich einfacher. Durch eigene Kartiererergebnisse können den Flächeneinheiten der Konzeptkarte bodenkundliche Inhalte zugeordnet werden. Auf diese Weise entsteht die Konzeptbodenkarte, die als Basiskarte weiterer Auswertungen genutzt wird.

Datenerhebung und Auswertung

Für die Bewertung des bodenkundlichen Interpretationspotentials der Fremddaten wurden erstens die Informationsebenen Bodenschätzung, Historische Landnutzung und Relief überlagert und miteinander verschnitten.

+

Bundesanst. f. Geowissensch. u. Rohstoffe, Außenstelle Berlin,
Invalidenstr.44, 10115 Berlin

++

Niedersächsisches Landesamt f. Bodenforsch., Stilleweg 2, 30655 Hannover

Auf diese Weise entstand eine Konzeptkarte kleinster Verschneidungsflächen ("Kleinstgeometrien") mit gleichen Fremddatenkombinationen (Faktorengefüge). Zweitens wurde parallel zur Konzeptkarte eine Bodenkarte durch eigene Geländeerhebungen erstellt. Die Kartierung hierzu war so konzipiert, daß jede Kleinstgeometrie mindestens eine Bohrung besaß. Zusätzlich wurden zur Abgrenzung von Bodeneinheiten noch farbige Luftbilder, die zu verschiedenen Jahreszeiten entstanden, ausgewertet.

Um mögliche bodenkundliche Inhalte in den Kombinationen der Fremddaten erkennen zu können, wurde die Konzeptkarte mit der Bodenkarte verschnitten. Danach war es möglich, den auftretenden Fremddatenkombinationen Kartiererergebnisse (Bodenformen, -gesellschaften oder -eigenschaften) gegenüberzustellen. Die Bodenformen, die in den jeweiligen Kleinstgeometrien flächenhaft dominieren, wurden den Fremddatenkombinationen zugeordnet. Nach dieser Methode konnte man auf der Grundlage aller im Untersuchungsgebiet auftretenden Faktorengefügen Regeln aufstellen, nach denen sich wiederum Bodenformen oder -eigenschaften vorhersagen bzw. regionalisieren lassen. Anhand dieser Vorhersageregeln ließ sich nun eine Konzeptbodenkarte für das Untersuchungsgebiet erzeugen.

Um die Güte dieser digitalen, automatisch erzeugten Karte bzw. der Regeln und somit auch das bodenkundliche Interpretationspotential der verwendeten Informationsebenen bewerten zu können, wurde die auf der Kartierung basierende Bodenkarte mit der Konzeptbodenkarte verschnitten.

Ergebnisse

Abb. 1 veranschaulicht am Beispiel der Bodenschätzungsflächen mit dem Klassenzeichen S 3 D, wie sich die Hinzunahme weiterer Informationsebenen positiv auf die Qualität der Vorhersage von Bodenformen auswirken kann.

Die S 3 D-Flächen sind hinsichtlich ihres bodenkundlichen Inventars noch relativ heterogen. Sie stellen eine Bodengesellschaft vorwiegend aus tief humosen Braunerden, Gley-Kolluvien und Gleyen dar. Differenziert man die S 3 D-Flächen mit Hilfe der historischen Landnutzung, so erhält man bodenkundlich wesentlich homogenere Flächen. So bestehen die Flächen der Fremddatenkombination S 3 D/ Acker zu 82,7% aus Braunerden. In den Bruchwaldflächen in den Bodenschätzungsflächen mit dem Klassenzeichen S 3 D dominieren dagegen Gleye. Charakteristisch ist in diesen Arealen außerdem der relativ hohe Flächenanteil an Niedermooren (15,7%). Es wird deutlich, daß sich mit Hilfe der historischen Landnutzung die Flächen der Gleye und Niedermoore in den S 3 D Flächen gut von denen der Braunerden "abtrennen" lassen. Die zusätzliche Berücksichtigung des Inhaltes morphographischer Karten verhilft zu einer weiteren Verbesserung der flächenhaften Trennung der Bodenformen in den S 3 D-Flächen der Bodenschätzung. So lassen sich in den Flächen der Fremddatenkombination S 3 D/ Acker die Gley-Kolluvien durch die Reliefinformation "Senkenbereich" von den Braunerden trennen. Auf diese Weise entstehen bodenkundlich homogenere Flächen:

Man findet in den Flächen der Fremddatenkombination (Faktorengefüge) "S 3 D/Acker/Hangbereich (Neigungsstufe 1)" fast ausschließlich tief humose Braunerden. Bei der Ableitung von Regeln zur Vorhersage der Verbreitung von Bodenformen läßt sich für den Fall, daß man nur die Bodenschätzung und die historische Landnutzung berücksichtigt, folgende Aussage treffen:

Die Fremddatenkombination eignet sich zur Vorhersage mittlerer Braunerden (Vorhersage des Haupttyps) bzw. zur Vorhersage der Bodengesellschaft aus tief humosen Braunerden und tief humosen Pseudogley-Braunerden.

Die gleiche Regel ergäbe sich für das Faktorengefüge S 3 D/Acker/Hangbereich (Neigungsstufe N1). Durch die zusätzliche morphographische Information läßt sich jedoch die Vorhersagegenauigkeit von 82,7% (Flächenanteil der korrekten Vorhersage des Haupttyps) auf 96,1% steigern!

Betrachtet man die Vorhersageergebnisse aus allen auftretenden Faktorengefügen im Untersuchungsgebiet, so erkennt man eine breite Streuung auf: Werden durch die Hinzunahme der Informationsebenen Historische Landnutzung und Relief korrekt beurteilte Flächenanteile des Haupttyps von mehr als 90% erzielt (z.B. in den S 5 D-Flächen), so betragen die Vorhersageergebnisse in anderen Bodenschätzungsflächen nur knapp 60% (z.B. in den S II D-Flächen).

Die durchschnittlichen Ergebnisse für das gesamte Untersuchungsgebiet verdeutlicht Abb. 2. Dargestellt sind die Flächenanteile der richtigen Identifikation des Haupttyps, des Subtyps, des Subtyps und der Tiefenkennziffer sowie der "Bodengesellschaft" (zwei Bodentypen auf der Ebene des Subtyps; z.B. Gley-Podssole und Podsol-Gleye). Die Abbildung läßt erkennen, daß selbst das Klassenzeichen der Bodenschätzung ein bodenkundliches Interpretationspotential für die Vorhersage der Bodenverbreitung beinhaltet. Durch die Hinzunahme der Informationsebenen Historische Landnutzung und Relief läßt sich das Potential deutlich steigern, was aus der deutlichen Zunahme der Flächenanteile korrekter Vorhersagen erkennbar wird. So werden unter der Verwendung aller drei Informationsebenen Übereinstimmungen zwischen Vorhersage und Kartierbefund erreicht, die fast 75% (Flächenanteil des richtig vorhergesagten Haupttyps) betragen. Auch bei der Vorhersage der "Bodengesellschaft" verbleibt ein Restfehler von weniger als 30%. Die Ergebnisse lassen sich deswegen als beachtlich bezeichnen, weil zur Formulierung der Vorhersageeregeln lediglich Titeldaten Verwendung fanden und keine Profildaten. Die Einbeziehung von Profildaten trüge sicher zur Verbesserung der Vorhersageergebnisse der Tiefenkennziffer (1.Ziffer) bei. Die Verwendung geologischer Daten, die für das Untersuchungsgebiet nicht in ausreichender Form vorlagen, könnte (durch räumliche Informationen über das Auftreten von Geschiebelehm oder Beckentonen als Stauschicht) zur flächenhaften Trennung von S-B und B sowie S-G und G und so zur Verbesserung der Prognose des Subtyps beitragen. Faßt man die Ergebnisse zusammen, so ergibt sich folgendes Fazit:

Die Informationsebenen Bodenschätzung, Historische Landnutzung und Relief beinhalten ein bodenkundliches Interpretationspotential zur Vorhersage der Bodenverbreitung. Selbst unter der Ausnutzung von nur drei Ebenen und relativ "einfacher" Eingangsdaten (nur Titeldaten) verbleibt lediglich ein Restfehler von 27% (Prognose des Haupttyps).

Alle Ergebnisse können nur für ein Stauchendmoränengebiet (Grundwasserferne und Grundwassernahe Geest) im Übergangsbereich der Maritim-Subkontinentalen zur Subkontinentalen Flachlandregion Gültigkeit beanspruchen. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse in Gebiete vergleichbarer Faktorengefüge wird derzeit überprüft.

Literatur

- KLEEFISCH, B. & OELKERS, K.-H. (1992): The "Digital Soil Map" as a Database for Soil Information Systems. Geol. Jb., A122: 471-483; Hannover.
- HENNINGS, V. (1991): Die Bedeutung der räumlichen Variabilität bodenkundlicher Basisdaten für aktuelle und zukünftige Kartiertechniken dargestellt. Geol. Jb., F28; Hannover.
- HENNINGS, V. & SPONAGEL, H. (1991): Wege der zukünftigen Bodenkartierung im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung. Geol. Jb., A126: 21-36.

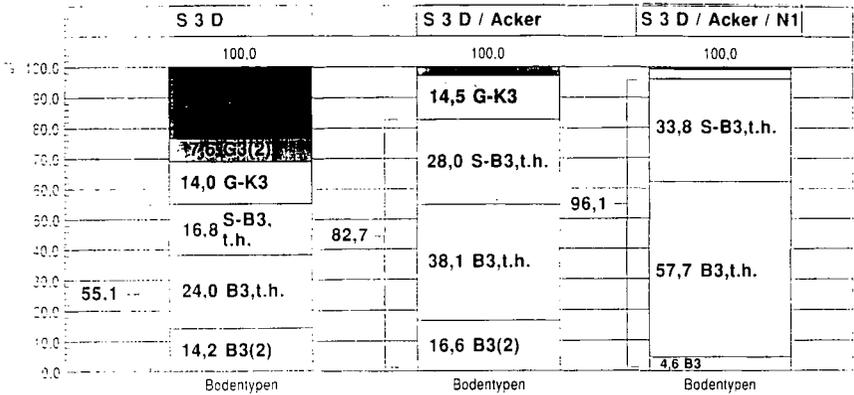
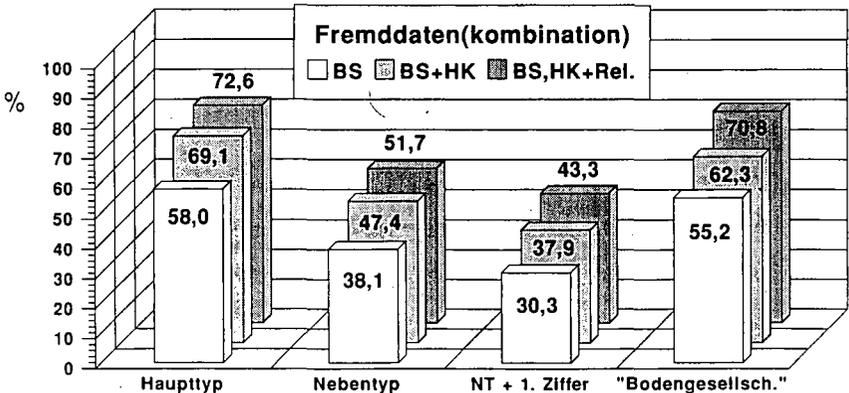
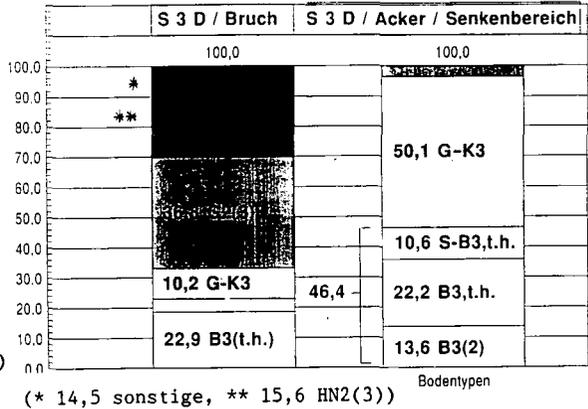


Abb. 1:
Flächenanteile der kartierten Bodenformen in den Verschnidungsflächen von drei Informationsebenen am Beispiel der S 3 D-Flächen.

Abb. 2:
Flächenanteile korrekter Vorhersagen der Bodenformen auf der Grundlage verschiedener Fremddaten(kombinationen)



Übereinstimmung im/in der ...

Übereinstimmung der Vorhersage mit dem Kartierbefund im gesamten Untersuchungsgebiet

(BS=Bodenschätzung, HK=Historische Karte, Rel=Relief)

Vorschlag zur Substratklassifikation

von

Kühn, D.⁺, M. Altermann⁺⁺ und E.-D. Spies⁺⁺⁺

1. Vorbemerkungen

Die Autoren wurden vom Arbeitskreis Bodensystematik der Kommission V der DBG beauftragt, in Abstimmung mit dem Kartierausschuß der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe einen Vorschlag zur Substratgliederung zu unterbreiten. Dieser Vorschlag, der im folgenden nur verkürzt vorgestellt werden kann, nutzt die Erfahrungen, die in der ehemaligen DDR bei der Anwendung der Substratsystematik zur Bildung von Bodenformen gewonnen wurden.

2. Ziele und Definitionen

Der Vorschlag zeigt einen Weg zur **einheitlichen, vergleichbaren und reproduzierbaren Kennzeichnung der Ausgangsmaterialien der Bodenbildung** durch bodenkundlich relevante lithogene Merkmale. Demzufolge wird Substrat wie folgt definiert:

Substrate sind nach bestimmten bodenkundlich relevanten Merkmalen gekennzeichnete Ausgangsmaterialien der Böden. Substrate werden im wesentlichen nach lithogenen Merkmalen klassifiziert:

- Entstehung (z.B. Verwitterung, Sedimentation, Verfestigung),
- Körnung (aggregierte Ansprache des Fein- und Grobbodens),
- weitere lithogene Angaben (z.B. Gesteinsart bei Festgesteinen und dem Grobboden).

Neben der Kennzeichnung der erwähnten Merkmale wird eine Typisierung der vertikalen Abfolge von Substraten nach bestimmten Regeln vorgeschlagen. Analog den bodensystematischen Einheiten, die die Horizontabfolgen beinhalten, werden Substrattypen gebildet, welche Substratabfolgen kennzeichnen. Der Substrattyp wird dementsprechend definiert:

Der **Substrattyp** ist der zusammenfassende Ausdruck für die nach bestimmten Merkmalen gleichen und ähnlichen vertikalen Substratabfolgen. Bis 12 dm unter Flur werden für die Vertikalabfolge höchstens 2 Substrate angegeben.

Das hier vorgeschlagene System zur Substratkennzeichnung ist im wesentlichen nach dem Baukastenprinzip strukturiert, das vorerst dem Niveau der Bodentypen der bodensystematischen Einheiten entspricht. Der vorgesehene weitere Ausbau des vorgeschlagenen Systems führt zu einer Substratsystematik. Damit sind dann die Voraussetzungen für die Verknüpfung von substratsystematischen und bodensystematischen Einheiten auf unterschiedlichem Niveau zur Bildung von Bodenformen und letztlich zur Aufstellung einer Bodenformensystematik geschaffen. Die Inhalte beider Systematiken dürfen sich nicht überschneiden (vgl. ALTERMANN & KÜHN 1993). Die "Bodenform" soll künftig wie folgt definiert werden:

Die **Bodenform** vereinigt bodenkundlich relevante lithogene (Substrat-) und pedogene Merkmale eines Bodens. Sie dient der umfassenden Kennzeichnung und Beurteilung der Böden und deren Eigenschaften für verschiedene Zielstellungen. Die Bodenform wird gebildet durch die Koppelung der bodensystematischen mit der substratsystematischen Einheit. Die Bodenform kann für verschiedene systematische Niveaus gebildet werden. Die Verknüpfung auf dem Typenniveau wird zunächst als **Hauptbodenform** bezeichnet werden.

⁺) Bundesanstalt für Geowiss. und Rohstoffe, Außenstelle Berlin, Invalidenstr. 44, 10106 Berlin

⁺⁺) Büro für Bodenökologie, Bodenkartierung, Bodenschutz: Kefersteinstr. 3, 06110 Halle

⁺⁺⁺) Geol. Landesamt Rheinland-Pfalz, Emmeransstr. 36, 55116 Mainz

Ähnlich den bodensystematischen Einheiten wird mit dem Gliederungsprinzip für die Substrate ein Instrument zur einheitlichen, vergleichbaren und reproduzierbaren Kennzeichnung von Bodenausgangsmaterialien für Kartierungseinheiten - länderübergreifend - geschaffen. Für die Kartierung kann eine Bodenformensystematik Grundlage für Richtlinien zur Ausgrenzung von Kartierungseinheiten nach Vergesellschaftungsmustern bzw. Flächentypen (Heterogenitätstypen und inhaltliche Flächentypen) sein.

3. Kennzeichnung der Substrate

Von den lithogenen bodenkundlich relevanten Merkmalen der Bodenausgangsgesteine werden zur Kennzeichnung der Substratabfolgen für das Hauptbodenformenniveau folgende vorgeschlagen: Genese, welche die vorliegende Ausbildung des Materials im wesentlichen prägte, zusammenfassende Ansprache des Fein- und Grobbodens sowie zusammenfassende lithogene Angaben zur Festgesteinsart bzw. skelettbildenden Gesteinsart (sofern die Bodenausbildung dies erfordert).

3.1. Klassifizierung der lithogenen bodenkundlich relevanten Merkmale Genese, Körnung und Gesteinsart

Die vorgenommene Differenzierung lithogener Merkmale zur Substratkennzeichnung wird hier tabellarisch vorgestellt, ohne die verwendeten Begriffe - sofern sie bisher gebräuchlich waren - zu definieren. Da die Begriffsbildung im Vergleich zur Bodensystematik durch die Begriffskombinationen schwieriger ist, wurde Wert auf eine aussagekräftige Symbolgebung gelegt. Dazu wurde der Symbolschlüssel Geologie, Hannover 1991, herangezogen.

Tab. 1: Genese des Bodenausgangsmaterials

Geneseart	Sym- bol	Wortstamm für Substratbegriff	Möglichkeiten der weiteren Differenzierung der Geneseart
anthropogen umgelagert	o u	Anthro- Hang-	technischer, natürlicher o. beider Herkunft kolluvial, Abrutsch-, Abschlammassen, Hangsedimente
organogen	og	Ausnahmeregel ¹⁾	Verwendung bereits üblicher Begriffe für diese Substrate
krenogen	q	Ausnahmeregel ¹⁾	Verwendung bereits üblicher Begriffe für diese Substrate
marinogen	m	Meer-	marin, perimarin, brackisch o. Still-, Bewegtwassersed.
fluvilimnogen	f	Fluß-	fluviatil, glazifluviatil, limnisch/lakustr., glazilim./glazilak.
periglaziär	p	Kryo-	kryoturbat, solifluidal/solimixtiv, deluvial
äolisch	a	Ausnahmeregel ¹⁾	Verwendung bereits üblicher Begriffe für diese Substrate
glazigen	g	Moränen-	Endmoränen-, Grundmoränenbildung
vulkanogen	vu	Ausnahmeregel ¹⁾	Verwendung bereits üblicher Begriffe für diese Substrate
zersetzt	c	Zersatz-	vorw. physikalisch verwittert, vorw. chemisch verwittert
nicht verfestigt	s	Ausnahmeregel ²⁾	alle präquartären Lockergesteine
verfestigt	n	Ausnahmeregel ²⁾	Differenzierung nicht erforderlich aus bodenkdl. Sicht

¹⁾ siehe Tabelle 2

²⁾ siehe unten Text

Es zeichnet sich bereits hier ab, daß beim weiteren Ausbau der Substratsystematik ein hierarchischer Symbolschlüssel notwendig wird.

In der Tab. 2 werden für das Typenniveau die Ausnahmeregelungen zur Kennzeichnung der Substrate bestimmter Genese zusammengestellt:

**Tab. 2: Bodenausgangsmaterialien mit gesonderter Kennzeichnung
(Ausnahmeregelungen gemäß Tabelle 1)**

Gestein	Symbol	Geneseart	Symbol	Substratsymbol
Torf	H	organogen	og	og-H
Mudde	F		og	og-F
Wiesenkalk	Ka	krenogen	q	q-Ka
Quellenkalk	Kq		q	q-Kq
Raseneisenstein	Ra		q	q-Ra
Wiesenmergel	Mw		q	q-Mw
Löß (< 20 Gew.-% Sand)	ö	äolisch/periglaziär	a o. p	a-ö o. p-ö
Sandlöß (20 - 50 Gew.-% S.)	sö		a o. p	a-sö o. p-sö
Lößsand (50 - 75 Gew.-% S.)	ös		a o. p	a-ös o. p-ös
Flugsand (>= 75 Gew.-% S.)	ss		a o. p	a-ss o. p-ss
Aschen	Asc	vulkanogen	vu	vu-Asc
Lapilli	Lap		vu	vu-Lap
Schlacken	vs		vu	vu-vs

Gegenüber dem Symbolschlüssel Geologie, Hannover 1991, wurden für alle löß- und flugsandbürtigen Bodenausgangsmaterialien neue Symbole verwendet, da diese auch für die Derivate der reinen äolischen Ablagerungen gelten sollen, selbst wenn diese Grobbodenanteile enthalten. Präquartäre Lockergesteine werden für das Niveau der Hauptbodenform durch die Kombination von Geneseart "nicht verfestigt" - Symbol s (sedimentär) - mit dem entsprechenden Fein- und Grobbodenmerkmal (siehe unten) gekennzeichnet. Bei anstehenden Festgesteinen bis 12 dm unter Flur wird mit der Geneseart "verfestigt" - Symbol n - die betreffende Festgesteinsgruppe (Symbole weitgehend nach Symbolschlüssel Geologie, Hannover 1991) kombiniert.

Für das Hauptbodenformenniveau werden bei der Feinbodenansprache Bodenartenhauptgruppen herangezogen. Deren Abgrenzung erfolgt gemäß Tab. 3. Die Bodenartengruppierungen beziehen sich auf die in der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage, dazu vorgesehenen diesbezüglichen Diagramme.

**Tab. 3: Feinbodenansprache für die Substratkennzeichnung
(für das Typenniveau fett umrandet)**

Bodenartenhauptgruppe		Bodenartengruppe		Symbole für die Bodenartenuntergruppen
Symbol	Bezeichnung	Symbol	Bezeichnung	
t	Tone	it ut	Lehmtone Schlufftone	Tt, Tu2, Tl, Ts2 Tu3, Tu4, Lt2, Lt3
l	Lehme	tl ll sl	Tonlehme Reinlehme Sandlehme	Lts, Ts3, Ts4 Lsu, Ls3, Ls4 Slu, Sl4, Sl3
u	Schluffe	tu lu su	Tonschluffe Lehmschluffe Sandschluffe	Ut4, Lu Ut2, Ut3, Uls Us, Uu
s	Sande	us ls ss	Schluffsande Lehmsande Reinsande	Su3, Su4 St2, Su2, Sl2, Sl3 Ss

Bei den in der Tab. 4 vorgeschlagenen Grobbodenarten handelt es sich nicht um Fraktionen sondern um Gemenge (analog der Feinbodenartenansprache) unter Berücksichtigung der Skelettform.

Tab. 4: Grobbodenansprache für das Typenniveau der Substratkennzeichnung

Grobbodenart	Symbol	Kennzeichnung
Schutt	n	Dominanz von kantigem Skelett > 63 mm Durchmesser
Geröll	w	Dominanz von gerundetem Skelett > 63 mm Durchmesser
Grus	z	Dominanz von kantigem Skelett < 63 mm Durchmesser
Kies	k	Dominanz von gerundetem Skelett < 63 mm Durchmesser

Das Grobbodenmaterial kann zusätzlich durch die Angabe der skelettbildenden Festgesteinsgruppen charakterisiert werden. Bei stark heterogenen Grobbodenarten kann auf diese Angabe verzichtet werden.

3.2. Verknüpfung der verschiedenen Merkmale zur Bildung der Substrate

Die Abb. 1 symbolisiert an einem Beispiel die Verknüpfung der dargestellten Merkmale zu einer Substratangabe. Das Substrat beinhaltet demzufolge eine Merkmalskombination. Die Merkmalsymbole werden in der Reihenfolge Genese, Fein-Grobboden-Kombination mit Gesteinskennzeichnung des Skeletts oder Kennzeichnung des Festgesteins angegeben. Da bei den Symbolen teilweise mit gleichen Buchstaben gearbeitet werden muß, ist das vorangestellte Genesesymbol durch einen Bindestrich von den folgenden Symbolen zu trennen.

Die Verknüpfung der klassifizierten Fein- und Grobbodenansprache erfolgt nach den Anteilsklassen gemäß Tab. 5.

**Tab. 5: Bildung von Fein-Grobboden-Kombinationen
(Beispielsverknüpfungen mit Schutt und Lehm)**

Skelettanteils- klasse	Fein-Grobboden-Kombination	
	Symbol	Bezeichnung
> 75 Vol.-%	n	Schutt
75 - > 50 Vol.-%	ln	Lehmschutt
50 - > 25 Vol.-%	nl	Schuttlehm
25 - > 2 Vol.-%	(n)l	schuttführender Lehm
2 - 0 Vol.-%	l	Lehm

Eine Kennzeichnung der skelettbildenden Gesteinsgruppe erfolgt im Symbol nach der bisher gebildeten Symbolkombination aus Genese, Fein- und Grobboden in Klammern (siehe auch Abb. 1).

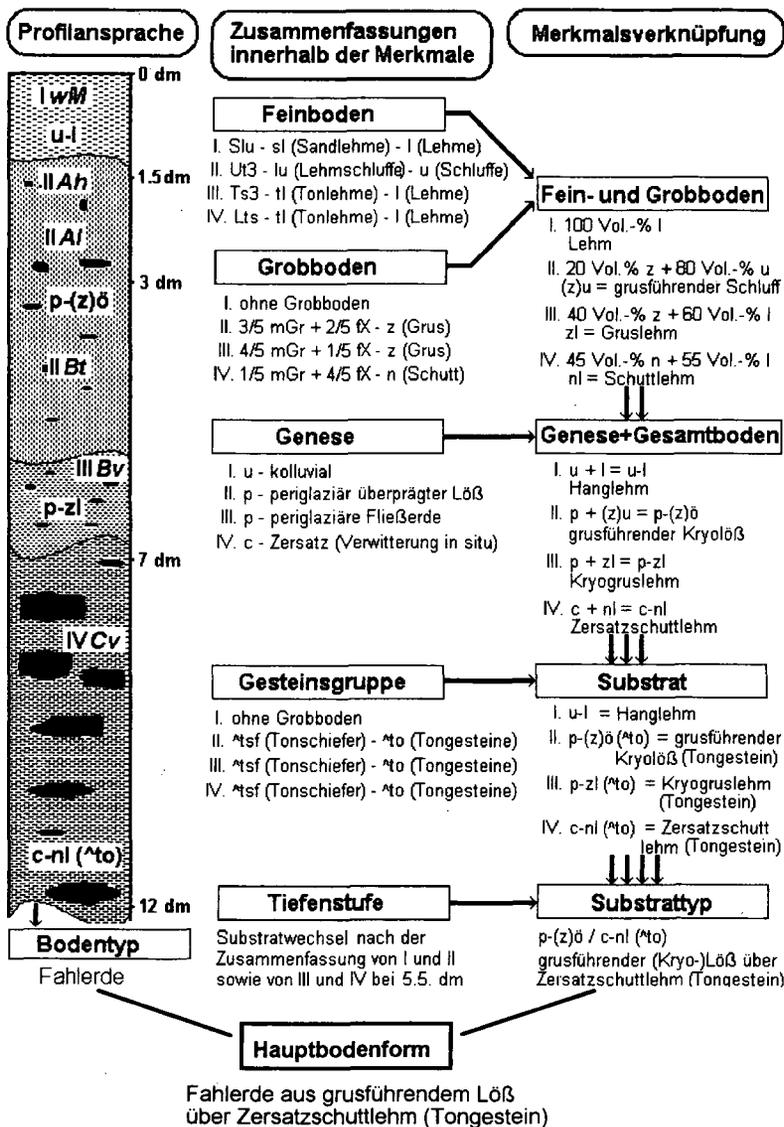
4. Typisierung der vertikalen Substratabfolgen mittels Substrattypen

Um die vertikalen Substratabfolgen zu typisieren, sind **Zusammenfassungsregeln** erforderlich. Derartige Regeln für das Niveau der Hauptbodenform können hier nur den Rahmen und Wichtungen aufzeigen:

1. Substrattyp - Angabe nur bis 12 dm unter Flur.
2. Substrate mit einer Mächtigkeit < 1.5 dm werden nicht berücksichtigt (Ausnahmen siehe Regel 5).
3. Für das Niveau Hauptbodenform sind nur 2 Substratangaben für die Vertikalabfolge zulässig.
4. In Fällen mit mehr als 2 Substraten ist die Zusammenfassung nach der relativen Ähnlichkeit vorzunehmen. Das Merkmal Feinboden ist ab einem Volumenanteil von > 25% dominant zu berücksichtigen.
5. Substrate mit starken pedologischen Auswirkungen innerhalb des Gesamtprofils sind bei der Angabe von 2 Substraten in jedem Fall zu berücksichtigen (z.B. Tonschicht mit 1 dm Mächtigkeit).
6. Zusammenfassende Substrate werden nach dem dominierenden Substrat benannt.
7. Pedologisch bedingte Korngrößenunterschiede bleiben bei der Bildung der Substrattypen unberücksichtigt.
8. Ist die Gesteinsart des Skeletts für die Substrate des Gesamtprofils gleich, wird sie nur für das unterste Substrat bzw. für das anstehende Festgestein angegeben.

Die Abb. 1 zeigt ein Beispiel für die Anwendung einiger dieser Regeln sowie für Zusammenfassungen innerhalb der Merkmale zur Bildung des Substrattyps.

Abb. 1: Beispiel für die Bildung eines Substrattyps für das Hauptbodenformenniveau



Zur Vereinfachung der Begriffsbildung wird vorgeschlagen, die häufig vorkommende Bezeichnung der Geneseart "periglazial" in Form der Vorsilbe "Kryo-" bei Eindeutigkeit entfallen zu lassen (siehe Abb. 1). Im Symbol ist jedoch die Geneseart immer zu berücksichtigen.

Zur Typisierung der vertikalen Substratabfolgen ist es erforderlich, Tiefenstufen für den Substratwechsel festzulegen. Die dazu vorgeschlagenen Regeln sind in der Tabelle 6 zusammengestellt.

Tab. 6: Tiefenstufen für die Ansprache eines Substratwechsels

Tiefenbereiche d. Substratwechsels	2 Substrate verbindendes Symbol	Bezeichnung für den Substratwechsel	Beispielsbezeichnungen
< 1.5 dm	ohne	keine Angabe ¹⁾	Moränenkieslehmsand
1.5 dm - 3 dm	... \ ...	flacher ... über ...	flacher (Kryo-)Lößüber Moränenkieslehmsand
>3 dm - 7 dm	... / ...	... über ...	(Kryo-)Lößüber Moränenkieslehmsand
>7 dm - 12 dm	... // ...	... über tieferm ...	(Kryo-)Lößüber tieferm Moränenkieslehmsand
> 12 dm	ohne	keine Angabe ²⁾	(Kryo-)Löß

1) 1. Substrat zu geringmächtig

2) 1. Substrat über 12 dm mächtig

5. Schlußfolgerungen

Das hier vorgestellte Baukastenprinzip zur Gliederung und Typisierung der Substrate ist für länderspezifische Anwendungen weiter zu untersetzen bzw. zu differenzieren. Das kann die genauere Kennzeichnung der bisher vorgeschlagenen Merkmale sowie die Aufnahme weiterer Merkmale betreffen. Ebenso ist die Erweiterung der Tiefenstufen über 12 dm hinaus und der Anzahl der zu berücksichtigenden vertikal abfolgenden Substrate denkbar und für niedere systematische Niveaus erforderlich. Entscheidend ist jedoch, daß sich alle Untersetzungen in das übergeordnete Typenniveau eingliedern lassen. Es ist nicht das Ziel, mit den vorgestellten Prinzipien die Kennzeichnung für alle möglichen bodenkundlichen Aufgabenbereiche abzudecken. Vielmehr ist beabsichtigt, hiermit ein abgestimmtes einheitliches Instrumentarium vorzulegen, daß trotz regionaler und länderspezifischer Besonderheiten eine vergleichbare Kennzeichnung, Bewertung und Beurteilung der Böden ermöglicht sowie die Verständigung erleichtert. Die Autoren erbitten Hinweise und Vorschläge zur weiteren Verbesserung der Methodik zur Kennzeichnung und Typisierung der Substrate.

Literatur:

- Altermann, M; Kühn, D. (1991): Erfassungsrahmen für die DS-Känozoikumkompatible Datenbank Aufschlußdaten im Datenspeicher umwelt- und bodenrelevante Daten.- GFE GmbH Halle (unveröffentlichtes Manuskript)
- Altermann, M; Kühn, D. (1993): Das Fachinformationssystem Bodenkunde der BGR (FISBo BGR). III. Zuordnung bodensystematischer Einheiten der ehemaligen DDR zu denen der Bundesrepublik Deutschland.- Mitt. Dt. Bodenkdl. Gesell., 72 (in diesem Band)
- Arbeitskreis Bodensystematik (1985): Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland - Kurzfassung.- Mitt. Dt. Bodenkdl. Gesell., 44, 1 - 90, Oldenburg
- Autorenkollektiv (1979): Arbeitsrichtlinie Bodengeologie.- Geol. Forsch. u. Erk. Halle
- Autorenkollektiv (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung.- 3. Auflage, Hannover
- Autorenkollektiv (1991): Symbolschlüssel Geologie.- Hannover
- Fachbereichsstandard TGL 24300/05 (1986): Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte - Körnungsarten und Skelettgehalt
- Fachbereichsstandard TGL 24300/07 (1987): Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte - Substratarten und Substrattypen
- Lieberoth, I. (1982): Bodenkunde.- Berlin

Auswertungen des NIBIS zu Fragen des Grundwasser- schutzes

von

Kues, J., F. Raissi und H. Schültken

Das Land Niedersachsen beabsichtigt, in einem Zehn-Jahres-Programm sämtliche Trinkwassergewinnungsgebiete des Landes unter Schutz zu stellen, um mittelfristig die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung zu sichern. Neben anderen Fachbeiträgen sind hierzu aus bodenkundlicher Sicht Fachaussagen zur Grundwassergefährdung durch Stoffauswaschung und zu möglichen Gegenmaßnahmen zu erarbeiten. Die vom NLFb erarbeiteten Fachaussagen reichen hierbei von landesweiten Übersichten zur Ableitung von Bearbeitungsprioritäten für die Schutzgebietsausweisung bis hin zur parzellenscharfen Beurteilung einzelner landwirtschaftlicher Bewirtschaftungseinheiten.

Ableitung von Prioritäten bei der Festsetzung von Wasserschutzgebieten

Die vorangegangenen Ausführungen verdeutlichen, daß sich die Auswertungen des FIS Boden zum Thema Grundwasserschutz in zwei Arbeitsschritte gliedern lassen. In einem ersten Arbeitsschritt werden aus bodenkundlicher Sicht landesweit Gebiete, in denen vorrangig Grundwasserschutzmaßnahmen eingeleitet werden sollen, herausgearbeitet. Dies geschieht durch die Verknüpfung von bodenkundlichen Daten (Bodenkundliche Standortkarte 1: 500.000), Daten zur Feldkapazität, Daten zur klimatischen Wasserbilanz und Informationen zur Viehbesatzdichte (DE/ha), die im Rahmen des FIS Boden digital vorgehalten werden. Durch räumliche Überlagerung und inhaltliche Verschneidung dieser Karten, und unter Berücksichtigung des Nährstoffentzuges, wird die Grundlage für die Klassifizierung von Gebieten für eine vorrangige Schutzgebietsausweisung geschaffen.

Standortgerechte Landnutzungsplanung in Trinkwasserschutz- gebieten

Die in der kleinmaßstäbigen Auswertungskarte 5 vorgenommene Klassifizierung landesweiter prioritärer Schutzgebietsausweisungen liefert einen Überblick bzw. ein Grobraster. Im Hinblick auf eine standortgerechte Landnutzungsplanung in Trinkwasserschutzgebieten müssen daher in einem zweiten Arbeitsschritt für die Ausweisung und Bewirtschaftung von Trinkwasserschutzgebieten im Rahmen von bodenkundlichen Gutachten wichtige Grundlagen für die standortangepaßte Ausgestaltung des Schutzgebietskataloges und für die Beratung einer grundwasserschonenden Landwirtschaft bereitgestellt werden.

*) Nds. Landesamt für Bodenforschung, Stilleweg 2, 30655 Hannover

Hierbei bildet die Inventur der Bodenverbreitung und der Bodeneigenschaften, dargestellt in einer Bodenkarte, die Grundlage für eine Abschätzung der Nitratauswaschungsgefährdung (NAG). Mit Hilfe dieser Auswertungskarte kann als Ergänzung zur hydrogeologischen Schutzzonengliederung in Zone III eine räumliche Differenzierung in Abhängigkeit von Bodenkenndaten und dem Stoffrückhaltevermögen vorgenommen werden.

Weiterhin können auf der Basis der erhobenen Kennwerte mit Hilfe von Stoffverlagerungsmodellen Ausbringungstermine für Dünger in Abhängigkeit von Standort und Nutzung berechnet werden. Durch die Verschneidung dieser Daten mit Schlagkarteien können sämtliche ermittelten Daten als Grundlage für die einzelbetriebliche Beratung und für das Flächenmanagement im Einzugsgebiet bereitgestellt werden.

**Substratkarten - Grundlage für die flächenhafte
Darstellung lithogener Schwermetallgehalte
rheinland-pfälzischer Böden**

von

Kurtenacker, M.

1. Einleitung

Schwermetalle sind primär in zahlreichen Gesteinen in silikatischer, oxidischer, sulfidischer oder karbonatischer Bindung, als Bestandteil der Erdkruste nahezu überall natürlich vorhanden. Um den anthropogenen Schwermetallanteil in Böden abschätzen zu können, ist es notwendig die lithogenen Schwermetallgehalte bodenbildender Gesteine zu erfassen.

Als Grundlage für eine flächenhafte kartographische Darstellung der lithogenen Schwermetallgehalte in Böden dienen häufig geologische Karten (vgl. LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ IN BADEN-WÜRTTEMBERG 1990). Geologische Karten geben jedoch nicht immer die realen Verhältnisse bodenbildender Ausgangsgesteine im Oberboden wieder, da sie in der Regel als "abgedeckte Karten" vorliegen. Im Unterschied zu geologischen Karten werden auf Bodenkarten Art, ungefähre Zusammensetzung und Mächtigkeit der lockeren Schichten, die über dem anstehenden Gestein lagern dargestellt. Deckschichten, als periglaziale Sedimente, mit unterschiedlicher petrographischer Zusammensetzung haben insbesondere in den Mittelgebirgen Einfluß auf die Entwicklung und Verbreitung bestimmter Bodentypen. Eine Deckschicht kann als bodenbildendes Ausgangssubstrat z.B. ein solifluidales Gemisch aus Lößlehm, Laacher See Bimstuff und Sandsteinverwitterung sein, das liegende Ausgangsgestein jedoch z.B. ein Sandstein. Beide Substrate können unterschiedlich hohe natürliche Schwermetallgehalte besitzen. Die Darstellung der lithogenen Schwermetallgehalte auf einer geologischen Karte gibt nicht die realen Verhältnisse im Oberboden wieder. Aus dieser Überlegung heraus ergibt sich die Notwendigkeit zunächst Substratkarten herzustellen, um dann die natürlichen Schwermetallgehalte dieser bodenbildenden Substrate zu ermitteln.

2. Die Herstellung von Substratkarten

Im Rahmen des "Bodenbelastungskatasters Rheinland-Pfalz" (vgl. SCHRÖDER et al. 1992) wurden aus Bodenkarten, im Maßstab 1 : 25 000, rechnergestützt Substratkarten hergestellt. Die Voraussetzung dafür ist die digitale, vektorielle Aufnahme räumlicher Informationen (vgl. JOHANN et al. 1993).

In den Legenden der Bodenkarten werden die charakteristischen Merkmale der jeweiligen Bodenformen, mit gemittelten Angaben typischer Eigenschaften (z.B. Bodenart, Ausgangsgestein etc.) aus dem Verbreitungsgebiet der betreffenden Einheit angegeben. Diese bilden die Datengrundlage (Attribute), die jeder Bodeneinheit zugeordnet werden kann. Die Bodeneinheit dient als "Schlüssel" zwischen Karte und charakteristischen Standortkriterien (Bodenart, Substrat, etc.). Zur Identifikation und rechnergestützten Verarbeitung der

Unterschied zur Braunerde etc.) ist ein einheitlicher numerischer Datenschlüssel entwickelt worden. Jeder Bodeneinheit ist in der Bodenkarte eine Nummer zugeordnet, die in einer relationalen Datenbank Bestandteil dieses Datenschlüssels wird.

In der Datenbank werden jeder Bodeneinheit ihre typischen Eigenschaften als verschiedene Felder oder Attribute zugeordnet (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Aufbau der Datenbank (Attribute) der Boden- und Substratkarten

Bodentyp	Substrat
10001	10
10002	10
10003	10
20001	10
20002	10

Werden beispielsweise in der Bodenkarte zwei benachbarte Flächen, d. h. eine Fläche als Braunerde (Tab.1, Bodentyp 10001 bis 10003) aus Löß (Tab.1, Substrat 10) und eine andere Fläche als Parabraunerde (Tab.1, Bodentyp 20001 bis 20002) aus Löß (Tab. 1, Substrat 10) angegeben, so können diese beiden Bodeneinheiten zu der Substratgruppe Löß, d.h. zu einer neuen Fläche zusammengefaßt werden. Für jedes aus der Bodenkarte abgeleitete Attribut können alle Klartextbeschreibungen in eine standardisierte, EDV-gerechte Form überführt werden. In der relationalen Datenbank werden alle Attribute mit einem numerischen Datenschlüssel, der eigens entwickelt wurde, verwaltet (vgl. Tab.1).

3. Die Substratkarte Bad Kreuznach

Auf der Bodenkundlichen Konzeptkarte 1 : 25 000, Blatt 6113 Bad Kreuznach (GEOLOGISCHES LANDESAMT RHEINLAND-PFALZ 1992) werden 62 verschiedene Bodeneinheiten ausgegliedert. Daraus können für den Oberboden 12 verschiedene Substrate abgeleitet (vgl. Tab. 2) und als Substratkarte dargestellt werden.

Tab. 2: Substrate auf dem Blatt Bad Kreuznach

- (1) Schwemm- und Auenlehm
- (2) pleistozäner und tertiärer Terrassensand
- (3) Löß und Lößfließerde mit Anteilen von Tonmergel
- (4) Sandstein (Rotliegendes) und Deckschutt überwiegend aus Sandstein
- (5) lehmiges Solumsediment
- (6) sandiges Solumsediment
- (7) tertiäres Schluff-, Lehm- und Tonmergelmaterial
- (8) tertiärer Sandmergel
- (9) tertiärer Mergelkalkstein
- (10) Deckschuttmaterial aus Rhyolith, Lößlehm, Bimstuff und Kies
- (11) Deckschuttmaterial aus Sand, Lößlehm, Bimstuff und Kies
- (12) Niedermoororf

Die Kreuztabellierung in Tabelle 3 zeigt in einer Häufigkeitsverteilung aus welchen Substraten die Bodeneinheiten im Oberboden entstanden sind. Dazu wurden die Bodeneinheiten zu 15 Bodengruppen zusammengefaßt. Es wird deutlich, daß im Oberboden häufig Deckschichten

unterschiedlicher Zusammensetzung vorkommen, die auf einer geologischen Karte nicht dargestellt werden, aber für die lithogenen Schwermetallgehalte dieser Substrate von entscheidender Bedeutung sind. (vgl. SCHRÖDER et al. 1992) Überall dort, wo auf der geologischen Karte von WAGNER (1926) das Kreuznacher Rhyolith-Massiv dargestellt wurde, wird aus der Bodenkarte als bodenbildendes Substrat Deckschuttmaterial aus Rhyolit, Lößlehm, Laacher See Bimstuff und Kies abgeleitet. Das lehmige Solumsediment (vgl. Tab. 2, Substrat Nr. 5) wird neben Lößlehm überwiegend aus mittelliozänen mergeligen Tonen (Rupelton) und Schleichsanden (sandige Mergel und mergelige Sande) aufgebaut. Dort wo auf der geologischen Karte Sedimente verschieden alter Flußterrassen auskartiert wurden, liegt oberflächennah häufig Deckschuttmaterial aus Terrassensanden- und kiesen, zusammen mit Lößlehm und Laacher See Bimstuff.

Tab. 3: Häufigkeiten (%) der vorkommenden Flächen der Bodengruppen in Abhängigkeit von den Substraten im Oberboden.

Boden- gruppen	Substrate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OF	-	-	-	42.9	-	-	-	-	-	57.1	-	-
RN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
RQ	-	56.5	-	43.5	-	-	-	-	-	-	-	-
RR	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-
RZ	-	-	49.2	-	-	-	45.3	5.5	-	-	-	-
TB	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DD	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
BB	-	-	-	6.1	-	-	-	-	-	48.4	45.5	-
BL	1.9	-	39.2	-	-	-	6.3	-	-	18.4	34.2	-
CF	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
WR	-	50.0	50.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
KF	-	-	26.7	-	64.9	8.4	-	-	-	-	-	-
A	62.5	37.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GG	-	-	-	-	87.5	6.2	-	-	-	-	-	6.3
S)	3.0	2.7	36.5	1.3	18.8	2.4	18.6	1.2	0.4	8.3	6.9	0.1

- Die Zahlen 1 - 12 entsprechen den Substraten in Tab. 2.
- S) ist der prozentuale Anteil der Substrate an allen erfaßten Substraten.
- Abkürzungen der Bodengruppen nach Kartieranleitung.

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, daß eine sinnvolle flächenhafte Darstellung lithogener Schwermetallgehalte bodenbildender Ausgangsgesteine nur möglich ist, wenn entsprechende Substratkarten zur Verfügung stehen. Die Substratgrenzen, die mit der beschriebenen Methode entstehen, können nur so genau sein, wie die Grenzen der zu Grunde gelegten Bodeneinheiten. Bedingt durch die Maßstabsgröße 1 : 25 000 kann bei der Kartierung die kleinräumige Variabilität der Substrateinheiten ebenso nicht erfaßt werden, wie die Varianz der Bodeneinheiten. Bodentypen zeigen zu große räumliche Varianzen, so daß sich Bodeneinheiten als Grundlage der Substratkarten am besten eignen. Die Methode der Herstellung von

Substratkarten im Maßstab 1 : 25 000 aus vorhandenen Bodenkarten ist auf jeden beliebigen Maßstab zu übertragen, sollte jedoch aufgrund der verminderten Aussagekraft nicht bei kleineren Maßstäben angewandt werden. Zur Erfassung lithogener Schwermetallgehalte einer Region ist es erforderlich, vor Beginn der Beprobung eine Substratkarte zu erstellen. Liegt diese vor, können die Probenahmeflächen anhand der Karte so ausgewählt werden, daß alle bodenbildende Substrate im unverwitterten C-Horizont, in angemessener Stichprobenzahl berücksichtigt werden.

Neben der Ermittlung von lithogenen Schwermetallgehalten in Fest- und Lockergesteinen ist es unbedingt notwendig auch die der Deckschichten zu bestimmen (vgl. SCHRÖDER et al. 1992). Dabei sollte bei der Kartierung genau in Decklage, Mittellage und Basislage unterschieden werden damit die anschließende Probenahme, zur Bestimmung der lithogenen Gehalte nach Decklagen und nicht nur nach Horizonten erfolgen kann. Desweiteren muß ein Konzept zur Abschätzung der stofflichen Zusammensetzung von Deckschichten gefunden werden, ohne die eine quantitative Abschätzung der lithogenen Schwermetallgehalte nicht möglich ist. Aufgrund der ungelösten Deckschichtenproblematik ist es nicht möglich lithogene Schwermetallgehalte den verschiedenen Lagen über dem Anstehenden zu zuordnen.

5. Literaturverzeichnis

GEOLOGISCHES LANDESAMT RHEINLAND-PFALZ 1992: Bodenkundliche Konzeptkarte 1 : 25 000 Blatt Bad Kreuznach (unveröffentlicht)

JOHANN,M.; KURTENACKER,M.; VAN SAAN,B.; WERNER,W.; BOLLMANN,J. & SCHRÖDER,D. 1993: Bodenbelastungskataster Rheinland-Pfalz. - Methodische Ansätze zur Auswertung anorganischer und organischer Schadstoffgehalte und erste Ergebnisse.- In: THEWS,G. & SERVATIUS,C. (Hrsg.): Ökosystemanalyse und Umweltforschung in Rheinland-Pfalz. - Symposium, 24. und 25. Januar 1992, Akademie der Wissenschaften und der Literatur, 171-193.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) 1990: Schwermetallgehalte von Böden aus verschiedenen Ausgangsgesteinen in Baden-Württemberg. - Sachstandsbericht 4

SCHRÖDER,D.; KURTENACKER,M.; WERNER,W.; VAN SAAN,B.; BOLLMANN,J. & JOHANN,M. 1992: Das Bodenbelastungskataster Rheinland-Pfalz. - Ergebnisse und methodische Ansätze zur Auswertung anorganischer und organischer Schadstoffgehalte in Böden. - Universität Trier

WAGNER,W. 1926: Geologische Karte 1 : 25 000 Hessen, Blatt Wöllstein-Kreuznach

Die Untersuchung wurde vom Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht des Landes Rheinland-Pfalz in Auftrag gegeben und an der Universität Trier, FB VI, Abteilung Bodenkunde unter Leitung von Prof. Dr. D. Schröder, ausgewertet.

Die Bodenschutzmaßnahmenkarte des Ruhrgebiets

von

Lalubie, C.* , W.D. Kneib** und B. Schemschat***

1. Aufgabenstellung

Das Ziel des im Auftrag des Kommunalverbandes Ruhrgebiet (KVR) erarbeiteten Konzeptes war es, Bodenschutzvorranggebiete flächendeckend für das gesamte Ruhrgebiet (ca 4.700 km²) und einen Bodenschutzmaßnahmenkatalog zu definieren. Beide werden als Leitfaden für das Verwaltungshandeln auf der Grundlage eines Bodenschutzzielkonzeptes konzipiert (siehe KNEIB, Anwendungsorientierte kommunale Bodenschutzkonzepte in diesem Band):

- Erhaltung von Bodenpotentialen (A)
- Verhinderung von Degradationen (B)
- Ausschluß von vom Boden ausgehenden Risiken (C)

Das Ergebnis ist die Themenkarte Boden (T4) des regionalen Freiraumsystems Ruhrgebiet (RFR) im Maßstab 1:50.000, die insgesamt 26 Einheiten umfasst. Dieser Ausgabe-Maßstab bedeutet, daß diese thematische Karte als eine Grundlage für Freiraumplanung verstanden werden soll, die die Regionalisierung **übergreifender** Bodenschutzziele wiedergibt, für die Umsetzung konkreter Bodenschutzziele im Rahmen spezieller Fachplanungen sind jedoch großmaßstäbige (1:10.000 und größer) Bodenschutzmaßnahmenkarten notwendig, die dann auch auf großmaßstäbigen Erhebungen basieren müssen, wie beispielsweise die Reichsbodenschätzung und Biotopkartierungen. Für Arbeiten in diesem Maßstabsbereich sind zumindest stichprobenartige Überprüfungen der gefundenen Einheiten unabdingbar.

Für die Erstellung der Bodenschutzmaßnahmenkarte des Ruhrgebietes sollten die vorhandenen kleinmaßstäbigen Kartenunterlagen herangezogen und aus Kostengründen auf eine Ergänzung durch weitere Kartierungen im Gelände verzichtet werden.

2. Konzept

Die Potentiale des Bodens (z.B. als Lebensraum für bestimmte Pflanzen- und Tiergesellschaften), seine regionale Seltenheit, seine Empfindlichkeit für Degradationen und mögliche, von ihm ausgehende Risiken lassen sich aus der digital übernommenen Bodenkarte Nordrhein-Westfalens (1:50.000) (BK 50) und einer analogen Auswertung der topographischen Karte (1:25.000)

*) ComCart, Ges. f. Computercartographie. Tel.: 0431/725170. Methodik und kartographische Bearb. mit den Systemen PIA und db_G

**) bfb, büro für bodenbewertung. Tel.: 0431/725144. Regionales Bodenschutzkonzept

***) BSD, Bodenschutzdienst für Städte und Gemeinden. Tel.: 0431/739333. Bodenschutzmaßnahmenkatalog

(TK 25) ableiten. So wurde aus den Angaben der BK 50 zur Geo- und Pedogenese und zu den bodenphysikalischen Kenngrößen jeder Bodeneinheit ein vorläufiger Bodenwasserhaushaltstyp zugeordnet. Erst nach Berücksichtigung der aus der TK 25 abgeleiteten Bodenwasserverhältnisse, wie Vorflutdichte, Hangneigung und Versiegelung, wurden die endgültigen Einheiten des oberflächennahen Bodenwasserhaushaltes zur Kennzeichnung der ökologischen Potentiale des Bodens definiert.

Der nächste Arbeitsschritt bestand darin, Überformungsart und -grad anhand der Realnutzung bzw. des Nutzungswandels zu typisieren. Hierfür wurde die digital vorliegende Flächennutzungskartierung (FNK 1:10.000) des KVR herangezogen und eine analoge Auswertung der Karte der Siedlungsflächennutzung (1:50.000) des KVR durchgeführt.

Die Verknüpfung der Typen des oberflächennahen Bodenwasserhaushaltes mit denen des Nutzungswandels und der Realnutzung im Hinblick auf die Umsetzung der generellen Bodenschutzziele (s.o.) ermöglichte die Definition und die räumliche Zuweisung von Bodenschutz-Vorranggebieten:

zu A) Vorranggebiete zum Schutz von Potentialen und Qualitäten des Bodens in weitgehend anthropogen unbeeinflussten Bereichen: einzigartige bodenökologische Standorte wie Feuchtgebiete und Trockenstandorte, Standorte mit vielfältiger Eignung als Pflanzenstandort, regional seltene Typen der Geo- und Pedogenese aber auch Abgrabungs- und Aufschüttungsstandorte mit dem Gebot der Sicherung einer möglichst natürlichen Bodenentwicklung.

zu B) Vorranggebiete zum Schutz vor Degradationen des Bodens: Erosion, Problemstoffanreicherung, Verdichtung und weiterer Versiegelung.

zu C) Vorranggebiete zum Schutz vor vom Boden ausgehenden Gefahren: Risiken durch Inhalation und Ingestion sowie über die Pfade Pflanze und Wasser (oberflächennahes Grundwasser und Vorfluter).

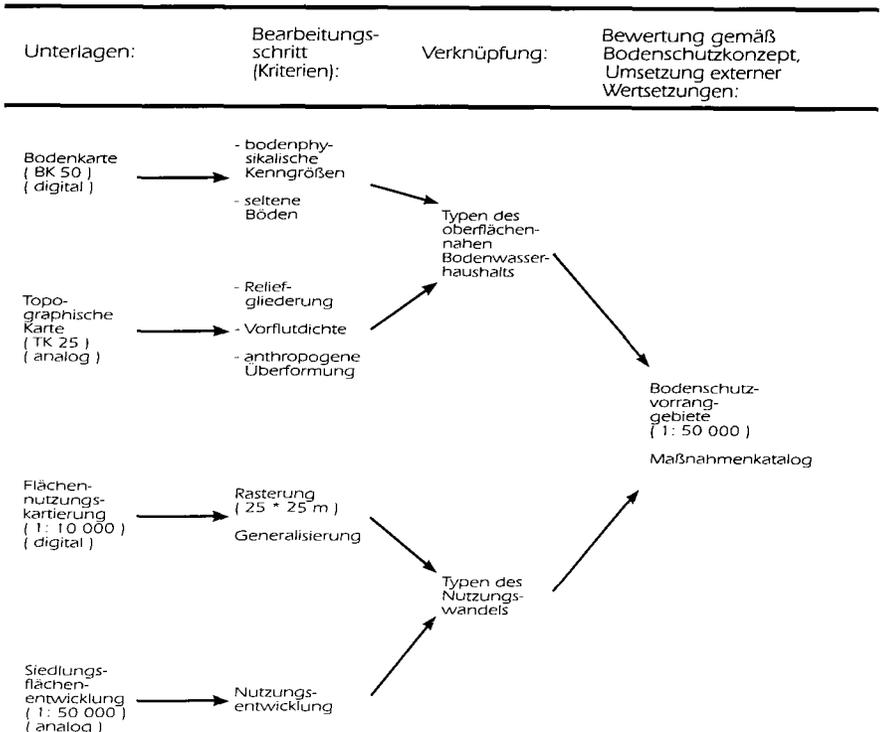
So bringt beispielsweise die Ackernutzung in Hanglage schluffreicher Böden eine aktuelle Erosionsgefährdung mit sich, in einem Feuchtgebiet Verdichtungsgefahr bzw. in Tallage zusätzlich eine Gefährdung von offenen Gewässern durch Problemstoffabgabe, während eine intensive Ackernutzung auf Sandböden mit perkolierendem Bodenwasserhaushalt eine potentielle Gefährdung des Grundwassers bedeutet. Zu jeder dieser Einheiten der Vorranggebietskarte lassen sich im Maßnahmenkatalog die entsprechenden Hinweise zum Umgang mit dem Boden und seiner Nutzung nachschlagen.

Der Arbeitsablauf entspricht generell dem bei KNEIB 1993 (s.o.) und BONGARD/SCHNAUDT (1993 in diesem Band).

3. Durchführung der Arbeiten mit einem geographischen Informationssystem

Die als Vektordaten digital übernommenen Karten wurden zunächst mit einer Rastergröße von 25 * 25 m gerastert, wodurch sich bei einem Ausgabemaßstab von 1:50.000 eine Darstellungsgröße der Raster von 0,5 * 0,5 mm ergibt, d.h. die Rasterung ist im Endprodukt nur aus nächster Nähe sichtbar. Das Rastern der Daten war aufgrund der für die Erstellung der Bodenschutzmaßnahmenkarte notwendigen komplexen Verschneidung der unterschiedlichen Informationsebenen unabdingbar. Ferner ist eine halbautomatische Generalisierung von Daten, wie sie für die Flächennutzungskartierung (M = 1 : 10.000) notwendig war, nur im Rasterformat realisierbar. Als Druckvorlage für die Bodenschutzmaßnahmenkarte wurden die Ergebnisse der Auswertung einschließlich der komplexen Legenden direkt in die 14 Blätter des Stadtplanwerkes des KVR geplottet. Die genannten Abschnitte sind mit dem vektororientierten Kartographiesystem PIA und der rasterorientierten regionalen Datenbank db_G durchgeführt worden, die gemeinsam ein hybrides (Vektor <--> Raster) GIS auf PC-Ebene bilden.

Zusammenfassend zeigt folgendes Ablaufschema die Arbeitsschritte bei der Erstellung der Bodenschutzmaßnahmenkarte des Ruhrgebietes:



Die Legende der Karte der Bodenschutzvorranggebiete des Ruhrgebietes lautet wie folgt:

ERHALTUNG UND WIEDERHERSTELLUNG VON POTENTIALEN UND QUALITÄTEN DES BODENS

Vorranggebiet zum Schutz einzigartiger bodenökologischer Standorte

- 1) Feucht- und Naßgebiete mit Forst-, Wiesen- und Weidenutzung
- 2) Trockenstandorte mit Forst-, Wiesen- und Weidenutzung
- 3) Standorte mit vielfältiger Eignung als Pflanzenstandort mit Forst-, Wiesen- und Weidenutzung
- 4) seltene Böden

Vorranggebiet zur Erhaltung weitgehend naturnaher Bodenpotentiale

- 5) Standorte mit Forstnutzung oder Brache (nicht als einzigartige bodenökologische Standorte ausgewiesen) sowie größere geschlossene Park- und Begleitgrünflächen Vorranggebiet zur Wiederherstellung naturnaher Böden
- 6) Standorte mit Abgrabungen und Aufschüttungen

VERHINDERUNG VON DEGRADATIONEN

Vorranggebiet zum Erosionsschutz

- 7) mit Wiesen- und Weidenutzung (potentielle Gefährdung bei Nutzungsänderung)
- 8) mit Ackernutzung (aktuelle Gefährdung)

Vorranggebiet zur Verhinderung der Problemstoffanreicherung im Boden

- 9) durch Ackernutzung

Vorranggebiet zur Verhinderung der Verdichtung des Bodens

- 10) durch Acker-, Wiesen- und Weidenutzung
- 11) durch Ackernutzung in Feuchtgebieten

Vorranggebiet zur Verhinderung weiterer Versiegelung

- 12) in Gebieten mit offener Bebauung (nach 1953 entstanden)
- 13) auf Sport-, Spiel-, Campingplätzen etc. - zusätzlich Vorranggebiet für die Sicherung bodenverträglicher Nutzung (z.B.: Vermeidung von Verdichtung und Aufrägen), z.T. auch militärisch genutzte Gebiete
- 14) in Gebieten mit offener Bebauung (vor 1953 entstanden), sowie in Kleingartengebieten und auf Friedhöfen - zusätzlich Vorranggebiete für die Verhinderung der Problemstoffanreicherung durch nutzungsorientierte Einträge (z.B.: Pflanzenschutzmittel, Düngung)

AUSSCHLUß VON RISIKEN

Vorranggebiet zur Verhinderung von Risiken durch Problemstoffabgabe an das Grundwasser

- 15) durch Ackernutzung
- 16) in Wassergewinnungsgebieten

Vorranggebiet zur Verhinderung von Risiken durch Problemstoffabgabe an offene Gewässer

- 17) durch Ackernutzung
- 18) durch versiegelte bzw. oberflächenentwässerte Verkehrsflächen
- 19) durch Halden (u.U. Vorranggebiet für den Ausschluß von Risiken über Kontakt, Inhalation und Ingestion sowie über den Pfad Pflanze)

Vorranggebiet zur Verminderung der Bodenversiegelung

- 20) in Gebieten geschlossener Bebauung (nach 1953 entstanden) - desgleichen Vorranggebiet für den Ausschluß von Problemstoffabgabe an offene Gewässer
- 21) in Gebieten geschlossener Bebauung (vor 1953 entstanden) - möglicherweise Vorranggebiet für den Ausschluß von Risiken für den Menschen

Vorranggebiet zum Ausschluß von Risiken über Kontakt, Inhalation und Ingestion sowie über den Pfad Pflanze

Ausschluß von potentiellen Risiken

- 22) Standort mit nach 1953 entstandener Gewerbe- und Industrienutzung (z.T. heute brachliegend) - desgleichen Vorranggebiet für die Verhinderung von Problemstoffabgabe an offene Gewässer
- 23) s.o., zusätzlich Vorranggebiet für die Verhinderung von Problemstoffabgabe an das Grundwasser
- 24) Standorte mit Abwasser- und Abfallbeseitigung (z.T. auch militärisch genutzte Standorte)

Ausschluß von aktueller Gefährdung

- 25) Standort mit vor 1953 entstandener Gewerbe- und Industrienutzung (z.T. heute brachliegend) - desgleichen Vorranggebiet für die Verhinderung von Problemstoffabgabe an offene Gewässer
- 26) s.o., zusätzlich Vorranggebiet für die Verhinderung von Problemstoffabgabe an das Grundwasser

Auftrag von Bodenaushub auf landwirtschaftlich genutzte Böden - Anforderungen aus der Sicht des Bodenschutzes

von

Lehle, M.¹, R. Kohl¹, H. Reinfelder² und H.K. Hauffe³

1. Anlaß

Beim Auftrag von Bodenaushub auf Böden sind Anforderungen bezüglich der stofflichen und physikalischen Beschaffenheit von Bodenaushub und Böden am Auftragsstandort zu beachten. Nur fachgerechter Auftrag von geeignetem Bodenaushub auf geeignete, landwirtschaftlich genutzte Böden kann die dortigen Böden verbessern. Demgegenüber führen nicht fachgerechte unregelmäßige Ablagerungen von Bodenaushub oft zu Bodenbelastungen (Def. siehe §2 BodSchG Baden-Württemberg) am Auftragsstandort. Deshalb werden in Baden-Württemberg Regelungen zum Schutz der Böden vor Belastungen als Folge des Auftrags von Bodenaushub auf Böden erarbeitet.

2. Ziel der Regelungen

Der flächenhafte Auftrag von Bodenaushub auf landwirtschaftlich genutzte Böden muß das Ziel haben, daß durch diese Maßnahme eine Bodenmelioration (Bodenverbesserung oder Bewirtschaftungserleichterung) erreicht wird.

Eine **Bodenverbesserung** ist nur dann gegeben, wenn der Erfüllungsgrad mindestens einer Bodenfunktion (§1 BodSchG Baden-Württemberg) erhöht wird (i.d.R. Standort für Kulturpflanzen), eine **Bewirtschaftungserleichterung** nur dann, wenn durch den Auftrag von Bodenaushub die Bearbeitbarkeit des Bodens verbessert wird (z.B. durch die Verringerung des Steingehalts in der Krume durch Einbringen steinfreien Bodenmaterials). **In beiden Fällen dürfen (andere) Bodenfunktionen nicht erheblich oder nachhaltig beeinträchtigt werden.**

3. Vorgehensweise bei der Prüfung des Vorhabens

Die chemische und physikalische Beschaffenheit sowohl des Bodenaushubs wie auch der Böden am Auftragsstandort sind mit Hilfe von Prüfkriterien zu ermitteln. Entsprechend den Ergebnissen sind Bodenaushub und Böden am Auftragsstandort chemischen und physikalischen Eignungsgruppen zuzuordnen und die Kombinationseignung zu ermitteln. Vorrangflächen des Bodenschutzes sind von einem Auftrag mit Bodenaushub auf jeden Fall freizuhalten.

3.1 Einstufung in Eignungsgruppen

Wesentliche **Prüfkriterien** für die **chemische Beschaffenheit** sind:

¹ Landesanstalt f. Umweltschutz Baden-Württemberg, Postfach 21 07 52, 76157 Karlsruhe

² Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz, Planie 31, 72764 Reutlingen

³ Fachhochschule Nürtingen, Postfach 1349, 72603 Nürtingen.

- die Gehalte an anorganischen und organischen Schadstoffen und petrographische Besonderheiten wie Anhydrit und Pyrit;

und für die **physikalische Beschaffenheit**:

- Bodenart, Grobbodenanteil, Humusgehalt (Ober-/Unterboden) sowie Vernässungsmerkmale.

Im Einzelfall kann es erforderlich sein, weitere Kriterien zu berücksichtigen (z.B. Versauerungszustand, Nährstoffgehalte des Bodenaushubs). Generell darf der Bodenaushub **keine bodenfremden Bestandteile** enthalten.

Chemische Beschaffenheit

Eine Untersuchung auf Schadstoffe ist erforderlich, wenn sich z. B. aus der Nutzungsgeschichte oder der räumlichen Lage (z.B. neben stark befahrenen Straßen) ein Verdacht auf Kontamination ergibt.

Bodenaushub von Verdachtsflächen und Böden am Auftragsstandort werden nach den Ergebnissen der Schadstoffuntersuchung entsprechend Tabelle 1 zwei Eignungsgruppen zugeordnet. Diese sind durch die Hintergrund- bzw. Prüfwerte abgegrenzt. Die Werte für die beispielhaft aufgeführten Schwermetalle Cadmium und Blei können den Tabellen 2 und 3 entnommen werden.

Verdachtsfreier Bodenaushub bzw. verdachtsfreie Böden am Auftragstandort werden ohne Untersuchung auf Schadstoffe in Eignungsklasse A (Tabelle 1) eingestuft.

Tab.1: Eignungsgruppen des Bodenaushubs und der Böden am Auftragsstandort in Abhängigkeit von den Gehalten an Schadstoffen

Eignungsgruppe	anorganische Schadstoffe	organische Schadstoffe
A nicht kontaminiert	< Hintergrundwert (Tab. 2)	< Hintergrundwert
B schwach kontaminiert	> Hintergrundwert < Prüfwert (Tab. 3)	> Hintergrundwert < Prüfwert

Tab. 2: Hintergrundwerte in mg/kg Boden trocken für Cadmium und Blei nach Tongehaltsgruppen (T1 - T6, Tongehalt in %).

(Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg, 1993)

	T1 0-8%	T2 >8-17%,	T3 >17-27%	T4 >27-45%	T5 >45-65%	T6 >65%
Cadmium	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	1,0
Blei	25	35	40	50	55	55

Für Böden aus bestimmten Ausgangsgesteinen wurden von Tab. 2 abweichende Hintergrundwerte ermittelt (Umweltministerium Baden-Württemberg, 1993).

Tab. 3: Prüfwerte für Cadmium und Blei hinsichtlich der Schutzgüter Bodenorganismen, Pflanzen und Wasser abgestuft nach pH und Tongehaltsgruppe Tx. (Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg, 1993)

	pH-Wert/pH-Bereich (CaCl ₂), Tongehaltsgruppe*	Gesamtgehalt mg/kg Boden trocken
Cadmium	pH \geq 5, T1	1
	pH \geq 5 und $<$ 6, T2-T6	1
	pH \geq 6, T2-T6	1,5
Blei	pH \geq 5, T1	100

* T1: 0-8%, T2: >8-17%, T3: >17-27%, T4: >27-45%, T5: >45-65%, T6: >65% Ton

Physikalische Beschaffenheit

Die physikalischen Beschaffenheit von Bodenaushub und Böden am Auftragsstandort kann durch eine feldbodenkundliche Aufnahme erhoben oder entsprechenden Kartenunterlagen entnommen werden.

Tab. 4: Kultivierungseignung von Bodenaushub und Böden am Auftragsstandort in Abhängigkeit von der Bodenart des Feinbodens und dem Grobbodenanteil.

Kultivierungseignung*	Hauptbodenarten des Feinbodens	Grobbodenanteil (Vol-%)** unabhängig von der Bodenart
I besonders geeignet	Schluff (Löß), Lehm	<1%
II geeignet	Schluff, Lehm Sand	1 - 10 %
III eingeschränkt geeignet	Schluff, Lehm, Sand Ton	10 - 30 %
IV nicht geeignet		> 30 %

* bei Bodenaushub können insbesondere die Prüfkriterien Humusgehalt (Ober-/Unterbodenmaterial) und Vernässungsmerkmale zur Einstufung in eine andere Eignungsgruppe führen.

** Grobboden (Grus, Kies, Steine) mit einem Durchmesser > 2 mm. Bodenaushub mit Blöcken > 200 mm ist nicht kultivierbar.

3.2 Kombinationseignung Bodenaushub - Boden am Auftragsstandort

Grundsätzlich sollten nur Bodenaushub und meliorationsfähiger Boden mit ähnlicher Beschaffenheit kombiniert werden (Gleiches zu Gleichem). Es ist jedoch möglich, einen Standort durch Bodenaushub einer "höheren" Eignungsgruppe zu verbessern. Die zulässigen Kombinationen sind in Tabelle 5 dargestellt.

Bei Bodenmeliorationen ist weitgehend einheitliches Bodenmaterial aufzutragen, da wechselnde Bodeneigenschaften innerhalb eines Flurstücks die Bewirtschaftung erschweren.

Tab. 5: Zulässige Kombinationen von Bodenaushub und Boden am Auftragsstandort

Eignungsgruppen des Bodenaushubs	Eignungsgruppen des Bodens am Auftragsstandort					
	chemisch		physikalisch			
	A	B	I	II	III	IV
A	+	+				
B	-	+				
I			+	+	+	+
II			-	+	+	+
III			-	-	+	+
IV			-	-	-	-

+: möglich Kombination -: Kombination ausgeschlossen

3.3 Vorrangflächen des Bodenschutzes

Ein Auftrag von Bodenaushub ist grundsätzlich nicht zulässig auf:

- Böden ohne die Möglichkeit bzw. Erfordernis einer Bodenverbesserung (Böden mit Bodenwertzahlen > 60, z.B. tiefgründige Parabraunerden aus Löß),
- Böden mit besonderer Ausprägung der Funktion "Standort für die natürliche Vegetation" (z.B. sehr trockene und/oder nährstoffarme Standorte),
- Böden mit besonderer Bedeutung als landschaftsgeschichtliche Urkunde.

4. Technische Durchführung

Ober- und Unterboden sowie Bodenschichten unterschiedlicher Eignungsgruppen sind getrennt auszubauen und getrennt zu verwerten. Zur Vermeidung nachhaltiger Gefügeverschlechterungen durch Verdichtung des Auftragsmaterials oder der anstehenden Böden müssen Ausbau und Auftrag **schonend** erfolgen.

Weitere technische Regeln zum Ausbau von Bodenaushub, einer eventuellen Zwischenlagerung, zum Auftrag auf Böden (Radlasten) und zur Wiederherstellung und Sicherung von Gefügestabilität und Porenkontinuität sind in der Veröffentlichung von Zwölfer et al. (1991) dokumentiert.

Literatur:

- Umweltministerium Baden-Württemberg (1993): 3. Verwaltungsvorschrift zum BodSchG (VwV anorganische Schadstoffe), Gemeinsames Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg, Sept. '93.
- Zwölfer, F., M. Geiß, P. Adam, K. Heinrichsmeier und H. Herrmann (1991): Erhaltung fruchtbarer und kulturfähigen Bodens bei Flächeninanspruchnahmen. Studie im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg. Reihe Luft-Boden-Abfall, Heft 10, Ministerium für Umwelt, Baden-Württemberg, Stuttgart.

Chemische Qualitätsmerkmale der urban-industriell überformten Böden in Oberhausen Brücktorviertel

von

Ludescher, S. und W. Burghardt

1. Einleitung

Für ein von Belastungen durch Montanindustrie besonders betroffenes Wohngebiet werden hiermit die chemischen Bodeneigenschaften anhand von Ergebnissen aus 22 Profiluntersuchungen vorgestellt. Die parallel dazu durchgeführten Kartiererergebnisse werden von Schrapf und Kersting, die physikalischen Eigenschaften werden von Burghardt und Ohlemann und Fragen des P-Haushaltes von Hiller in diesem Band dargestellt.

2. Standort und Böden

Oberhausen liegt im nordwestlichen Ruhrgebiet im Einzugsbereich von Emscher und Ruhr. Das Brücktorviertel ist Teil der Niederterrassenlandschaft der Emscher. Die natürlichen Böden des Untersuchungsgebietes hatten sich auf 1-2 m mächtigen Flugsanden über Sand und Kies entwickelt. Es sind Braunerden, teils mit Pseudovergleyungs- und Podsolierungsmerkmalen, Gleye, Anmoorgleye und Auenböden.

Die natürlichen Böden weisen somit eine geringe Ausbildung chemischer Qualitätsmerkmale für die Erfüllung von Bodenschutzfunktionen und von ökologischen Ansprüchen an den Standort auf.

Die Böden sind großflächig mit Aufträgen überdeckt worden. Dadurch entstanden Deposole. Es stellt sich daher die Frage nach den Bodenqualitätsmerkmalen dieser jungen Stadtböden.

Eine starke Besiedlung des Gebietes begann mit Hütten- und Zechengründungen ab 1758. Großflächige Wohnsiedlungen wurden u.A. durch die Gutehoffnungshütte in den Jahren 1858-1924 errichtet. Im 2. Weltkrieg wurden von 17.800 Wohngebäuden 10.100 zerbombt. In den 50-er und 60-er Jahren erfolgte Wiederaufbau und Flächensanierung.

Diese Siedlungsgeschichte hatte die Bodenlandschaft verändert. Naturnah sind einige Hortisol-Braunerden der Blockbebauung geblieben. Hortisol-Braunerden liegen teilweise als Relikte mit Ruderalvegetation oder in Teilen abgetragen vor. Im Park sind Braunerden durch Reliefveränderungen beeinflusst.

Die überwiegenden Flächenanteile machen Deposole aus. Im Bereich eines alleeatigen Straßenmittelfstreifens sind sie gering mächtig. Sonst erreichen sie überwiegend Stärken von 1 m und mehr. Deposole treten auf in Neubauesiedlungen unter Rasen, aber auch bei Sportplätzen, auf Ruderalflächen auf ehemaligen Industrieanlagen und Betriebsbahnanlagen sowie auf Bahndämmen.

Diese Deposole sind teils den Allosolen (aus umgelagerten natürlichen Substraten), teils den Phytosolen (aus Gemengen natürlicher und technogener Substrate) nahestehend, wobei natürliche Substrate mit Bergematerial und mit technogenen Substraten teils in den einzelnen Horizonten als Gemenge, teils im Profil als Schichten auftreten. Insgesamt ist der Aufbau der Profile stark schichtig. Damit wechseln die Eigenschaften zwischen den Horizonten der Profile ebenso wie innerhalb der Horizonte stark.

* Angewandte Bodenkunde, Universität-GH Essen, Universitätsstr. 15, 45141 Essen

3. Untersuchungen

Ermittelt wurde die Korngrößenverteilung durch Sieb- und Schlämmanalyse, der Gehalt organischer Substanz durch Veraschung bei 550° C, C-, N- und S-Gehalt (1100° C, Carlo-Erba, gaschromatographisch), pH-Wert in 0,01 mol CaCl₂-Lösung, Carbonatgehalt nach Scheibler und KAK nach Mehlich.

4. Ergebnisse

Chemische und physiko-chemische Merkmale der Bodenqualität sind pH-Wert, Ton- und Humusgehalt als Indikator für die Kationenaustauschkapazität und das C/N-Verhältnis als Ausdruck für die Humusqualität.

Tabelle 1 gibt einen Vergleich der Häufigkeitsverteilung der pH-Werte der noch vergleichsweise naturnahen Braunerde-Hortisol und der Deposole bis 1 m Tiefe.

Tabelle 1: Relative Häufigkeitsverteilung (%) der pH-Werte bis 1 m Tiefe

pH-Wert	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	9,1-10,0	n
Braunerde-Hortisol u.Ä.	2	18	80	0	0	0	61
Deposole	0	11	23	59	5	2	150

Extrem niedrige pH-Werte, wie sie aus den umliegenden Waldböden bekannt sind (von pH 3,0 - 4,2), treten nicht auf. Ursache werden die in jedem Boden zu findenden Beimengungen sein. Diese sind ein Hinweis, daß Stadtböden gewöhnlich Reststoffträger verschiedenartiger Quellen sind. Die Braunerde-Hortisole und verwandte naturnahe Böden sind überwiegend mäßig sauer. Die Deposole weisen pH-Werte von 7-8 auf, wobei die Schwankungsbreite der pH-Werte von umgelagerten sauren naturnahen Böden bis zu stark basischen Technosolen, wie z.B. einige Schlacken und Beton, reicht.

Von 22 Profilen weisen 8 Profile Horizonte mit Carbonatgehalten über 2% und 2 Profile Horizonte mit über 10% auf. Erhöhte Carbonatgehalte sind daher nicht die überwiegende Ursache hoher pH-Werte.

Die Verteilungsmerkmale der Kationenaustauschkapazität bis 1 m Tiefe gibt Tabelle 2 an.

Tabelle 2: Relative Häufigkeitsverteilung (%) der Kationenaustauschkapazität

KAK, mmol / kg	< 30	31 - 80	81 - 120	121 - 180	> 180	n
Braunerde-Hortisol u.Ä.	29	63	8	0	0	24
Deposole	20	33	20	12	14	90

Die Häufigkeitsverteilung weist für natürliche Sandböden die zu erwartenden geringen KAK-Werte aus. Bei den Deposolen ist hingegen eine große Schwankungsbreite feststellbar. Diese tritt zusammen mit erhöhten Glühverlusten (bis über 30%) und teilweise verwitterndem Bergematerial und Waschbergen auf.

Begünstigt durch das feuchte Klima von Oberhausen (830 mm/a Niederschlag) bilden sich verstärkt auf Deposole stark humose Horizonte aus. In Tabelle 3 sind die Verteilungsmuster der Glühverluste in 0-50 cm Tiefe dargestellt.

Tabelle 3: Relative Häufigkeit (%) der Glühverluste

Glühverlust, %	< 2,1	2,1-4,0	4,1-8,0	8,1-15,0	15,1-30	> 30	n
Braunerde-Hortisol u.Ä.	13	35	26	22	4	0	23
Deposole	13	16	18	29	22	2	62

Die Glühverluste streuen stark. Bei naturnahen Böden der Braunerde-Hortisole und ähnlichen Böden überwiegen mittlere bis sehr starke Glühverluste. Bei den Deposolen liegt der Schwerpunkt der Häufigkeitsverteilung bei den sehr hohen bis extremen Werten. Es ist daher davon auszugehen, daß die teils erhöhte KAK der Deposole mit einem Anstieg der Humusgehalte erklärt werden kann. Es liegt nahe, die erhöhten Humusgehalte auf besondere Merkmale des städtischen Bodenwasserhaushaltes und damit Bodenklimas zurückzuführen.

Horizonte mit hohen KAK-Werten liegen auch in größerer Tiefe vor. Dabei handelt es sich um fossile Ah-Horizonte.

Das C/N-Verhältnis wird zur Charakterisierung der Humusqualität benutzt. Das C/N-Verhältnis der Braunerde-Hortisole und verwandter Böden erreicht Werte bis maximal 30. Überwiegend ist das C/N-Verhältnis deutlich geringer (Tabelle 4).

Tabelle 4: Relative Häufigkeit (%) der C/N-Verhältnisse bis 1 m Tiefe

C / N	< 15	15-20	25,1-35	35,1-45	> 45	n
Braunerde-Hortisol u.Ä.	46	38	16	0	0	32
Deposole	8	24	26	20	22	101

Die C/N-Verhältnisse der Deposole schwanken in sehr weiten Bereichen. Maximalwerte von > 80 können auftreten. Ursache sind zunächst Beimengungen von Kohle, Koks, kohlehaltige Substanzen wie z.B. Bergematerial, Waschberge und Aschen, aber auch Bauschutt und Schlacken.

Bei 15 untersuchten Deposolen wurden bei 14 Profilen die Gruppe Kohle, Koks, Bergematerial und Waschberge, die Gruppe Bauschutt, Beton, Ziegel, Mörtel und Putz, bei 10 Profilen Schlacken, bei 8 Profilen Aschen und bei 2 Profilen Müll in einem oder mehreren Horizonten angetroffen. Daraus ergibt sich eine diffuse Verteilung der Nicht-Humus-C-Quellen.

In Tabelle 5 werden anhand von 2 Deposolen die Tiefenverteilungsmuster der chemischen und physikochemischen Eigenschaften zweier Auftragsböden dargestellt. Deutlich zeigen die Profile die hohen Glühverluste und C-Gehalte bis in größere Tiefen, die mäßig sauren bis schwach basischen Bodenreaktionen und die weiten Schwankungsbereiche der KAK und des C/N-Verhältnisses.

5. Schlußfolgerung

Die naturnahen Böden in Oberhausen-Brücktorviertel weisen, nach ihren chemischen Merkmalen zu urteilen, nur mittel ausgeprägte Eigenschaften zur Immobilisierung von Schadstoffen auf. Diese Eigenschaften können in Deposolen infolge höherer pH-Werte und KAK-Werte deutlich besser sein. Dabei sind Träger dieser Merkmale einzelne Schichten. Zur Beurteilung der Auftragsböden sind daher die Schichten nach ihren Merkmalen differenziert zu erfassen. Hinweise zur Humusqualität sind aus dem C/N-Verhältnis der Auftragsböden nicht generell ableitbar, da diese Böden von einer Vielzahl Nicht-Humus-C-Quellen durchsetzt sind.

Tabelle 5: Chemische und physikochemische Qualitätsmerkmale zweier Deposole

Horzont	Tiefe cm	Ton %	Glüh- verlust %	C %	N %	S %	C/N	Carbo- nat %	pH (CaCl2)	KAK mmol/kg	Substrat Haupt- komponente	Substrat Neben- komponente
Schwach vergleyter Alloposeudogley über Bauschutt auf Rasenfläche zwischen Hochhaussiedlung												
yAh1	-10	6,9	15,8	9,7	4,7	1,2	21	0,0	5,01	371	h3 fmS g,gr2	Ziegel, Kohle
yAh2	-45	9,4	13,4	8,9	3,0	1,0	30	0,1	5,73	355	h3 fmS g,gr2	Schlacke, Berge, Kohle
ySsw	-53	8,1	9,3	7,8	2,6	0,9	30	0,3	6,94	257	fmS g,gr2	Ziegel, Berge, Kohle, Müll
ySsd	-65	15,3	16,0	21	5,9	7,4	35	0,2	7,02	146	Bergematerial, Ziegel	Beton, Kohle, Schlacke
yY1	-72	3,9	1,8	1,3	6,4	0,0	36	0,7	7,59	64	Ziegel-, Beton-, Mörtelschutt	-
yY2	-90	2,3	2,7	2,8	0,6	1,0	51	9,1	7,51	43	Ziegel-, Beton-, Mörtelschutt	-
yY3	-110	4,2	1,3	1,2	0,2	0,5	48	4,3	7,91	94	Beton-, Ziegelschutt	Schlacke, Asche
yYGr	-130	14,6	15,6	19	5,0	8,4	37	0,6	7,51	127	Bergematerial	Kies, Bauschutt
Phyreogosol auf dem Bahndamm der ehemaligen Bahnnebenstrecke Köln - Minden												
yAh1	-2	20,9	16,7	7,7	4,7	0,8	16	2,8	6,85	95	h5 fSI2 gr3	-
yAh2	-5	10,8	24,9	12	5,2	1,4	23	0,9	6,58	106	h5 fSI2 gr4	-
yAh3	-9	15,0	23,8	16	7,0	1,9	23	0,8	6,59	134	h5 fSI2 gr3	-
yY1	-34	1,6	17,0	14	5,0	1,6	28	1,2	6,71	85	h5 SI2 gr5	Stahlwerkschlacke
yY1	-67	9,9	8,1	9,5	2,6	2,8	37	0,3	7,05	48	SI2 gr, x4	Bergematerial
yY1	-97	-	7,7	7,2	1,1	0,7	40	0,2	6,99	43	SI2 gr, x4	Bergematerial, Hochofenschutt
yY2	-144	6,2	15,4	17	3,7	1,9	46	0,6	7,18	48	Hochofenschutt	Stahlwerkschlacke, Bergematerial
yY2	-156	23,1	3,2	0,3	0,2	0,2	13	0,1	6,90	69	SI4	-
yY3	-168	8,2	16,4	34	5,9	14,1	57	0,1	6,35	24	Bergematerial	-
yY4	-178	9,0	3,2	3,9	1,2	0,9	34	0,0	5,13	17	G	-
yY5	-190	8,5	6,5	9,8	2,5	0,9	39	0,2	6,47	36	S, G	-
yY6	-205	8,3	2,3	1,4	0,9	0,4	15	0,1	6,57	23	fSI2 g2	Ziegelsteinbrocken

**Stadtbodenkartierung, Beitrag zur Grunddaten-
erhebung für die Planung - Erfahrungen aus dem
Pilotprojekt Oberhausen-Brücktorviertel**

von

Metzger, F.

Einführung

In Städten sind neben weitgehend ungestörten Böden die natürlichen Bodendecken oft abgegraben, durch Füllmaterial unbekannter Herkunft und Zusammensetzung ersetzt oder überdeckt und durch mechanische Umlagerung und zusätzlich durch Einmischung von z.B. Bauschutt und sonstigen technogenen Substraten in ihrer Struktur und ihren Standorteigenschaften verändert und dabei oft in ihren Funktionen als Puffer, Filter und Pflanzenstandort beeinträchtigt.

Dies erklärt sich aus der Planung und Flächennutzung ohne Kenntnis und Beachtung stör- und zerstörbarer Leistungspotentiale der betroffenen Böden.

Ausgangssituation:

Fraglich ist die Bewertbarkeit von Risikopotentialen für die Nahrungskette über Richt- und Prüfwerte (Pudill 1993) oder die Eignung von Böden als Akzeptoren in einem Trendmeßsystem (Anonym 1985) wegen mangelnder Flächenrepräsentanz und wegen der Beschränkung der Probenahme auf die bearbeitete Krume (10 - 20 cm) oder der Schicht von 0 - 10 cm im Meßnetz für Immissionswirkungen ohne Beachtung der möglichen Unterbodenbelastungen, wie sie Daten aus eigenen gutachterlichen Erhebungen und aus Stadtbodenkartierungen auch außerhalb von Altlastenarealen zeigen (Abb. 1). Mit in Frage steht dann auch das Konzept der Ableitung von Hintergrundbelastungen (Späte u.a. 1991).

Die Methode der Stadtbodenkartierung sollte flächendeckende Informationen gemäß den Anforderungen des Bodenschutzes bzw. eines Bodenmanagements liefern können. Dabei ist die Beratung über unterschiedliche Maßstabsebenen den Anforderungen verschiedener Planungsebenen anzupassen.

Objekte und Methoden

Das Kartiergebiet Brücktorviertel Oberhausen ist ca. 800 ha groß und grenzt südlich an die Emscher. Die Hälfte der Fläche entfällt auf Altstandorte mit ehemaliger Erzverschüttung und Stahlgewinnung und auf ein ehemaliges Zechengelände mit Kokerei (s. Abb. 2).

Den Industrieansiedlungen ab 1850 folgte benachbart der Wohnungsbau über mehrere Abbruchphasen mit zunehmender Verdichtung und Ausbreitung.

Der Entwurf der "Kartieranleitung Stadtböden" (Blume, H.P. und Burghardt, W. u.a. 1989) war bei der Pilotkartierung Brücktorviertel Oberhausen Grundlage und Anregung, neue Phänomene aufzunehmen.

Erster Schritt der Kartierung war die historische Analyse der Landschaftsentwicklung. Konzeptkarten als Ergebnis sollen Wegweisung für weiteren Untersuchungsaufwand und erste Basis für eine Beratung hier im Maßstab 1:5000 der unteren Planungsebenen (Bauleit- und Bebauungsplanung) geeignet sein.

Ausgewertet wurden

- digitale Realnutzungskarten, abgeleitet aus historischen Karten ab ca. 1800 und Luftbildern ab 1926 hinsichtlich der Böden prägenden Nutzungen,
- Höhenstufen zu Werksgeländen in sonst ebener Lage und verschwundene Gewässerläufe als Indiz für Ausschüttungen bzw. Überdeckungen,
- Angaben zu gewerblicher Nutzung auf einzelnen Flurstücken, als Hinweis branchentypischer Verunreinigung der Böden und
- eine geologische Karte 1:25.000 mit Angaben zu den natürlichen Substraten der Bodenbildung (Bodenarten) vor Überbauung.

Über Altlastenverdachtsflächen lagen Daten zur Erstbewertung aus Gefährdungsabschätzungen oft schon vor. Anspruchsvollere Bodennutzungen waren auf diesen Flächen nicht vorgesehen.

Ergebnisse und Diskussion

Großräumig läßt sich das Kartiergebiet nach verschneiden der Realnutzungskarten verschiedener Zeitebenen grob in 4 Stufen potentieller Beeinträchtigung von Böden gliedern:

Areale mit

1. ausschließlich land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden, ohne gravierende Belastung und Eigenschaften wie zunächst aus Substratkennzeichnungen (Bodenarten) und Schichtenabfolgen der geologischen Karten von 1927 zu entnehmen,
2. Wohnbebauung und Böden in Haus- und Kleingärten, Parks, Spielplätzen und Bauwerke-Begleitgrünflächen mit vereinzelt, zwischenzeitig gewerblich genutzten Flurstücken mit Boden-Belastungsverdacht,
3. unterschiedlich mächtigen anthropogenen Deckschichten auf Altstandorten mit ehem. Eisenverhüttung und einem Zechengelände mit Kokerei.
4. Substraten unterschiedlicher Herkunft und Vornutzungshistorien auf sanierten Baugründen und Aufschüttkörpern von Kanaldämmen und Gleiskörpern mit Belastungsverdacht und Untersuchungsbedarf spätestens nach Nutzungsumwidmungen vor Ort oder nach Umlagerung der Materialien.

Die Fälle unter 3. sind schon unter einheitlicher Regelung (Anonym 1992) Gegenstand von Gefährdungsabschätzungen mit dem Ziel, Gefährdungen für den Grundwasserstrom und die überwiegend baulichen Nachnutzungen auszuschließen. Eine qualifizierte Bodenansprache ist dafür zunächst nicht nötig. Ein Merkposten über die Substrateigenschaften für die Zukunft wäre aber hinsichtlich möglicher Nutzungsumwidmungen und dabei zu vermeidender Risiken bedeutsam.

Alleine Konzeptkarten aus Archivmaterialien (Texte und Karten) erlauben schon Angaben über Eigenschaften wenig veränderter Böden und Angaben über belastete Böden, für die Nutzungsanpassungen, Meliorations- und Sanierungsbedarf nach Ort, Art und Weise und

Dringlichkeit über Feld- und Laboruntersuchungen zu konkretisieren sind. Eine Konzeptkarte ohne deren erste Überprüfung im Feld wie von Grenzius 1993 als Alternative zum Gesamt-Kartierverfahren vorgeschlagen, erscheint hier nicht sinnvoll. Vorschläge zu einer stufenweisen Informationsgewinnung werden im Rahmen der zusätzlichen Auswertung der Feldkartier- und Laboraten des Geologischen Landesamtes Krefeld und des Institutes für angewandte Bodenkunde der Universität Essen entwickelt.

Ausblick

Einschätzungen der derzeitigen politischen und gesetzgeberischen Vorgaben für die Umsetzung von Bodenschutz in der Bauplanung und das Aufkommen größerer Beratungsanforderungen an bodenkundliche Dienste sind pessimistisch (Hübler 1988). Andererseits fordern Initiativen der Verwaltung für die Entwicklung von Modellen der "ökologischen Stadt der Zukunft" die Bodenkundigen heraus weiter Methoden zu optimieren und Beratung vorzubereiten (Anonym 1991).

Literatur :

Anonym 1982, Klärschlammverordnung vom 25. Juni 1982 - AbklärV. Bundesgesetzblatt 1982, S. 734-738

Anonym 1985, Luftreinhalteplan Ruhrgebiet West II 1984-1988, S. 214-217. Hrsg.: Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales, Düsseldorf

Anonym 1991, Modellprojekt "Ökologische Stadt der Zukunft", Ausschreibung des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft und des Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes NRW. M.Blatt NRW, Nr. 53 vom 30.07.91, S. 1068-1072

Anonym 1992, Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren. gem. Rd. Erl. d. Ministerien für Stadtentwicklung und Verkehr., -Bauen und Wohnen., und Umwelt - Raumordnung und Landwirtschaft. Ministerialblatt des Landes NRW Nr. 40, v. 7. Juli 1992

Blume, H.P., W. Burghardt u.a. 1989, Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen/Stadtböden. UBA-Forschungsbericht 10703007/03

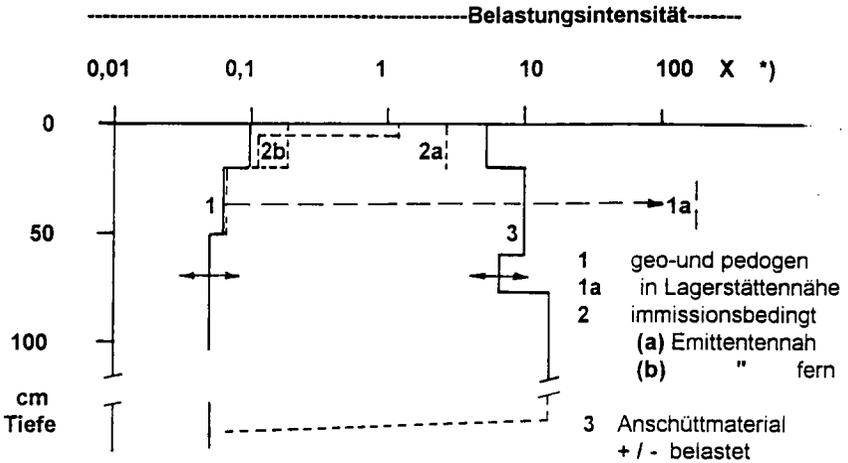
Grenzius, R. 1993, Konzeptbodenkarten für den städtischen Raum. Z. Pflanzenernährung u. Bodenkunde, Nr. 156, S. 209-212

Hübler, K.H. 1988, Das Baugesetzbuch: Ein Gesetz wider dem Bodenschutz. Bauwelt 1988, Heft ..., S. 464-467

Pudill, R. 1993, Prüf- und Richtwerte zur Beurteilung von Bodenkontaminationen. CLB Chemie in Labor- und Biotechnik Nr. 44 (9), S. 447-452

Späte, A., Werner, W. und König, W. 1991, Erfassung und Auswertung der Hintergrundgehalte ausgewählter Schadstoffe in Böden Nordrhein-Westfalens nebst Stellungnahme der Altlastenkommission NRW vom Oktober 1991: Anwendung von Hintergrundwerten für den Boden bei der Beurteilung von Altlastverdachtsflächen. Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten, Band 4, - Hrsg. Landesamt für Wasser und Abfall des Landes NRW, Düsseldorf

Kurzf. in Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Nr. 66, I, S. 409-412



*) tolerierbare Schwermetallkonzentrationen in Oberböden nach Klärschlammverordnung, Anonym 1982

Abb.: 1 Schwermetalle - Belastungsprofile gewerblich - industriell überprägter Stadtböden in den Rhein / Ruhr-Belastungsgebieten

II urbane gewerbliche und industrielle Überprägung der Böden bis 1990 durch

Rohstoffimporte und (ungeklärtem) Verbleib von Produktionsresten aus der Erzverhüttung und Stahlerzeugung, dem Kohlebergbau und einem Kokereiwerk und kleineren Betrieben unterschiedlicher Branchen und Baumaßnahmen mit Folgen für die Böden durch Abgrabung und Zerstörung oder Verdichtung und Versiegelung, Ersetzen durch Verfüllung (zB. von Lehmgruben und Bombentrümmern) oder Überdeckung unterschiedlicher Mächtigkeit mit Material unterschiedlicher Herkunft und Zusammensetzung

I Naturnahe Landschaft , teilweise landwirtschaftlich genutzt ca.1823



Abb.: 2 Prägung der Böden im Kartiergebiet Brücktorviertel, Oberhausen

Zur Auswertung der Labordatenbank im NIBIS

von

Müller, U., M. Kanitzki und A. Ruschinski

1. Einleitung

Die im Nds. Landesamt f. Bodenforschung im Rahmen des FIS Boden (NIBIS) geführte Labordatenbank besteht aus Teildatenbanken mit den Inhalten Bodenphysik, Bodenchemie und Bodenprofile. Diese parallel geführten Datenbanken lassen sich problemlos miteinander verknüpfen, so daß die Daten je nach Fragestellung ausgewertet werden können. Durch eine Verschnidung mit digitalen Informationen zur pedoregionalen Gliederung Niedersachsens (GEHRT et al, 1992) kann eine Zuordnung von Punkt- und Flächendaten erfolgen, die eine chorologische Auswertung ermöglicht.

2. Datenbestand

Z.Z. enthält die Labordatenbank 24538 Datensätze im Bereich Analytik und 31475 Datensätze im Bereich Profildaten. Die beprobten Profile verteilen sich über Niedersachsen schwerpunktmäßig nach den jeweiligen Fragestellungen und Anforderungen. Erkennbar sind die Schwupunktprogramme der vergangenen Jahre, wie z.B. die Marschenkartierung im Rahmen des Küstenplans oder die Kartierung des Landkreises Osnabrück. Die Anzahl der Bohrungen in den einzelnen Landschaften variiert von 0 - 422 Profilen (KANITZKI et al., 1993). Im folgenden werden exemplarisch einige Auswertungen des Labordatenbestandes dargestellt. Eine umfassende regional differenzierte Kennwertermittlung ist bei KANITZKI et al.(1993) dargestellt.

3. Ergebnisse

Durch die regional differenzierte Auswertung von Bodeneigenschaften z.B. gleicher Bodentypen in unterschiedlichen Bodendlandschaften können Unterschiede in den Bodeneigenschaften deutlich gemacht werden (Abb.1). Abb.2 zeigt den Einfluß unterschiedlicher geologischer Ausgangsstrate auf die Korngrößenverteilung. In Abb.3 ist die Beziehung zwischen Basensättigung und pH-wert in Abhängigkeit vom Tongehalt dargestellt. Mit den Daten der Labordatenbank können weiterhin Beprobungsdefizite aufgezeigt und Kennwerte räumlich differenziert abgeleitet werden. Sie dient somit auch als Vorabinformationsquelle für Geländearbeiten und zur gezielten Steuerung von Beprobung und Kartierung.

*) Niedersächsisches Landesamt f. Bodenforschung
Stilleweg 2, 30655 Hannover

4. Literatur

GEHRT, E., K.H. OELKERS & H. Sponagel, 1992: Pedoregionale Gliederung Niedersachsens.- NLFb Hannover, Archiv-Nr. 108399

KANITZKI, M., U. MÜLLER & A. RUSCHINSKI, 1993: Kennwertermittlung und flächenbezogene Auswertung der Labordatenbank des Niedersächsischen Landeamtes f. Bodenforschung auf Grundlage der pedoregionalen Gliederung Niedersachsens an ausgewählten Beispielen.- NLFb Hannover, Archiv-Nr. 110780

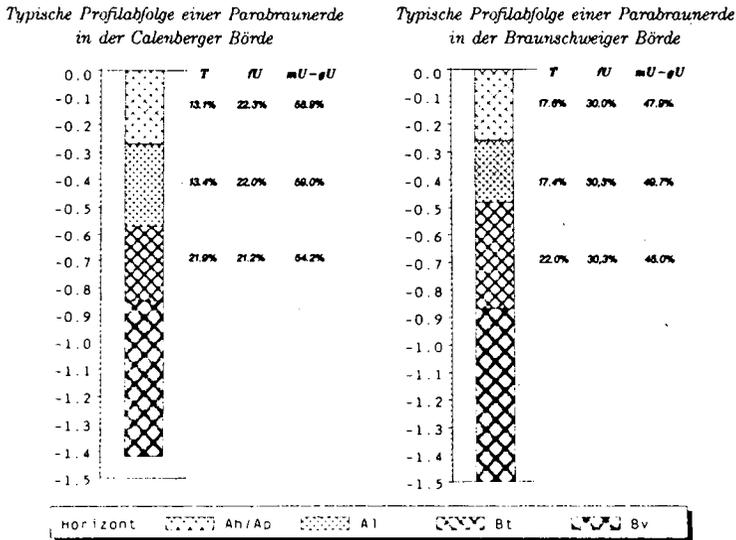


Abb.1: Typische Profilabfolge von Parabraunerden in der Calenberger- und Braunschweiger Börde

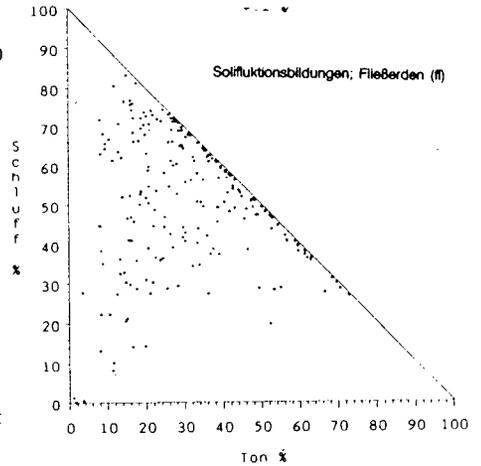
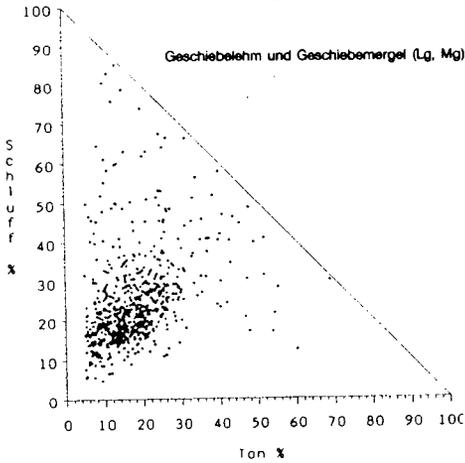
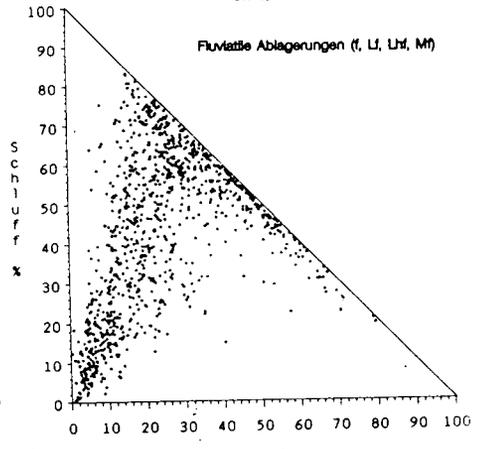
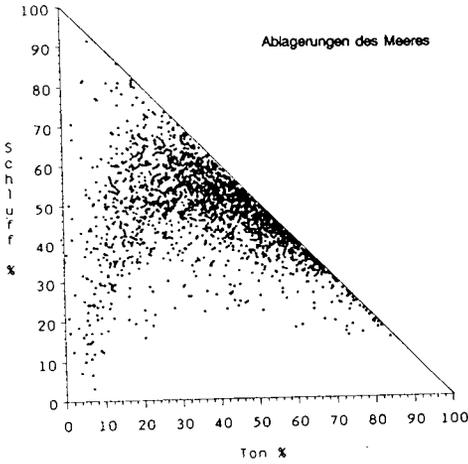
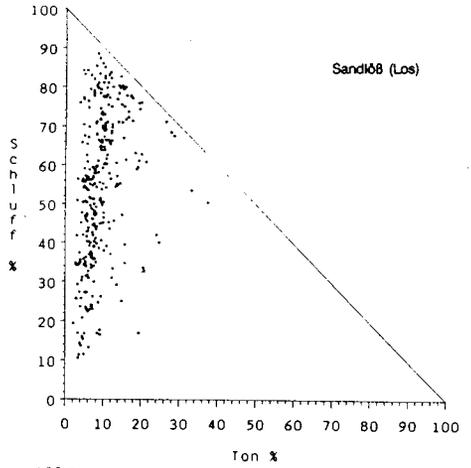
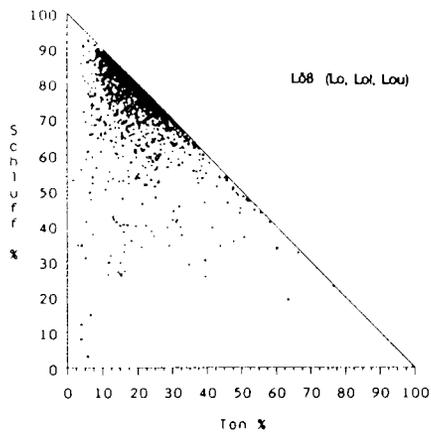


Abb.2: Korngrößenverteilung bei unterschiedlichen Ausgangssubstraten

Beziehung zwischen Basensättigung und pH-Wert bei einem Tongehalt <17%

$$V\text{-Wert} = -107.24 + 95.81 \cdot \text{pH} - 25.26 \cdot \text{pH}^2 + 1.69 \cdot \text{pH}^3$$

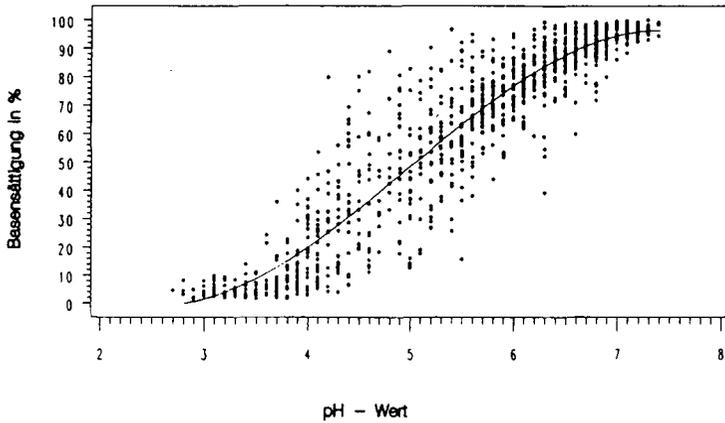


Abb.3: Beziehung zwischen Basensättigung und pH-Wert in Abhängigkeit vom Tongehalt

Aufbau eines Bodenbelastungskatasters für Nordrhein-Westfalen

von

Neite, H. und V. Thiele

Einleitung

Die Informationsgrundlagen über den Boden müssen verbessert werden, um die für Maßnahmen des Bodenschutzes notwendigen Entscheidungen, z.B. in der Bauleitplanung, treffen zu können und um die Verfahren zu beschleunigen. Bodeninformationssysteme sollen die systematische Erhebung, Aufbereitung und Auswertung bodenschutzrelevanter Daten erleichtern.

Das Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen hat 1991 das Bodenschutzzentrum in Oberhausen mit der Einrichtung des Bodeninformationssystems für das Land Nordrhein-Westfalen (BIS NRW) beauftragt. Das BIS NRW wird schrittweise aufgebaut. In der ersten Phase wird bis Ende 1993 ein Prototyp eingerichtet (THIELE & ROENICK 1992).

Die stoffliche Belastung der Böden steht zur Zeit im Mittelpunkt der Aktivitäten des Bodenschutzes in Nordrhein-Westfalen. Deswegen wurde der Prototyp des BIS NRW unter das Thema "stoffliche Belastung von Böden" gestellt. Daten über die stoffliche Belastung der Böden müssen zusammengeführt werden, um übergreifende Auswertungen und Bewertungen durchführen zu können. Aus diesem Grund wird parallel zum Prototyp des BIS NRW ein Bodenbelastungskataster als Fachinformationssystem "Stoffliche Bodenbelastung" (FIS StoBo) aufgebaut (NEITE & THIELE 1992).

Ziele

Im FIS StoBo werden Daten über die Gehalte an Stoffen in Böden gesammelt, von denen Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen ausgehen können. Hierzu gehören Schwermetalle und persistente organische Verbindungen, wie z.B. polychlorierte Biphenyle (PCB),

^{*)} Bodenschutzzentrum des Landes Nordrhein-Westfalen, Essener Str. 3, D-46047 Oberhausen

polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzofurane (PCDF).

In der ersten Phase der Einrichtung werden Daten aus Datensammlungen verschiedener Einrichtungen (Kommunen, Landeseinrichtungen, Abwasserverbände u. a.) aufgenommen. Die eingestellten Daten bilden die Grundlage für Auswertungen und Bewertungen zu Fragen der stofflichen Belastung von Böden in NRW. Mit den Daten lassen sich beispielsweise lokale und regionale Referenz- bzw. Hintergrundwerte ableiten, die bei der Beurteilung von Altlastenverdachtsflächen herangezogen werden können (SPÄTE et al. 1991).

Die Informationen über die eingestellten Daten (Metadaten) und darauf basierende Auswertungen (Anwendungen) werden im Kernsystem des BIS NRW eingestellt. Damit werden dem Nutzer Informationen über die Art und die Verwendung der Daten und Anwendungen zur Verfügung gestellt.

Das FIS StoBo ist so konzipiert, daß bei Bedarf weitere Daten über Stoffgehalte in Böden aus vorhandenen Datensammlungen oder aus neuen Erhebungen eingestellt werden können.

Aufbau und Struktur

Im FIS StoBo werden die aufbereiteten und validierten Daten über Stoffgehalte in Böden sowie weitere Sachdaten aus unterschiedlichen Meßprogrammen eingestellt. Zusätzlich werden alle relevanten Informationen über die Daten (Metadaten) aufgenommen. Dies sind Angaben über die Herkunft der eingestellten Daten sowie Informationen über die untersuchten Proben und Parameter. Darüber hinaus werden Anwendungen, die auf der Datenbasis des FIS StoBo entwickelt werden und die für die Anwendungen benötigten Auswertalgorithmen beschrieben. Durch die Dokumentation der Metadaten wird eine wesentliche Voraussetzung dafür geschaffen, daß die eingestellten Daten über Stoffgehalte in Böden sachgerecht genutzt werden. Die Metadaten können über ein Text-Retrievalsystem im Kernsystem des BIS NRW recherchiert werden.

Für das FIS StoBo wird eine einheitliche Datenbankstruktur entwickelt (Abb. 1). Sie ist so konzipiert, daß der Datenbestand durch die Einstellung weiterer Daten jederzeit erweitert werden kann. Das Systemkonzept und die Datenbankstruktur des FIS StoBo werden dokumentiert. Die Beschreibung kann wie die Metadaten über das Kernsystem des BIS NRW recherchiert werden.

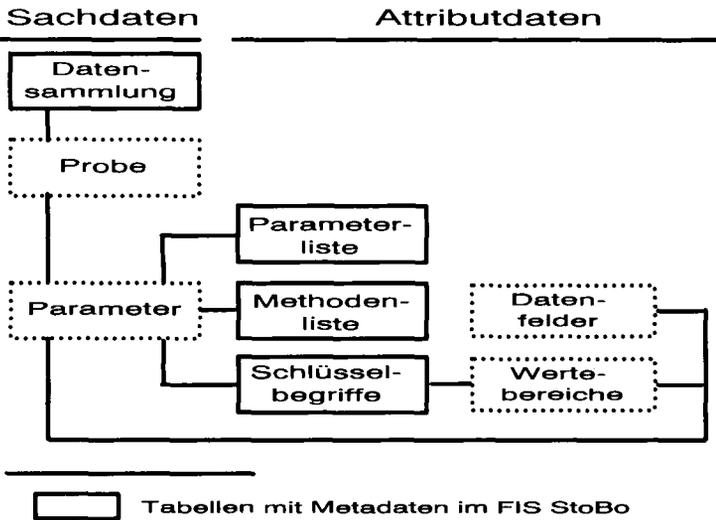


Abb. 1: Datenbankstruktur FIS StoBo

Für das FIS StoBo wird die Hard- und Software des BIS NRW eingesetzt. Dies sind im einzelnen:

- ein UNIX-Server für das Kernsystem und eine UNIX-Workstation für die raumbezogene Informationsverarbeitung,
- das Textretrievalsystem Ful/Text für die Verwaltung der Metadaten,
- das Datenbankverwaltungssystem INGRES für die lokale Haltung der Sach- und Attributdaten,
- das Datenbankverwaltungssystem DB2 auf dem Host-Rechner des Landesamtes für Datenverarbeitung und Statistik (LDS) als Datenserver für alphanumerische Daten,
- die Software für die Auswertung alphanumerischer Daten und für die Darstellung der Ergebnisse, wie die Statistikbibliothek NAG und das Tabellenkalkulationsprogramm WINGZ, und
- die Software des ALK-GIAP mit den Modulen KARTHEM und RASTER für die Haltung und Auswertung der raumbezogenen Informationen und für die Darstellung der Ergebnisse in thematischen Karten.

Anwendungen

Anwendungen im Prototyp des BIS NRW sind Abfolgen von Auswertungsschritten. Sie werden auf der Datengrundlage des FIS StoBo und anderer Daten und Karten (digitale Bodenkarte, ATKIS u.a.) entwickelt. Die einzelnen Auswertungsschritte sind:

- Selektion von Daten (Datenbankabfrage),
- Auswertung der Daten und
- Visualisierung der Ergebnisse.

Die Visualisierung erfolgt als Tabelle, Business-Graphik oder als thematische Karte.

In einer standardisierten Anwendung ist die Abfolge der Auswertungsschritte festgelegt. Sie werden in die Sammlung der Anwendungen des BIS NRW eingestellt und im Kernsystem dokumentiert. Im Prototyp des BIS NRW werden beispielhafte standardisierte Anwendungen zum Themenbereich "stoffliche Belastung von Böden" entwickelt. Dieser Themenbereich ist in die Themen:

- Schwermetallgehalte in Böden
- PAK-Gehalte in Böden
- PCB-Gehalte in Böden
- Dioxingehalte in Böden
- Schwermetallmobilität in Böden

untergliedert.

Für freie Anwendungen werden den Nutzern des BIS NRW ein Selektions- und ein Statistikbaustein angeboten. Damit können Daten, die z.B. bei der Beurteilung von Altlastenverdachtsflächen benötigt werden, aus dem FIS StoBo selektiert und ausgewertet werden. Die Ergebnisse können anschließend z.B. als thematische Karte dargestellt werden.

Literatur

- NEITE, H., THIELE, V. (1992): Bodenbelastungskataster/ Stoffkataster Boden (FIS StoBo) - Realisierungsvorschlag. Hrsg.: Bodenschutzzentrum des Landes NRW. 12 S. + Anhang.
- SPÄTE, A., WERNER, W., KÖNIG, W. (1991): Die Erstellung eines Schwermetallkatasters für die Böden von Nordrhein-Westfalen zur Festlegung von Hintergrundwerten im Rahmen der Altlastenproblematik. Mitteilg. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 66: 409-412.
- THIELE, V., ROENICK, C. (1992): Vor- und Hauptuntersuchung zur Einrichtung des Bodeninformationssystems des Landes Nordrhein-Westfalen (BIS NRW) - Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse. Hrsg.: Bodenschutzzentrum des Landes NRW. 23 S.

Böden und Bodendegradationsprozesse in der Waldsteppe, untersucht in Testgebieten im Selenga-Bergland (Mongolische Republik)

von

Opp, C.

Ziel der Untersuchungen: Im Rahmen des Fernerkundungsexperiments GEOMON 89/90 wurden Waldsteppenökosysteme untersucht. Die Untersuchungen verfolgten das Ziel:

- die Kombination von terrestrischen und Fernerkundungsmethoden sowie ihre Anwendung unter den extrem kontinentalen Klimabedingungen Zentralasiens zu testen,
- die Standorteigenschaften der Böden und ihre räumliche Verbreitung, sowie ihre Genese und Dynamik in einem 1200 km² großen Untersuchungsgebiet zu erfassen,
- die Nutzungseinflüsse und Einflüsse eines möglichen Klimawandels und deren Wirkungen auf die Böden zu kennzeichnen, sowie
- Möglichkeiten und Grenzen einer weiteren landwirtschaftlichen Nutzung abzuschätzen.

Untersuchungsmethoden: - Identifizierung der Böden und anderer Standortmerkmale und Teststandortauswahl mit allgemein anerkannten Methoden der Standort- und Profilaufnahme sowie der Luftbild- und Satellitenbildinterpretation; - Entnahme gestörter Bodenproben zur Bestimmung der Textur, des Humusgehalts, C/N, Kationenaustauschkapazität, pH, sowie ausgewählter Stoffgehalte, z.B. Schwermetalle; - Entnahme ungestörter Bodenproben mit 250 cm³ Stechzylinder in sechs Parallelen zur Bestimmung bodenphysikalischer Parameter (Porenvolumen, Porengrößenverteilung, Trockenrohdichte, vertikale gesättigte Wasserleitfähigkeit); sowie andere Methoden, über deren Ergebnisse hier nicht berichtet wird. Die Bezeichnung der Horizonte und Böden erfolgt in Anlehnung an Haase (1983).

Untersuchungsgebiet: Die Untersuchungen wurden in einem Transekt von der Wasserscheide (1400m ü.M.), entlang des südlichen Gebirgshanges des Selenga-Berglands, bis zum Orchontal (700m ü.M.) durchgeführt. Das Untersuchungsgebiet gehört zur Zone der Gebirgswaldsteppen und -steppen und liegt im Norden der Mongolischen Republik (vgl. Barthel, Haase, Richter 1962). Nach Haase 1983 gehört dieses Gebiet zur Pedoregion der Dunklen Kastanoseme. Auf Grund der Höhenstufung, Unterschieden im Ausgangsgestein, Expositionsunterschieden, sowie Permafrost-, Relief-, Klima- und Nutzungseinflüssen treten zahlreiche Modifikationen des pedoregionalen Bodentyps auf. Daß im Untersuchungsgebiet Trockensteppenbedingungen flächenhaft dominieren, wird sowohl durch ein entsprechendes Pflanzenmosaik von Trockensteppen-Gesellschaften als auch durch

* AG Bodengeographie und Landschaftsökologie der Universität Leipzig, gefördert im Rahmen des WIP von KAI e.V. (Berlin), Funkenburgstr. 24, 04105 Leipzig

die große Verbreitung von Kastanosemen angezeigt. Die klimatischen Kennwerte der Tab. 1 verdeutlichen in etwa die Randbedingungen der Bodendynamik und gestatten Rückschlüsse auf mögliche natürliche Degradationsprozesse.

Tab. 1 Langjährige Mittelwerte ausgewählter Klimadaten der Station Barun-Chara (Mongolische Republik) nach einer 40-jährigen Meßperiode

Jahresdurchschnittstemperatur (°C)	- 1,9
Januardurchschnittstemperatur (°C)	-26,0
Julidurchschnittstemperatur (°C)	19,0
Januarminimumtemperatur (°C)	-47,2
Julimaximumtemperatur (°C)	40,0
Frostfreie Tage	98
Jahresniederschlag (mm)	296,0

Umfangreiche Geländebefahrungen und die Auswertung von Luft- und Satellitenbilder im Vorfeld der eigentlichen Untersuchungen führten zur Auswahl von 7 Testgebieten (Barsch, Opp und Steinhart 1993). Die nachfolgende Darstellung der Ergebnisse erfolgt zusammengefaßt für 4 Reliefeinheiten, die jeweils gleiche oder ähnliche Nutzungseinflüsse aufweisen.

Ergebnisse: Kamm- und obere Gebirgslagen: Das Vorkommen von Braunerde-Kryotaigaböden /Ah-Bv-Bv/C(kg)-C(kg)/ ist im Untersuchungsgebiet an tiefgründige, feinerdereiche, taigabeständige Schuttdecken gebunden. Diese sind vorwiegend in der nördlichen Exposition verbreitet. Auf den mehrheitlich flachgründigen Verwitterungsdecken in Südexposition haben sich meist Rohböden /Ah-C/ entwickelt. Bodenfließen oder bodenerosive Abspülungen haben hier nur einen relativ geringen Einfluß auf die Böden, weil ergiebige Niederschläge erst dann einsetzen, wenn das Bodeneis tiefgründig aufgetaut und die Bodenvegetation voll entwickelt ist. Nutzungseinflüsse in dieser Höhenlage sind nicht beobachtbar (Opp und Barsch 1993).

Mittlere und untere Gebirgslagen: Helle Kastanoseme /Ahs-Ca(h)-CaC/ sind in beiden Höhenlagen am meisten verbreitet. In den mittleren Lagen, in Höhen > 1000/1100m ü.M. treten allerdings häufiger Dunkle Kastanoseme /Ahs-B(s)-Ca-CaC/ und schwarzerdeähnliche Böden, sog. "Paratschernoseme" /Añ-Ah-(Ca)C/ auf. Letztere kommen nur an den etwas feuchteren, nördlich exponierten Spornen innerhalb der Südabdachung im Untersuchungsgebiet vor. Auf Grund der episodischen Beweidung mit Schafen sind hier örtlich Bodenoberflächenverfestigungen und -verkrustungen zu beobachten. Areale, die davon betroffen sind, stellen oft Initial- und "Beschleunigungs"flächen für Oberflächenabspülungen nach Niederschlägen dar. Diese Prozesse fördern die Dellen-Senken-Bildung zwischen den Gebirgshängen. Noch deutlicher als in den mittleren Lagen sind diese Degradationsprozesse in den unteren Lagen ausgebildet, weil dort die intensivere Beweidung und deren Effekte zu einer stärkeren Deformation und Labilisierung der oberflächennahen Bodenstruktur beitragen.

Gebirgsfußflächen und ältere Flußterassen: Auch am Fuß des Selenga-Berglands sind flächenhaft Helle Kastanoseme verbreitet. Auf kleinen Schwellen, bzw. (Ab)spülflächen ist der humose Oberboden meist um einige cm bis 1,5dm gekappt; in den benachbarten Dellentiefenlinien kommt es zur Humusdurchschlammung über

die gesamte Bodentiefe. Da die Gebirgsfußflächen auch als Weide- und Durchzugsgebiete für Schafsherden dienen, treten hier enorme Verfestigungen infolge der Trittbelastung auf. Eine Zylinderprobenahme war deshalb auf diesen Flächen unmöglich. Das Ausdünnen der Trockensteppenvegetation infolge der Überweidung, sowie in Verbindung mit dem langjährig beobachteten generellen Temperaturanstieg im Jahresdurchschnitt (Opp 1993) ist im Bereich der Gebirgsfußflächen am deutlichsten ausgeprägt. Insofern können die in der Mächtigkeit reduzierten Humushorizonte der Hellen Kastanoseme hier auch eine Folge des langzeitlich klimabedingten Humusschwunds sein, der allerdings durch Nutzungs- z.B. Überweidungseinflüsse, noch verstärkt wird.

Im Verzahnungsbereich der Gebirgsfußflächen mit älteren Flußterassen des Orchon wird unter Einsatz von Beregnung Ackerbau betrieben. Bekannte Folgen der Beregnung in semiariden Gebieten, wie Splash, Oberflächenverkrustung, -versalzung, Humusdurchschlammung, Verstopfung des groben Porensystems, wurden auch hier beobachtet und durch Messungen nachgewiesen. Werden die Regner zu spät umgesetzt, kommt es nicht nur zur Auslösung und Verstärkung der zuletzt genannten Effekte. Oft kommt es dadurch auch zu Veränderungen im Mikorelief der Ackeroberfläche, indem zu lang beregnete Areale "ausgewaschen" und bis zu einigen Dezimetern eingetieft werden.

Solonezierte Kastanoseme /AhS-BS-Bhs-Ca-CaC/ wurden vor allem dort aufgenommen, wo im Untergrund dichte Fanglomeratfächer verbreitet sind, die den vertikalen Gas- und Wasseraustausch zwischen Oberboden und tieferem Unterboden sehr stark hemmen. Der Versuch, auf solchen Flächen Ackerbau zu betreiben, mußte im Untersuchungsgebiet meist frühzeitig wieder aufgegeben werden. In kleineren Senken, die örtlich im Randbereich der distalen Gebirgsfußflächen zur Orchon-Aue vorkommen, wurden Solontschaks /S-Sh-Gr/ aufgenommen. Deren Verbreitung wird an der Oberfläche schon durch deutlich erkennbare, z.T. mehrere Zentimeter mächtige Salzkrusten angezeigt.

Flußauen und jüngere Talsandterasse: Der jüngsten Flußterasse des Orchon sind im Untersuchungsgebiet Sandwälle aufgesetzt, in denen sich Regosole /Ah-(Ah)/C-C/ entwickelt haben. An den trockeneren Bereichen der Flußaue, in größerer Entfernung vom Fluß, wird auf Auen-Kastanosemen /Ah-Ba(h)-C(Go)-C(Gr)/ mittels Beregnung Ackerbau durchgeführt. Die Bodendegradationsprozesse sind hier die gleichen, wie oben beschrieben. Besonders deutlich zeigt sich das hier in Form des reduzierten Grobporenvolumens und der sehr geringen vertikalen Wasserleitfähigkeit im Oberboden bis 27 cm Bodentiefe.

Die stellenweise durch Heumahd genutzten Feuchtwiesen haben sich auf (Dunklen) Kryo-Aueböden /Ah-Ba(h)-KGo/C-KC/ entwickelt. Durch den Permafrost hervorgerufene polygonale Bodenstrukturen pausen sich auch in Form von Wuchs- und Vitalitätsunterschieden in der Feucht- und Frischwiesenvegetation durch. Während der Profilaufnahme im Juni 1990 wurde ein markantes Gefälle der Bodentemperatur von +16°C an der Bodenoberfläche bis -0,7°C in 90cm Tiefe ermittelt. Durch kryoturbate Aufwölbungen hervorgerufene Deformationen des Unterbodens zwischen 60 und 90cm Tiefe sind an der Profilwand deutlich zu erkennen. Das Porenvolumen in diesem Tiefenbereich beträgt 39Vol%, die Lagerungsdichte 1,65g/cm³; der kf-Wert 3,21x10⁻⁴cm/sec. Am deutlichsten wird der Einfluß der durch das Bodeneis hervorgerufenen Degradation in dem darüberliegenden Profildbereich (7-60cm) sichtbar. Obwohl hier das Porenvolumen 55Vol% und die Lagerungsdichte nur 1,16g/cm³ betragen, ist der kf-Wert bis auf

$6,94 \times 10^{-6}$ cm/sec. reduziert. In der Porengrößenverteilung bewirken Eisdruck und -ausdehnung von unten eine Reduzierung der schnelldränierenden Grobporen auf 0Vol%, der langsamdränierenden Grobporen auf 6Vol%, der Mittelporen ($< 10\text{-}3\mu\text{m}$) auf 8Vol%, während die Mittelporen ($< 3\text{-}0,2\mu\text{m}$) 27Vol% und die Feinporen ($< 0,2\mu\text{m}$) 14Vol% Anteil haben.

Schlußfolgerungen: Im Bereich der Kamm- und oberen Lagen des Selenga-Berglands kommt es derzeit im Untersuchungsgebiet kaum zu nachhaltigen Bodendegradationserscheinungen, weil die Taigabedeckung während morphodynamischer Aktivitätsphasen einen entsprechenden Schutz der Bodendecke gewährleistet.

Die Beweidung in den mittleren Lagen darf nicht ausgedehnt, der Beweidungsrhythmus und die Beweidungsdichte in den unteren Gebirgslagen und auf dem proximalen Pediment müssen korrigiert werden. Wird die Beweidung mit der gleichen Intensität fortgesetzt, führt das zur Fourcierung der Degradation der Vegetations- und Bodendecke. Als Folge davon schreitet die Dellenbildung, Erosion und Auswehung und Bodenverfestigung weiter voran.

Das Berechnungsmanagement auf den Ackerflächen muß besser als bisher den Bodenfeuchtebedingungen und der Pflanzenentwicklung angepaßt werden. So können Trocken- und Feuchtestreißphasen, Splasheffekte, Porenverstopfung, Humusauswaschung, sowie Oberflächenverkrustung und Versalzung reduziert werden.

Permafrostbeeinflusste Standorte verfügen während der Auf- und Tieftauphasen über ein zusätzliches Wasserangebot, das während der kurzen Vegetationsperiode zu einem artenreichen und intensiven Pflanzenwachstum führt. Andere Nutzung als die in den Flußauen verbreitete Heumahd, kann auf diesen Standorten nicht empfohlen werden; denn Beweidung (Viehtritt) oder Befahrung würden an diesen Standorten - die eisextraktions- und schrumpfungsbedingt ohnehin schon eine hohe Bodenstrukturlabilität aufweisen - zu nachhaltigen Deformationen der Bödenstruktur und des Mikrorelief führen.

Bereits eingetretene bzw. zu erwartende Degradationserscheinungen und andere Effekte infolge des gerade für Zentralasien gut beobachtbaren Klimawandels, die in einem Nord-Süd-Profil für die Mongolische Republik beschrieben wurden (Opp 1993), sind auch im Selenga-Bergland verbreitet.

Literatur:

- Barsch, H., Opp, Ch. und U. Steinhardt: Geoökologische Probleme in der Waldsteppe der nördlichen Mongolei. Potsdamer Geogr. Forschungen 3, 1993.
- Barthel, H., Haase, G. und H. Richter: Die Mongolische Volksrepublik. Z.f. Erdkundeunterricht (Berlin 1962), 288-318.
- Haase, G.: Beiträge zur Bodengeographie der Mongolischen Volksrepublik. Physisch-Geographische Studien in Asien = Studia Geographica 34 (Brno 1983), 231-367.
- Opp, Ch.: Einflüsse von Klimaänderungen auf Böden und Bodenprozesse, an Beispielen aus der Mongolei. Mitt. Deutsch. Bodenkundl. Gesellsch. 69, 1993, 293-296.
- Opp, Ch. and H. Barsch: Geomorphological and Geoecological Processes in the Mountain Forest Steppe of Northern Mongolia. Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. 92, Berlin-Stuttgart 1993, 145-157.

**Bodengesellschaften eines durch gelegentliche
Überschwemmung beeinflussten Dünengebietes im Negev**

VON

Pfisterer, U., H. P. Blume und L. Beyer

Im Rahmen der deutsch-israelischen Kooperation 'Arid Ecosystem Research Center' AERC an der Hebräischen Universität Jerusalem wurden zur Erforschung und ökosystemaren Beschreibung eines Dünengebietes die Bodentypen, ihre Vergesellschaftung, Dynamik, Genese und ökologische Eigenschaften anhand von Feldmethoden und Laboruntersuchungen analysiert.

Das Untersuchungsgebiet, das eines der interdisziplinären Forschungsstationen des AERC darstellt, liegt im Negev nahe der Ortschaft Nizzana. Der jährliche Niederschlag liegt bei 90 mm, wobei der Hauptanteil der Niederschläge im Frühjahr fällt, die Jahresmitteltemperaturen liegen bei 25° C, die potentielle Verdunstung bei 1400 mm/a.

Im Untersuchungsgebiet liegen neben zehn Meter hohen, heute weitgehend stabilen in W-O-Richtung verlaufenden Dünen (Yair 1990), die bei Vegetationsbedeckung als Arenosole angesprochen wurden, in den Tälern sandige bis lehmige, oft geschichtete Böden vor, die als Arenosole, Solonchake, Calcisole und Regosole mit yermic phase klassifiziert wurden. Eine Verteilung der Bodentypen ist in Abb. 1 dargestellt.

Entsprechend der FAO wurden vegetationsfreie aktive Teile der Wanderdünen nicht als Böden angesehen, obwohl sie eine, allerdings nur sehr brüchige, Kruste ausgebildet hatten und eine tägliche wie auch jahreszeitlich bedingte Salzdynamik aufweisen. In Abweichung von der FAO-Klassifikation wurde zusätzlich der Begriff 'plati' eingeführt für Böden, die eine Kruste ausgebildet hatten, die aber wegen fehlender Spalten oder Risse nicht dem Begriff ' takyric ' genügte.

Die Kuppen der Dünen werden unterbrochen von Teilen, die durch Vegetation stabilisiert werden. Hier haben sich **Arenosole** ausgebildet. Die Arenosole weisen ein Maximum der Salzkonzentration unterhalb des Oberbodens auf, hier befinden sich auch die leichtlöslichen Nitrate. Die Salze dieser Böden sind niederschlagsbürtig, werden aber durch die Niederschläge in tiefere Bodenschichten verbracht und können durch den hohen Anteil an Grobporen nicht mehr kapillar aufsteigen. Ausgetragenes Cl und NO₃ wurde offenbar durch (vermutlich biogenes) weniger mobiles HCO₃ ersetzt, was auch die alkalische Bodenreaktion erklärt. (Abb. 2 oben).

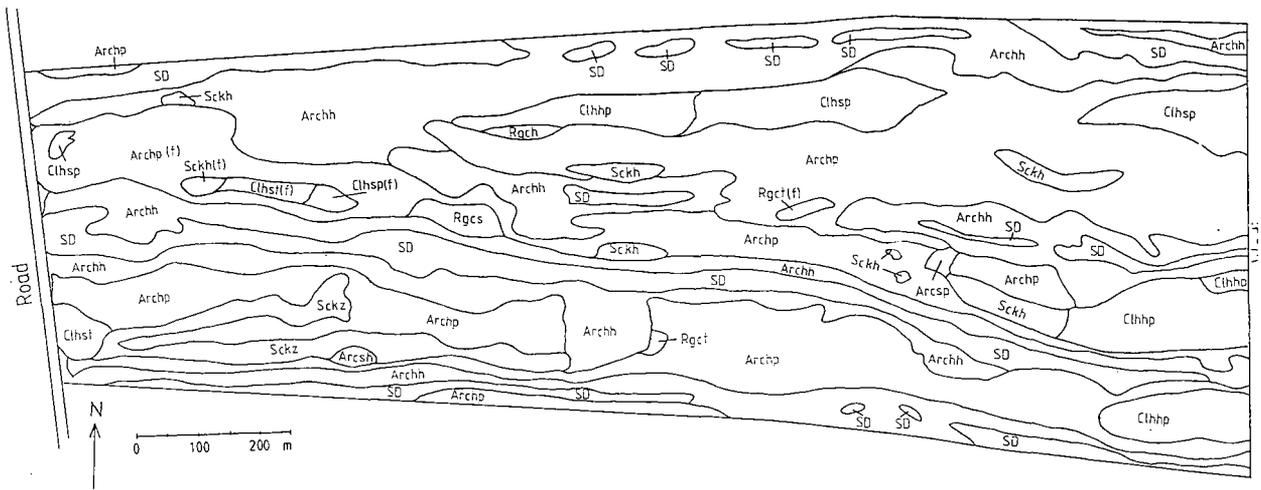
Regosole wurden nur in einem geringen Teil des Dünengebiets kartiert, es handelte sich dabei um Böden, die zuviel Ton um als Arenosol, zuwenig Carbonate um als Calcisol und zuwenig Salze aufwiesen um als Solonchak angesprochen zu werden.

Arenosole der Zwischendünensenken sind kalk- und salzreicher als die der Dünen und zwar vor allem im Unterboden (Abb. 2, unten). Hier hat eine Salzzakkumulation zusätzlich zum Niederschlagswasser stattgefunden vermutlich bei früher höheren Grundwasserständen.

Diese Salze werden zusätzlich durch das lateral fließende Sickerwasser der Dünen zusätzlich gespeist. Diese sali-calcaric 'Arenosols sind besonders im Süden und Osten des Kartiergebiets mit **Calcisolen** vergesellschaftet die oft in der topographisch niedrigsten Position liegen. Hier käme eine Akkumulation des Kalkes durch kapillaren Aufstieg aus einem früher höher liegenden Grundwasserspiegel in Frage oder eine Anreicherung durch gelegentliche Überschwemmungen aus dem nahegelegenen Wadi.

* Inst. für Pflanzenernähr. und Boden., Olshausenstr. 40, 24098 Kiel

Abb. 1: Verbreitung der Bodentypen im Dünengebiet bei Nizzana/Israel



Böden aus Dünen sand und Wadis sedimenten mit yermic phase

Legende:

Archh typi-haplic-calcaric Arenosol
 Archp plati-haplic-calcaric Arenosol
 Arcsp plati-salic-calcaric Arenosol
 Arcsh hapli-salic-calcaric Arenosol

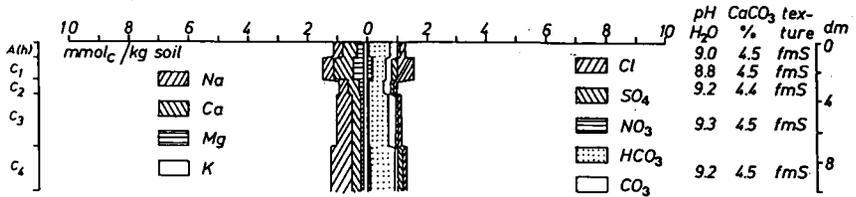
Clhsp plati-salic-haplic Calcisol
 Clhst takyri salic haplic Calcisol
 Clhhp plati-typic-haplic Calcisol

Rges sali-calcaric Regosol
 Rgct takyri-calcaric-Regosol
 Rgch hapli-calcaric Regosol

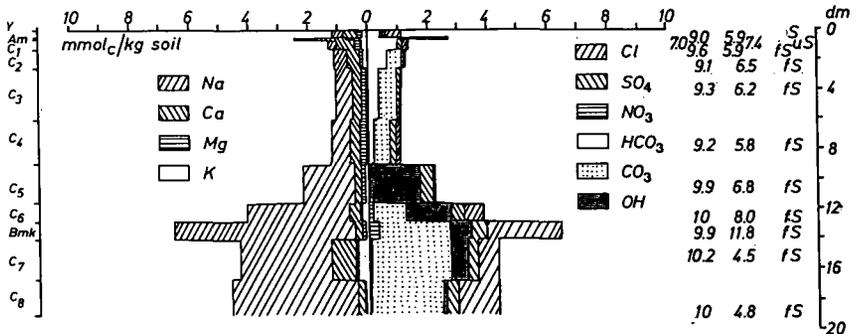
Sckh hapli-calcic-Solonchak
 Sckz soda-calcic-Solonchak
 Schc calcari-haplic-Solonchak

SD shifting dune
 (f) former field

Calcirole sind in dem Arbeitsgebiet eng mit Solonchaken (Abb. 3) vergesellschaftet. Die Solonchake wiesen Schichtungen zwischen lehmigem und sandigem Substrat auf. Auffällig war, daß die Solonchake meist in der Nähe zum Dünenfuß liegen. Die tonreicheren Schichten sind extrem salz- und kalkhaltig. Ihnen fehlt weitgehend Soda, was auch die relativ niedrigen pH-Werte erklärt, die z.T. unter 8 liegen. Erhöhte Humusgehalte der tonreicheren Schichten deuten allerdings darauf hin, daß frühere, tiefer gelegene Oberflächen bewachsen waren.



a: Hapli-calcaric Arenosol einer Sanddüne



b: Sali-calcaric Arenosol einer Inter-Dünensenke

Abb. 2: Salz- und Kalkgehalte zweier Böden aus Nizzana.

Zur Genese der Playas nehmen wir an, daß die Dünentäler bei Starkregeneignissen durch ein östlich an die Dünen angrenzendes Wadi überschwemmt werden und dabei feinere Sedimente

ablagert werden. Da das Grundwasser heute sehr tief liegt, kommen als Salzquelle nur Niederschläge und das Flußwasser des Wadis in Frage. Durch die Lage der Solonchake am Dünenfuß wird zusätzlich Eintrag durch lateralen Hangzug auftreten.

Nitrate sind im Solonchak nur in den oberen Zentimetern zu finden, was auf Eintrag dieser Salze aus den Niederschlägen deutet. Bei Überflutungen werden die Nitrate offenbar denitrifiziert, wie aus den redoximorphen Merkmalen der Schichten zu schließen ist.

Als Besonderheit werden in Abb. 1 Böden aufgeführt, die durch Ackerbau geprägt sind. Obwohl diese Flächen schon seit einiger Zeit brach liegen, waren doch deutliche Spuren von Pflugfurchen zu erkennen, zudem unterschied sich die Vegetation u.a. durch eine Dominanz annueller Pflanzen klar von den unbeeinflussten Flächen und wurde auch im Hinblick auf die Vegetationskartierung besonders hervorgehoben.

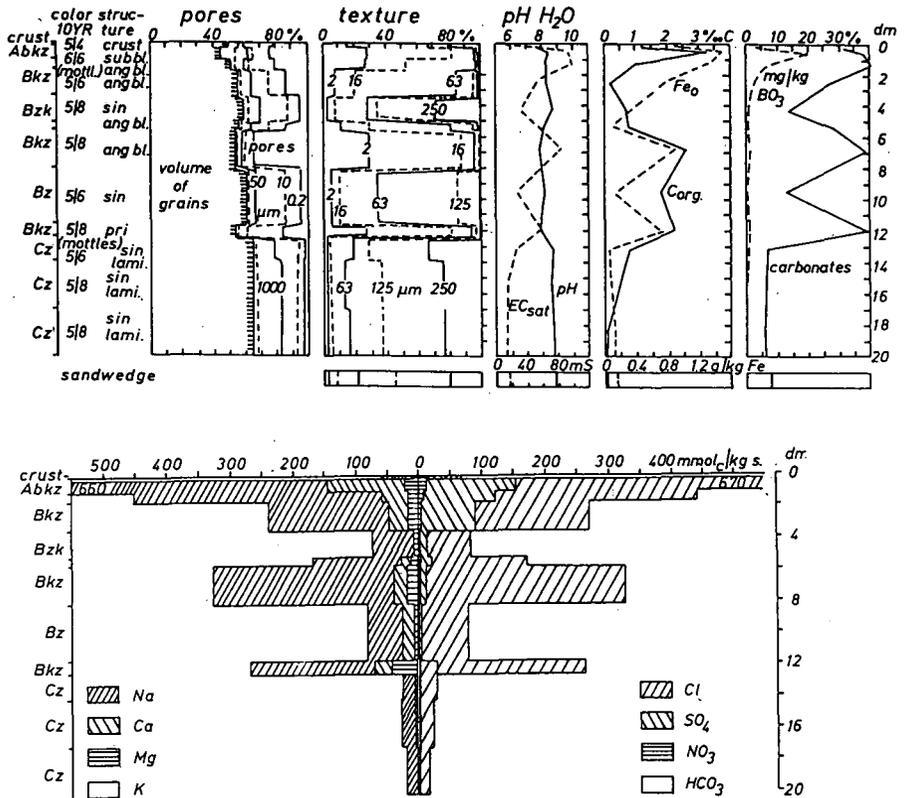


Abb. 3: Farben, Porung, Körnung, pH-Werte, Feo, Corg, Kalkgehalte und wasserlösliche Salze und Bor eines Hapli-calcaric-Solonchaks einer Playa bei Nizzana

Literatur: Yair, A. (1990) Runoff generation in a sand area: the Nizzana sands, western Negev, Israel. Earth Surface Processes and Landforms 15:597-609.

Wir danken dem AERC und dem DAAD für die finanzielle Unterstützung der Untersuchungen

Landesweite Erhebung von PAK-Gehalten in Böden Nordrhein-Westfalens

von

Reinirkens, P.

1. Einführung

Die Kenntnis über die Beschaffenheit von Böden ist eine wichtige Voraussetzung für die Aufgaben des Bodenschutzes sowie die Identifikation und Beurteilung von Altlasten-Verdachtsflächen. Dabei kommt dem präventiven Bodenschutz eine besondere Bedeutung zu. Die systematische Sammlung und Auswertung von vorhandenen Untersuchungsergebnissen über Bodenbelastungen ist eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung statistisch abgesicherter und räumlich differenzierter Angaben über Hintergrundgehalte ausgewählter Spurenstoffe in den Böden. Dabei wird als Hintergrundgehalt die Grundlast verstanden, die sich aus der lokalen Grundkonzentration und einer gegebenenfalls bereits vorhandenen, von außerhalb des Standortes stammenden anthropogenen Belastung, zusammensetzt (ALTLASTENKOMMISSION NRW (1992)). Im November 1991 konnte eine erste Zusammenstellung hauptsächlich für Schwermetalle in Böden Nordrhein-Westfalens im Sinne dieser Empfehlung abgeschlossen werden (SPÄTE & WERNER 1991). Für diese Stoffe wurde eine statistisch abgesicherte Auswertung vorgenommen, wobei auch räumlich differenzierte Gebietskategorien ausgewiesen werden konnten. Sie fanden ihre Anwendung unter anderem bisher in der Begründung zu dem Erlaß "Metalle auf Spielplätzen" (MINISTER FÜR ARBEIT, GESUNDHEIT UND SOZIALES NRW 1990). Für eine **eindeutige Beurteilung der derzeitigen Hintergrundgehalte an organischen Spurenstoffen** in den Böden Nordrhein-Westfalens gibt es bisher keine gesicherte Informationsgrundlage. Deshalb wurden in einem ersten Schritt die im Land vorhandenen PAK-Untersuchungsergebnisse zusammengestellt und ausgewertet.

2. Methodisches Vorgehen

Zur Ermittlung aller für das Projekt notwendigen Angaben wurde ein Erhebungsbogen entwickelt. Zur Dokumentation und Verarbeitung der anfallenden Daten wurde das Softwarepaket dBase IV 1.1 eingesetzt. Darüber hinaus fand das Statistikprogrammpaket Statgraphics 5.0 Verwendung. Zur Verkürzung der Rechenzeiten und zur Vereinfachung der Auswertungsmöglichkeiten wurden in enger Anlehnung an den Aufbau des Erhebungsbogens zwei relationale Datenbanken aufgebaut. Die erste Datenbank enthält nähere Angaben zu den Standorten. Die zweite Datenbank beinhaltet neben den eigentlichen PAK-Analysedaten (Abk. nach IUPAC) unterschiedliche Tiefenangaben, die einer Koordinate zugeordnet werden können sowie Angaben zu begleitenden Bodenparametern.

Statistisch ausgewertet wurden nur **Kollektive mit einer Mindestzahl von 30**. Dazu wurden zuerst für jede Nutzung und PAK-Einzelsubstanz Häufigkeitsverteilungen gebildet und der "Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest" auf Normalverteilung gerechnet. Da nur in drei Fällen eine Normalverteilung vorliegt, kommt zur Kennzeichnung der Häufigkeitsverteilung nur der Median als 50. Perzentil in Betracht. Zur weiteren Verdeutlichung und Betonung hoher Werte

*) Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Geowissenschaften, Arbeitsgruppe Stadtökologie und Bodenschutz, D-44780 Bochum

sind die 90., 95., 97. und 99. Perzentile ebenfalls berechnet worden. Zusätzlich werden zur Darstellung der Spannweite die Minima und Maxima aufgeführt. Aufgrund der datenverarbeitungstechnischen Randbedingungen erfolgten die Berechnungen mit der von den Untersuchungslaboratorien angegebenen halben Bestimmungsgrenze.

3. Auswertung und Ergebnisse

Die Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse wurde mit dem 1. April 1993 als Stichtag abgeschlossen. Insgesamt konnten 3994 Datensätze von 2818 Standorten verarbeitet werden. Räumlich verteilen sich die zusammengestellten Probenentnahmestandorte auf das Ruhrgebiet und die Rheinschiene sowie das Gebiet des westlichen und südlichen Münsterlandes und Teilen der Niederrheinischen Bucht. Die zusammengestellten Untersuchungsergebnisse ließen sich nutzungsspezifisch für Kleingärten, Kinderspielplätze, Acker sowie Grünland und für Wald/Forst statistisch näher beschreiben.

Insgesamt besitzen die Nutzungsarten "Spielplätze" und "Kleingärten" den bedeutendsten Anteil an der Gesamtzahl, gefolgt von den Probeentnahmestandorten auf Ackerland. Dagegen treten in abnehmender Reihenfolge die Anteile der Nutzungen Dauergrünland > Wald/Forst > ländliche Brachflächen > Verkehr > Freizeit/Erholung > städtische Brachflächen stark zurück. Die Auswertungen führten zu nutzungsbezogenen **Referenzwerten für PAK in Böden Nordrhein-Westfalens**.

Für einige Nutzungsarten waren zudem weitergehende räumliche Auswertungen nach Gebietstypen möglich. Bei organischen Spurenstoffen, die hauptsächlich in die Atmosphäre emittiert und auf dem Luftpfad verbreitet werden, sind räumliche Verteilungsmuster durch die Art, Anzahl und Emissionshöhe der Quellen bestimmt. Entsprechend der klimatologischen Bedingungen werden diese Stoffe dann verbreitet und auf dem Boden abgelagert. Unterschieden werden konnten drei Typen, die versuchen, die sehr unterschiedlichen Emissionsbedingungen auf einfache, strukturelle Merkmale im Raum abzubilden. So ist der Typ I durch hohe Siedlungsdichten, in der Regel ein größeres Verkehrsaufkommen, sowie durch einem stärkeren Einfluß des Hausbrandes oder der industriellen Verbrennung gekennzeichnet. Im Gegensatz dazu steht der Typ III des ländlichen Raumes mit einem allgemein niedrigerem absoluten Emissionsniveau. Hier treten die lokalen Quellen gegenüber den regionalen in ihrer Bedeutung stark zurück. Typ II weist in erster Linie mittlere Emissionsbedingungen auf und ist für diese Auswertung eher der Regelfall als die beiden vorher beschriebenen Typen (FLIEGNER & REINIRKENS 1993).

4. Diskussion

Bei der Diskussion und Einordnung der Ergebnisse ist zu beachten, daß die Strukturen der gesammelten Untersuchungsergebnisse zum Teil auf sehr spezielle Fragestellungen abgestellt sind. Die für Acker-, Grünland-, Wald- und Kleingartenböden ermittelten **Referenzwerte** für die Leitparameter Benzo(a)pyren und Fluoranthen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Sie zeigen auch Ergebnisse für die Böden auf Spielplätzen. Angegeben sind die Größe des Datenkollektivs, die Extremwerte sowie die Mediane, das 90. und das 95. Perzentil. Es sind die Unterschiede in den Größenordnungen der Gehalte an Benzo(a)pyren und Fluoranthen erkennbar. Erwartungsgemäß sind die Konzentrationen unter ackerbaulicher Nutzung am geringsten. Sie nehmen über das Dauergrünland bis zu den Auflagen der Waldböden zu.

In eine andere Größenordnung fallen die Ergebnisse aus den Kleingärten. Werden die Gehalte an PAK in den übrigen Böden im wesentlichen durch den atmosphärischen Eintrag in der Ver-

gangenheit bestimmt, kommt bei diesen Böden ein direkter Eintrag durch den nutzenden Menschen hinzu.

Tabelle 1: Referenzwerte für PAK in Böden NRW in verschiedenen Nutzungsarten [mg*kg⁻¹ TB] für die Leitparameter Benzo(a)pyren und Fluoranthen

	Anzahl	min	max	Median	90. Perzentil	95. Perzentil
Acker¹ B(a)P FLU	322 156	0,002 0,023	1,7 3,0	0,044 0,08	0,2 0,4	0,3 0,6
Acker² B(a)P FLU	30 30	0,003 0,025	0,06 0,75	0,025 0,025	0,025 0,07	0,025 0,08
Dauergrünland¹ B(a)P FLU	82 52	0,005 0,003	1,1 2,7	0,09 0,166	0,42 1,5	0,76 1,7
Dauergrünland^{1a} B(a)P FLU	82 71	0,01 0,03	7,4 2,8	0,21 0,78	0,83 1,9	0,96 2,1
Wald/Forst¹ B(a)P FLU	53 40	0,003 0,025	1,308 5,002	0,025 0,262	0,64 2,5	1,207 3,714
Wald/Forst⁴ B(a)P FLU	40 38	0,001 0,023	6,672 7,699	0,193 0,567	2,434 1,874	3,881 5,112
Kleingärten¹ B(a)P FLU	780 528	0,005 0,022	11,0 58,0	0,37 0,96	1,4 3,3	2,1 4,6
Kleingärten² B(a)P FLU	427 428	0,005 0,01	9,5 25,7	0,19 0,32	0,98 1,9	1,9 3,2
Kleingärten³ B(a)P FLU	375 375	0,005 0,005	8,4 20,0	0,06 0,08	0,43 0,83	0,93 2,1
Spielplätze⁵ B(a)P FLU	1380 1296	0,001 0,001	56,0 190,0	0,12 0,41	1,0 2,71	1,60 4,50

1 Beprobungstiefe: 0-30 cm

2 Beprobungstiefe: 30-60 cm

4 Wald/Auflagen bis + 10 cm

1a Beprobungstiefe: 0-10 cm

3 Beprobungstiefe: 60-100 cm

5 Beprobungstiefe bis 35 cm

Sehr differenziert müssen die Ergebnisse aus den Untersuchungen der Spielplatzböden gesehen werden. Im Grundsatz sind auch hier mehrere Eintragsquellen in Betracht zu ziehen. Neben Verunreinigungen bestimmen die verwendeten Baustoffe, die zur Befestigung oder Gestaltung der einzelnen Spielbereiche verwendet wurden, die Gehalte an den untersuchten Leitparametern mit. Um diese Heterogenität in Ansätzen bei der Auswertung erfassen zu können, wurden weitere Auswertungen vorgenommen (FLIEGNER & REINIRKENS 1993).

Welchen Stellenwert horizontweise Beprobungen haben können, zeigen die Ergebnisse aus dem Dauergrünland (0-10 cm) und die Auflagen auf den forstwirtschaftlich genutzten Böden. Die Konzentrationen steigen mit Annäherung an die Bodenoberfläche deutlich an und belegen damit hauptsächlich den atmosphärischen Eintragspfad. Die recht hohen Gehalte in den Humusaufgaben der Waldböden zeigen zudem die hohe Filterwirkung dieses Vegetationstyps. Die

Diskussion der Einzelergebnisse verdeutlicht, daß bestimmte PAK-Muster trotz der stellenweise sehr geringen Datenbasis wahrscheinlich gemacht werden können.

Wegen der ungleichen räumlichen Verteilung und der geringen Anzahl der vorliegenden Untersuchungsergebnisse in den einzelnen Nutzungen war eine regionale Auswertung nicht möglich. Es werden daher Gebietstypen unterschieden, die den Haupteintragspfaden und den entsprechenden Ausbreitungsmechanismen eher entsprechen als großräumige Zusammenfassungen. Zudem sind bei der Stoffgruppe der PAK in Böden kaum geogene Grundgehalte zu berücksichtigen. In der Zusammenfassung zeigen alle Ergebnisse, daß die jeweiligen Kontaminationsmuster eher von regionalen bis lokalen Quellen als von überregionalen Großemittenten bestimmt sind. Letztere sorgen bei hohen Emissionsquellen für eine gleichmäßig geringe und diffuse, dafür aber ubiquitäre Anreicherung der PAK in den Oberböden.

5. Fazit

Insgesamt sind die im Rahmen dieses Projektes für Nordrhein-Westfalen ermittelten Werte der zusammengestellten und ausgewerteten Untersuchungsergebnisse eher als gering einzustufen. Bei den Ackerböden liegen fast alle festgestellten Konzentrationen an Benzo(a)pyren und Fluoranthren unter 0,5 mg/kg TB. Selbst bei den spezifisch verunreinigten Kleingartenböden entsprechen für Benzo(a)pyren mehr als die Hälfte der erfaßten Böden diesen Werten. Erhöhte oder extreme Konzentrationen sind zum jetzigen Kenntnisstand eher Ausnahmen und lassen sich im Einzelfall auf punktuelle Verunreinigungen zurückführen.

Es läßt sich als Diskussionsergebnis festhalten, daß sich die vorgelegten Auswertungsergebnisse als **Referenzwerte** und damit als Orientierungshilfe verstehen. Sie können sowohl für eine nutzungs- als auch eine raumbezogene Beurteilung herangezogen werden. Für eine Beurteilung der Hintergrundbelastung der Böden Nordrhein-Westfalens mit PAK reichen die vorliegenden Untersuchungsergebnisse allerdings noch nicht aus. Besonders groß ist das Wissensdefizit über die Böden im ländlichen Raum unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung. Die Siedlungsböden sind nur über zwei Nutzungen erfaßt, wobei Kleingärten und Spielplätze sicher sensible Nutzungen darstellen. Allerdings lassen sich die ermittelten Referenzwerte nicht auf Flächen mit Böden anderer Nutzungen übertragen. Im Rahmen der anstehenden Ausweisung von Flächen für den Wohnungsbau oder für Gewerbeansiedlungen ist angesichts der neuen Kennzeichnungspflicht von Bodenbelastungen zu überlegen, ob hier nicht weitaus differenziertere Angaben erforderlich sind. So ließe sich der hohe Stellenwert, den der Freiflächenschutz im Land Nordrhein-Westfalen besitzt, durch ein noch stärkeres Flächenrecycling unterstreichen.

Literaturverzeichnis

- ALTLASTENKOMMISSION NRW (1992): Anwendung von Hintergrundwerten für den Boden bei der Beurteilung von Altlastenverdachtsflächen und Altlasten. Stellungnahme der Altlastenkommission Nordrhein-Westfalen vom Oktober 1991.- SPÄTE & WERNER (1991): I - X
- FLIEGNER, M.; REINIRKENS, P. (1993) : Vorliegende PAK-Referenzwerte für PAK in Böden Nordrhein-Westfalens.- Bodenschutzzentrum des Landes NRW: 82 S. & 130 S. Anhang; Oberhausen.
- MINISTER FÜR ARBEIT, GESUNDHEIT UND SOZIALES NRW (1990): Metalle auf Kinderspielplätzen. Rd. Erl. des MAGS, Aktenzeichen VB4 - 0292.5.3 -- Mbl. NW, S. 1252
- SPÄTE, A.; WERNER, W. (1991): Erfassung und Auswertung der Hintergrundgehalte ausgewählter Schadstoffe in Böden Nordrhein-Westfalens.- LWA (Nrsg.): Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten. Bd. 4

**Struktur und Inhalt der Bodenübersichtskarte von
Baden-Württemberg 1:200000**

von

Rilling, K. und F. Waldmann

I. Einleitung

Mit finanzieller Unterstützung des Ministeriums für Umwelt Baden-Württemberg erstellt das Geologische Landesamt Baden-Württemberg im Zeitraum 1990 bis 1993 für das Land die Bodenübersichtskarten im Maßstab 1 : 200 000. Das Kartenblatt CC 7118 Stuttgart-Nord liegt inzwischen als Druck vor.

Die Bodenübersichtskarte gibt die Verbreitung der wichtigsten Bodengesellschaften des Landes wieder. Ergänzt wird die Karte durch einen tabellarischen Erläuterungsband, der den in einer Datenbank niedergelegten Flächendatensatz darstellt.

II. Die Bodenübersichtskarte

Grundlage für die Erstellung der Bodenübersichtskarte ist eine Übersichtskartierung auf Basis der topographischen Karte

1 : 25 000. Ergänzend werden andere Unterlagen (Bodenkarten, Forstliche Standortskarten, Geologische Karten u.a.) ausgewertet. Anschließend erfolgt die Herstellung einer Manuskriptkarte im Maßstab 1 : 25 000 sowie deren Digitalisierung und Verkleinerung auf den Maßstab 1 : 200 000.

Im Kartenbild sind durch Farbe, Ziffern und Grenzlinien Bodengesellschaften ausgewiesen, deren Bodenformeninventar möglichst geringe oder aber typische Varianzen aufweist. Ähnliche Bodenformen einer Landschaft werden zu Bodenformgruppen zusammengefaßt. Die Bodenformgruppen werden zu Kartiereinheiten aggregiert und ihre Flächenanteile in der Tabellarischen Erläuterung angegeben.

Der Kartenlegende liegt eine hierarchische Gliederung der Bodenlandschaften zugrunde. Im Legendentext werden zu jeder

¹⁾Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Albertstr. 5
D-79104 Freiburg i. Br.

Kartiereinheit folgende Angaben gemacht:

- vorherrschende und begleitende Bodentypen
- vorherrschende bodenbildende Substrate
- Relief und Geologie

Beispiel: 3 Schwäbisch-Fränkische Gäulandschaften
(s. Abb. 1) 3.3 Lößlandschaften des Gäus und seiner Randgebiete

38 Pararendzina + Kolluvium + Pelosol-Pararendzina
+ Parabraunerde-Pararendzina + Braunerde-Pelosol

Lehmiger Schluff über Schluff; in Hohlformen
lehmiger Schluff und schluffiger Lehm; auf
kleinflächigen Süd- und Westhängen
mergelgrusführender Ton sowie Ton- und
Tonmergelstein des Gipskeupers

stark reliefiertes Lößhügelland des Kraichgaus

III. Tabellarische Erläuterung

In Abbildung 1 wird die reliefabhängige Verbreitung von Bodenformgruppen innerhalb einzelner Kartiereinheiten veranschaulicht. Dieses Bodenmuster wird in der Tabellarischen Erläuterung beschrieben, indem die einzelnen Reliefformtypen mit Angabe ihrer Flächenanteile und ihrer typischen Bodenformgruppen aufgeführt werden (Abb. 2, Spalten 3-8).

Die Informationen der Tabelle sind ab Spalte 9 zeilenweise zu lesen. Der Grad der Komplexität einer Kartiereinheit wird durch Anzahl und Flächenanteil ihrer bestimmenden Bodenformgruppen ausgedrückt (Abb. 2, Spalten 9-11).

Die Beschreibung der charakteristischen Bodenformen erfolgt in den Spalten 13-17. Wichtige Eigenschaften dieser Bodenformen werden in den Spalten 18-40 angegeben.

Literatur

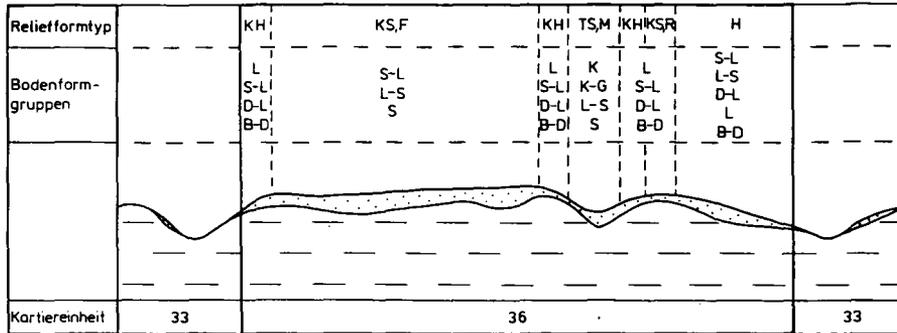
Arbeitsgruppe Bodenkunde der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. -- 3. Aufl., 331 S., 19 Abb., 98 Tab., 1 Beil.; Hannover (BGR).

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1990): Datenschlüssel zum Formblatt II: Beschreibung von Kartiereinheiten der Bodenkarte 1 : 25 000. -- Freiburg i. Br. -- [Mskr.]

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1993): Bodenübersichtskarte Baden-Württemberg 1 : 200 000, Erl. Bl. CC 7118 Stuttgart-Nörd, 57 S., 1 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br.

Abb. 1: Schematische Darstellung des reliefabhängigen Bodenmusters von Kartiereinheiten

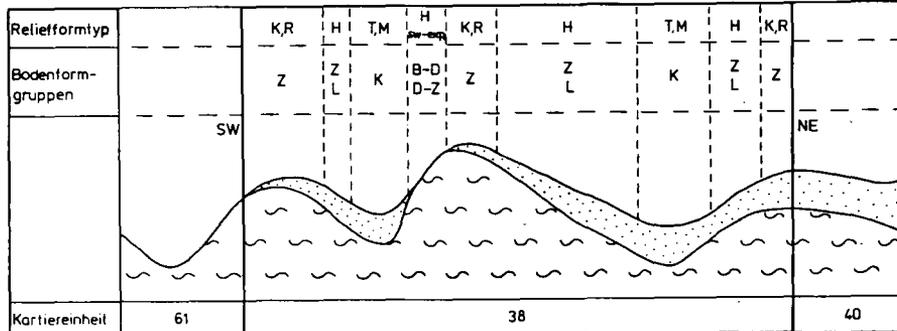
(Auszug aus dem Inhalt der Tabellarischen Erläuterung)



- KS,F = Kulminationsbereich, flächig
- KS,R = Kulminationsbereich, rundlich
- KH = hängiger Kulminationsbereich
- H = Hang
- T,S,M = Tiefenbereich, muldenförmig

Lösslehm, z. T. umgelagert

Tonsteine des Unteren Keupers (Lettenkeuper) mit Dolomit- und Sandsteinbänken, meist von mehrschichtigen Fließerdern überdeckt



- K,R = Kulminationsbereich, rundlich
- H = Hang
- T,M = Tiefenbereich, muldenförmig

Löss

Mergelstein des Gipskeupers, meist von Fließerdern bedeckt

Abb. 2: Ausschnitt aus der Tabellarischen Erläuterung der Bodenübersichtskarte von Baden-Württemberg 1 : 200 000 Blatt CC 7118 Stuttgart-Nord

1 Kennzeichnung der Bodengesellschaften													2 Kennzeichnung charakteristischer Bodenformen												
Zellen-Nr.	Kartiereinheit												Bodenformgruppen												
	Kennzeichnung des Georeliefs und der Toposequenz kartiereinheitbestimmender Bodenformgruppen												Reliefformtypische Bodenformgruppen												
	Kartiereinheit												Kartiereinheit												
	Kartiereinheit												Kartiereinheit												
Haarbereich	Unterraum	Lfd. Nr. der Kartiereinheit		Morphologische Landschaftstyp		Reliefformtypen		Neigungsstufen		Exposition		Flächen- o. Volumenprozent		Lfd. Nr. in der Kartiereinheit		Lfd. Nr. in der Bodenformgruppe		Bodengesellschafts-Einheit	Hauptsubstratlage oberhalb 10 cm Tiefe	Nebensubstrat	Geologische Profiltyp oberhalb 10 cm Tiefe	Geologische Kennzeichnung des Unterstrates oberhalb 10 cm Tiefe			
1a	1b	2	3	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16						17		
354	3	3	38	H	K,R	0-1	/	/	3	Z		1	Z	4	1	Zh	4						/	.Lo	/
365					H	1-2	/	/	3	ZL-ZL				2	Zh	Zh	5-4						/	.Lo	/
366					H	2	/	5-6	1	B-D-D-Z		2	L-Z	1	1	L-Zh	(6-4)	/	.Lo	/					
367					TM	0-1	/	/	2	K				2	L-Zh	Zh	7-4	/	.Lo	/					
368												3	D-Z	1	1	O-Zm	(7-3m)	/	.Ba/mG.z	7(m=kmG)					
369												4	B-D	1	1	B-D.1	(8.10)	/	(L,R).Ba	L7(m=kmG)					
370												5	L	1	1	Ln.1	7.5-4)	/	.Lo	/					
371												6	K	2	1	Ka	5-6	/	.L	/					
372												8	Ka			Ka	6-7-1)	/	.L	/					

3 Wichtige Eigenschaften charakteristischer Bodenformen													Zellen-Nr.										
Gründtiefe (Stufen)	Humusform und -gehalt				Kohlenstoff- und Sorptions Eigenschaften				Kennwerte des Wasser- und Lufthaushalts					Erosion und Vernetzung									
	Humusform				Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)					Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)									
	Humusform				Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)					Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)									
	Humusform				Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)										
Waldhumusform	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
0 - 1,0 dm	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
1,5 - 3 dm	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
3 - 6 dm	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
6 - 10 dm	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
Gesamtwert	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
0 - 3 dm	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
3 - 6 dm	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
6 - 10 dm	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
Nachfeldkapaz. bis 10 cm	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
0 - 3 cm	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
3 - 6 cm	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
6 - 10 cm	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
K-Faktor der A/B-G (Stufen)	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
Verwitterungsgrad des Oberflächener Acker (Stufen)	Humusform			Aufbau von karbonattragender Fällung zwischen 0 und 20 cm Tiefe				Gründporosenvolumen (Luftkapazität) (Stufen)				Beseitigung im gesättigten Zustand (K) (Stufen)											
4	/	2	2	0	0	+	+	+	+	+	2	3	4	3	3	3	5	4	2	2	6	5	354
4	/	2	2	0	0	+	+	+	+	+	2	3	4	3	3	3	5	4	2	2	5	4	365
4	/	2	2	0	0	+	+	+	+	+	3	3	4	3	3	3	5	5,4	2	2	4	3	366
4	/	2	2	0	0	+	+	+	+	+	4	4	3	2,3	3	4	5	4	3,2	2	3	2	367
2a	1	2	1	0	0	+	+	+	+	-	3	3	2,1	1/	/	2	2	5,4	3/	/	2	2	368
4	1	2	1	0	0	/	+	+	+	+	4	5	4,2	2	2	4	4	5,3	2	2	4	3	369
4	/	2,3	2,3	0	0	/	0	+	+	+	4	4	3	2,3	3	3	5	4	3,2	2	3	2	370
4	/	3,2	3,2	1	1	/	+	+	+	+	3	4	4	3	3	3	5	4	3	3	4	4	371
4	/	3,2	3,2	1	0	/	+	+	+	+	3	4	3	3	3,2	3	4	5	3	2,3	4	4	372

Boden-Dauerbeobachtungsflächen des Bayerischen Geologischen Landesamtes - Projektbeschreibung und Überlegungen zur Berücksichtigung der Flächenvariabilität

von

Schilling, B.

KURZFASSUNG

In Bayern wurden ab Mitte der 80er Jahre 237 Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) angelegt. Sie werden von drei Fachbehörden der Bayerischen Staatsministerien für Landesentwicklung und Umweltfragen sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten betreut. Wichtigstes Ziel dieses Projektes ist es, über lange Zeiträume hinweg Bodenveränderungen zu ermitteln. Hier wird dargestellt, wie die 52 vom Bayerischen Geologischen Landesamt betreuten Boden-Dauerbeobachtungsflächen ausgewählt, eingerichtet, erstbeprobt und analysiert wurden. Erkenntnisse auf der Grundlage der **Ergebnisdaten aus der Erstuntersuchung von BDF** über den Vorteil der Flächenbeprobung im Vergleich zur Punktbeprobung, über die Streuungsintensität der Stoffgehalte auf den Flächen und zur Unterstützung der Festlegung der Beprobungsintervalle werden aufgezeigt und erläutert.

ZIELSETZUNG (vgl. SAG, 1991)

1. Ersterfassung des Bodenzustandes (Merkmale und Eigenschaften der Böden, Belastungszustand).
2. Langfristige Ermittlung von Bodenveränderungen durch periodische Untersuchungen.
3. Schaffung einer Basis für die Einrichtung von Versuchsflächen zur Entwicklung von Auswertungsmodellen.
4. Einrichtung von Flächen, die als Vergleichs- und Eichstandorte verwendet werden können.

STANDORTAUSWAHL

Die Standortauswahl berücksichtigte folgende Kriterien (s.a. StMLU & StMELF, 1990):

1. Flächenhaft vorherrschende Landschaften (um die wichtigsten Landschaften Bayerns zu erfassen).
2. Landschaftstypische, weitgehend homogene Bodenformen (um Variabilitäten der verschiedenen bodenbildenden Stoffe möglichst gering zu halten).
3. Geogene Besonderheiten, anthropogene Belastungen, Naturnähe (um eine Vielfalt von Böden mit unterschiedlichem Stoffgehalt zu erfassen).
4. Möglichst keine Geländeneigungen (um Schadstoffverlagerungen durch Erosion zu vermeiden).
5. Waldflächen vorzugsweise als Altbestand (um gestörte Oberböden zu vermeiden).
6. Freilandflächen mit einheitlicher Nutzung.
7. Falls möglich, Einbindung in bestehende oder geplante Meßnetze (zur besseren Auswertung unter Mithilfe von Vergleichsdaten).

PROBENAUFBEREITUNG

Pro Horizont wurden 1,5-3 kg Bodensubstanz eingebracht. Davon wurde:

- ein Teil der Probenmenge in die Bodenprobenbank des Bayerischen Geologischen Landesamtes für eventuelle Vergleichsuntersuchungen bei veränderten oder neuen Meßmethoden eingelagert,

+ Bayerisches Geologisches Landesamt, Heßstr. 128, 80797 München

- ein Teil für die analytischen Untersuchungen verwendet.

EINRICHTUNG

(s. StMLU & StMELF, 1990) (vgl. DAHLHÄUSER & SCHUBERT, 1989 u. MÜLLER, 1992)
Die für die Einrichtung einer Boden-Dauerbeobachtungsfläche geeigneten Areale wurden von einem markanten Bezugspunkt aus (Wegkreuzung, Trigonometrischer Punkt u.s.w.) eingemessen. Die Gesamtfläche beträgt normalerweise 50*50 m. Die Lage der Fläche ist in einer Zeichnung festgehalten. Falls es die Geländesituation erforderte, wurden auch Flächen in rechteckiger Form angelegt. Zusätzlich wurden an 2 Eckpunkten Metallstangen unterhalb der Erdoberfläche installiert, um eine Ortung der Fläche mit Hilfe von Metalldetektoren zu ermöglichen. Innerhalb der Gesamtfläche wurde eine Kernfläche von 30*30 m bestimmt. Jede Boden-Dauerbeobachtungsfläche wurde vor der Probenahme anhand von 9 Bohrungen (bis 1,5 m Tiefe) auf ihre Homogenität überprüft.

PROBENAHEME (s. StMLU & StMELF, 1990)

Bei der Beprobung von BDF kamen zwei Arten der Beprobung zur Anwendung:

- die punktuelle (Profilgrube)
- die flächenhafte (Mischproben - entlang der zwei Diagonalen in der Kernfläche genommen)

Die punktuelle Beprobung dient der pedo- und geogenetischen Charakterisierung des Standorts (Probenahme bis ins Ausgangsgestein).

Die flächenhafte Beprobung ermöglicht die Berücksichtigung der Flächenvariabilität (verursacht durch Stammabfluß, Abtropfen aus dem Kronenbereich, Substratunterschiede u.s.w.). Nur unter Berücksichtigung der Flächenvariabilität ist eine gute Vergleichbarkeit von Untersuchungsergebnissen der Erstuntersuchungen mit Untersuchungsergebnissen aus Wiederholungsuntersuchungen erreichbar (Beprobung bis 30 cm Tiefe).

ANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN

Das Meßprogramm umfaßt folgende Parameter:

Bodenchemie:

- pH-Wert (CaCl₂)
- Gesamtkohlenstoff, Gesamtstickstoff und Gesamtcarbonat
- austauschbare Kationen (K, Na, Mg, Ca, Mn, Fe, Al, H, Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, Ni)
- Gesamtgehalte (Li, Be, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Mo, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Tl, Pb, Bi, Th, U, Na, Mg, Al, K, Fe)
- Oxalatlösliche Anteile (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Zn)
- Dithionitlösliche Anteile (Fe, Mn, Al)

Bodenphysik:

- Korngrößenverteilung am luftgetrockneten Feinboden
- an Stechzylinderproben (nur bei Mineralbodenhorizonten > 5 cm): Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität, Feldkapazität, Gesamtporenvolumen, Trockenraumdichte

Radionuklide:

- Cs-134, Cs-137, Ru-106, Ag-110, K-40

Organische Spurenstoffe:

- Chlorpestizide (HCB, HCH, DDD, DDT, DDE, Dieldrin, Aldrin, Endrin)
- polychlorierte Biphenyle (PCB 20, - 28, - 101, - 138, - 153, - 180)
- Phosphatsäureester - Insektizide (Bromophosmethyl, - ethyl, Parathionmethyl, - ethyl)
- Stickstoffherbizide (Atrazin, Simazin, Propazin)
- Chlorphenole (Tri-, Tetra-, Pentachlorphenol, Tetrachlorguajakol)

Außerdem erfolgten an 12 speziell ausgewählten Flächen vegetationskundliche Aufnahmen.

DOKUMENTATION

- Der Stand der Arbeiten und die Ergebnisse aus der Erstuntersuchung der BDF sind in einem Ergebnisbericht an das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (SCHILLING, 1992) festgehalten,
- die Daten der Erstuntersuchung befinden sich außerdem auf Datenträger (ADABAS-Datenbank).

STATISTISCHE BERECHNUNGEN

Wegen der Variabilität der Bodeneigenschaften in der Fläche wurden statistische Berechnungen durchgeführt.

Dabei soll folgendes aufgezeigt werden:

- den Vorteil der Flächenbeprobung gegenüber der Profilbeprobung,
- die Streuung der Stoffgehalte auf den Flächen,
- sinnvolle Beprobungsintervalle.

Vergleich: Mischbeprobung - Profilbeprobung

Die nachfolgende Berechnung der durchschnittlichen Abweichung der ermittelten Meßwerte einer Fläche von ihrem arithmetischen Mittelwert soll dokumentieren, um wieviel exakter eine Fläche durch Mischbeprobung gegenüber Punktbeprobung charakterisiert werden kann.

Verwendete Formel zur Berechnung der durchschnittlichen Abweichung (CLAUS & EBNER, 1985):

$$e(\%) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^k f_i |x_i - \bar{x}| \right) * 100$$

x_i = Wert; \bar{x} = Mittelwert; n, k = Anzahl; f_i = Häufigkeit des i-ten Wertes

Beispiel: Kohlenstoffgehalte von Misch-(ms) und und Profilproben (ps) (Horizontbezeichnungen s. AG BODENKUNDE, 1982).

	Gehalte		Abweichung (vom Mittelwert)			Gehalte		Abweichung (vom Mittelwert)	
	absolut	relativ	absolut	relativ		absolut	relativ		
1. org. Aufl. (ms):	42,9%	0,6%	1,4%		1. Ah.Horizont (ms):	2,5%	0,0%	0,0%	
2. org. Aufl. (ms):	42,7%	0,4%	0,9%		2. Ah-Horizont (ms):	2,6%	0,1%	4,0%	
3. org. Aufl. (ms):	41,6%	0,7%	1,7%		3. Ah-Horizont (ms)	2,5%	0,0%	0,0%	
org. Aufl. (ps):	39,9%	2,4%	5,7%		Ah-Horizont (ps):	2,2%	0,3%	12,0%	
Mittelwert	42,3%				Mittelwert	2,5%			
-> durchschnittliche Abweichung (ps)(relativ) = 8,85% (n=2)									
durchschnittliche Abweichung (ms)(relativ) = 1,33% (n=6)									

Ergebnisse:

Die durchschnittlichen Abweichungen von den jeweils für die einzelnen Flächen errechneten arithmetischen Mittelwerten sind bei den Daten, **die aus Profilproben bestimmt wurden, um das 1 bis 4-fache höher als bei denen, die aus Mischproben bestimmt wurden.** Dies bedeutet, daß bei ausschließlicher Profilbeprobung Veränderungen von Bodenkenwerten erst nach entsprechend längerer Zeit nachgewiesen werden können als bei Mischbeprobung.

Streuung der Stoffgehalte auf den Boden-Dauerbeobachtungsflächen

Die Darstellung der Streuung der Meßwerte auf den Flächen soll aufzeigen, wie groß die Meßwertunterschiede bei Wiederholungsuntersuchungen sein müssen, damit sie als tatsächliche Veränderungen interpretiert werden können (vgl. HENNINGS, 1991).

Da die Ergebniswerte ungünstig zu vergleichen sind, wurde die **"Prozentuale Standardabweichung"** vom jeweiligen arithmetischen Mittel der Meßwerte eines Horizontes (z.B. für Kohlenstoff) gebildet, um eine bessere Vergleichbarkeit zu erreichen.

Beispiel: Kohlenstoffgehalte einer BDF (je drei Mischproben/Horiz.)

1. org. Aufl.: 42,9%

2. org. Aufl.: 42,7%

3. org. Aufl.: 41,6%

Mittelwert: 42,4%

absolute Standardabw.: 0,57%

=> Proz. Standardabw. (relative): 1,35%

1. Ah-Horizont: 2,5%

2. Ah-Horizont: 2,6%

3. Ah-Horizont: 2,5%

Mittelwert: 2,53%

Absolute Standardabw.: 0,04%

Proz. Standardabw. (relative): 1,86%

Ergebnisse:

Die Streuung der Bodenkennwerte auf den BDF ist sehr unterschiedlich. Dies hat bei den einzelnen BDF meist verschiedene Ursachen. Dennoch sind einige Tendenzen abzulesen (2 Bsp.):

- Die Humusgehalte streuen in den organischen Auflagen (L,Of,Oh) weitaus geringer als in den humosen Oberböden (Ah).

- Die als typisch anthropogen eingetragen geltenden Elemente streuen stärker als die geogenen.

Grundsätzlich gilt:

Je geringer die Streuung der Bodenparameter auf der Fläche ist, desto geringere Veränderungen im Boden sind signifikant nachweisbar.

Überlegungen zu den Beprobungsintervallen

Das dazu angewandte Berechnungsverfahren (SCHILLING, 1992) basiert auf dem t-Test für abhängige Stichproben (SACHS, 1984:234)(berechnet für Cr und Pb, da relativ immobil):

Ergebnisse:

Die Anwendung der Formeln auf die Ergebnisdaten aus den Erstuntersuchungen ergab folgendes:

- Bei einer an industriefernen Standorten typischen Belastung, ist mit meßbaren Veränderungen in organischen Auflagen in 1-20 Jahren zu rechnen, im Mineralboden sind dazu mehrere Jahrzehnte bis Jahrhunderte nötig.

- Bei höherer Belastung (z.B. in der Nähe von Emittenten) verkürzt sich der Zeitraum, bis Veränderungen gemessen werden können, entsprechend.

LITERATUR:

AG BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Aufl.: 331 S.; Hannover.

StMLU & StMELF (1990) (BAYERISCHE STAATSMINISTERIEN FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN UND FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN): Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern - Standortauswahl, Einrichtung, Probenahme, Analytik. - Herausgeber: Bayerische Staatsministerien für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF), 44 S.; München.

CLAUSS, G. & EBNER, H. (1985): Statistik für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner, 5. Aufl., 530 S.; (Verlag Harri Deutsch) Thun und Frankfurt

DALHÄUSER, H. & SCHUBERT, A. (1989): Waldboden-Dauerbeobachtungsflächen. - Allgemeine Forstzeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge, 40-41: 1069-1072; (BLV-Verlag) München.

HENNINGS, V. (1991): Die Bedeutung der räumlichen Variabilität bodenkundlicher Basisdaten für aktuelle und zukünftige Kartiertechniken, dargestellt an einem Beispielgebiet im nördlichen Harzvorland. - Geol. Jahrbuch 28F: 143 S.; (Schweizerbart-Verlag) Hannover.

MÜLLER, CH. (1992): Das Bayerische Beobachtungsprogramm - Zielsetzung, Konzeption und Durchführung - Bereich Landwirtschaft. - VDI-Tagesbericht Umweltmeßtechnik vom 26.2.-28.2.92, 187-204; Leipzig

SACHS, L. (1984): Angewandte Statistik. - 6. Aufl.: 552 S.; (Springer-Verlag) Heidelberg.

SCHILLING, B. (1992): Boden-Dauerbeobachtungsflächen - Ergebnisse der Erstuntersuchungen. - Abschlußbericht des F+E-Vorhabens für das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen - unveröffentl., 181 S.; Bayerisches Geologisches Landesamt München.

SAG (SONDERARBEITSGRUPPE INFORMATIONSGRUNDLAGEN BODENSCHUTZ DER UMWELT-MINISTERKONFERENZ) 1991: Konzeption zur Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. - Bericht der Unterarbeitsgruppe "Boden-Dauerbeobachtungsflächen", Herausgeber: StMLU u. SAG, 56 S.; München.

Grundwassergefährdung durch potentiell kontaminierte Standorte

von

Schneider, J.

Das Poster 'Grundwassergefährdung durch potentiell kontaminierte Standorte' zeigt exemplarisch Daten und Methoden, die im Fachinformationssystem Bodenkunde des Niedersächsischen Bodeninformationssystem implementiert sind und für den kommunalen Verwaltungsvollzug genutzt werden können.

Am Beispiel einer (verkleinerten) Deutschen Grundkarte im Maßstab 1:5000 sind potentiell kontaminierte Standorte im Stadtgebiet von Hannover dargestellt. Diese Datenbasis wurde durch umfangreiche Recherchen des NLFb für das gesamte Gebiet der Stadt Hannover aufgebaut.

Neben der Recherche, der Lokalisierung und der digitalen Aufbereitung dieser Informationen sind Daten zur Kennzeichnung eines potentiellen Stoffspektrums und Methoden zur Bewertung dieser Informationen im Niedersächsischen Bodeninformationssystem -Fachinformationssystem Bodenkunde- vorhanden.

Die Ansätze der branchentypischen Inventarisierung von Schadstoffen (KINNER et al 1986) bzw. die Bewertung der Filtereigenschaften von Böden hinsichtlich des Verhaltens von Chemikalien (DVWK 1990) sind im Poster dargestellt und für eine erste Bewertung hinsichtlich potentieller Umweltgefährdungen zusammengeführt.

Um mit der dargestellten Vorgehensweise Erstbewertungen durchführen zu können, bedarf es weiterhin Standortinformationen, die in Hannover im Rahmen einer Stadtbodenkartierung erhoben wurden. Ergebnisse der bodenkundlichen Geländearbeit sind im Fachinformationssystem Bodenkunde des Niedersächsischen Bodeninformations-

systems ebenso enthalten wie im kommunalen Umweltinformationssystem der Stadt Hannover, in das die Ergebnisse überführt wurden. Hier liegen Informationen zu Bodentypen, Bodenhorizonten, Bodenarten, Humusgehalten, Grundwasserständen etc. vor. Anhand der Bodentypenkarte eines Standortes sind Auszüge dieser Informationen auf dem Poster dargestellt.

Die exemplarische Erstbewertung eines potentiell kontaminierten Standortes dessen Boden zum einen durch eine anthropogene Überformung verändert wurde und auf dem zum anderen durch eine gewerbliche Nutzung mit Benzoleinträgen in den Boden zu rechnen ist, zeigt bei Anwendung der beschriebenen Methode, daß von dem Standort ein hohes Gefährdungspotential hinsichtlich einer Umweltgefährdung des Grundwassers ausgeht.

Literatur:

DVWK (1990); Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen, Teil II: Abschätzen des Verhaltens organischer Chemikalien in Böden, DVWK-Merkblatt (Gelbdruck)

KINNER, H., KÖTTER, C. & NICLAUSS, M. (1986): Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen - ein erster Schritt zur Gefährdungsabschätzung für ehemalige Betriebsgelände, UBA-Texte 31/86, Berlin

+) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung,
30655 Hannover, Stilleweg 2

**Die Bodenübersichtskarte 1:500000 des Landes
Sachsen-Anhalt - Ein Beitrag zur Darstellung
kleinmaßstäbiger Bodenkarten**

von

Schröder, H. und W. Kainz

Das Land Sachsen-Anhalt weist - geologisch und pedogenetisch bedingt - eine große Vielfalt der Böden auf.

Aufgrund dieser Bodenausstattung sowie der klimatischen Verhältnisse wird es überwiegend (3/4 der Fläche) landwirtschaftlich genutzt. Außerdem kommen bedeutende Waldgebiete (Letzlinger Heide, Dübener Heide, Harz) vor. In der Zeit von 1950 bis 1989 wurden die Böden nutzungsbezogen untersucht und in standortkundlichen Kartenwerken dargestellt.

Die "Übersichtskarte der Böden von Sachsen-Anhalt 1 : 500.000" ist eine erste zusammenfassende Darstellung der landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzten Böden des Landes.

Die Karte soll als orientierende Planungsgrundlage für verschiedene Zwecke und Zweige der Bodennutzung im Landesmaßstab dienen.

Sie wurde von der Abteilung Bodenkunde und Bodenschutz des Geologischen Landesamtes Sachsen-Anhalt kurzfristig unter Verwendung der aufgeführten Quellen erarbeitet.

- Arbeitsreinkarte der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung im Maßstab 1:25.000.-
Unveröffentlichte Autorenexemplare der Bearbeiter M.Altermann, C.Knauf, J.Mautschke und H.Schröder.
- Karten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung im Maßstab 1:100.000.-
Herausgeber: FZB Müncheberg, Bereich Bodenkunde/Fernerkundung Eberswalde, Gesamtleitung:
R.Schmidt, abgeschlossen 1980.
- Karte der Quartären Bildungen der Deutschen Demokratischen Republik im Maßstab 1:500.000.-
Herausgeber: Zentrales Geologisches Institut Berlin, Wissenschaftliche Leitung und Redaktion:
A.G.Cepek, 1973.
- Unveröffentlichte Kartenunterlagen der Forstlichen Standortserkundung im Maßstab 1:10.000.- Leitung:
D.Kopp und W.Schwanecke.

Die Vielfalt der Bodengesellschaften wird primär durch das Relief, die lithologische Ausbildung des Substrats sowie durch die Hydromorphie der Böden bestimmt.

Die Ausformung des Reliefs und die Ablagerung der oberflächennahen Sedimente erfolgten in letzter Prägung während des Quartärs.

Die Sedimente des Untergrundes wurden hauptsächlich während der Saalekaltzeit (Schmelzwasserbildungen und Geschiebemergel) und der frühen Abschnitte der Weichselkaltzeit (Fließerden und Solifluktionsschutte) gebildet.

Während des Hochglazials der Weichselvereisung kam es im Periglazialgebiet zur Bildung von äolischen Deckschichten unterschiedlicher lithofazieller Ausbildung (Löß, Lößderivate (Skelettlöß), Sandlöß, "Geschiebedecksand"), die stratigraphisch äquivalent sind.

Die oberflächennahen, bodenbestimmenden Sedimente kommen in unterschiedlichen geologisch-geomorphologischen Zusammenhängen vor und lassen sich grob in folgende Verbreitungsgebiete gliedern:

1. Geschiebedecksandbereich mit Unterlagerung durch (bevorzugt saalekaltzeitliche) Schmelzwassersande und Geschiebelehme(-mergel), "Nordöstliches Tiefland" von Sachsen-Anhalt
2. Sandlößgürtel - dem Lößgebiet vorgelagert - mit Unterlagerung durch (saalekaltzeitliche) Schmelzwassersande und Geschiebelehme(-mergel), (weichselzeitliche) Talsande, (saalezeitliche) Schotterterrassen sowie (weichselkaltzeitliche) Fließerden und Solifluktionsschutte, seltener unmittelbar über Festgestein
3. Lößverbreitungsgebiet mit folgender Untergliederung:
 - Lößbörden mit bevorzugter Unterlagerung durch (saalekaltzeitliche) Schmelzwassersande und Geschiebemergel sowie (weichselkaltzeitliche) Fließerden unterschiedlicher Herkunft
 - Lößhügelländer mit Unterlagerung durch Geschiebemergel, Schmelzwassersande sowie Fließerden und Solifluktionsschutte, bevorzugt aus dem Verwitterungsmaterial mesozoischer Gesteine, mesozoische Festgesteine oft in Oberflächennähe anstehend
 - Löß- und lößderivatbedeckter Harz mit Unterlagerung durch die Vielfalt der paläozoischen Gesteine und deren Solifluktionsschutte
4. Talsandgebiete und Niedermoore
5. Flußauen

Die lithofazielle Ausbildung und Mächtigkeit der Decke und die Art der sie unterlagernden Lockersedimente bzw. Festgesteine stellen das bodenbildende Filtergerüst dar. Sie sind im Hinblick auf die Bodenogenese spezifische Zonen der Durchfeuchtung, Verwitterung, Stoffumbildung und -verlagerung. Dadurch sind, bei sonst gleichen Voraussetzungen, die Bahnen, Grenzen und Tendenzen der Bodenbildung vorgezeichnet. Substrat, Relief und Hydromorphie bestimmen die Art der Bodenvergesellschaftung.

Die folgenden Bodengruppen sind auf der vorgestellten Karte bestimmend:

1. Braunpodsole bzw. Rosterden sowie Braunerden aus Sand
2. Braunfahlerden und Braunstaugleye aus Geschiebelehm
3. Fahlerden aus Sandlöß über "Bändersand"
4. Braunschwarzerden aus Decksandlöß bis Sandlöß
5. Löß-Schwarzerden und deren Erosionsformen (Rendzinen)
6. Löß-Parabraunerden bis -Fahlerden, lokal bzw. regional Löß-Braunstaugleye und Rendzinen
7. Im Harz: Parabraunerden bis Fahlerden aus Löß bis Berglöß (Skelettlöß) einerseits und Braunerden bis Braunpodsole aus Berglöß andererseits. Regional sind Braunstaugleye von Bedeutung. Podsole kommen auf nährstoffarmen Gesteinen wie Graniten, Quarziten und Kieselschiefern vor. Im Brockenbereich liegt ein starker Bodenwechsel vor, der im anhydromorphen Bereich vom Rohboden bis zum Braunpodsol und im hydromorphen Bereich vom Staugley bis zum Hochmoor schwankt.
8. Sand-Gleye bis Humusgleye (Talsand)
9. Auenlehmsand-, Auenlehm- und Auenton-Vegas bis -Vegagleye, lokal Auengleye unterschiedlicher Humusakkumulation
10. Anmoorgleye bis Niedermoore
11. Anthropogene Böden, vorwiegend Kipp-Kiessande, Kipp-(Kalk)lehme und Kippkalkschluffe

Auf einer Bodenkarte im Maßstab 1 : 500.000 können naturgemäß nur Böden in stark zusammengefaßter Form, d.h. in ihrer groben Vergesellschaftung, dargestellt werden. Die Karte läßt aber trotzdem die allgemeinen, dominierenden Tendenzen der Substratausstattung und Bodenentwicklung in ihrer gesetzmäßigen Verknüpfung erkennen.

Die Benennung der Kartierungseinheiten erfolgte durch die Verknüpfung des Substrates (der Substratschichtung) mit der bodentypologischen Bezeichnung. Das Substrat wurde aus dem dominierenden Sediment der Decke, unabhängig von ihrer Mächtigkeit, und dem unterlagernden Material gebildet. Nah verwandte oder in Wechsellage vorkommende ähnliche Böden wurden in der bodentypologischen Bezeichnung in Gruppen zusammengefaßt.

Die Legende enthält neben dem Symbol die verbale Kurzbezeichnung der Kartierungseinheit. Das verwandte Symbol entspricht den Grundsätzen der bisher in den neuen Ländern üblichen Bezeichnungsweise und gliedert sich in das Substratsymbol (in Kleinschreibweise) und das Bodentypsymbol (in Großschreibweise). Die verbale Beschreibung folgt diesen Grundsätzen analog.

Auf der Rückseite der Karte ist eine Kurzbeschreibung der Böden und ihrer wichtigsten Eigenschaften in Tabellenform abgebildet. Sie beinhaltet Hinweise auf Gesteinsabhängigkeit, Deckschichtenausbildung, Substratwechsel und Wasserhaushalt der Böden. Ertragspotential, Austauschkapazität, Filtervermögen, Puffervermögen, Durchlässigkeit, potentielle Kontaminationsgefährdung (bei Schadstoffeintrag), Erosions-

gefährdung, Trockengefährdung sowie Verdichtungs- und Verschlammungsneigung der Böden wurden in 5 Stufen bewertet. Abschließend wurden "Erfordernisse und Hinweise zum Bodenschutz" angegeben.

Bei der Herstellung von Bodenkarten größerer Maßstäbe erfolgt die Kennzeichnung der Kartierungseinheiten in vergleichbarer Form. Diese Herangehensweise macht die Bodenkarten besser verständlich und erlaubt eine fachlich begründete Extrapolation bodenkundlicher Ergebnisse.

Genese und Standorteigenschaften von Böden auf Alluvionen Nordalgeriens

von

Schweikle, V.

Im Maghreb findet man in Niederungen überwiegend feinkörnige, 3 bis 10 m mächtige Auelehme über Kies in die sich die Flüsse eingeschnitten haben und die z. Zt. erodiert werden. Nierste-Klausmann (1990) stellt diese Sedimente in Anlehnung an Sari und Cheylan (l.c. Nierste-Klausmann) ins Spätwürm bis Frühest-Holozän, obwohl archäologische Funde anlässlich von Bodenkartierungen in der Chlef-Ebene diese Sedimente als post-punisch ausweisen. (Boulaine, 1957).

Bodenkartierungen an der Mina (nördl. Breite $35^{\circ} 30'$ östl. Länge $0^{\circ} 35'$) im Oranais und am Mellagou (nördl. Br. $35^{\circ} 20'$ östl. L. $6^{\circ} 45'$) im Aures mit Analysen der Bodeneigenschaften (Assam, 1987; Chader et al., 1992; Schweikle, 1992), Sondierungen der fluviagenen Sedimentkörper (Coyne et Bellier, 1971), Bestimmung von Fossilresten (Muscheln im Schotterkörper durch Schmidt, 1992, Holz im Sedimentkörper durch Goppleströder, 1992, und ^{14}C -Analysen von Holzkohlen, Inst. für Umweltphy-sik, Univ. Heidelberg, 1992) wurden durchgeführt.

Die fluviagenen Sedimente sind:

- im Tiefland (an der Mina um 220 m ü. See) mit großem Einzugsgebiet 5 bis 10 m mächtig, ohne Schotterlagen mit Solonetz-Lockersyrosem-Bodenschaft auf dem Sediment und begrabenen Auenramblen. Die Auf-landung begann um 1000 BC und endete um 1800 AD.
- im Hochland (im Aures und Oranais um 1200 m bzw. 800 m ü. S.) mit kleinem Einzugsgebiet 0 bis 3 m mächtig, mit Schotterlagen, mit Lockersyrosem-Bodenschaft auf dem Sediment und begrabener Gley-(Kalk-) Anmoor-[Schwarzerde?]-Bodenschaft. Die Auflandung begann um 150 AD und endete um 1100 AD (errechnet aus durchschnittlichen Sedimentationsraten von 325 a/m).

Böden in erosionsferner Lage sind dem Relief und dem Gestein adäquat entwickelt mit i. d. R. humusreichen Ah-Horizonten und hohem Alter. (siehe Tabelle und Abbildung).

Im Landesinneren gab es um 800 BC (Gründung Karthagos) größere Siedlungen. Im Tiefland bestand die Bodenschaft der Auen aus Ramblen bis Lockersyrosemen auf Schottern und die Strömung der Flüsse war so hoch, daß keine feinkörnigen Sedimente (< 1 mm) abgelagert wurden. Im Hochland bestand die Bodenschaft der Auen aus Gleyen bis Anmooren (Schwarzerde?) auf grobkörnigem bis feinkörnigem Material. Ab 1000 BC setzt im Tiefland infolge zunehmender Trockenheit Sedimentation von Auenlehm ein, die um 150 AD das Hochland erreicht, dort um 1100 AD und im Tiefland um 1850 AD endet. Die der Sedimentation parallele Erosion der Hänge war linear, ausweislich der dominierenden alten Böden mit Ausnahme von durch Diapiren beeinflussten Flächen. Seit ca. 1850 (im Zeitraum 1800 bis 1900 AD) werden die Auelehme infolge zunehmender Durchfeuchtung ausgeräumt. Im Tiefland stärker als im Hochland.

Assam, T (1987). Contribution à la cartographie des sols de montagne du bassin versant de la Mina. Thèse d'ingénieur agronome à l'INA el Harrach, Alger.

Boulaine, J. (1957) Etude des sols des plaines de Chlef. Ministère d'Algerie, service des études scientifiques, pédologie, étude regionale no 7.

Chader, A. et al. (1992) bassin-versant de l'oued mina: cartographie des sols de la "zone des marnes" par teledetection. Rapport à GTZ, Straßburg.

Nierste-Klausmann, G. (1990) Gestein, Relief, Böden und Bodenerosion am Mittelauf des Oued Mina (Oran-Alas, Algerien) Frankfurter geowiss. Arb., Serie D. Bd. 11. Frankfurt.

Schweikle, V. (1991): Bodenkundliche Kartierung und Nutzungseignung der Böden in den Gemeinden Chelia, Bouhmama und M'Sara (Wilaya Khenchela). Bericht an die GTZ zum Projekt Khenchela Nr. 84.2174.5-01.200, Arbeitsvertrag Nr. 1-3001-600.833.01, GTZ, Dag Hammarskjöld-Weg 1, 6236 Eschborn.

Schweikle, V. 1992) Bodenkundliche Kartierung und Nutzungseignung der Böden in einem Teileinzugsgebiet des Qued Mina (Oranais, N-W-Algerien). Bericht an die GTZ zum Projekt Mina Nr. 87.2095.5-01.100 Arbeitsvertrag Nr. 1-3001-601.031.50. GTZ, Dag-Hammarskjöldweg 1, 6236 Eschborn.

Diese Untersuchung wurde i. R. der algerisch-deutschen Zusammenarbeit durchgeführt GTZ-Projekte, Khenchela 84.2174.5 und Oued Mina 87.2095.5

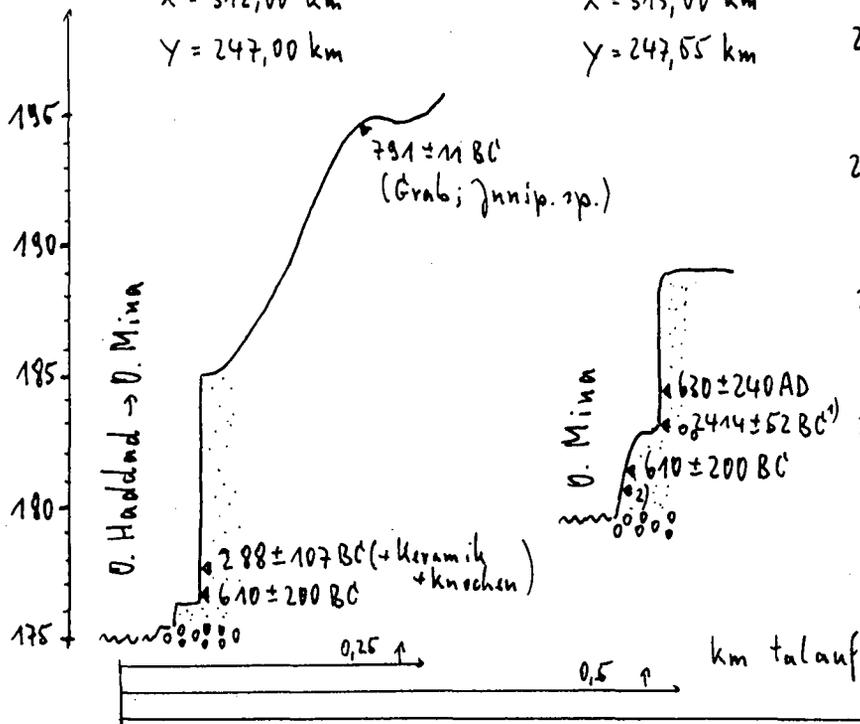
Tk 50 Uzès le Duc no. 185

X = 312,00 km

Y = 247,00 km

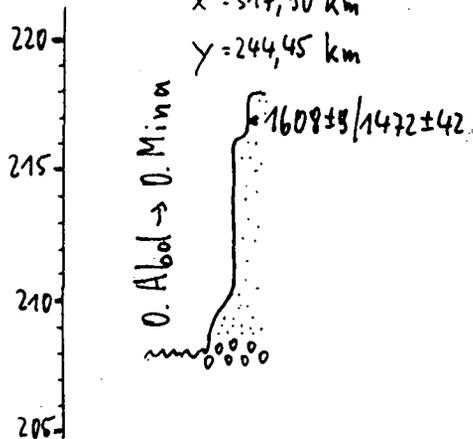
X = 313,00 km

Y = 247,55 km



X = 317,90 km

Y = 244,45 km



Ø Sedimentations rate
0,31 m / 100 a

- 1) Cerat. siliq.; Kiesel
- 2) Unio (mangus?)

Meter über See

Ort Tk 50	Nr.	X km	Y km	Z ²⁾ m. ü. See ³⁾	Material	Alter
Takhemaret	245	322,50	201,50	710	Kalk-Anmoor unter 1 m Auelehm	6870 ± 190 BC
Chelia	231	856,80	230,50	1850	Holzkohle 90 cm unter Flur, Hangschutt	180 ± 3 BC
"	"	857,00	227,25	1550	Holzkohle 40 cm unter Flur, Hangschutt	1740 ± 25 AD
"	"	852,55	222,15	1380	Ah von Anmoor/Schwarzerde unter Auelehm	1640 ± 42 BC
"	"	871,75	221,90	1110	Holzkohle 1,5 m u. Flur im Auelehm	616 ± 70 AD
"	"	"	"	"	Holzkohle 3 m u. Flur Grenze Auelehm/Kies	136 ± 100 AD
Dj. Toubount	262	860,50	218,50	1440	Rinde von Pin. hal., 3 m u. Flur, Kolluvium	931 ± 45 AD

- 1) algerische Nummerierung
- 2) Lambert-Koordinaten
- 3) Meter über See

Die bodenkundliche Systematik der Moore im internationalen Vergleich

von

Schwerdtfeger, G.

1. Einleitung

In der Bodenkunde gibt es eine über hundertjährige Entwicklung der Bodensystematik. Dabei hat jedes größere Land eine eigene Klassifikation entwickelt. Ein weltweites System wurde ab 1970 von der FAO vorgeschlagen. Seitdem sind die nationalen Systeme nicht abgeschafft, sondern wurden weiter ausgebaut (DBG, 1985).

In allen Systemen werden die Moore in einer selbstständigen, höchsten Kategorie zusammengefaßt.

Moore gehören zu den Feuchtgebieten, im Englischen als wetlands bezeichnet. Unter diesem Begriff werden mehr unterschiedliche Standorte zusammengefaßt als in der Ordnung der Histosols der angelsächsischen Bodenklassifikation. Der daraus abgeleitete Begriff histic (DUDAL, 1990) erfaßt die bestimmenden Eigenschaften dieser höchsten Kategorie der Bodensystematik und deckt sich weitgehend mit der Abteilung D Moore der deutschen Bodenklassifikation (Mittlg. d. DBG, 44, 1985).

Der von DUDAL 1990 in Kyoto vorgetragene Begriff International Reference Base (IRB) wird nach einer Mitteilung von RUELLAN (1993) durch den Begriff World Reference Base for Soil Resources (WRB) ergänzt. WRB will kein neues internationales System der Bodenklassifizierung sein, sondern eine Basis für eine Korrelation zwischen den nationalen Systemen.

2. Mooransprache

Daher ist eine 1992 gebildete Arbeitsgruppe der IPS (Int. Peat Society) zur Moorsystematik "Histic Soils" benannt worden. Es ist wünschenswert, daß der Arbeitskreis A Bodensystematik der DBG in absehbarer Zeit auch die Abteilung der Moore in seine Beratungen einbezieht. Dabei ist eine Berücksichtigung der von der DBG-Systematik erheblich abweichenden Systematik der früheren DDR ein besonderes Problem.

Alle Böden werden nach ihrer Horizontfolge angesprochen. In der deutschen Bodensystematik müssen Moore mindestens 30 cm Torfhorizonte aufweisen; Torfe sollen über 30% organische Substanz haben. Horizonte mit 15-30% organischer Substanz werden als anmoorig angesprochen. Diese Grenzwerte sind bisher international unterschiedlich (OKRUZKO, 1990 und 1992). Ein weiterer Grenzwert ist das Mindestareal für ein Moor. Diese Mindestfläche schwankt international von 1000 m² in Tasmanien (WINHAM u.a., 1989) über 625 m² in der Schweiz (BUNDESAMT, 1990) bis zu Kleinstmooren in verlandeten Flußarmen unter 100 m² in Deutschland (TUXEN, 1993, mdl. Mitteilung).

3. Vegetationskundliche Ansprache

Für Naturschutzzwecke werden Moore heute weltweit überwiegend vegetationskundlich kartiert. Dabei wird die Horizontfolge oft stark vernachlässigt. Dieser Entwicklung kann von bodenkundlicher Seite nur entgegengewirkt werden, wenn bei jeder Moorkartierung auch die rezente Vegetation der Mooroberfläche vollständig erfaßt wird. Diese einzelnen Pflanzenbestandsaufnahmen können über Vegetationstabellen pflanzensoziologisch ausgewertet werden. Den Moortypen sollten Pflanzengesellschaften auf Verbandsbasis (Endung -ion) zugeordnet werden (OBERDORFER, 1990).

Damit wird auch die vegetationskundliche Ansprache aller in einem Moorprofil zu unterscheidenden Horizonte erleichtert. Die Zahl der Arten oder auch nur Gattungen, die in Mitteleuropa an Hand vegetativer Reste sicher angesprochen werden können, ist nicht groß; bei den Farn- und Blütenpflanzen mögen dies rund zwei Dutzend sein (GROSSE-BRAUCKMANN und STREITZ, 1992). Größer ist die Zahl der Moose, die in Torfen angetroffen und bestimmt werden können; hier sind rund fünf Dutzend Arten bzw. Sippen (darunter etwa ein Dutzend Torfmoose) zu erwarten. Am größten ist, mit weit über 100, vermutlich gegen 200 identifizierbaren Arten, die Vielfalt der insgesamt in Torfen und Mud- den vertretenen Früchte und Samen.

Aus Pflanzenfunden in Torfen hat man schon früh den Wechsel der Vegetationstypen der Nacheiszeit rekonstruieren können. Einen großen Fortschritt brachte in dieser Forschungsrichtung die Sporen- und Pollenanalyse (AVERDIECK, 1990).

4. Horizonte, Symbole und Ansprache

Die Horizontfolge jedes Moores muß für eine bodensystematische Ansprache bis in den mineralischen Untergrund erfaßt werden. Nur dann können die Schichttypen (KUNTZE u.a., 1994) bestimmt werden. In vielen Ländern wird nur eine 1,5m mächtige Schicht als Boden angesprochen. Für die Moorsprache reicht dies keineswegs aus, da der mineralische Untergrund oft wesentlich tiefer liegt.

Ein erster, besonders wichtiger Schritt zur internationalen Vereinheitlichung der Bodenansprache ist die Festlegung der Horizontsymbole. Für die deutsche Bodensystematik erfolgt dies durch die DBG in Zusammenarbeit mit der AG Bodenkunde der geologischen Landesämter. Leider besteht bei der IBG noch kein entsprechendes Gremium.

Bisher sind nur die drei Hauptsymbole A, B und C international einheitlich. Die Anzahl der Horizontsymbole ist durch die Kombination von Groß- und Kleinbuchstaben in der deutschen Bodenklassifikation recht groß geworden. Die Anzahl der Symbole sollte auch deswegen beschränkt werden, damit diese auch von Nichtspezialisten verstanden werden. Eine weltweite Vereinheitlichung ist ein zunächst kaum erreichbares Fernziel. Sie kann nur für einzelne Bodenabteilungen angestrebt werden. Die Moore sollten hierbei eine Vorreiterrolle übernehmen.

H ist in der deutschen Klassifikation das Symbol für alle Torfhorizonte. Im englischen Sprachraum wird hierfür O angewandt. In den Horizontsymbolen soll die Zersetzung der Torfe nicht gekennzeichnet werden (ROESCHMANN et al., 1993).

5. Torfinhaltsstoffe

Die Ansprache der Torfhorizonte am Profil muß durch Analysenwerte ergänzt werden. Diese sind in der Soil Taxonomy der USA von ausschlaggebender Bedeutung (MAL.TETREER,1992).In der Arbeitsgruppe "Histic Soils" des IPS sind die Analysemethoden mit dem Ziel zu vergleichen,in der Moorsystematik mit unterschiedlichen Methoden zu gleichen Aussagen zu kommen.

Für die Klassifizierung der Moore ist die Festlegung von Grenzwerten bei der Horizontansprache ein besonders wichtiger Schritt.Eine beispielhafte Arbeit ist vom Zentrum für Torfforschung in Umea zum IPS-Kongreß 1992 in Uppsala vorgelegt worden.Aus 20, schwedischen Mooren konnten 35 Torfe unterschieden werden. Die botanische Zusammensetzung und der Zersetzungsgrad sind die hauptsächlichsten Merkmale zur Bestimmung der Torfeigenschaften.

Gleichfalls bestimmte man verschiedene chemische und physikalische Eigenschaften der Torfe, wie Verteilung der Teilchen nach Größe,Aschegehalt mit Elementarzusammensetzung unter besonderer Berücksichtigung der Metalle,Energiekennndaten,pH-Wert,Zusammensetzung von Einfachzuckern und Aminosäuren.Der größte Unterschied wurde zwischen Sphagnum- und Riedgrastorfen festgestellt (BOHLIN,E. u.M.HÄMÄLÄINEN,1988).

In der Arbeit von ROESCHMANN et al. (1993) ist die Bestimmung der Zersetzungsstufen und des Zersetzungsgrades von Torfen in einer umfangreichen Tabelle dargestellt.Die Torfansprache im Gelände erfolgt nach der Quetschmethode von v.Post in einer zehnteiligen Skala. Dieser Zersetzungsgrad wird auch als Humositätsgrad bezeichnet.Davon ist das Kurzzeichen H 1 - H 10 abgeleitet.

6. Nutzung von Mooren

Eine Nutzung kann ohne Veränderung der Standortverhältnisse z.B. für den Umwelt- und Naturschutz erfolgen.Dies ist heute weltweit sehr schwierig, da viele Standortfaktoren global instabil sind.Auch die Erhaltung naturnaher Moore ist daher nur mit mehr oder weniger großen Eingriffen möglich.

Die sehr unterschiedlichen wirtschaftlichen Nutzungen führen stets zu Umstellungen in der Bodenentwicklung.Für die Moorsystematik ist eine Abgrenzung der naturnahen Moore von anthropogen veränderten Mooren erforderlich.In der deutschen Bodensystematik ist dies bisher durch die Abtrennung einer Klasse b "Kultivierte Moore" in der Abteilung der Moore erfolgt.

7. Zusammenfassung

Moore werden nach der WRB (Welt. Bezugsbasis-RUELLAN 1993) in der Kategorie der "Histic Soils" erfaßt.Dabei sollten gleiche Horizontsymbole benutzt werden.

Um eine Korrelation zwischen den nationalen Systemen zu ermöglichen, müssen die Ansprache der Bodenprofile und der Vegetation im Gelände und die Analysemethoden im Laboratorium vergleichbar sein. Mit unterschiedlichen Verfahren zu gleichwertigen Ergebnissen zu kommen, bleibt ein Fernziel.

8. Literatur

- ALBANO, C., K. BERGNER, A. ALBANO, E. BOHLIN (1992). Vad innehåller Torv ? A compilation of botanical, physical and chemical data of peat. Umeå Universitet.
- AVERDIECK, F.-R. (1990): Der Entwicklungsgang im zeitlichen Ablauf. in GÖTTLICH, KH.: Moor- und Torfkunde, Seite 123 u.139. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlg., Stuttgart
- BOHLIN, E. u. HÄMÄLÄINEN (1988): Multivariate Evaluation of the Significance of Quantitative Botanical Analysis in Peat Characterization. Proceedings from the VIII Int. Peat Congress. Leningrad, Section IV, 241-246.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT UND LANDSCHAFT (1990): Inventar der Flachmoore von von nationaler Bedeutung. BUWAL, Bern.
- DRIESSEN, P. u. H. OKRUSZKO (1992): Histosols, Proposals of Histosols classification elaborated for Int. Reference Base.
- DUDAL, R. (1990): An international reference base for soil classification (IRB). Transactions of the 14th Int. Congress of Soil Science Volume V, 38 -42, Kyoto.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. u. B. STREITZ (1992): Pflanzliche Makrofossilien mitteleuropäischer Torfe III. Telma, 22, 53-102.
- JARMAN, S. J., G. KANTVILAS u. M. J. BROWN (1988): Buttongras Moorland in Tasmania. Tasmanian Forest Research Council, Hobart.
- KUNTZE, H., G. ROESCHMANN u. G. SCHWERTFEGER (1994): Bodenkunde, 5. Auflg. UTB 1106, Verlag E. Ulmer, Stuttgart. (im Druck).
- MALTERER, T. J., E. S. VERRY u. J. ERJAVEC (1992): Peat Classification in relation to several methods used to determine fiber content and degree of decomposition. Proceedings of the 9th Int. Peat Congress, Uppsala. Vol 1, 310-318.
- NORDDDEUTSCHE NARURSCHUTZAKADEMIE (1991): Das Niedersächsische Moorschutzprogramm-Eine Bilanz. Mittlg. a.d. NNA, 2, Heft 1.
- OBERDORFER, E., (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora, 6. Auflage. Verlag E. Ulmer, Stuttgart.
- OKRUSZKO, H., (1990): Wetlands of the Berbza Valley, their value and future mangement. Polish Academy of Sciences, Warszawa,
- ROESCHMANN, G., G. GROSSE-BRAUCKMANN, H. KUNTZE, J. BLANKENBURG u. J. TÜXEN (1993): Vorschläge zur Erweiterung der Bodensystematik der Moore. Geol. Jb. (F), Heft 29, Hannover.
- RUELLAN, A. (1993): WRB, the World Reference Base for Soil Resources, is completing its work, for presentation to the ISSS Congress in Acapulco. Mitteilungsblatt der IBG, 1/1993, No. 82/83, 47.
- SCHWAAR, J. u. G. SCHWERTFEGER (1992): Peathorizons and their use to typify mire profiles. Proceedings of the 9th Int. Peat Congress, Uppsala. Vol 1, 40-45.
- SCHWERTFEGER, G. (1979): Differences in the Classification between the transition forms of Peats and Bogs. Proceedings of the Int. Symposium on Classification of Peat and Peatlands. Hyytiälä, Finland, 217-220.
- SCHWERTFEGER, G. (1988): Classification of Organic Soils. Proceedings VIII. Int. Peat Congress, Leningrad, Section III, 159-163.
- SCHWERTFEGER, G. (1990): Jüngste Entwicklungen in der Klassifikation von Moorböden in Mitteleuropa. Transactions 14th Int. Congress of Soil Science, Kyoto. Vol. V, 406-407.
- SCHWERTFEGER, G. (1991): Internationale Übereinkunft für die Klassifikation von Böden. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 66/II, 851- 854.
- WINHAM, J., S. EBERHARD, J. KIRKPATRIK u. T. MOSCAL (1989): Ecology and Conservation of Tasmanian Sphagnum Peatlands. Tasmanian Conservation Trust, Hobart.

Geostatistik und Bodenkartierung - Ist eine Synthese möglich?

von

Sinowski, W. und K. Auerswald

Das Problem

Bodeneigenschaften können i. d. R. nur punktförmig erfaßt werden. Aussagen über die Fläche entstehen erst durch eine fachliche Weiterverarbeitung der Punktdaten.

Die **Bodenkartierung** nutzt dazu das Tacit-Wissen des Kartierers über die Beziehung der Böden zur Landschaft und ihrer Vorgeschichte. Dieses Vorgehen ist nicht in allen Schritten quantitativ beschreibbar. Es bleibt daher ein nicht quantifizierbarer Schätzfehler für die Bodenkarte.

Die **Geostatistik** arbeitet mit der Hypothese, daß zwei Meßpunkte um so ähnlicher sind, je näher sie sich sind (räumliche Autokorrelation). Die räumliche Ähnlichkeit läßt sich in Form von Variogrammen beschreiben, die die Grundlage für eine objektive und in allen Schritten nachvollziehbare Flächeninterpolation mit Angabe des mittleren Schätzfehlers sind. Außer der räumlichen Autokorrelation bleiben jedoch kausal begründbare räumliche Verteilungsmuster unberücksichtigt.

Gelänge es, die Stärken beider Vorgehensweisen, nämlich die Nutzung des Zusammenhangs zwischen Boden und den bodenbildenden Faktoren seitens der Bodenkartierung bzw. die Minimierung und Quantifizierung des mittleren Schätzfehler seitens der Geostatistik, zu vereinen, sollte dies die Flächenaussagen verbessern.

Datengrundlage

Im Rahmen des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München (FAM) wurden auf einer 143 ha großen agrarisch genutzten Fläche die Bodeneigenschaften im 50 · 50-m-Raster erfaßt (504 Rasterpunkte). Die Fläche liegt im Tertiär-Hügelland. Die Ausgangsgesteine der Bodenbildung sind Sedimente der Oberen Süßwassermolasse (OSM), Löß (Lö) und Lößlehm (LOL).

Für dieses Untersuchungsgebiet liegt sowohl eine Standortkundliche Bodenkarte von Bayern (Wittmann & Hofmann (1980); Wittmann & Rückert (1980)), als auch ein für geostatistische Auswertungen geeignetes Datenmaterial vor.

Als Fallbeispiele wurden die P_{CAL} -Gehalte im Oberboden mit einer Variationsbreite von 4 bis 428 mg/kg sowie die nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFK_{We} ; 37 bis 246 mm) gewählt.

Beispiel P_{CAL} im Oberboden

Ein Zusammenhang zwischen den im 50•50-m-Raster gemessenen P_{CAL} -Werte im Oberboden und den in Wittmann & Hofmann (1981) für Ackerböden angegebenden Werte für die einzelnen Bodenformen war nicht zu erkennen. Die P_{CAL} -Gehalte im Oberboden variieren in agrarisch genutzten Landschaften im wesentlichen aufgrund der unter-

*) Lehrstuhl für Bodenkunde, TU München-Weihenstephan, 85350 Freising

schiedlichen Bewirtschaftungsgeschichte und -intensität, und weniger mit den Bodenformen, da durch die Bewirtschaftungsmaßnahmen der P-Stofffluß entscheidend beeinflußt wird. Dies wird durch eine Varianzanalyse über die Bewirtschaftungseinheiten im Untersuchungsgebiet als Faktorstufen bestätigt. Sie erklärt 51% der P_{CAL} -Variation.

Die Ursache der räumlichen Variabilität 'Bewirtschaftungsgeschichte' wurde daher in Form der Schlagmittelwerte der P_{CAL} -Gehalte berücksichtigt. Ein mit der nicht weiter erklärbarer Reststreuung gerechnetes Variogramm blieb Grundlage für die Differenzierung innerhalb einzelner Bewirtschaftungseinheiten durch geostatistische Flächeninterpolation.

Beispiel nFK_{We}

Die räumliche Differenzierung der nFK_{We} wird in dieser Landschaft stark über den Verlagerungsprozess 'Erosion' durch den Faktor Relief beeinflußt. In den Oberhang- und Kuppenbereichen werden Sedimente der oberen Süßwassermolasse mit einer relativ niedrigen nFK_{We} freigelegt, in den Unterhang- und Senkenbereichen sammelt sich schluffreicherer Material mit relativ hoher nFK_{We} , was zu einer anisotropen räumlichen Verteilung der nFK_{We} in Talrichtung führt. Mit Hilfe der Einzugsgebietsgröße eines Punktes als metrisch skalierten, geomorphologischen Parameter läßt sich dieser Zusammenhang in einem Semivariogramm in Form einer Prozeßanisotropie quantifizieren. Dies führt zu einer besser an die Landschaftselemente angepaßten Flächeninterpolation als mit einem konventionellen oder richtungsanisotropen Semivariogramm-Modell.

Schlußfolgerungen

- Die nFK_{We} und die P_{CAL} -Karte zeigen deutlich verschiedene Strukturen, da sich die Ursachen ihrer räumlichen Verteilung unterscheiden.
- Mit dem Verfahren einer prozeßorientierten Geostatistik lassen sich Karten von Bodeneigenschaften erzeugen, die im Gegensatz zu den bisher verwendeten Methoden (konventionelle Bodenkartierung, konventionelle Geostatistik) folgende Vorzüge in sich vereinen.
 - Einbeziehen bodenkundlichen Wissens
 - Reproduzierbarkeit durch definierte, nachvollziehbare Kriterien
 - statistische Absicherung und Kenntnis des mittleren Schätzfehlers
- Quantifizierende Aussagen über die Bedeutung des jeweiligen Prozesses für die Differenzierung einer Bodeneigenschaft innerhalb eines Landschaftsausschnittes werden möglich.

Literatur

- Wittmann O., Hofmann B. (1981): Erläuterungen zur Standortkundlichen Bodenkarte (1:25000) Hallertau, unter Mitarbeit von Rückert G., Schmidt F., Hrsg. Bayr. Geolog. Landesamt, München.
- Wittmann O., Hofmann B. (1980): Standortkundliche Bodenkarte von Bayern (1.25000) TK 7534 Petershausen. Hrsg. Bayr. Geolog. Landesamt, München.
- Wittmann O., Rückert G. (1980): Standortkundliche Bodenkarte von Bayern (1.25000) TK 7434 Hohenwart. Hrsg. Bayr. Geolog. Landesamt, München.

Danksagung: Die Forschungsaktivitäten des "Forschungsverbundes Agrarökosysteme München" (FAM) werden durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT 0339370) unterstützt. Die Pacht- und Betriebskosten des FAM-Versuchsgutes Scheyern trägt das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus, Wissenschaft und Kunst.

**Geographisches Informationssystem zur Erstellung
eines Bodennutzungsplans für das Departamento de
Santa Cruz/Bolivien**

von

Speetzen, F. und B. Schemschat

Im Rahmen des von der Kreditanstalt für Wiederaufbau getragenen und auf 5 Jahre terminierten "Proyecto de Recursos Naturales", der Ressourcenschutzkomponente des Weltbank-Projektes zur Förderung des Soja-Anbaus im bolivianischen Tiefland "Tierras Bajas", bestand die Aufgabe für die Erstellung, Bearbeitung und Fortführung eines ökologisch orientierten Bodennutzungsplans in der Ressourcenschutzabteilung von Santa Cruz ein geographisches Informationssystem zu installieren, sowie die örtlichen Mitarbeiter der Abteilung in die Arbeitsschritte mit dem "SIGCRUZ" (Sistema de Información geográfica para el Departamento de Santa Cruz) auszubilden: u.a. Digitalisieren von Karten, Verwaltung der regionalen Daten, Erstellung von Karten und Legenden, Vektor --> Rasterkonvertierung und umgekehrt, komplexe Verknüpfungen von Daten im Rasterformat, Satellitendaten-Auswertungsroutinen. Letzteres für das, neben dem Boden-Monitoring zur Erfassung der Entwicklung von Bodendegradationen im Gelände, ebenfalls vom bfb* zu bearbeitende Projektziel Wald-Monitoring zur Erfassung der Rodungsentwicklung im Zeitablauf auf der Grundlage von Landsat-TM Satellitendaten der Zeithorizonte 1988/89 und '91 (abgearbeitet) sowie '93 und '95.

Mit einem Finanzvolumen für Hard- und Software, das etwa 1,5% des Volumens des Gesamtprojektes entspricht, wurde ein dezentrales PC-System mit folgender Ausstattung geliefert:

Geräte:

- 4 IBM-AT kompatible 386 Rechner (100-350 MB)
- 3 Digitalisierische (Formate: 2 x A0, 1 x A3)
- 1 Plotter (bis Format A0)
- 2 Drucker

* bfb, büro für bodenbewertung, Wischhofstr. 1-3, 24148 Kiel, 0431/724144

Programme:

- PIA Kartographiesystem (vektororientiert)
- db_G Regionale Datenbank mit Bildverarbeitung (rasterorientiert)
- Diverse Hilfsprogramme

Die beiden Hauptprogramme bilden ein hybrides System (Vektor <--> Raster). Sie sind mit spanischer Benutzeroberfläche ausgestattet - eine unbedingte Voraussetzung für eine erfolgreiche Schulung des bolivianischen Personals.

Ausgebildet wurden 4 GIS-Bearbeiter und 4-6 wissenschaftlich-technische Sachbearbeiter der Ressourcenschutzabteilung durch 2 Mitarbeiter des bfb in jeweils ca. vierwöchigen intensiven Ausbildungsphasen, insgesamt ca. 8 Monate in der 1. Projektphase (abgeschlossen) und 9 Monate in der z.Z. laufenden Phase 2.

Für die innerhalb des Projektes durchzuführenden Arbeiten gewann das GIS schon im ersten Jahr eine zentrale Bedeutung. Innerhalb kurzer Ausbildungszeit wurde erreicht, daß das bolivianische GIS-Team in der Lage war, die Flächendaten zur Erstellung des Bodennutzungsplans zu digitalisieren, miteinander zu verknüpfen und die geforderten Kartenwerke zu produzieren.

Als entscheidend für die hohe Akzeptanz des GIS und die überdurchschnittliche Motivation der GIS-Mitarbeiter muß die Benutzerfreundlichkeit des Systems (spanische Benutzeroberfläche, menügesteuert, integrierte Hilfssysteme, bekanntes Betriebssystem u.a.) genannt werden.

Kritisch zu beurteilen ist die noch unbefriedigende Einbindung der bolivianischen wiss.-techn. Sachbearbeiter, deren GIS-Mitarbeit letztlich über die dauerhafte Installation des Systems entscheidet. Ihre verstärkte Einbindung in die GIS-Arbeiten ist daher u.a. Schwerpunkt der laufenden 2. Projektphase.

In dem Schaubild der folgenden Seite werden die Aufgaben und die Programme des Geographischen Informationssystems zusammenfassend charakterisiert und auf der übernächsten Seite ist die Methodik für die Erstellung des Bodennutzungsplans schematisch dargestellt, sie basiert prinzipiell auf den von KNEIB in diesem Band veröffentlichten anwendungsorientierten kommunalen Bodenschutzkonzepten.

DIE AUFGABE :

Im Rahmen der Ressourcenschutzkomponente eines Weltbankprojektes für das Departamento Santa Cruz (mit einer Ausdehnung von ca. 370 000 q km , zum Vergleich: etwa die Fläche der BRD) besteht die

Aufgabe der Erstellung eines ökologisch orientierten Bodennutzungsplanes und dessen Bearbeitung und Fortführung im Rahmen eines geographischen Informationssystemes.

DIE ANFORDERUNGEN AN DIE GIS-WERKZEUGE:



DAS KONZEPT DER PROGRAMME:

- PC-orientiert
- Programmiersprache C

- Menü- und Fenstertechnik
- Integrierte Hilffsysteme

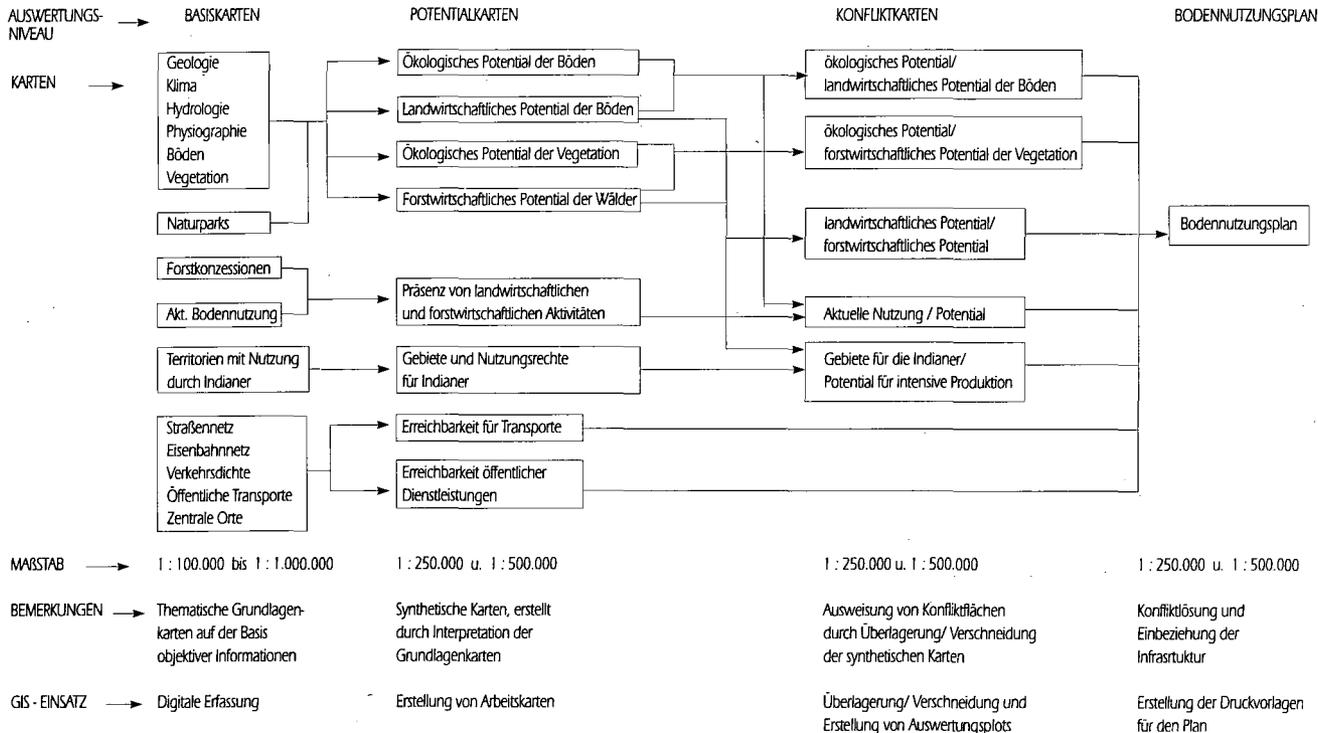
- Benutzeroberfläche in der Landessprache

DIE PROGRAMME:

- PIA Kartographiesystem (Forstware)
vektororientiert (Punkt-, Linien- u. Flächenaufleger)
- * Eingabe, Korrektur und Ergänzung
- * Überlagerung, Verschneidung, Verknüpfung, sowie Flächen- und Längenberechnung
- * Höhenmodell
- * Kartenerstellung aus Beliebigen Auflegern
 - Generator für Symbole, Linien und Schraffuren
 - Automatische und freie Erstellung von Legenden
- * Ausgabe über Monitor, Drucker, Stift- und Rasterplotter in beliebigen Maßstäben
- * Vektor - Raster Konvertierung
- * diverse Schnittstellen (z.B. zu ArcInfo)

- db_G Regionale Datenbank (Uhle)
raster - / pixelorientiert
- * Input-Daten sind z.B. gerasterte PIA - Auflegerdateien oder Satellitendaten
- * Thematische / arithmetische Verknüpfung und Verschneidung, Definition von Korridoren und Pufferzonen, Generalisierung
- * Satellitendatenbearbeitung mit Klassifikationsroutinen unter Einbeziehung verschiedener Kanal - Kombinationen
- * Statistische Analyse: Häufigkeiten, Verteilung, Flächenberechnung
- * Bildverarbeitungsgraphik mit Matrox- Graphikkarte
 - Zoom- Funktion, Fensterdefinition, LUT- Modifikation
- * Raster - Vektor Konvertierung
- * Ausgabe von Karten über das System PIA

METHODIK FÜR DIE ERSTELLUNG DES BODENNUTZUNGSPLANES FÜR DAS DEPARTAMENTO SANTA CRUZ / BOLIVIEN



Zur mikromorphologischen Unterscheidung allochthoner und autochthoner Prozesse in den Lößderivaten und fossilen Böden von Rheindahlen-Niederrhein

von

Stephan, S.

1. DAS PROFIL RHEINDAHLEN

In Rheindahlen (s. Abb. 1) liegen auf der Jüngeren Hauptterrasse (älteste Elsterzeit, KLOSTERMANN 1988) > 9 m Lößderivate mit eingeschalteten Böden, die bereits von PAAS (1961) mikroskopisch untersucht und wegen ihrer paläolithischen Fundschichten immer wieder studiert wurden (z.B. THIEME, BRUNNACKER & JUVIGNE 1981, ZÖLLER, STREMMER & WAGNER 1988, FRECHEN, BRÜCKNER & RADTKE 1991). Stratigraphie und Genese der Schichten und Böden dieser kalkfreien, meist verlagerten Substrate sind strittig (PAAS 1992: 64-69, KLOSTERMANN 1992: 160, SCHIRMER & FELDMANN 1992: 76-85). Zur Klärung soll unter anderem, wie bereits von PAAS (1961), die Mikromorphologie herangezogen werden, die auf die im Folgenden beschriebene Weise mit den Prozessen der Bodenbildung verknüpft ist.

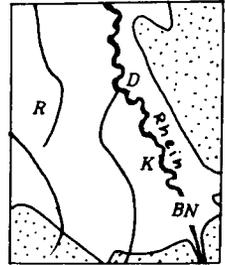


Abb. 1:
Lage von Rheindahlen (R),
Mittelgebirge

2. MIKROSKOPISCHE MERKMALE DER PEDOGENESE IM NIEDERRHEINISCHEN LÖSS

- a) Schichtung kennzeichnet Fließlöß und verlagerte Lößderivate.
- b) Humus kennzeichnet ein Material oder die Beteiligung eines Materials, das hinreichend lange Oberboden unter einer humusbildenden Vegetation war.
- c) Aufbaufüge, Wurm- und Wurzelröhren zeigen ehemalige Oberböden an, Flecken humosen Materials kennzeichnen AC-Horizonte.
- d) Die Kalkformen dokumentieren Kalkdynamik: gleichmäßig verteilte, feine Körnchen Aufkalkung aus übersättigter Lösung, Kalkkonzentration je nach Form Auscheidung in der Bodenmatrix oder die Tätigkeit von Würmern und Wurzeln. Kalkröhren und lappige Flecken zeigen autochthone Bildung an.
- e) Homogene Färbung durch Eisenoxide, Tonsäume an Biotitkörnern und glimmerbürtige Tondomänen sind Zeichen der Silicatverwitterung. Ton um Glimmerkerne schließt weitstreckige Verlagerung nach seiner Bildung aus.
- f) Tonbeläge in Röhren und (seltener) auf Klufflächen sind durch Tonverlagerung entstanden. Zerbrochene, eingearbeitete Tonbeläge sind verlagert. In entsprechendem Milieu sind sie remobilisiert oder remobilisierbar.
- g) Eisen- und Manganoxid-Anreicherung in Flecken oder Konkretionen, bei fortgeschrittener Ausprägung auch Bleichflecken, sind Zeichen von Redoxprozessen durch Wassersättigung. Lappige Konzentrate schließen Verlagerung aus, starke Dominanz scharf gerundeter Konkretionen weist auf Verlagerung mit Sortierung hin. Fe- und Mn-Akkumulationen entstehen schnell (in Tagen), halten sich aber bis zu erneuter Reduktion, also ggf. über Jahrmillionen.
- h) Kompression, Lamellierung und Plattengefüge zeigen Störungen von der Oberfläche her: Vertritt, Belastung, Schlupf der Räder (besonders bei nassem Boden), glaziale und periglaziale Prozesse. Sie führen oft zur Hydromorphie (g).
- i) Ton-Schluff-Trennung im Untergrund ist durch Periglazialprozesse entstanden (starke Tondispersion und -ausschlammung durch ionenarmes Schmelzwasser).

3. TONBELÄGE, IHRE DEUTUNG UND MISSDEUTUNG

Die Ansprache von Bt-Horizonten ist vom Nachweis der Fließton-Beläge abhängig. Der makroskopische Nachweis ist unsicher: Tonbeläge in Röhren werden oft übersehen und solche auf Klufflächen können durch Glättung vorgetäuscht sein

Tab.2: Aus den mikromorphologischen Merkmalen abgeleitete Prozesse

h Humusbildung, b Bioturbation, v Silicatverwitterung, t Tonverlagerung, r Reaktivierung umgelagerter Fragmente von Tonbelägen, w Pseudo-vergleyung, u Schluff-Abtrennung, k starke Verdichtung; Buchstabe doppelt: sehr starke Ausprägung, in Klammern: schwache Ausprägung

cm	Stratum	ererb	ungeklärt	in situ
100	Bt			
200	Lößlehm	v (t)	(w)	(u) t
280	Westwand-Fundschrift	v (t)	w	uu (t)
295	Westwand-Fundschrift	v (t)	(w)	uu (b)
325	1. fBt	v tt	(w)	u k (t)
425	Fleckenlehm	v (t)	(w)	u r t
480	Fleckenlehm	v (t)	w	r (t)
510	fAlSw	v t	w	(b) r (t)
525	2. fBt	v tt		(b) r (t)
580	Oberer Staublehm		h v ww	t
625	3. fBt	v t	w	t
670	Unterer Staublehm	v (t)	h	k (b) (t)

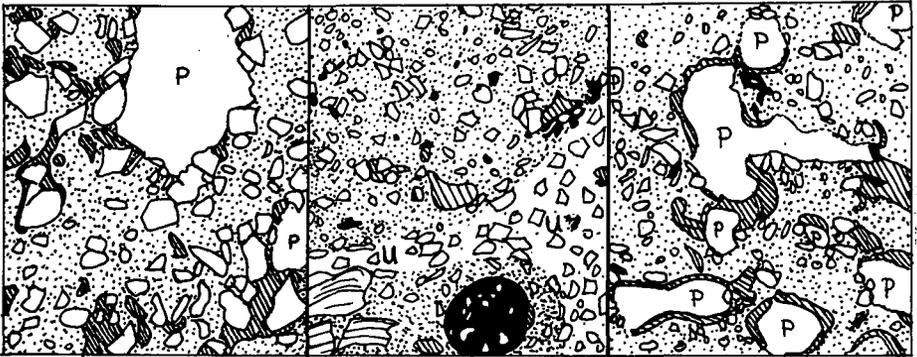


Abb.2: Beispiele zur Mikromorphologie (Maßstäbe 0,1 mm)

links: Lößlehm, doppelbrechender Ton (Domänen, Fließton) schraffiert, P = biogene Poren; Mitte: Fundschrift, Fragmente von Tonbelägen schraffiert, U = Schluff-Fleck, Fe-Mn-Konkretion schwarz; rechts: Humuszone im Oberen Staublehm, P biogene Poren, Fließton-Beläge schraffiert

5. FOLGERUNGEN

Die Befunde bringen keine stratigraphischen Entscheidungen; geben aber Hinweise auf Genese und Klima (Tab.3), vor allem zusammen mit den palynologischen Befunden, die BRIGITTE URBAN aus diesem pollenarmen Material erhalten hat, und für die herzlich gedankt sei. Diese Daten werden andernorts mitgeteilt.

Tab.3: Zur Genese der Strata

Befund	Genese
LÖSLEHM carbonatfrei, mäßig verwittert, kaum verlagert, vor allem in Unterer Humuszone viele Tonbeläge	erfordert kein Interglazial (Prozesse konnten durchgreifen)

oder aus unsortiertem Oberflächenmaterial bestehen. So ist der mikroskopische Nachweis an repräsentativen Proben (von Leitprofilen) erforderlich.

In äolischem Löß erfordert die Bildung von Bt-Horizonten Jahrtausende; denn Tonverlagerung setzt Entkalkung voraus, Ton muß bereitgestellt werden, Ton-domänen müssen durch Ablösung mehrwertiger Kationen destabilisiert werden (pH zwischen 6,5 und 4,5 oder Sättigung mit Alkali-Ionen bei pH > 8,5), und der Boden muß, soweit man weiß, Wald tragen (schwächere Bioturbation, Humuszufuhr vorwiegend von oben durch Falllaub; vielleicht auch Waldbrände mit schneller Anlieferung großer Pottasche-Mengen).

Im Schwemmlöß fehlt oft der Kalk; die anderen, autochthonen oder allochthonen Lößderivate sind in situ oder auf primärer Lagerstätte entkalkt und verwittert. Waren auf primärer Lagerstätte schon Bt-Horizonte gebildet, finden sich Trümmer von Tonbelägen. Solche Substrate können schneller zu Parabraunerden werden; doch auch hier vergehen bis zur Bildung eines Bt-Horizontes meist Jahrtausende. Die in Lehmen nötige Wanderung des Fließtons in der Bodenmatrix zu den Leitbahnen (Röhren, Spalten) ist anscheinend ein sehr langsamer Prozeß.

Bt-Horizonte in Böden aus autochthonem Löß bilden sich wohl nur in Interglazialen, d.h., in so langen Warmzeiten, daß mesophile Laubwälder eingewandert sind (palynologischer Nachweis!). Bei den Lößderivaten muß man jedoch die Vorgeschichte mit berücksichtigen.

4. MIKROMORPHOLOGIE UND PEDOGENESE IM PROFIL RHEINDAHLN

Als Beispiel wird die Mikromorphologie von Proben aus der Ziegeleigrube Dreesen (TK 25 Bl.4804 Mönchengladbach, R 25620, H 67390, Westwand, 1979) untersucht (Tab.1). Die genetische Deutung der Befunde wird der Zeit vor oder nach der letzten Verlagerung zugeordnet (Tab.2). Abb.2 illustriert wichtige Merkmale.

Tab.1: Ausprägung der Merkmale (von 0 = fehlend bis 4 = sehr stark)

cm	200	280	295	325	425	480	510	525	580	625	670
Mesogefüge											
biogene Aggregate	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0
Röhren	3	2	0	0	2	2	0	0	3	3	2
Segregate	0	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0
Plattengefüge	2	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Schluff-Flecken	2	4	4	3	3	1	0	0	0	0	0
Lamination	0	2	2	2	0	0	2	1	1	2	3
Kompression	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	3
Humus, org. Reste	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0
Feinsubstanz											
Menge	3	3	2	3	2	3	4	4	3	4	3
Tondomänen	2	1	1	3	3	1	3	3	3	3	2
Tonbeläge											
in Röhren	3	2	1	2	3	2	2	2	3	3	2
umgelagert, stark reaktiviert = r	2	2	2	4 r	2 r	2 r	3 r	4	1	3	2
Fe-Mn-Akkumulation	2	3	2	2	2	3	3	1	4	3	1

<u>WESTWAND-FUNDSCICHT</u> (wichtige Artefakt-Funde) mäßig verwittert, umgelagert: viel A-, wenig Bt-Material, schwache Schluffseparation <u>1. fBt "ERKELENZER BODEN"</u> intensiv verwittert, Tonbeläge meist umgelagert und erneut gestört: Substrat Fleckenlehm <u>FLECKENLEHM</u> Schluffseparation, > 20% Ton, viel verlagertes Bt-Material, stark remobilisiert, leichte neue Tonverlagerung <u>2. fBt "RHEINDAHLENER BODEN"</u> biologisch beeinflusst, T 19% bei 500 cm, 29% bei 530 cm, Tonbe- läge stark gestört, teils reaktiviert <u>OBERER STAUBLEHM</u> kalkfrei, Bodensediment ohne Bt-Material, Probe aus einer hydromorphen Humuszone mit mäßiger Toneinlagerung <u>3. fBt "WEGBERGER BODEN"</u> stark verwittert, umgelagerte Tonbeläge, in jungen Röhren ungestörte Tonbeläge, hydromorph <u>UNTERER STAUBLEHM</u> T abnehmend, fS zunehmend, Tonbeläge gering Probe Humuszone: P u. C org maximal, komprim. Aggreg., Go-Merkmale <i>kursiv</i> = Palynol.Hinweise von URBAN (unveröff. Mskr.)	Al-Material des 1.fossilen Bodens und verlagertes Lößlehm <i>Flora dominant interglazial</i> Bt-Bildung → Kaltphase → Bt-Bildg. → schwache Störung (vgl. BRUNNACKER 1966); <i>Flora interglazial</i> Ob.Staublehm + 2.fBt eingearbeitet (vielleicht teils erhalten), dann glazial überprägt <i>Flora: starke interglaz. Komponente</i> anscheinend durch zwei interglaziale bestimmt; auch Doppelboden möglich <i>Flora mit interglaz. Komponente</i> Tonbeläge als Durchgriff des Rheindahlener Bodens oder Beginn einer BT-Bildung intensiver SdBt-Horizont aus Unterem Staublehm <i>Flora interglazial</i> Lößderivat, zunehmend Sand der jüngeren Hauptterrasse
---	---

7. LITERATUR

- Brunnacker, K. (1966): Das Profil "Westwand" der Ziegeleigrube Dreesen in Rheindahlen.- Bonner Jb. 166, 344-356
- Frechen, M., H.Brückner & U.Radtke (1991): A comparison of different TL-techniques on loess samples from Rheindahlen (F.R.G.).- Quartern.Sci.Rev. 10
- Klostermann, J. (1988): Quartär.- In: Geologie am Niederrhein, S.40-63. Geolog.Landesamt Nordrh.-Westf., Krefeld, 4.Aufl., 142 S.
- Klostermann, J. (1992): Das Quartär der Niederrheinischen Bucht.- Geo log.Landesamt Nordrh.-Westf., Krefeld, 200 S. + Anhang
- Paas, W. (1961): Rezent- und fossile Böden auf niederrheinischen Terrassen und deren Deckschichten.- Eiszeitalter und Gegenwart (Öhringen) 12, 165-230
- Paas, W. (1992): Rheindahlen.- In: Bodenstratigraphie im Gebiet von Maas und Niederrhein. Arbeitskr.Paläoped. d. Dtsch.BodenkdI.Ges., 11.Exkursionstagung am 28.-30. Mai 1992 in Aachen; Kiel, 94 S.
- Schirmer, W. & L.Feldmann (1992): Das Lößprofil von Rheindahlen/Niederrhein.- In: Bodenstratigraphie im Gebiet von Maas und Niederrhein. Arbeitskr.Paläoped. d. Dtsch.BodenkdI.Ges., 11.Exkursionstag. am 28.-30. Mai 1992 in Aachen; Kiel, 94 S.
- Thieme, H., K.Brunnacker & E.Juvigne (1981): Petrographische und urgeschichtliche Untersuchungen im Lößprofil Rheindahlen/Niederrhein.Bucht.- Quartär 31/32, 41-47
- Zöller, L. H.Stremme & G.A.Wagner (1988): Thermoluminiszenz-Datierung an Löß-Paläoboden-Sequenzen von Nieder-, Mittel- und Oberrhein/Bundesrepublik Deutschland.- Chem.Geol. (Isotope Geosc.Section)(Amsterdam) 73, 39-62

**Einfluß unterschiedlicher Schwellenwerte des
erosiven Niederschlags auf den R-Faktor
ausgewählter Niederschlagsstationen in Österreich**

von

Strauß, P., R. Mischek und N. Rampazzo

1. Einleitung und Zielsetzung

Das bekannteste Modell zur Abschätzung der Bodenerosion durch Wasser ist die von WISCHMEIR und SMITH (1978) in den USA erstellte Universal Soil Loss Equation (USLE), die seit ihrer Entwicklung Ende der fünfziger Jahre kontinuierlich modifiziert und verbessert wurde. Da das Modell empirisch aufgebaut wurde, sind die Eingangsgrößen des Modells außerhalb ihres Entwicklungsgebietes vor einer Anwendung zu überprüfen und gegebenenfalls zu modifizieren. Der R-Faktor der USLE ist jener Parameter, der den Einfluß des Niederschlags und des Oberflächenabflusses charakterisiert. Ein stationstypischer R-Faktor kann mit Hilfe hochauflösender Regenschreiberstationen über die Formeln

$$R_e = E_e \cdot I_{30} \cdot 10^{-3} \text{ (kJ mm / m}^2 \text{ h)} \quad \text{(Gleichung 1)}$$

$$R_{\text{Jahr}} = \sum R_e$$

R-Faktor = langjähriges Mittel der R_{Jahr}

$$R_e = R\text{-wert eines Einzelniederschlags (kJ mm / m}^2 \text{ h)}$$

$$E_e = \text{Energiesumme eines Einzelniederschlags (J/m}^2 \text{)}$$

$$I_{30} = \text{maximale 30-Minuten-Intensität (mm/h)}$$

$$R_{\text{Jahr}} = \text{Summe der } R_e\text{-werte eines Jahres.}$$

errechnet werden. Da Niederschläge unter einer bestimmten Höhe keine praktische Signifikanz mehr hatten und der Zeit- und Kostenaufwand für die Berechnung erheblich sank, verwendeten WISCHMEIR und SMITH (1978) als Schwellenwert für die Berechnung des R-Faktors nur Niederschläge mit mehr als 12,7 mm oder einer maximalen 30-Minuten-Intensität von 12,7 mm. In Deutschland hat sich der Schwellenwert von 10 mm Niederschlag und einer maximalen 30-Minuten-Intensität von 10 mm für die Berechnung durchgesetzt. Dieser Wert wird auch von MARTIN (1988) aufgrund experimenteller Untersuchungen bestätigt. Andere Autoren (DEUMLICH und GÖDICKE, 1989) stellen allerdings bereits bei geringeren Niederschlagshöhen merkbare Bodenabträge fest. Durch die Verwendung geänderter Schwellenwerte würde sich aber der Arbeitsaufwand bei der Erstellung der R-Faktoren beträchtlich erhöhen. In dieser Arbeit soll nun daher die Frage untersucht werden, ob und wie R-Faktoren an unterschiedliche Schwellenwerte der Berechnung angepaßt werden könnten.

2. Methodik

Für 14 österreichische Regenschreiberstationen wurden die R-Faktoren bei verschiedenen Schwellenwerten berechnet. Für die Berechnung der R-Faktoren wurde der Schwellenwert für Niederschlagsmenge und maximale 30-Minuten-Intensität zwischen 0 und 25 mm mit einer Schrittweite von jeweils 1mm variiert und für jeden Schritt ein R-Faktor berechnet, sodaß sich für jede Station 26 Werte ergaben. Basis der Berechnung war die Vegetationsperiode von April bis Oktober, wobei fehlende Aufzeichnungen noch nicht ergänzt wurden, daher sind die dargestellten R-Faktoren mit den bei MISCHKE (1993) errechneten korrigierten und ergänzten Werten nicht ident.

[†] Institut für Bodenforschung und Baugeologie, Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

Tabelle 1 zeigt die Stationen, den Auswertungszeitraum, die mittleren Sommerniederschläge des Auswertungszeitraums und die R-Faktoren bei Berechnung mit dem Schwellenwert 25.

Tabelle 1: Ausgewählte Stationen, Auswertungszeiträume mittlere Sommerniederschläge und R_{25} -werte des Auswertungszeitraumes

Station	Auswertungszeitraum	Ns-Sommer	R_{25}
Aflenz	1967-1982	560	42.1
Graz	1965-1978	575	96.7
Rohrmoos	1975-1989	680	41.8
Baden	1967-1982	340	29.4
Schwarzenau	1974-1989	385	31.7
St. Pölten	1972-1986	410	21.9
St. Wolfgang	1972-1986	850	58.7
Steyr	1976-1982	510	37.4
Schlägl	1976-1990	495	30.8
Neusiedl	1966-1980	340	35.4
Lienz	1961-1980	560	46.7
Kufstein	1961-1980	780	77.1
Liebenau	1976-1990	495	35.1
Weiz	1976-1990	545	90.4

3. Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 stellt die Änderung des R-Faktors und die Zahl an erosiven Ereignissen bei unterschiedlich gewählten Schwellenwerten für die Station Kufstein dar.

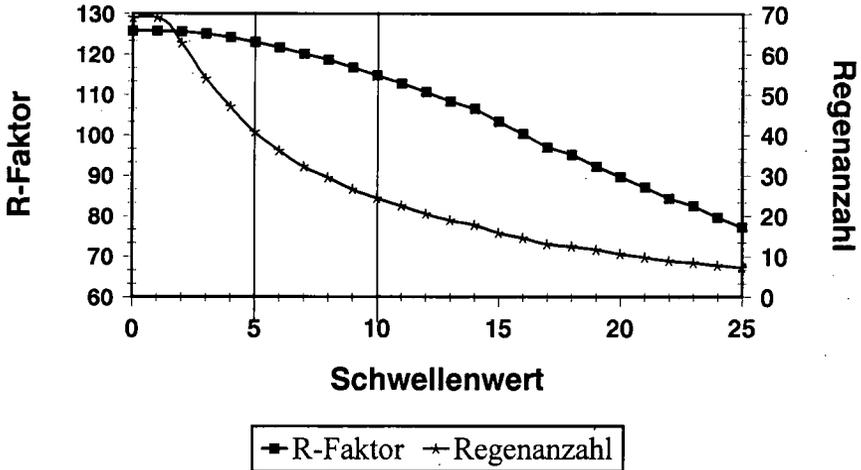


Abb. 1: Auswirkung des Schwellenwertes auf R-Faktor und Anzahl der erosiven Ereignisse für die Station Kufstein.

Wie aus der Grafik ersichtlich, besteht über weite Teile der Auswertung eine starke lineare Beziehung zwischen Schwellenwert und R-Faktor. In einem Bereich zwischen 5 und 10 (d.h. bei Niederschlägen mit einer Regenmenge von 5 - 10 mm oder einer maximalen 30-Minuten-Intensität von 5 - 10 mm) verflacht die Kurve bei allen Stationen. Niederschläge in einem Bereich von 0 - 5 verändern den R-Faktor praktisch nicht mehr. Die Anzahl der erosiven Niederschläge hingegen steigt exponentiell von durchschnittlich 7 bei einem Schwellenwert von 25 bis zu 69

Regen pro Jahr, wenn alle Niederschläge in die R-Faktorberechnung eingehen, ein Verhalten, das ebenfalls für alle anderen Stationen beobachtet werden konnte. Da für alle Stationen ein linearer Bereich von 25 bis (je nach Station) 5 bis 10 festgestellt werden konnte, wurde für einen Schwellenwertbereich von 8 bis 25 eine lineare Regression für jede Station berechnet. Um eine durch den Durbin-Watson-Test angezeigte Autokorrelation zu beseitigen, mußten die einzelnen Werte transformiert werden. Dies wurde durch einen iterativen Ansatz nach NETER et al. (1985) gelöst. Tabelle 2 stellt das Ergebnis dieser Berechnung dar. Die einzelnen Stationen zeigen eine sehr starke lineare Beziehung zwischen den beiden untersuchten Parametern R-Faktor und Schwellenwert. Der Schwankungsbereich der Regressionskoeffizienten liegt zwischen -1.35 und -2.70. Sowohl die Regressionskoeffizienten als auch die Regressionskonstanten können nicht einer Grundgesamtheit zugeordnet werden (Multipler Mittelwertvergleich), was auch im Konfidenzintervall der jeweiligen Regressionskoeffizienten deutlich wird. Aufgrund des linearen Zusammenhanges zwischen Schwellenwert und R-Faktor für alle Stationen, kann ein allgemeines Modell der Form

$$R\text{-Faktor}_{ia} = A_i + B_i * \text{Schwellenwert}_a \quad (\text{Gleichung 2})$$

R-Faktor_{ia} = R-Faktor der Einzelstation bei gewähltem Schwellenwert

A_i, B_i = Regressionsparameter der Einzelstation

Tabelle 2: wichtige Kennwerte der linearen Regression zwischen Auswertekriterium und R-Faktor für die untersuchten Stationen

Station	a	b	CI von b	n	r ²
Aflenz	86.24	-1.77	-1.86 bis -1.66	17	0.99
Graz	157.76	-2.41	-2.63 bis -2.28	17	0.98
Rohrmoos	93.96	-2.08	-2.17 bis -1.98	17	0.99
Baden	63.48	-1.37	-1.47 bis -1.26	17	0.98
Schwarzenau	65.76	-1.34	-1.41 bis -1.29	17	0.99
St. Pölten	58.72	-1.49	-1.56 bis -1.41	17	0.99
St. Wolfgang	120.16	-2.48	-2.56 bis -2.39	17	0.99
Steyr	88.54	-2.05	-2.18 bis -1.95	17	0.99
Schlägl	82.28	-2.08	-2.21 bis -1.96	17	0.99
Neusiedl	70.98	-1.41	-1.52 bis -1.27	17	0.97
Lienz	94.10	-1.91	-1.99 bis -1.83	17	0.99
Kufstein	141.54	-2.58	-2.65 bis -2.48	17	0.99
Liebenau	77.58	-1.72	-1.80 bis -1.64	17	0.99
Weiz	158.20	-2.73	-2.87 bis -2.54	17	0.99

angenommen werden. Um die Regressionskoeffizienten für die einzelnen Stationen schätzen zu können, wurde zwischen diesen und den Sommerniederschlägen bzw. R-Faktoren des Schwellenwertes 25 eine multiple Regression der Form

$$B_i = -0.623 - 0.0015 * \text{Nsso}_i - 0.0113 * R_{25}_i, n = 14, r^2 = 0.85 \quad (\text{Gleichung 3})$$

B_i = Regressionskoeffizient der Einzelstation (siehe Tabelle 2)

Nsso_i = Sommerniederschlag der Einzelstation

R₂₅_i = R-Faktor mit dem Schwellenwert 25 der Einzelstation

berechnet. Die Regressionskonstante A_i der Einzelstationen wird durch einsetzen zumindest eines R-Faktors (hier der R₂₅) und der Umwandlung von Gleichung 2 gewonnen. Um eine eventuelle

spätere Anpassung von R-Faktoren, die mit einem Schwellenwert von 10 gewonnen wurden zu ermöglichen, wurde eine weitere Regression berechnet.

$$B_i = -0.52 - 0.0012 * N_{sso_i} - 0.01 * R_{i10}, n = 14, r^2 = 0.89 \quad (\text{Gleichung 3})$$

B_i = Regressionskoeffizient der Einzelstation (siehe Tabelle 2)

N_{sso_i} = Sommerniederschlag der Einzelstation

R_{i10} = R-Faktor mit dem Schwellenwert 10 der Einzelstation

Tabelle 3 stellt die durchschnittliche Abweichung des auf Basis von R_{i25} berechneten R-Faktors vom tatsächlichen Wert für die untersuchten Stationen dar.

Tabelle 3: durchschnittliche Abweichung des vorhergesagten vom berechneten R-Faktor für die untersuchten Stationen.

Station	Mittelwert	Standardabweichung
Aflenz	-1.5	1.1
Graz	0.7	1.7
Rohrmoos	0.0	0.6
Baden	-1.1	0.9
Schwarzenau	-1.2	1.2
St. Pölten	-0.5	0.4
St. Wolfgang	-1.2	0.7
Steyr	1.9	1.3
Schlägl	2.3	1.9
Neusiedl	-0.6	1.1
Lienz	-0.8	0.6
Kufstein	-0.8	0.8
Liebenau	-0.8	0.5
Weiz	1.7	1.7

Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, kann durch den gewählten Modellansatz der R-Faktor der untersuchten Stationen in einem Schwellenwertbereich von 8 bis 25 mit ausreichender Genauigkeit aus einem bekannten R-Faktor des Auswertekriteriums 10 oder 25 und den Sommerniederschlägen des Auswertungszeitraumes berechnet werden. Durch die Festlegung der Auswertungsgrenze mit 25 mm Niederschlag bzw. einer Intensität von 25 mm/h verringert sich der Arbeitsaufwand bei der Berechnung von durchschnittlich 16,2 erosiven Ereignissen pro Jahr auf 3,8, was einer Zeitersparnis von 75 % entspricht.

4. Literatur:

- DEUMLICH D., K. GÖDICKE: Untersuchungen zu Schwellenwerten erosionsauslösender Niederschläge im Jungmoränengebiet der DDR. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd., 33, 11, 709-716, 1989.
- MARTIN W.: Die Erodierbarkeit von Böden unter simulierten und natürlichen Regen und ihre Abhängigkeit von Bodeneigenschaften. Dissertation am Lehrstuhl für Bodenkunde, Technische Universität München - Weihenstephan, 1988.
- MISCHEK, R.: Die Erosivität von Niederschlägen in Österreich. unveröff. Diplomarbeit am Institut für Bodenforschung und Baugeologie, Universität für Bodenkultur, Wien, 1993.
- NETER J., W. WASSERMANN, M.H. KUTNER: Applied Linear Statistical Models. Irwin, Homewood, Illinois, 1985.
- WISCHMEIER W.H., D.D. SMITH: Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537, 1978.

Stadtbodenkarte München Allach 1:5000 - Von der
Analog- zur Auswertekarte

von

Suttner, T.¹, W. Gruban² und H.-H. Schraa¹

Die Stadtbodenkarte 1:5000 München-Allach wurde von 1989 bis 1991 in analoger Form durch das Bayerische Geologische Landesamt hergestellt (SUTTNER et al., 1991) und im Umweltschutzreferat der Stadt München für den Umweltatlas (LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN, 1990) digitalisiert. Im Vergleich zur Analog-Karte erfolgte eine Aggregierung der Bodenformen, die Flächen wurden jedoch entsprechend der Legendeneinheit in der Analogkarte attribuiert.

Ziele der Digitalisierung der Stadtbodenkarte München-Allach waren:

- 1) Preiswerte und rasche Ausgabe von Bodenkarten und von thematischen Karten
- 2) Rasche Nachführung von Veränderungen und ständige Aktualisierung der Daten
- 3) Darstellung von Untersuchungsergebnissen
- 4) Erstellung von Belastungskarten
- 5) Darstellung von Belastbarkeits- und Risikokarten

Belastungs- und Risikokarten können bei ausreichender Datenbasis aus einer digitalen Bodenkarte erstellt werden. Für die Stadtplanung sind sie wertvolle Entscheidungsgrundlagen. Auch für die Einleitung von Sofortmaßnahmen bei einem Unfall mit einem bestimmten Stoff können sie Anwendung finden. Bei der kommunalen Planung wird u.a. die derzeitige Nutzung und die Nutzungseignung z.B. im Hinblick auf eine weitere bauliche Entwicklung berücksichtigt. Auch für Genehmigungsverfahren nach Abfall-, Wasser- und Immissionsschutzrecht haben derartige Karten eine große Aussagekraft. Für den vorsorgenden Bodenschutz sind besonders Fragen der Schutzwürdigkeit, Schutzbedürftigkeit sowie der Belastung und Belastbarkeit von entscheidender Bedeutung.

Bislang sind **Bodeneigenschaften-, Belastungs- und Risikokarten** realisiert. Die Aufbereitung und Verschneidung der Daten erfolgte mit dem geographischen Informationssystem ARC/INFO (Version 6.11) an einer SUN-Workstation.

¹Dr. Th. Suttner, H.-H. Schraa
Bayerisches Geologisches Landesamt
Heßstraße 128
80797 München

²W. Gruban
Umweltschutzreferat München
Bayerstr. 28
80335 München

Die **Bodeneigenschaftskarten** wurden auf der Basis der Feldkarte unter Berücksichtigung der Laborbefunde erstellt und in die Fläche übertragen. Weitere Bodeneigenschaftskarten können Bodenarten, Mächtigkeit des humosen Oberbodens, Grundwasserabstände usw. beinhalten. Die Bodeneigenschaftskarten zeigen mittlere Gehalte, die v.a. unter gärtnerischer Nutzung wegen des unkontrollierbaren anthropogenen Eingriffs von den dargestellten Werten abweichen können. Die mittleren Humusgehalte natürlicher Böden im Untersuchungsgebiet betragen i.d.R. 2 - 4% organische Substanz, die Gehalte der vergleichbaren Böden unter gärtnerischer Nutzung betragen im Mittel 4 - 6% organische Substanz. Geringere Humusgehalte wurden v.a. in Auffüllungen und Aufschüttungen registriert. Humusgehalte von unter 1 % wurden besonders bei frischen Kies-Aufschüttungen, Schotterflächen und Gleisbettschutt festgestellt.

Belastungskarten wurden bislang für die Gehalte der Schwermetalle Cadmium, Blei und Zink erstellt. Die Landeshauptstadt München hat diese Elemente im gesamten Stadtgebiet an 199 Probenahmestellen im Oberboden untersucht; 13 dieser Entnahmestellen liegen im Blattgebiet der Stadtbodenkarte München-Allach. Die Mischproben wurden mit einem Bohrstock aus 20 Einstichen in einer Fläche von ca. 100 m² gewonnen, der Feinbodenanteil (< 2mm) getrocknet und mit Königswasser aufgeschlossen. Die Messung erfolgte mittels AAS (Landeshauptstadt München, 1990).

Zum Vergleich wurden die Analysenergebnisse auf die BW I - Werte nach EIKMANN und KLOKE (1991) für multifunktionale Nutzungsmöglichkeiten normiert. Die BW I - Werte betragen für Cadmium 1 mg/kg, für Blei 100 mg/kg und für Zink 150 mg/kg. Meist korrelieren hohe Blei- mit hohen Zinkgehalten, was überwiegend auf den Einfluß des KFZ-Verkehrs zurückgeführt wird (LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN, 1990).

Basierend auf den Daten zum Kartenblatt 1:5000 wurden **Risikokarten** für organische Schadstoffe erstellt. Grundlage für die zugrunde gelegten Algorithmen ist der Entwurf der DVWK-Regeln über Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen, Teil II, Abschätzung des Verhaltens organischer Chemikalien in Böden (BLUME, 1990). Im Vergleich zu diesem Entwurf wurde der Einfluß des Humusgehaltes auf die relative Bindungsstärke organischer Chemikalien wie folgt modifiziert:

Humusstufe	Bindungsstärke				
	1	2	3	4	5
h					
1	0	0	1	1,5	2
2	0	0,5	1,5	2	3
3	0	0,9	1,9	2,5	3,7
4	0,2	1,2	2,2	3	4
5	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5
6	1	2	3	4	5

Bindungsstufe

Aus den Daten von Humusgehalt, Bodenart und pH-Wert wurde die potentielle Bindung (Bindungsstufe) von Schadstoffen in den Böden ermittelt. Berechnungen der potentiellen Bindung im Oberboden (bis 30 cm) wurden am Beispiel von 2,3,7,8-TCDD (Seveso-Dioxin), PCP und Aldrin durchgeführt. Die Bindung von 2,3,7,8-TCDD ist wegen seiner starken Affinität zur organischen Substanz ($k_{oc} = 31.600.000$) in hohem Maß vom Humusgehalt, aber auch vom Tongehalt des Bodens abhängig. Daher ist bereits ab einem Humusgehalt von $> 2\%$ die potentielle Bindung als sehr hoch einzustufen. Für sehr schwach und schwach humose Aufschüttungen und Auffüllungen errechnet sich eine mittlere und hohe potentielle Bindung. Als gering wird die Bindungsfähigkeit im Bereich der Gleiskörper der DB eingestuft, da der Humusgehalt im Bereich des Frostschutz- und Gleisbettkieses meist unter $0,5\%$ liegt. Allerdings gilt dies nur für den im Mittel ca. $0,5\text{ m}$ mächtigen Gleiskörper selbst.

Für das Pflanzenschutzmittel Aldrin, das als Pestizid sowohl in der Landwirtschaft als auch im gärtnerischen Bereich Anwendung finden kann, sind die Sorptionseigenschaften ähnlich einzustufen wie die von 2,3,7,8-TCDD. Dagegen wird Pentachlorphenol (PCP) nicht so stark an Humus und Ton gebunden wie 2,3,7,8-TCDD. Die Bindungsstärke von PCP ist daher meist mittel bis gering.

Kombiniert mit der geringen Abbaubarkeit von 2,3,7,8-TCDD (Halbwertszeit 10 - 160 Jahre) und der geringen Flüchtigkeit kann die **potentielle Verlagerungsgefährdung** in den Unterboden aus der Bindung und der Eliminierung abgeschätzt werden. In den humosen Oberböden der land- und forstwirtschaftlich genutzten "natürlichen" Böden ist die Verlagerungsgefährdung ebenso wie in den meisten als Haus- und Nutzgärten genutzten Böden als mittel einzustufen, hoch ist sie auf Flächen mit geringeren Humusgehalten. Die Verlagerungsgefährdung wird im Sinne einer konservativen Abschätzung im Bereich der Schotterkörper der Bahn als sehr hoch eingestuft, da mit der Verlagerung des 2,3,7,8-TCDD in den tieferen Untergrund auch der Abbau weiter abnimmt und damit gerechnet werden muß, daß beim Bau der Trasse der humose Oberboden auch aus Gründen der Standsicherheit größtenteils entfernt wurde und damit auch unterhalb des Schotterkörpers mit einer relativ geringen Sorptionskapazität gerechnet werden muß.

Im Blattgebiet befinden sich mehrere Auffüllungen bzw. Aufschüttungen mit kontaminiertem Material oft sehr heterogener Zusammensetzung. Es muß beachtet werden, daß es dort infolge evtl. vorhandener erhöhter Belastungen und anderer chemischer bzw. physikalischer Eigenschaften zu geänderten Verlagerungsbedingungen kommen kann.

Aufgrund der besseren Abbaubarkeit von Aldrin ist die potentielle Verlagerungsgefährdung in den Mischsubstraten eher gering, in landwirtschaftlich genutzten Flächen dagegen mittel, in humus- und tonarmen Substraten sogar hoch.

Auch PCP wird deutlich rascher abgebaut (Halbwertszeit: 20-50 Tage) als 2,3,7,8-TCDD, daher ist die Verlagerungsgefährdung meist als mittel und nur bei humusärmeren Substraten mit geringer Bindung als hoch zu bezeichnen.

Die **potentielle Grundwasserbeeinträchtigung** durch 2,3,7,8-TCDD ergibt sich unter Berücksichtigung der Klimatischen Wasserbilanz als Regulativ der Wasserbewegung und des Grundwasserabstands von der Geländeoberfläche und korreliert mit der Verlagerungsgefährdung. Darstellbar ist die mittlere potentielle Beeinträchtigung aufgrund der Eigenschaften der Böden. Derzeit werden evtl. bereits vorhandene Belastungen noch nicht berücksichtigt. Für eine standortbezogene Auswertung ist insbesondere bei Altlasten eine einzelfallbezogene Betrachtung und Bewertung notwendig.

Aus den Daten geht hervor, daß sich die potentielle Gefahr der Beeinträchtigung des Grundwassers durch 2,3,7,8-TCDD im Bereich der bebauten Grundstücke im Mittel als gering, auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen als mittel, an humusarmen Standorten mit niedrigen Tongehalten als hoch darstellt. Für PCP und Aldrin ist auf die Fläche bezogen die potentielle Grundwassergefährdung insgesamt eher gering.

Grundsätzlich können auf der Basis der Bodeneigenschaftskarten mit Hilfe von Bewertungsschemata derartige Karten für organische und anorganische Problemstoffe rasch und mit verhältnismäßig geringem Aufwand produziert werden.

Literatur:

Blume, H.-P. (1990): Handbuch des Bodenschutzes Ecomed Verlag Landsberg.

Eikmann Th. und Kloke A. (1991): Nutzungs- und Schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe in Böden. In: Rosenkranz, D.; Einsele, G., Harreß, H.-M. (Hrsg.): Handbuch Bodenschutz, 3590, S.1-19. Erich-Schmidt-Verlag, Berlin

Landeshauptstadt München (1990): Umweltatlas München, Verlag Löhr und Partner München.

Suttner, Th.; Fried, G.; Schlegel, H. und R. Prinz: (1991): Bodenkarte 1:5000 München Allach; Mittlgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 66, II, 871-872.

Gemeindebezogene Flächennutzungstypen im Land Brandenburg

von

Thiere, J.⁺, J. Creutziger⁺⁺ und M. Zeidler⁺

1. Zielstellung

Auf der Grundlage gemeindebezogener Liegenschaftsdaten sollten Kriterien für Flächennutzungstypen erarbeitet werden, nach denen Gemeinden, Kreise und Gebietseinheiten Brandenburgs hinsichtlich der arealen Verteilung der Hauptnutzungsarten Wald, Wasserflächen, Grünland, Ackerland und Siedlungsflächen vergleichend charakterisiert werden.

Die Ergebnisse sind in Form von Tabellen und Karten zu dokumentieren und sollen nutzbar sein für Flächennutzungsplanungen, Landschaftsplanungen und für nutzungsartendifferenzierte Zuordnungen von Bodenkennwerten und -funktionswerten sowie von Belastungsgrößen.

2. Methodisches Vorgehen

Als Datengrundlage dienten ausgewählte Daten der Gemeindedatei GEMDAT nach LIEBEROTH u.a. (1976).

Die prozentuale Verteilung der Hauptnutzungsarten wurde bezogen auf die Gesamtfläche einer Gemeinde oder eines Gebietes berechnet. Bestimmte geringe Flächenanteile anderer Nutzungsarten wurden für die vergleichende Typisierung den Hauptnutzungsarten zugeordnet: Heideflächen und Gartenland dem Grünland, Abbauland und Unland den Siedlungsflächen.

Zur relativierten Beurteilung des Flächennutzungsgrades wurde für jede Bezugsfläche ein Nutzungsartenindex (NAI) berechnet, der Werte von 0 bis 100 annehmen kann: NAI = 0 bei 100 % Waldfläche und NAI = 100 bei 100 % Siedlungsflächen. Für die Indexberechnung wurden den Hauptnutzungsarten Vergleichsstufen zugeordnet. Die Vergleichsmethode ist in THIÈRE u.a. (1991) dargestellt.

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisübersicht

1. Kriterien für Flächennutzungstypen (Flächentypen nach Hauptnutzungsarten - NAFTA)
2. Häufigkeit gemeindebezogener Flächennutzungstypen in Kreisen, Großkreisen, Naturräumlichen Haupteinheiten, Wasserhaupteinzugsgebieten und in Bodengebieten
3. Absoluter und relativer Flächenanteil von Hauptnutzungsarten in Kreisen, Großkreisen und Gebietseinheiten
4. Häufigkeit von Kombinationen aus Gruppen von Flächennutzungstypen und Bodengruppen nach NStE(neu)
5. Übersichtskarte "Gemeindebezogene Flächennutzungstypen nach Hauptnutzungsarten im Land Land Brandenburg" im Maßstab 1 : 500.000

⁺) Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg e.V.

⁺⁺) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe - Außenstelle Berlin

6. Übersichtskarten nach gemeindebezogenen Flächenanteilklassen für die Hauptnutzungsarten Wald, Wasserflächen, Grünland, Ackerland und Siedlungsflächen im Maßstab 1 : 1.000.000
7. Übersichtskarten mit kreis- und großkreisbezogenen Flächennutzungstypen im Maßstab 1 : 1.000.000

3.2. Kriterien für Flächennutzungstypen (Flächentypen nach Hauptnutzungsarten - NAFTA)

Hauptnutzungsarten

	Vergleichsstufe (VST)
H - Waldflächen (Holzungen)	0
W - Wasserflächen	1
G - Grünlandflächen	2
A - Ackerflächen	3
S - Siedlungsflächen	5

Flächennutzungstypen (NAFT)

Symbol	Kriterien	Bezeichnung	NAFT-Gruppe
<i>Wald</i>			
H	H > 40 %	durchgehend Wald	1
HW	H > 40 % + W > 20 %	Wald mit Wasserflächen	1
HG	H > 40 % + G > 20 %	Wald mit Grünland	1
HA	H > 40 % + A > 40 %	Wald und Ackerland	1
<i>Grünland</i>			
G	G > 40 %	durchgehend Grünland	2
GW	G > 30 % + W > 20 %	Grünland mit Wasserflächen	2
GA1	G > 40 % + A > 40 %	Grünland und Ackerland	2
GA2	G > 30 % + A 21 - 40 %	Grünland mit Ackerland	2
<i>Ackerland 1</i>			
A1	A > 60 %	durchgehend Ackerland	3
AG1	A > 60 % + G > 20 %	vorwiegend Ackerland mit Grünland	3
AS1	A > 60 % + S > 20 %	vorwiegend Ackerland mit Siedlungsfl.	3
<i>Ackerland 2</i>			
A2	A 41 - 60 %	vorwiegend Ackerland	4
AH1	A 41 - 60 % + H > 20 %	vorwiegend Ackerland mit Wald	4
AH2	A < 41 % + H 20 - 40 %	Ackerland mit Wald	4
AW	A 41 - 60 % + W > 20 %	Ackerland mit Wasserflächen	4
AG2	A 41 - 60 % + G > 20 %	Ackerland mit Grünland	4
AS2	A 41 - 60 % + S > 20 %	Ackerland mit Siedlungsflächen	4
<i>Siedlungen</i>			
S	S > 40 %	durchgehend Siedlungsflächen	5
<i>Sonstiges</i>			
M	sonstiges	Mischtyp (ohne Grenzdominanz einer Hauptnutzungsart)	6

Anmerkung

Flächennutzungstypen, bei denen nur eine Hauptnutzungsart symbolisiert ist, haben die übrigen Hauptnutzungsarten weniger als 20 % Flächenanteil

3.3. Häufigkeiten gemeindebezogener Flächennutzungstypen in Naturräumlichen Haupteinheiten des Landes Brandenburg

NATHAU	HW	HG	HA	H	GA1	G	GW	GA2	AG1	AS1	A1	AH1	AW	AG2	AS2	A2	AH2	S	M	Σ	NAFT	NAI
74	-	-	1	12	-	-	-	-	8	-	101	13	1	8	-	4	3	-	1	152	A1	48
75	2	-	-	36	-	1	-	1	-	-	6	10	-	2	-	3	3	-	-	64	H	22
77	-	1	2	28	2	1	-	2	23	-	80	40	-	26	-	10	16	1	-	232	AH1	42
78	-	4	-	15	10	26	-	5	5	-	6	10	-	14	-	3	14	1	-	113	AH2	42
79	-	-	9	25	-	-	-	-	-	1	69	23	-	1	6	2	7	2	3	148	AH1	42
80	-	-	-	4	-	2	-	1	3	-	48	1	-	8	2	3	2	-	-	74	A1	52
81	-	8	1	49	3	9	-	11	5	-	26	26	-	40	5	5	33	5	9	235	AH2	39
82	2	4	17	124	-	1	-	1	1	-	23	25	-	1	2	6	18	-	2	227	H	26
83	1	4	-	11	4	6	-	9	1	-	-	3	-	8	-	1	15	-	2	65	AH2	37
84	-	-	15	90	1	-	-	1	4	-	18	48	-	12	1	7	27	2	-	226	H	35
85	-	3	14	44	-	2	-	2	-	-	34	29	-	1	-	3	3	-	-	135	HA	34
87	-	2	-	11	-	10	-	3	-	-	1	5	-	5	-	1	10	-	-	48	AH2	37
88	-	1	1	12	2	2	-	-	5	-	15	20	-	14	-	2	8	-	1	83	AH1	45
89	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	2	-	16	H	48
Σ	5	27	60	469	22	60	-	36	55	1	427	253	1	140	16	50	165	13	18	1818		

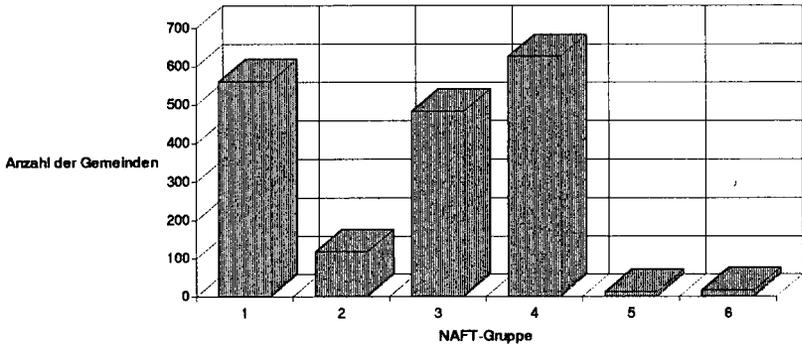
Schlüssel-Nr. Bezeichnung

74	Rückland der Mecklenburgischen Seenplatte
75	Mecklenburgische Seenplatte
77	Nordbrandenburgisches Platten- und Hügelland
78	Luchland
79	Ostbrandenburgische Platte
80	Odertal
81	Mittelbrandenburgische Platten und Niederungen

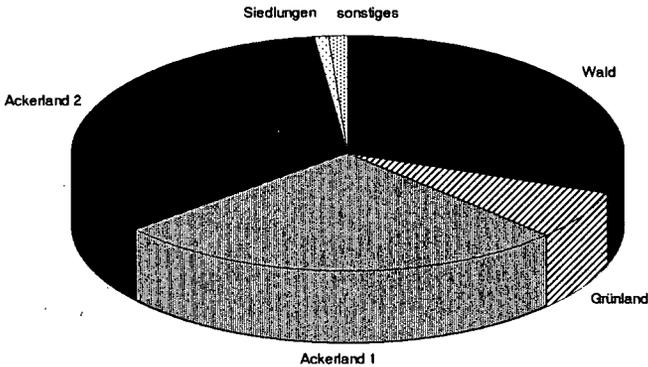
Schlüssel-Nr. Bezeichnung

82	Ostbrandenburgisches Heide- und Seengebiet
83	Spreewald
84	Lausitzer-Becken- und Heideland
85	Fläming
87	Elbtalniederung
88	Elbe-Mulde-Tiefend
89	Oberlausitzer Heideland

Häufigkeit der Gemeinden in den NAFTA-Gruppen



Relativer Anteil der Gemeinden in den NAFTA-Gruppen



Literatur

- Lieberoth, I.; Schmidt, I.; Adler, G.: Einführung in die Gemeindedatei des Datenspeichers Boden - Nutzeranleitung GEMDAT-DABO. - Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Bodenkunde Eberswalde, 1976
- Thiere, J.; Altermann, M.; Lieberoth, I.; Rau, D.: Zur Beurteilung landwirtschaftlicher Nutzflächen nach technologisch wirksamen Standortbedingungen. - Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk., Berlin 35(1991)3, S. 171 - 183

Genese und Klassifizierung von Podsolen in Nordwestdeutschland

von

Tolksdorf-Lienemann, E.

Problemstellung:

Für die Klassifikation von Podsolen werden in deutschen und internationalen Klassifikationssystemen neben morphologischen analytische Merkmale verwendet, die konzeptionellen Vorstellungen zur Podsolgenese entsprechen.

Die deutsche Systematik (**BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG 1982**) sieht in der Verlagerung Fe-organischer Komplexe den wesentlichen Prozess der Podsolierung, analytisch dargestellt durch die von **WIECHMANN (1981)** eingeführten Cpy/Fepy-Verhältnisse.

Die Soil Taxonomy (**USDA 1982**) verwendet Fed/Corg-Verhältnisse zur typologischen Abgrenzung. Differenzierender Prozess der Podsolierung ist Humusverlagerung. Die Bildung kristalliner (dithionit-citratlöslicher) Fe-Oxide ist Ergebnis 'humusarmer' B-Horizonte (**SCHWERTMANN u. MURAD 1990**), Fed-reicherer Ausgangsgesteine, Braunererdevorstadien (**WIECHMANN 1978**) oder höherem Bodenalter (**BLUME u. SCHWERTMANN 1969**, **WANG u. ROSS 1988**, **UGOLINI et al. 1988**).

Das vom International Committee on the Classification of Spodosols (**ICOMOD 1991**) entwickelte Podsolklassifikationssystem legt durch die Verwendung von Feo/Alo-Verhältnissen die Verlagerung 'amorpher' Oxide als den charakteristischen Prozess der Podsolierung zugrunde. Oxalatlösliche Oxide umfassen nach **BASCOMB (1968)** neben gealterten und frisch gefällten anorganischen Verbindungen auch Metall-Fulvosäure-Komplexe. Die Bedeutung dieser organischen Verbindungen wird dokumentiert in der optischen Dichte der Oxalatrextrakte und C-Grenzwerten. Neu in diesem System ist die Ausgrenzung der aluminiumbetonten Varietät 'Alorthods', im Deutschen etwa mit 'Aluminiumhumuspodsol' wiederzugeben. 'Alaquods' finden ihre Entsprechung in den 'Haplaquods' der Soil Taxonomy.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird eine Auswahl von Podsolen Nordwestdeutschlands vergleichend klassifiziert und ihre Genese durch die Bestimmung der im deutschen und den internationalen Klassifikationssystemen als differenzierend eingeführten Merkmale charakterisiert. Resultierend sind analytisch-genetische Merkmale zur Klassifikation abzuleiten.

Materialien und Methoden:

Für die Untersuchung wurden vollentwickelte Podsolprofile in Flugsanddecken, Dünenansanden, glazifluviatilen und Geschiebedecksanden unter Eichen-Birkenwald, Kiefer, Heide und (aufgeforstet) Lärche ausgewählt. Typisch für das nordwestliche Niedersachsen sind durch Flugsand und Dünen 'natürlich' aber auch durch Grabhügelanlagen 'anthropogen' begrabene Profile.

An dem durch Siebung abgetrennten Feinboden < 2mm wurden folgende Untersuchungen vorgenommen:

- Dithionitlösliches Eisen nach **MEHRA u. JACKSON (1960)**
- Oxalatlösliches Eisen und Aluminium nach **TAMM (1922)**
- Pyrophosphatlösliches Eisen und Aluminium nach **ALEKSANDROWA (1960)**
- Corg-Gehalte durch C/N-Analyse (Carlo Erba Instruments)
- Extraktion und Fraktionierung des organischen Eisens und Aluminiums nach **ROCHUS (1965)**

Ergebnisse:

Die untersuchten Podsole sind nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (**1982**) überwiegend (> 50%) als Eisenhumuspodsole zu klassifizieren (s. Abb. 1). Die als Morphotyp unterschiedenen

+) Eva Tolksdorf-Lienemann
Kummerkamp 107
26125 Oldenburg

wasserbeeinflussten Podsole bilden 25% der untersuchten Profile. Der Anteil der Eisen- und Humuspodsole bleibt < 10% (s. Abb. 1).

Die Klassifizierung nach der Soil Taxonomy führt zu einer Umgruppierung von Eisenhumus- zu Humuspodsolon. Wasserbeeinflusste Profile sind sowohl nach Soil Taxonomy wie ICOMOD-Klassifikation aluminiumbetonte Varianten (Haplaquods bzw. Alaquods). ICOMOD klassifiziert die untersuchten Profile zu > 60% als Eisenhumuspodsole. Humuspodsole stellen weniger als 10%. (s. Abb. 1).

Die Bestimmung des dithionitlöslichen Eisens zeigt, daß die ausgewählten Podsole in sehr eisenoxidarmem Ausgangsmaterial (Fed-Gehalte < 2g/kg Boden) entwickelt sind (s. Abb. 2). Die Bildung und Akkumulation stärker kristalliner Eisenoxide erfolgt vor allem in Bhs- Horizonten, u.z. in begrabenen Profilen, unabhängig von ihrer systematischen Stellung, erheblich stärker als in nicht überdeckten Eisenhumuspodsolon. Unter Wassereinfluß fehlt Eisenakkumulation (s. Abb. 2). In begrabenen Podsolon ist oxalatlösliches Fe sowohl im Verhältnis zu organischem Eisen (Fepy) aber auch zu den Aluminiumformen die am stärksten akkumulierte Verbindung (s. Abb. 3), die unter diesen Bedingungen auch stärker in die besser kristallinen Formen umgewandelt wird als in Eisenhumus- oder wasserbeeinflussten Profilen (s. Abb. 2), so daß in den nativ eisenoxidarmen Podsolon die Akkumulation oxalatlöslichen Eisens als Voraussetzung für die Bildung kristalliner Oxide erscheint. Auch in den (nicht überdeckten) Eisenhumuspodsolon liegen Fe und Al der Illuvialhorizonte überwiegend in oxalatlöslicher Form vor (s. Abb. 3), obwohl in den A-Horizonten 'organische' und 'amorphe' Eisen- und Aluminiumverbindungen zu gleichen Anteilen gelöst und verlagert werden (s. Abb. 3). In wasserbeeinflussten Podsolon wird nahezu ausschließlich Aluminium, u.z. deutlich überwiegend oxalatlösliches Aluminium, immobilisiert (s. Abb. 3)

Während die Bildung kristalliner Oxide nur mittelbar als Folge der Podsolierung zu bezeichnen ist, stellt die Translokation und Akkumulation 'amorpher' und 'organischer' Eisen- und Aluminiumverbindungen ihr charakteristisches Merkmal dar. Die sich von begrabenen zu (nicht überdeckten) Eisenhumus- und wasserbeeinflussten Podsolon wandelnde Merkmalskombination von stärkerer Eisen- zu Aluminiumakkumulation ist Ausdruck der (faktorenabhängig) variierenden Podsolierung. Dieses Verhältnis von Fe- zu Al-Akkumulation der Illuvialhorizonte, kurz Fe/Al-Verhältnis, liegt in den vorliegend untersuchten begrabenen Profilen > 1, in 'nicht überdeckten', d.h. ununterbrochen entwickelten Eisenhumuspodsolon < 1 und > 0,2 und bleibt in wasserbeeinflussten Profilen < 0,2 (s. Abb. 3). Wasserbeeinflusste Profile entsprechen damit systematisch den 'Haplaquods' bzw. 'Alaquods' der amerikanischen Klassifikationssysteme.

Innerhalb der für die 'Typgruppen' zu unterscheidenden Fe/Al-Verhältnissbereiche ist für Eisenhumuspodsole mit der größten Anzahl untersuchter Profile eine intratypische Varianz aufzuzeigen. Das Akkumulationsverhalten oxalat- und pyrophosphatlöslicher Verbindungen ist umgekehrt proportional und vegetationspezifisch (s. Abb. 3).

Obgleich die Illuvialhorizonten der vorliegend untersuchten Podsole durch überwiegende Akkumulation 'amorpher' Oxide (Feo und Alo) gekennzeichnet sind, ist der Anteil der durch die Oxalatextraktion mitterfaßten Metall-Fulvosäure-Komplexe auf diese Weise nicht zu beziffern. Erst eine Qualifizierung und Quantifizierung in 'anorganische', Fulvo- und Huminsäure-Fe/Al-Verbindungen zeigt (s. Abb. 4), daß Fe-organische Verbindungen mit Ausnahme von Standorten unter Eiche-Birke vorwiegend als oxalatunlösliche Huminsäure-Komplexe vorliegen (s. Abb. 4), 'anorganische' (pyrophosphatunlösliche) Fe-Verbindungen aber stärker akkumuliert sind und zusammen mit Fe-Fulvat-Komplexen bis 80% der immobilisierten Eisenverbindungen darstellen. Organisches Aluminium, überwiegend als Fulvat-Komplex vorliegend, bildet ein Drittel bis 52% des gesamten akkumulierten Aluminiums. Insgesamt stellen die mit der Oxalatextraktion erfaßbaren anorganischen Metalloide und Metall-Fulvosäure-Komplexe > 60 bis > 90% der Summe der akkumulierten Verbindungen.

Neben der mit der Oxalatextraktion zufriedenstellenden Erfassung wesentlicher Merkmale der Illuvialhorizonte, erweisen sich in den vorliegend untersuchten Profilen Feo/Alo-Verhältnisse als indikativ für den Entwicklungszustand des Tonmineralbestandes der A-Horizonte. Abnehmende Feo/Alo-Verhältnisse (zunehmende Alo-Akkumulation) sind mit zunehmender Instabilität und Dechloritisierung sekundärer Al-Chlorite korreliert (s. Tab. 1).

Allein unter Verwendung der Feo/Alo-Verhältnisse ist lediglich eine Qualifizierung des Eisen- und Aluminium- nicht aber des Humositätstyps vorzunehmen. Für die vorliegend untersuchten Podsole erscheinen C-Gehalte von Bh-Horizonten von 5% als geeignetes Grenzwertkriterium für eine gute systematische Differenzierung (s. Tab. 2)

Tab. 1: 'Vermiculit', Al-Chlorit und nach NaOH-Behandlung kontrahierende 1,4-1,7nm-Mineraie der Tonfraktion in Abhängigkeit von Feo/Alo-Verhältnissen der Illuvialhorizonte im K-H2O-System ['Vermiculit' V, Al-Chlorit A, nach NaOH-Behandlung kontrahierbar R, in sehr geringem Ausmaß vorhanden ()]

Feo/Alo Verhältnis	Horizont			
	Ah	Ae	Bh	Bhs
1,32	(V), A	(V), A	(V), (A)	V, (A)
0,78	(A), R	(A), (R)	A, (R)	A
0,53	V	(A), R	V, A	A
0,39	V	V, (A), R	V, (A), R	V, A, R
0,36	(V)	V, (R)	V	V, (A)
0,17	n.n.	V	V	V, (A), R
0,04	V	(V)	V, (A)	A

Tab. 2: Unterscheidung von Podsolsubtypen nach Feo/Alo-Verhältnissen und C-Grenzwerten

Podsolsubtypen	Feo/Alo	C-Gehalte	Anteil in %
Eisenpodsole	> 1	< 5%	8,3
Eisenhumuspodsole	> 1	> 5%	8,3
	> 0,5	- 5%	25,0
Aluminiumhumuspodsole	< 0,5	- 5%	8,3
Humuspodsole	< 1	> 5%	25,0
Aluminiumpodsole	< 0,1	< 5%	(8,3)
wasserbeeinflusste Podsole	< 0,5	Hydromorphie	25,0/(16,7)

Schlußfolgerungen:

Dithionitlösliche Eisenoxidgehalte sind mittelbares Ergebnis der Podsolierung. Pyrophosphat- und oxalatlösliche Eisen- und Aluminiumverbindungen sind typische Translokationsprodukte der Podsolierung. Das Verhältnis von Fe- zu Al-Akkumulation in den Illuvialhorizonten stellt ein typisches und differenzierendes Merkmal von Podsolilluvialhorizonten mit faktorenabhängig variiertes Podsolierung dar. Die Akkumulationsprodukte bestehen in > 60 bis > 90% aus 'anorganischen' Eisen-Aluminiumoxiden sowie Metall-Fulvat-Komplexen, die adäquat durch eine Oxalatextraktion erfaßt werden. Neben der Unterscheidung durch Feo/Alo-Verhältnisse sind durch ein C-Grenzwertkriterium von '5% Humositätstypen' zu differenzieren.

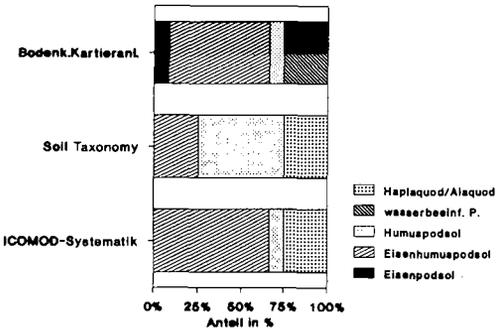


Abb. 1: Klassifizierung der Podsole

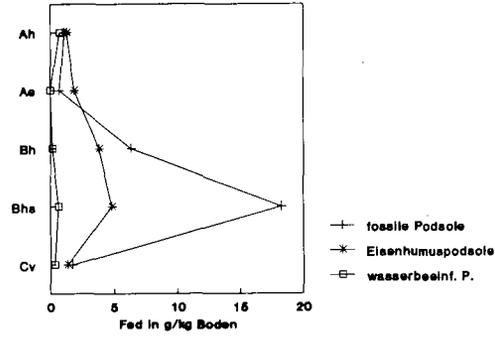


Abb. 2: Feo-Gehalte

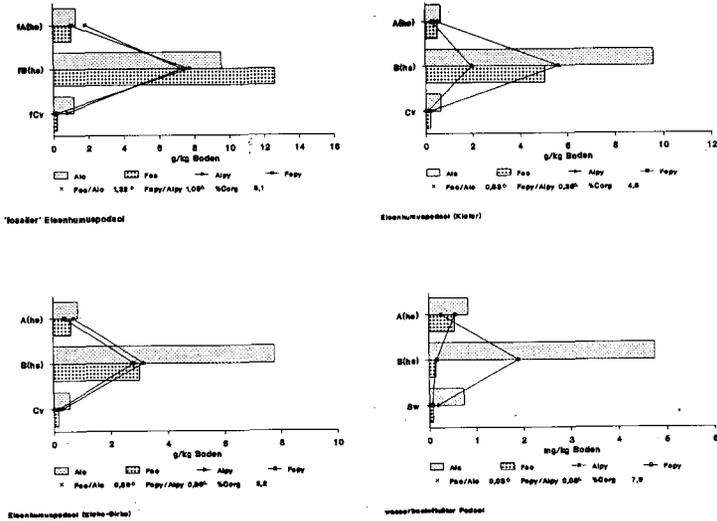


Abb. 3: Oxalat- und pyrophosphatlösliches Eisen und Aluminium, Fe/Al-Verhältnisse der Illuvialhorizonte und Corg-Gehalte der Bh-Horizonte

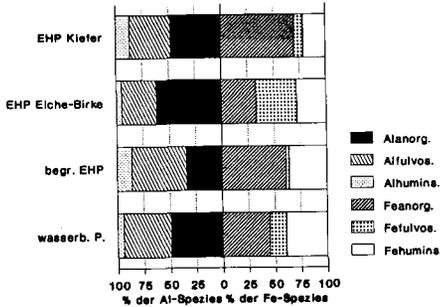


Abb. 4: Prozentualer Anteil von 'anorganischem', Fulvat- und Humat-Eisen und -Aluminium

Verzeichnis der Literatur:

ALEKSANDROWA, L.N., 1960: Soviet Soil Science 2: 190-197
 BASCOMB, C.L., 1968: J. Soil Sci. 19: 251-268
 BLUME, H.P. u. SCHWERTMANN, U., 1969: Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 438-444
 BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG, 1982. Stuttgart
 FARMER,
 HASHIMOTO, J. u. JACKSON, M.L., 1960: Clay and Clay Minerals 7.
 MEHRA, O.P. u. JACKSON, M.L., 1960: Clays and Clay Minerals 7: 317-327
 SCHWERTMANN, U. u. MURAD, E., 1990: In: KIMBLE, J.M. u. YECK, R.D.: Proc. 5th Intern. Soil Corr. Meet. (ISCOM): 319-341
 UGOLINI, F.C., DAHLGREEN, R., SHOJI, S. u. ITO, T., 1988: Soil Science 145: 111-125
 WANG, C. u. ROSS, G.J., 1988: Geoderma 42: 189-191
 WIECHMANN, H., 1978: Hohenheimer Arbeiten
 ders., 1981: Z. Pflanzenern. Bodenk. 144: 174-180

Alter und Genese von Paläoböden und Deckschichten
im semiariden Abschnitt der Küstenkordillere Chiles

von

Veit, H.

1. Einleitung

Am Südrand der Atacamawüste, deren Ausdehnung im Verlaufe des Quartärs mehrfach geschwankt hat, findet man eine interessante Abfolge von Paläoböden und Schuttdecken. Über Genese, Alter und paläoklimatische Verhältnisse dieser Bildungen ist bislang nur sehr wenig bekannt (FUENZALIDA 1951, PASKOFF 1970, FLORES 1983, VEIT 1992, 1993).

Der hier vorgestellte semiaride Abschnitt der nordchilenischen Küstenkordillere erstreckt sich zwischen 27-33°S. Er liegt damit im Übergangsbereich zwischen dem mediterranen Zentralchile und der vollariden Atacamawüste, mit Niederschlägen zwischen 15-400mm. Typisch sind die für Trockengebiete starken Schwankungen der Niederschlagsmenge. Erosive Starkniederschläge treten vor allem im Zusammenhang mit 'El Niño-Ereignissen' auf. Die Vegetation besteht vorwiegend aus xeromorphen Strauch- und Buschformationen. Der kühle Humboldtstrom führt zur Ausbildung einer ganzjährig intensiven Inversion und Wolkendecke bei 800-1000m ü.M., unterhalb derer häufig Küstennebel ('Camanchacas') auftreten. Die Gipfelbereiche und die Westabdachung der Küstenkordillere sind deshalb unterhalb der Inversion sehr viel feuchter und tragen eine dichtere Vegetationsdecke als die östlichen Landesteile, stellenweise sogar pleistozäne Reliktwälder.

2. Deckschichten und Paläoböden aus kristallinen Gesteinen bzw. Schuttdecken

Hor.	Tiefe (cm)	Beschreibung	pH (CaCl ₂)	Corg (%)	Feo (%)	Fed (%)	Feo/Fed
Ah	0- 3	dunkelgraubraun, stark steinig (Vulkanite, Granit)	-	0,64	-	-	-
Bv	- 45	mittelbraun, stark steinig (Vulkanite, Granit)	5,84	0,30	0,05	1,51	0,03
IIbBt	-105	rötlichbraun, stark steinig (Vulkanite, Granit)	5,79	0,40	0,07	1,72	0,04
IIcV	-200	hellbraun, stark steinig (Vulkanite, Granit)	6,74	0,11	0,01	0,92	0,01
IIIC	-270+	Granit, anstehend	-	-	-	-	-

Hor.	gS (%)	mS (%)	fS (%)	Sges (%)	gU (%)	mU (%)	fU (%)	Uges (%)	T (%)	Bodenart
Bv	12,8	12,4	19,3	44,5	27,3	11,0	5,4	43,7	11,8	St2
IIbBt	12,6	6,7	11,6	30,9	20,1	7,2	3,5	30,8	38,3	Lt3
IIcV	25,4	14,4	16,2	56,0	21,1	11,5	3,9	36,5	7,5	Su3

Tab. 1: Braunerde aus holozäner Schuttdecke über fossiler, erodierter Parabraunerde aus pleistozäner Schuttdecke über Granit (La Serena/Co. Grande, 29°56'S, 35°SW, 210m ü.M.)

Geologisch dominieren jurassische bis tertiäre Intrusiva und paläozoische Metamorphite. Auf diesen Gesteinen sind verbreitet Parabraunerden entwickelt. Es handelt sich um reliktsche bzw. fossile Bildungen mit häufig stark gekappten Profilen. Wo noch vorhanden, ist der tonärmere Oberboden häufig in einer jüngeren Schuttdecke ausgebildet. Gelegentlich an der Oberkante der fBt-Horizonte entwickelte fAh-Horizonte weisen darauf hin, daß es sich beim Oberboden nicht um den originalen Al-Horizont, sondern um jüngere Schuttdecken handelt, in denen die Bodenbildung nicht über ein schwaches Ah-, AhBv- oder Bv-Stadium hinausgeht. Geomorphologische Kriterien und die 14C-Datierung der fAh-Horizonte erlauben die Zuordnung der Parabraunerde-Bildung ins

*) Universität Bayreuth, Lehrstuhl f. Geomorphologie, 95440 Bayreuth

Spätglazial. Die hangenden Schuttdecken haben holozänes Alter und können durch die zwischengeschalteten fAh-Horizonte weiter differenziert werden (Tab. 4). Die rezenten Böden sind schwache Braunerden (Tab. 1). Die fBt-Horizonte sind entweder im zersetzten Anstehenden oder in einer älteren, pleistozänen Schuttdecke entwickelt. Nördlich 28°30'S treten Co-Horizonte auch auf den primär karbonatfreien, kristallinen Gesteinen auf. Die fBt-Horizonte sind in gleicher Richtung zunehmend abgetragen und der Austauschkomplex ist stärker durch Na⁺-Ionen belegt. Nördlich von 27°S enden die fossilen/reliktischen Parabraunerden. Hier erfolgt der Übergang zur Vollwüste.

3. Böden der Dünengebiete und marinen Terrassen

Am Westfuß der Küstenkordillere treten ausgedehnte marine Terrassen auf. Sie zeigen eine den kristallinen Gesteinen vergleichbare Schuttdeckengliederung und Bodenbildung (Tab. 2). Häufig sind die marinen Ablagerungen weitflächig von kristallinen Schuttdecken pleistozänen Alters überlagert.

Hor.	Tiefe (cm)	Beschreibung
Ah	0- 5	mittelgraubraun, stark kiesig
Bv	- 35	graubraun, stark kiesig
IIIfBt	- 60	kräftig braun, Toncutane, sehr stark kiesig
IIIIfBv	- 85	mittelbraun, nur sehr vereinzelte Schotter, marine Sande
IVfCc	-100	graubraun mit weißen Flecken, marine Sande
VC	-130+	gelblichbraun, marine Sande

Hor.	gS (%)	mS (%)	fS (%)	Sges (%)	gU (%)	mU (%)	fU (%)	Uges (%)	T (%)	Boden art
Bv	14,1	25,0	23,7	62,8	20,0	4,8	1,9	26,7	10,5	SI3
IIIfBt	10,5	10,2	14,5	35,2	15,9	4,3	2,6	22,8	42,0	Lts
IIIIfBv	3,3	7,5	32,3	43,1	20,5	6,1	5,2	31,8	25,1	La3
IVfCc	1,9	4,0	23,1	29,0	25,5	35,9	1,7	63,1	7,9	Us
VC	0,3	5,6	19,7	25,6	47,4	15,0	4,6	67,0	7,4	Us

Hor.	pH (CaCl ₂)	Corg (%)	Feo (%)	Fed (%)	CaCO ₃ (%)	Fec/Fed	And.	Au	Ep	Gr	Br. Ho.	Gr. Ho.	Ti	Zi
Bv	6,01	0,29	0,03	1,14	0,0	0,03	-	+	15	-	-	81	4	+
IIIfBt	6,45	0,49	0,04	1,02	0,0	0,04	1	-	22	-	-	71	5	1
IIIIfBv	7,55	0,10	0,01	0,70	0,6	0,14	+	1	23	+	+	74	2	+
IVfCc	7,61	0,15	0,01	0,24	4,8	0,42	1	1	29	1	+	63	4	1
VC	8,28	0,12	0,01	0,59	0,3	0,17	+	+	49	1	2	46	2	-

Tab. 2: Braunerde aus holozäner Schuttdecke über fossiler, erodierter Parabraunerde aus pleistozäner Schuttdecke über marinen Sanden. (La Serena/El Romeral, 29°54'S, 28°SE, 25m ü.M.)

Auch auf pleistozänen Flugsanden, die in der Regel die ausgedehnten Küstenterrassen am W-Fuß der Küstenkordillere bedecken, ist die spätglaziale Parabraunerde entwickelt. Unter dem hier zementartig verbackenen fBt-Horizont ist in der Regel noch eine intensive Ton-Eisenbänderung bis in mehrere Meter Tiefe vorhanden. Interessanterweise kam es gegen Ende bzw. unmittelbar nach der Parabraunerde-Bildung zur Entstehung mächtiger Trockenrisse bis rund 1m, stellenweise sogar 2m Tiefe, die an der Oberfläche des fBt-Horizontes eine polygonale Struktur aufweisen und mit jüngerem, holozänem Flugsand verfüllt sind, der die fBt's in unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert. In diesen holozänem Flugsanden sind schwache Ah-Bildungen und leichte Verbraunungen festzustellen. Deutlich ist der unterschiedliche Tonmineralbestand von pleistozänem und holozänem Boden (Tab. 3).

Hor.	Tiefe	Beschreibung
Ah	0- 20cm	dunkelgraubraun, schwach schluffiger Sand, locker, Einzelkorngefüge
Bv	- 69cm	mittelbraun, schwach schluffiger Sand, locker, Einzelkorngefüge
BvCv	- 86cm	mittelgraubraun, schwach schluffiger Sand, locker, Einzelkorngefüge
C	-125cm	hellgraubraun, Sand, locker, auf Trockenrissen tief in den liegenden Horizont eingreifend
IIbBt	-195cm	dunkelbraun-rötlichbraun, schwach lehmiger Sand, stark verfestigt, massiv, bankartig hervortretend, von 10-15cm breiten Trockenrissen durchsetzt
IIbBbt	-350cm	hellgraubraun, Sand, locker, mit rötlichbraunen, festen Ton-Eisenbändern (1-5cm)
IIC	-450cm+	hellgraubraun, Sand, locker, vereinzelt ganz dünne Ton-Eisenbändchen (<0,5cm)

Hor.	gS (%)	mS (%)	fS (%)	Sges (%)	gU (%)	mU (%)	fU (%)	Uges (%)	T (%)	Bodenart
Ah	0,0	33,6	53,1	86,7	7,8	2,4	0,3	10,5	2,8	Su2
Bv	0,0	37,4	51,3	88,7	9,9	0,8	0,3	11,0	0,3	Su2
BvCv	0,0	34,8	54,7	89,5	9,7	0,5	0,1	10,3	0,2	Su2
C	0,0	32,2	58,9	91,1	5,2	1,0	1,2	7,4	1,5	S
IIbBt	0,0	31,0	48,7	79,7	9,4	0,1	0,3	9,8	10,5	SI2
IIbBbt	0,0	35,9	54,1	90,0	8,9	0,3	0,3	9,5	0,5	S
IIC	0,0	36,5	53,6	90,1	8,6	0,5	0,1	9,2	0,7	S

Hor.	pH (CaCl2)	Corg (%)	Feo (%)	Fed (%)	Feo/Fed	austauschb. Kat. (mmolc/kg)				KAKeff	Na (%)	mS/cm
						Na	K	Ca	Mg			
Ah	6,47	0,30	0,05	0,88	0,06	0,95	1,07	11,70	5,10	18,82	5	0,26
Bv	6,48	0,20	0,06	0,89	0,07	0,85	0,82	9,75	4,44	15,86	5	0,20
BvCv	6,55	0,18	0,04	0,75	0,05	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,13
C	6,66	0,12	0,01	0,79	0,01	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,24
IIbBt	6,88	n.b.	0,03	2,99	0,01	5,50	1,08	14,95	32,33	53,86	10	0,46
IIbBbt	6,71	n.b.	0,01	0,09	0,11	3,20	0,44	8,40	15,11	27,15	12	n.b.
IIC	6,70	n.b.	0,01	0,08	0,13	3,15	0,35	8,70	12,60	24,80	13	n.b.

Hor.	Schwerminerale						Tonminerale		
	Augit	Granat	Epidot	grüne Hornbl.	Titanit	Zirkon	Illit	Illit-Vermic. Übergangsm.	Kaol.
Ah	1	1	62	32	3	1	+++	0	+
Bv	1	1	64	31	3	0	+++	0	+
IIbBt	3	0	60	35	1	1	++	++	+
IIC	4	0	61	33	2	0	++	++	+

Tab. 3: Braunerde aus holozäner Flugsanddecke über erodierter Parabraunerde aus pleistozäner Düne (La Serena/La Pampa, 29°57'S, 8°W, 110m ü.M.)

4. Zur Entstehung und klimatischen Interpretation der Schuttdecken-Bodenabfolgen

Im südlichen Arbeitsgebiet und auf der feuchten Westabdachung der Küstenkordillere bedarf es zur Ermöglichung des Materialtransportes einer Auflockerung der Vegetation. Ökologisch gesehen sind also die Phasen der Schuttdeckenbildung durch erhöhte Aridität bei lichter Vegetation gekennzeichnet, wobei mit vereinzelt Starkregenereignissen immer gerechnet werden kann, die sich aber nicht in einer entsprechenden Vegetations- oder Bodenentwicklung ausgewirkt haben. Solche trockenen Bedingungen (Tab. 4) sind auf der Ostabdachung der Küstenkordillere mehr oder weniger für das gesamte Holozän charakteristisch. Die letzte intensive Bodenbildungsphase fällt hier ins ausgehende Pleistozän, wo entsprechend dichtere Vegetation und erhöhte, gleichmäßigere, Niederschläge angenommen werden müssen. Dafür sprechen auch eine Reihe palynologischer und faunistischer Befunde (NUÑEZ ET AL. 1983, VILLAGRÁN & VARELA 1990).

Phase	Küstenkordillere W-Abdachung	Küstenkordillere E-Abdachung	14C-Alter (Jahre B.P.)
I	trocken (<i>Schuttdecken</i>)	trocken (<i>Schuttdecken</i>)	Hochglazial
II	feucht, <i>Bodenbildung (Bt)</i>	feucht, <i>Bodenbildung (Bt)</i>	Spätglazial
III	trocken (<i>Schuttdecken</i>)	trocken (<i>Schuttdecken</i>)	Spätgl.-9.600
IV	feucht, <i>Bodenbildung (Ah)</i>	-"	9.600-7.300
V	trocken (<i>Schuttdecken</i>)	-"	7.300-5.100
VI	feucht, <i>Bodenbildung (Ah)</i>	-"	5.100-4.500
VII	trocken (<i>Schuttdecken</i>)	-"	4.500-3.700
VIII	feucht, <i>Bodenbildung (Ah)</i>	-"	3.700-2.500
IX	trocken (<i>Schuttdecken</i>)	-"	2.500-1.800
X	feucht, <i>Bodenbildung (Ah/Bv)</i>	trocken, <i>schwache Bodenb. (Ah/Bv)</i>	<1.800

Tab. 4: Jungquartäre Schuttdecken-, Bodenbildungs- und Klimaphasen in der nordchilenischen Küstenkordillere (27-33°S).

Auf der Westabdachung kam es dagegen mehrfach zu einem Wechsel von Ah- und Schuttdeckenbildung. Hier konnten sich niederschlagsreiche Phasen (auch bei Starkniederschlägen) wegen der relativ dichten Vegetationsbedeckung sofort in einer entsprechenden Bodenbildung bemerkbar machen, wohingegen auf der Ostabdachung eine Zunahme der Starkniederschläge lediglich zu einer Intensivierung des Abtrags und nicht zu Bodenbildung geführt haben. Auffällig ist insgesamt eine starke Aridisierung am Übergang Pleistozän/Holozän, wo die spätglazialen Parabraunerden stark abgetragen wurden und in den Dünengebieten die tiefgründigen Trockenrisse entstanden sind. Läßt man die eventuell nur sehr kurzfristige Feuchtphase VI außer Betracht, so waren lange Zeiten des Holozäns arid und vor allem durch Abtragung der älteren Böden und Schuttdeckenbildung gekennzeichnet. Erst seit etwa 1800 Jahren haben sich die Niederschläge wieder soweit erhöht, daß es zu semistabilen Landschaftsoberflächen und schwacher Braunerdebildung kommt, die nun zunehmend anthropogen gestört wird.

Literatur

- FLORES, R. (1983): Pedogénesis de cuatro Aridisols en el secoano costero de la IV Región de Chile. - Univ. de Chile, Fac. Ciencias Agrar., Vet. y For., 61S., Santiago
- FUENZALIDA, H. (1951): Pedálferes en el Norte Chico y sus relaciones con relictos vegetacionales. - Inf. Geogr., 3/4: 62-64
- NUÑEZ, A.L., J. VARELA & R. CASAMIQUELA (1983): Ocupación paleoindio en Quereo: reconstrucción multidisciplinaria en el terretorio semi-árido de Chile (IV Región). - Univ. del Norte, Antofagasta, 131S.
- PASKOFF, R. (1970): Le Chili semi-aride. - 420S., Bordeaux
- VEIT, H. (1992): Jungquartäre Landschafts- und Bodenentwicklung im chilenischen Andenvorland zwischen 27-33°S. - Bonner Geogr. Abh. 85: 196-208
- VEIT, H. (1993): Upper Quaternary landscape and climate evolution in the Norte Chico (Northern Chile): An Overview. - Mountain Research and Development, 13(2): 203-209
- VILLAGRÁN, C. & J. VARELA (1990): Palynological evidence for increased aridity on the central Chilean coast during the Holocene. - Quat. Res., 34: 198-207

**Darstellung und Bewertung des Schutzgutes Boden in
der UVU für eine Bundeswasserstraße**

von

Weller, M.* , A. Eyrich** und H. Winiarski**

- Problemstellung:** Darstellung und Bewertung des Schutzgutes Boden in der UVU für den Ausbau des Mittellandkanals, km 250,0 bis 321,5
- Ergebnisse:** Erarbeitung einer Methodik für die Darstellung der bodenkundlichen Verhältnisse und für die Bewertung des Bodens als Schutzgut im Sinne der UVP
- Schlußfolgerungen:** 1) Empfehlungen für die Durchführung des Kanalausbaus
2) Ableitung einer bundesweit verbindlichen Methodik für die Darstellung der bodenkundlichen Verhältnisse an Bundeswasserstraßen

Für den Ausbau des Mittellandkanals ab Landesgrenze Sachsen-Anhalt bis zur Elbe wurde ein bodenkundliches Gutachten für die Bewertung des "Schutzgutes Boden" in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) erstellt.

Besonderes Gewicht wurde auf die unmittelbare Anwendbarkeit durch Nichtbodenkundler der mit der UVU befaßten Behörden gelegt. So wurde nach Möglichkeit mit Fünfer-Skalierungen gearbeitet; Beschreibungen wurden knapp gehalten, d.h. auf das Wesentliche beschränkt, und der Bearbeiter stand dem Anwender nach Fertigstellung des Gutachtens für Rückfragen zur Verfügung.

Die Kartendarstellung der Bodenformen wurde digitalisiert in Karten des Ertragspotentials sowie des Bodenschutzwertes umgesetzt.

Ausführung des Gutachtens

- Verwendete Unterlagen -

Es standen folgende Karten zur Verfügung:

- a) für sachsen-anhaltinisches Gebiet:
- Karte der Bodenformen 1:25.000 (Manuskriptkarte auf der Grundlage der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung und der Forstlichen Standortserkundung)
 - Karte der Bodenschätzung 1:10.000
 - Bodenkarte 1:10.000 für das Gebiet des Mtbl. Mieste (Regionalbearbeitung)
- b) für niedersächsisches Gebiet:
- Deutsche Grundkarte 1:5.000 (Bodenkarte auf der Grundlage der Bodenschätzung)
 - Bodenkundliche Standortkarte 1:200.000
- c) für den gesamten Untersuchungsraum:
- Geologische Karte 1:25.000

* Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle/Saale

** Bundesanstalt für Gewässerkunde, Außenstelle Berlin, Schnellerstr. 140, 12439 Berlin

- Aufbau des Gutachtens -

Das Gutachten besteht aus:

(1) Karte mit der Darstellung der Bodenverhältnisse im Untersuchungsraum

Für die Darstellung der Bodenverhältnisse wurde das Konzept der **Bodenformen** verwendet (nach *Arbeitsrichtlinie Bodengeologie*, Halle 1979). Das Bodenformen-Konzept verbindet Substratverhältnisse und Bodenentwicklung in einem Begriff bzw. einer Formel. Die Darstellung der Bodenverhältnisse wird dadurch sehr kompakt und übersichtlich.

(2) Legende zur Karte (mehreseitig)

Die Legende enthält neben der Formel jeder in der Karte ausgeschiedenen Bodenform deren Langbezeichnung, eine Kurzbeschreibung sowie die Angabe von Ertragspotential (auf der Grundlage der Bodenwertzahl) und ggf. Art und Stärke eines Grundwasser- bzw. Staunässeinflusses.

(3) Textband

Der Textband bietet ergänzende Informationen zur Kartendarstellung:

- allgemeine Anmerkungen zu den vorliegenden Bodenverhältnissen
 - Erläuterungen zu den einzelnen Böden, gegliedert in Kapitel nach Bodentypen; darin
 - Beschreibung der jedem Bodentyp zuzuordnenden Bodenformen:
 - Ertragspotential; Vernässung; Verbreitung
 - landschafts-/naturraumökologische Funktion:
 - (Wasser-)Durchlässigkeit
 - (Wasser-)Speichervermögen
 - Filtervermögen
 - Adsorptionsvermögen bzgl. Schadstoffen
 - Puffervermögen bzgl. Säureeintrag
- Die Zuordnung von Werten zu diesen Parametern erfolgt in der Skalierung:
- sehr gering -- gering -- mittel -- hoch -- sehr hoch
- Seltenheitswert
 - allgemeine Gefährdung
 - Einschätzung möglicher **Reaktionen des Bodens** auf beim Ausbau und Betrieb des Kanals eintretende Zustände bzw. Zustandsänderungen; hierbei werden insbesondere Änderungen der Wasserstandsverhältnisse und die Schadstoffproblematik betrachtet

**Anwendung des bodenkundlichen Gutachtens
durch den Auftraggeber**

(1) Bewertung der "Schutzwürdigkeit" der im Untersuchungsraum angetroffenen Bodenformen:

- Heranziehung folgender "wertbildender" Parameter:
 - Seltenheit des Vorkommens allgemein und im Untersuchungsraum
 - Repräsentanz für den betrachteten Naturraum
 - Ertragsfähigkeit
 - Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsänderungen
 - Einteilung in 5 "Schutzwertstufen":
- sehr gering -- gering -- mittel -- hoch -- sehr hoch
(1) (2) (3) (4) (5)

wobei die Stufe 5 den Boden als "unbedingt schützenswert" ausweist

- Erstellung einer Karte der Schutzwertstufen der einzelnen Bodeneinheiten
- Erläuterung der Schutzwert-Zuordnung im Text der UVU

(2) Zusammenstellung aller denkbaren Einwirkungen der Baumaßnahme auf die Böden; dabei

- Festlegung von "Beeinträchtigungsgraden" für alle technisch möglichen Varianten der baulichen Veränderungen; hier geht vor allem der Flächenverlust (durch endgültig oder zeitweilig entzogene Bodenflächen) als wichtiger Parameter ein

(3) Verflechtung der Beeinträchtigungsgrade mit den Bodenschutzwertstufen

==> Ableitung von "Stufen des ökologischen Risikos" (Risikostufen)

Abb. 1: Verflechtungsmatrix zur Ermittlung von Risikostufen

Wertstufe des Istzustandes	5	3	4	4	5	5
	4	2	3	3	4	5
	3	2	2	3	3	4
	2	1	2	2	3	3
	1	1	1	2	2	2
		1	2	3	4	5

Grad der Beeinträchtigung

(4) Erstellung einer "Risikoanalyse", in der die verschiedenen technisch möglichen Ausbau-Varianten einander gegenübergestellt werden (gegliedert nach Wasserstraßenabschnitten)

Abb. 2: Risikoanalyse: Variantengegenüberstellung (Ausschnitt)

Abschnitt km	Variante	Nordseite				Südseite			
		Wertstufe Ist- Zustand	Beeinträchtigung	Beeinträch- tigungs- grad	Risiko- stufe	Wertstufe Ist- Zustand	Beeinträchtigung	Beeinträch- tigungs- grad	Risiko- stufe
Planungs- abschnitt II 270,4 bis 283,1	Variante 1 T / Nord	4	Flächenverlust auf der Verbreiterungsseite	4	4	3	Flächenverlust auf der Nichtverbreiterungsseite	2	2
	Variante 2 KRT / Nord	4	Flächenverlust auf der Verbreiterungsseite	3	3	3	Flächenverlust auf der Nichtverbreiterungsseite	2	2
	Variante 3 T / Süd	4	Flächenverlust auf der Nichtverbreiterungsseite	2	3	3	Flächenverlust auf der Verbreiterungsseite	4	3

T = Ausbau im Trapezprofil -- Beeinträchtigungsgrad 4
 KRT = Ausbau im Kombinierten Rechteck-Trapezprofil -- Beeinträchtigungsgrad 3
 Nichtverbreiterungsseite: Anlage des Betriebsweges,
 Deckwerksregulierungen usw. -- Beeinträchtigungsgrad 2
 (Verzicht auf zweiten Betriebsweg)

(5) Festlegung der aus der Sicht des Bodenschutzes zu wählenden Ausbau-Variante für jeden Wasserstraßenabschnitt (= Variante mit der niedrigsten Risikostufe)

**Kartographische Umsetzung
der Kartenvorlage in die Anwenderkarten**

Rechnergestützte Umsetzung der Bodenformen-Karte in Karten des Ertragspotentials und der Schutzwertstufe. Die Datenerfassung und -aufbereitung erfolgte über das von der Hydrogeologie GmbH Nordhausen entwickelte System MISUR-MAP (Datenaustausch mit anderen Nutzersystemen -- AUTOCAD, ARC/INFO, SICAD -- über entsprechende Schnittstellen möglich). Die Kartenausgabe wurde über hochauflösenden Farbelektrostatplotter realisiert.

- (2) Zusammenstellung aller denkbaren Einwirkungen der Baumaßnahme auf die Böden; dabei
 – Festlegung von "Beeinträchtigungsgraden" für alle technisch möglichen Varianten der baulichen Veränderungen; hier geht vor allem der Flächenverlust (durch endgültig oder zeitweilig entzogene Bodenflächen) als wichtiger Parameter ein
- (3) Verflechtung der Beeinträchtigungsgrade mit den Bodenschutzwertstufen
 ==> Ableitung von "Stufen des ökologischen Risikos" (Risikostufen)

Abb. 1: Verflechtungsmatrix zur Ermittlung von Risikostufen

	5	3	4	4	5	5
Wertstufe	4	2	3	3	4	5
des	3	2	2	3	3	4
Istzustandes	2	1	2	2	3	3
	1	1	1	2	2	2
		1	2	3	4	5
		Grad der Beeinträchtigung				

- (4) Erstellung einer "Risikoanalyse", in der die verschiedenen technisch möglichen Ausbau-Varianten einander gegenübergestellt werden (gegliedert nach Wasserstraßenabschnitten)

Abb. 2: Risikoanalyse: Variantegegenüberstellung (Ausschnitt)

		Nordseite				Südseite			
Abschnitt km	Variante	Wertstufe Ist-Zustand	Beeinträchtigung	Beeinträchtigungsgrad	Risikostufe	Wertstufe Ist-Zustand	Beeinträchtigung	Beeinträchtigungsgrad	Risikostufe
Planungsabschnitt II 270,4 bis 283,1	Variante 1 T / Nord	4	Flächenverlust auf der Verbreiterungsseite	4	4	3	Flächenverlust auf der Nichtverbreiterungsseite	2	2
	Variante 2 KRT / Nord	4	Flächenverlust auf der Verbreiterungsseite	3	3	3	Flächenverlust auf der Nichtverbreiterungsseite	2	2
	Variante 3 T / Süd	4	Flächenverlust auf der Nichtverbreiterungsseite	2	3	3	Flächenverlust auf der Verbreiterungsseite	4	3

T = Ausbau im Trapezprofil -- Beeinträchtigungsgrad 4
 KRT = Ausbau im Kombinierten Rechteck-Trapezprofil -- Beeinträchtigungsgrad 3
 Nichtverbreiterungsseite: Anlage des Betriebsweges, Deckwerksregulierungen usw. -- Beeinträchtigungsgrad 2
 (Verzicht auf zweiten Betriebsweg)

- (5) Festlegung der aus der Sicht des Bodenschutzes zu wählenden Ausbau-Variante für jeden Wasserstraßenabschnitt (= Variante mit der niedrigsten Risikostufe)

**Kartographische Umsetzung
 der Kartenvorlage in die Anwenderkarten**

Rechnergestützte Umsetzung der Bodenformen-Karte in Karten des Ertragspotentials und der Schutzwertstufe. Die Datenerfassung und -aufbereitung erfolgte über das von der Hydrogeologie GmbH Nordhausen entwickelte System MISUR-MAP (Datenaustausch mit anderen Nutzersystemen -- AUTOCAD, ARC/INFO, SICAD -- über entsprechende Schnittstellen möglich). Die Kartenausgabe wurde über hochauflösenden Farbelektrostatplotter realisiert.

**El Tepetate - ein Fragi-/Duripan aus Vulkanasche-
böden - 2. Rekultivierung und Nutzung**

von

Werner, G. und J. Baumann

1. Einleitung

Die Böden einiger Bundesstaaten im Zentralen Hochland von Mexiko entstanden zu etwa 70% aus Vulkanaschen, die dazu neigen Verhärtungslagen, die Tepetaten, auszubilden. Durch Erosion freigelegte Tepetatehorizonte lassen sich mit üblichen Bearbeitungstechniken nicht mehr bewirtschaften und fallen daher aus der landwirtschaftlichen Produktion heraus.

2. Problemstellung

Es besteht aber im Zentralen Hochland von Mexiko -bedingt durch die Bevölkerungsexplosion- der Zwang, Produktionsflächen nicht nur zu erhalten, sondern auszuweiten. Da der Raubbau der tropischen Bergwälder die klimatische Höhengrenze von ca. 2800 m für den sicheren Maisanbau bereits weit überschritten hat, wird jetzt von Regierungsseite versucht, Tepetateflächen wieder für den Ackerbau zu nutzen. Unter dem Einsatz von Bulldozern werden diese Verhärtungslagen mit Untergrundlockerern aufgerissen und zu Terrassen geschoben. Die nachfolgende Bewirtschaftung solcher "rehabilitierter Böden" wird den Kleinbauern überlassen.

Da die Rekultivierung von Tepetateflächen betriebswirtschaftlich gesehen die Investition nicht rechtfertigt (Erträge von < 1,0 t /ha bei Getreide, einschl. Mais in den ersten 5 Jahren nach der Rekultivierung), haben wir in den letzten Jahren damit begonnen, in einem bilateral betriebenen Versuchsprogramm Rekultivierungsmaßnahmen im Bundesstaat Tlaxcala, Mexiko, zu begleiten, um die Gründe für die geringe Ertragslage herauszufinden.

2.1 Untersuchungsziel

Erarbeitung von Empfehlungen ("Rezepten") für Kleinbauern und Regierung zur nachhaltigen Rekultivierung von Tepetaten.

3. Material und Methoden

3.1 Untersuchungsgebiet und Datengrundlage

Tlaxcala (Fläche: 3916 km²; kleinster Bundesstaat der Republik Mexiko): Höhe NN: 2252 m; Jahresniederschl.: 772 mm; Jahrestemp. 15,4° C; 6 humide Monate (=Daten der Hauptstadt Tlaxcala, Tlax.)

Einwohner/km ²			Nutzfläche		Tepetaten in v.H. der Ackerfläche			
(1980)	(1990)	Zunahme %	Wald %	Ackerfl. %	pot.tepetatebild.	Tepetate café	Tepetate grau	Σ Tepetate
142	194	37,9	15,0	71,9	56,0	16,4	4,9	21,3

Tab.1: Höhe, Klimadaten, Bevölkerungsdichte und Flächenverteilung im Staat Tlaxcala, Mexiko

*) Wissenschaftliches Zentrum Tropeninstitut; Justus-Liebig-Universität-Gießen; Schottstr. 2; 35390 Gießen

3.2 Rekultivierung und Anbau

Durch Erosion freigelegte Tepetateflächen werden mit Bulldozern und Untergrundlockerern bis zu etwa 50 cm Tiefe aufgerissen (Regierungsprogramm in Tlaxcala: 3.574 ha in 5 Jahren). Die aufgerissenen Flächen werden mit dem Planierschild zu Terrassen umgestaltet (Länge u. Breite variabel, richtet sich nach der Hangneigung). Bearbeitungs-, Anbau- und Düngungsempfehlungen für die neu angelegten Terrassen werden nicht gegeben. Unmittelbar nach der Rekultivierung wird von den Kleinbauern Getreide, i.d.R. das Grundnahrungsmittel Mais, angebaut.

3.3 Untersuchungen

Als Beispiel wird ein Standort im Staat Tlaxcala vorgestellt, an dem u.a. folgende Untersuchungen durchgeführt wurden: TLALPAN (Mun. Hueyotlipan); Boden: Vertic Cambisol (duric phase)(FAO)/Eutric Ustrosept (mit "vertic" Eigenschaften und Duripan-Subhorizonte) (SOIL TAX.); Fragi-/Duripan (=Tepetate) durch Erosion teilweise an der Oberfläche.

- a) chem. Untersuchungen: pH, C, P(BRAY-1), austauschbare Kationen, KAK, BS; Min.Komp.
- b) physikal. Untersuchungen: Textur, Dichte, Porenverteilung, kf (GULPH-Permeameter, SOILMOISTURE,USA), Eindringwiderstand (SOILTEST,USA), Niederschläge, Abfluß und Abtrag (WISCHMEIER-Parzellen).

Das Standardprofil Tlalpan (Tab.2) zeigt Kennwerte eines Vertic Cambisols, der häufig bis zum tepetatebildenden Subhorizont (2C2m) oder zu noch tieferen Horizonten (jeweils mit "m" bezeichnet) erodiert ist. Alle anderen Untersuchungen wurden auf rekultivierten Tepetateflächen (ICR) durchgeführt; als Vergleich dienten Daten, die in unmittelbarer Nähe an noch nicht rekultivierten, durch Erosion freigelegten Tepetatehorizonten (TC) ermittelt wurden.

Kennwerte des Standardprofils Tlalpan: Vertic Cambisol; tepetatebildend (duric phase)																						
Soil Taxonomy: Eutric Ustrosept (mit "vertic"-Eigenschaften im B-Horizont und "Duripan"-Subhorizonte)																						
Lage: Zentrales Hochland von Mexiko; Staat Tlaxcala; Block von Tlaxcala; Municipio Hueyotlipan, Col. Santiago Tlalpan																						
Koordinaten: 98°14'07" westl.Länge; 19°28'08" nördl. Breite																						
Höhe ü. NN: 2.650 m; Exp.:S; incl.:5,5 %																						
Klima: semihumid.; Jahresmittel: ca. 869 mm Niederschlag (Regenzeit: Mai-Okt.); ca. 15° C Temp.																						
Vegetation/Nutzung: Extensivweide m. Juniperus bzw. Ackerland																						
Tlalpan: Standardprofil		Porengrößen in µm																				
Horizont	Tiefe	Sand	Schluff	Ton	pH H2O	pH KCl	K	Na	Ca	Mg	ClC	SS%	Da	GPV	> 120	120 bis 80	80 bis 50	50 bis 30	30 bis 10	10 bis 0,2	<0,2	
A1	0-15	55,5	24,0	20,5	6,4	5,4	0,5	0,1	4,0	3,0	10,0	76,0	1,2	53,0	11,2	4,8	3,1	2,1	17,4	14,4		
A2	15-45	54,2	23,3	20,5	6,8	5,6	0,6	0,1	3,6	3,1	9,2	80,4	1,2	52,6	12,2	4,5	2,8	2,9	15,0	15,2		
B ₁	45-70	19,0	44,5	36,5	7,1	5,7	1,9	0,5	10,0	8,0	25,6	79,5	1,3	48,6	5,0	1,1	1,2	1,6	12,3	27,4		
2C1	70-130	28,0	49,5	22,5	8,3	5,7	1,9	0,5	8,3	6,5	19,6	87,5	1,4	44,3	5,2	1,1	1,0	2,0	7,0	28,0		
2C2m	130-170	37,5	41,5	21,0	6,2	6,8	1,7	0,4	6,8	5,5	18,6	92,0	1,6	38,5	1,2	0,7	0,9	1,8	19,7	14,2		
2B ₁	170-260	24,0	47,0	29,0	8,1	6,7	2,2	0,6	9,5	6,7	24,0	87,3										
3B1m	260-295	50,1	35,3	14,6	8,0	6,5	2,1	0,5	8,8	8,0	20,8	92,8										
3B2m	295-325	36,0	50,3	13,7	8,1	6,4	2,0	0,5	8,3	7,8	20,6	88,7										
3B3m	325-340	34,0	43,3	22,7	8,1	6,4	2,3	0,5	9,0	8,0	21,2	93,4										
4B	340+	37,0	36,2	26,8	7,9	6,3	2,5	0,5	9,0	8,5	21,6	95,0										

Mineralkomponenten

Horizont	Tiefe	No	Augite	Hyp.	Horn	Resultat d. Röntgenunters. (untersuchte Proben):
A1	0-15	1	5,0		55	30
A2	15-45	2	4,0		42	48
B ₁	45-70	3	+		37	60
2C1	70-130	4	2,0		40	55
2C2m	130-170	5	3,0		37	60
2B ₁	170-260	6	+		29	71
3B1m	260-295	7	+		31	68
3B2m	295-325	8	+		5	94
3B3m	325-340	9			14	86
4B	340+	10	1,0		18,0	79

Tab.2: Kennwerte des Standardprofils "Tlalpan"

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Chemische Eigenschaften

Tepetaten und frisch rekultivierte Tepetaten unterscheiden sich kaum in ihren chemischen Eigenschaften. Gemeinsam ist ihnen der relativ hohe Gehalt an K (alte Vulkanaschen), der pH-Wert um den Neutralpunkt, das Fehlen organischen Materials und damit ein N-Defizit, das bei der

Bewirtschaftung der rekultivierten Tepetaten ausgeglichen werden muß. Ebenfalls mit der Düngung müssen die sehr geringen Werte für verfügbares P erhöht werden. Austauschkapazität und Basensättigung bereiten einer landwirtschaftlichen Nutzung keine Probleme.

4.2 Physikalische Eigenschaften

4.2.1 Porosität

Bedingt durch das Aufreißen der Tepetaten mit dem Untergrundlockerer ändert sich das Gesamtporenvolumen und die Verteilung der Porenbereiche. Das GPV erhöht sich um ca. 15-20% v.a. zugunsten der Grobporen. Hier wird v.a. der Sekundärporenbereich > 120 µm deutlich erhöht, bzw. es werden erst durch die Lockerung Sekundärporen geschaffen. Ihr Anteil erreicht teils 25% und da sich der Feinporenanteil kaum verändert, finden wir eine gewisse Verminderung des Mittelporenanteils. Eine Rekompaktierung mit schweren Bearbeitungsgeräten ist nötig, um die aufgerissenen Tepetateschollen zu zerkleinern und das Hohlraumvolumen zu Gunsten der Mittelporen zu vermindern. Bei Untersuchungen an rekultivierten Tepetaten (TCR), die vor 5 bzw. 7 Jahren zu Ackerterrassen umgestaltet wurden, fanden wir mittlere GP-Werte von 10-15%.

4.2.2 Penetrationswiderstand:

Fast 400 Messungen am Standort Tlalpan zeigen die Heterogenität und Variabilität der Lockerungsmaßnahmen in unterschiedlichen Meßtiefen auf: Die Werte streuen von < 1,0 kp/cm² bis ca. 800 kp/cm² auf den Parzellen (TCR) in den Tiefen 15-30 cm. Median-Werte liegen bei ca 15 kp/cm² in 15 cm Tiefe und nehmen bis 60 cm Tiefe um das Zehnfache zu. In Meßtiefen von 75 cm und 90 cm sind die Werte nicht gesichert. Auf den nicht rekultivierten Tepetaten konnten wir die früheren Angaben von MIEHLICH (1978) mit bis zu 800 kp/cm² bestätigen.

4.2.3 Permeabilität

Die möglicherweise vor der Si-Verlagerung vorhandene Porenkontinuität der wenigen Grobporen in Tepetaten (TC) wurde durch die Einwanderung von SiO₂, Ton und Fe-Oxiden bei der Bodengese und bei nachfolgender Freilegung dieser Unterbodenhorizonte durch die irreversible Verhärtung des Si unterbrochen. Die Poren sind versiegelt [HERMANN (in: BAUMANN et al., 1992)]. Das wird sowohl durch die Untersuchungen der Abflußraten (vergl. Kap.4.2.4) als auch durch die Permeabilitätsmessungen bestätigt. Die Permeabilität liegt bei Tepetaten (TC) selten bei kf-Werten von >1 cm/d. Anders dagegen bei den rekultivierten Tepetaten (TCR): Bedingt durch die Heterogenität der Rigol-Horizonte streuten die Meßwerte in 0-15 cm Tiefe von 1,7 bis >6000 cm/d; überwiegend lagen sie bei >100 cm/d und sind damit als "sehr hoch" zu bezeichnen. Allerdings ergaben die Messungen gegen Ende der Regenzeit 1992 und drei Jahre nach der Rekultivierung in 30 cm Tiefe mittlere Werte von nur etwa 10 cm/d. Wir führen diese Werte auf Verschlämmungen des schluffreichen Materials während der häufigen Starkregen zurück.

Art	pH	org. Mat. %	N _t %	P(ppm) (BRAY)	K (me)
Tepetate TC	6 - > 8	< 0,1	< 0,1	< 1,5	> 1
Tep. rek. TCR	6 - > 8	0,1 - < 1,0	< 0,1	< 10	> 1
"Boden"/Acker	+/- 6	> 2	> 0,1	< 15	+/- 0,5

Art	da g/cm ³	GPV %	∑ GP > 10 µm	Penetr. kg/cm ²	kf cm/d Oberb.	∑.Abfluß in % Nieder- schläge	∑ Abtrag t/ha/J.
Tepetate TC (o.Vegetation)	1,46-1,64	38-45	< 10	> 800	bis ca. 1	bis ca. 68	+/- 50
Tep. rek. TCR (o.Vegetation)	< 1,20	> 50	> 20	< 1 bis > 800	1 bis > 6000	bis ca.44*	+/- 130
"Boden"/Acker (o.Vegetation)	> 1,30	> 50	> 10	< 10	bis > 1000	bis ca. 30	< 50

Tab. 3: Vergleichswerte von Tepetaten, rekultivierten Tepetaten und "Boden" (= Vertic Cambisol)

4.2.4 Niederschläge, Abfluß und Abtrag

Die Erwartungen, daß sich bei gleichen Niederschlagsmengen und -intensitäten bezüglich Abfluß- und Abtragsraten die rekultivierten Tepetaten (TCR) deutlich von den Tepetaten (TC) unterscheiden, wurden erfüllt. Bedingt durch die künstlich geschaffenen Grobporen in TCR, infiltrieren die Niederschläge leichter und laufen weniger schnell ab (alle genannten Werte beziehen sich auf Flächen ohne Vegetation). Während auf Tepetaten (TC) im Mittel nahezu 70 % der Niederschläge auf der Oberfläche ablaufen, konnten wir auf den rekultivierten Varianten bei Einzelereignissen hoher Intensitäten immerhin noch bis zu 44% auffangen (Tab. 3).

Interessanter für den Landwirt sind die tatsächlichen Abträge, bei denen mit dem Bodenmaterial auch Dünger und die geringe organische Substanz verloren gehen. Die Tepetaten (TC) sind im Vergleich zu grauen Tepetatehorizonten relativ erosionsanfällig. Die mittleren Abtragswerte liegen bei ca. 50 t/ha/J.; auf rekultivierten Flächen (TCR) wurden im Mittel ca. 130 t/ha/J. gemessen mit Einzelereignissen von > 23 t/ha, während im relativ sandigen Oberboden im Bereich des Standardprofils "Vertic Cambisol" der Wert von 50 t/ha/J. nicht erreicht wurde. Das zeigt deutlich, daß durch die Rekultivierung die Bodenerosion auf diesen Flächen geradezu provoziert wird, wenn sie ohne schützende Vegetation belassen und "nicht richtig" bearbeitet werden. Eine Verminderung dieser beiden Faktoren nach der ABAG ist daher unbedingt erforderlich.

5. Vorläufige Empfehlungen

Nach den Ergebnissen der ersten Untersuchungen in den vergangenen drei Regenzeiten empfehlen wir vorläufig folgende Maßnahmen:

- a) Lockerungstiefe auf mindestens 70 cm vertiefen zur Erhöhung der Speicherkapazität bei starken Niederschlägen
- b) Bau von ebenen oder gegen den Hang einfallenden Terrassen mit Abflußgräben, um Überschußwasser abzuführen (Verminderung der Rinnenerosion bei Starkregen)
- c) Verringerung der großen Hohlräume durch Rekompaktierung (Verminderung des Grobporen-, Erhöhung des Mittelporenanteils und damit Erhöhung der nutzbaren Wasserkapazität des durchwurzelbaren Bodenraumes)
- d) Einbringen von organischem Material (Stallmist, Kompost, Gründüngung) in den Boden
- e) Anbauempfehlung: Leguminosen unmittelbar nach der Rekultivierung; danach erst Hafer, Gerste oder Weizen; Maisanbau erst nach ca. 5 Jahren nach der Rekultivierung
- f) Erarbeitung von Düngeempfehlungen, entsprechend der Bodenuntersuchungen
- g) Regelmäßige Beratung der Kleinbauern bis zu 7 Jahren nach der Rekultivierung

6. Schlußfolgerungen

Rekultivierungsmaßnahmen von Tepetateflächen sind technisch durchführbar, jedoch betriebswirtschaftlich bei Anbau von Kulturen unter Regenfeldbau unrentabel. Unter Berücksichtigung der sozial-politischen Aspekte (einerseits Überbevölkerung, andererseits Landflucht) sind Rekultivierungsmaßnahmen auf diesen Flächen zu rechtfertigen, um Arbeitsplätze in marginalen Regionen zu erhalten. Wenn daher Tepetateflächen mit dem Ziel einer ackerbaulichen Nutzung rekultiviert werden, so sollten wenigstens die o.g. Empfehlungen beachtet werden.

Literatur:

BAUMANN, J., HERMANN, R. u. G. WERNER (1992): Untersuchungen verhärteter Vulkanascheböden in den Becken von Mexiko und Tlaxcala (Subprojekt Tlaxcala). Bericht an die Kommission der EG (unveröffentlicht).

MIELICH, G. (1978): Eigenschaften und Genese von Verhärtungslagen in Zentralmexiko (Tepetate). Münster. Forschgn. Geol. Paläont., 44/45: 27-41, Münster

WERNER, G. (1992): Suelos volcánicos endurecidos (Tepetates) en el Estado de Tlaxcala: Distribución, Rehabilitación, Manejo y Conservación. Terra, 10: 218 - 231; México,D.F.

Ein Schätzrahmen für quantitative Bodenfeuchtere-
gimes

von

Zepp, H.

Seit langem gibt es von der Geobotanik und von der Boden- und Standortkunde entwickel-
te Konzepte zu **ökologischen Feuchtestufen** (bzw. verwandte Begriffe). Die Einstufung
erfolgt nach feldbodenkundlichen Kriterien oder/und Zeigereigenschaften von Einzel-
pflanzen oder Pflanzengesellschaften. Da die verwendeten Bezeichnungen (feucht, frisch
usw.) qualitativer Natur sind und die Begriffsinhalte nur innerhalb einzelner Wuchsräume
gelten, ist die allgemeine Anwendbarkeit eingeschränkt. Dagegen bilden quantitativ formu-
lierte Bodenfeuchtere-gimes eine nachvollziehbare Basis für räumliche Vergleiche und
weitergehende ökologische Bewertungen.

Neben dem **Hydrodynamischen Grundtyp** (Tab. 1), ergänzt um Kennwerte wie z.B. nFKWe
(nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum) und Grundwasserflurabstand dient das **Boden-
feuchtere-gime** zur Charakterisierung der Bodenwasserdynamik im Hinblick auf das Pflanzen-
wachstum und das hydrochemische Milieu. Das Bodenfeuchtere-gime (BFR) wird definiert
als die zeitlich wechselnde Bindungsintensität des Bodenwassers (= Wasserspannung, Saug-
spannung, Matrixpotential) im Wurzelraum.

Gemessene Wasserspannungen aus dem Ober- und dem Unterboden werden klassifiziert
(Feuchteverteilungsklassen). Dies geschieht entsprechend der Häufigkeitsanteile boden-
feuchter und (boden-)trockener Zustände nach ZEPP (1991). Die Feuchteverteilungsklas-
sen entsprechen exemplarischen, mittleren, kumulativen Häufigkeitsverteilungen der
Wasserspannung (Abb. 1), deren Beziehungen untereinander im dimensionslosen Feuchte-
dreieck veranschaulicht sind (Abb. 1, vgl. auch Tab. 2).

Der quantitative **Bodenfeuchtere-gime-Typ** wird als Kombination der Feuchteverteilungsklas-
sen von Ober- und Unterboden (30 und 90 cm Tiefe) angegeben: z.B. mäßig frisch über
feucht (kurz: mFR/F).

Tab. 1: Hydrodynamische Grundtypen:

- * Sickerwasser-(Perkolations-)Typ
- * Grundwasser-Typ
- * Grundwasser- und Überflutungs-Typ
- * Stauwasser-Typ
- * Grund- und Stauwasser-Typ
- * Hangwasser-Typ

¹⁾ Geogr. Institut, Universität Bonn, Meckenheimer Allee 166, D-53115 Bonn

Tab. 2: Erläuterung der Feuchteverteilungsklassen

N	naß; permanent naß oder wassergesättigt
NsF	naß bis sehr feucht
F	feucht; überwiegend feucht, zeitweise naß oder sehr feucht
Fw	feucht; überwiegend feucht, zeitweise naß oder sehr feucht, kurzfristig trockener
FmF	überwiegend feucht bis mäßig feucht, selten sehr feucht, selten frisch
FRw	überwiegend frisch, mäßig frisch und mäßig feucht; zeitweise sehr feucht oder naß
mFRw	überwiegend mäßig frisch, zeitweise feucht bis sehr feucht; kurzfristig trocken
mFR	überwiegend mäßig frisch, zeitweise frisch bis feucht
mFRTw	überwiegend mäßig frisch und trocken, zeitweise sehr feucht bis frisch
mFRT	überwiegend mäßig frisch und trocken, kurzfristig mäßig feucht

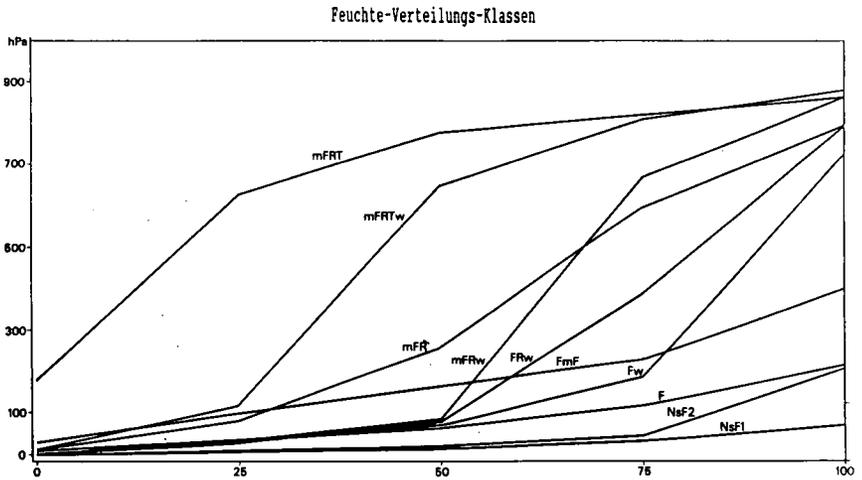


Abb. 1: Mittlere Summenkurven der Wasserdampfdruck für Feuchteverteilungsklassen

Tab. 3: Schätzrahmen: Bodenfeuchteregimes für grundwasserferne, stauwasserfreie Ackerböden einheitlicher Textur in Abhängigkeit von der Klimatischen Wasserbilanz

Bodenart	Feuchteverteilungsklassen												Porengrößen- Kennwerte (mm im W_{eff}) nFK=54 LK=144 TW=18
	in 30 cm Tiefe						in 90 cm Tiefe						
fein- sandiger Mittelsand	mFRTw	mFRTw	mFRTw	mFRTw	mFRTw	mFR2	mFR1	mFR1	FmF	FmF	FmF	FmF	nFK=54 LK=144 TW=18
schluffi- ger Sand	mFRTw	mFRTw	mFRTw	mFRTw	mFR2	mFR2	FmF	FmF	FmF	FmF	FmF	FmF	nFK=126 LK=119 TW=42
lehmiger Sand	mFRTw	mFRTw	mFRTw	mFR2	mFR2	mFR2	mFR1	mFR1	FmF	FmF	FmF	FmF	nFK=136 LK=80 TW=80
Schluff	mFRTw	mFRTw	mFRTw	mFR2	mFR2	mFR2	FmF	FmF	FmF	FmF	FmF	FmF	nFK=250 LK=100 TW=90
sandiger Lehm	mFR2	mFR2	mFR1	mFR1	FmF	Fw	mFR1	mFR1	mFR1	FmF	FmF	FmF	nFK=170 LK=100 TW=160.
lehmiger Schluff	mFR2	mFR2	mFR1	mFR1	FmF	F	FmF	FmF	FmF	FmF	FmF	FmF	nFK=264 LK=77 TW=143
schluffi- ger Lehm	mFR2	mFR2	mFR1	mFR1	FmF	Fw	mFR1	mFR1	mFR1	mFR1	FmF	FmF	nFK=209 LK=99 TW=187
	-250	-150	-50	+50	150	250	-250	-150	-50	+50	150	250	
	Klimatische Wasserbilanz in mm												

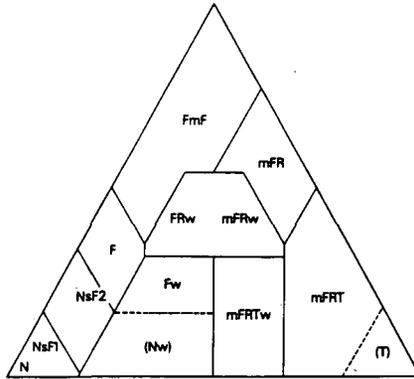


Abb. 2: Dreiecksdiagramm zur konzeptionellen Veranschaulichung der Beziehungen der Feuchteverteilungsklassen untereinander

Da flächendeckende, langjährige Wasserspannungsmessreihen unmöglich für alle Ökotoptypen eines Bearbeitungsraumes bereitgestellt werden können, muß in der Regel auf **Schätzrahmen** (beispielhaft: Tab. 3) zurückgegriffen werden. Diese beruhen auf der statistischen Analyse zahlreicher Tensiometer-Messreihen (Regressions- und Simulationsrechnungen, ZEPP 1992). Um einen Schätzrahmen für vielfältige mitteleuropäische Standardsituationen aufzustellen, sind die quantitativ gesicherten Einstufungen nach feldbodenkundlichen Erfahrungen extrapoliert worden. Zukünftige Verbesserungen sind daher zu erwarten.

Bisher sind Schätzrahmen für folgende Situationen erarbeitet:

- Acker: * grundwasserferne und stauwasserfreie Böden (Sand, Lehm, Schluff)
- * grundwassernahe Böden (Sand, Lehm, Schluff)
- * Stauwasser-Pseudogleye ohne bindigen Sd-Horizont (tL, IT, sT, T)
- * aus homogenen Schluffen und schluffigen Lehmen
- * exemplarische Stauwasser-Pseudogleye mit bindigem Sd-Horizont
- Grünland: * grundwasserferne und stauwasserfreie Böden (Sand, Lehm, Schluff)
- * grundwassernahe Böden
- Wald: * grundwassernahe Sande

Literatur:

Zepp, H. (1991): Eine quantitative, landschaftsökologisch begründete Klassifikation von Bodenfeuchtere-gime-Typen für Mitteleuropa. - Erdkunde 45, 1-17

Zepp, H. (1992): Klassifikation und Regionalisierung von Bodenfeuchtere-gime-Typen. - Habil.-Schrift Math.-Nat. Fak., Univ. Bonn 279 S. (in Druckvorbereitung: Gebr. Borntraeger, Stuttgart, Schriftenreihe Relief, Boden, Paläoklima)

KOMMISSION VI

Statusbericht der Kommission VI - Bodentechnologie

von

Frede, H.-G.

"Die Aufgaben der Kommission VI lassen sich aus dem Begriff der Technologie (ingenieurmäßige Methodik und Verfahrenstechnik zur Umwandlung eines Rohstoffs in ein gebrauchsfertiges Produkt) ableiten. Bodentechnologie zielt somit ganz allgemein auf eine Bodenverbesserung. Auf der Basis von Ergebnissen der Grundlagenforschung (s. Kommission 1) sollen Bodeneigenschaften verändert und Prozesse gelenkt werden, um zu einem optimalen Pflanzenstandort zu kommen. Dieses erfolgt durch verschiedene Meliorationsformen: Hydromelioration, Gefügemelioration. ..."

Soweit ein Zitat aus dem Memorandum Bodenkunde aus dem Jahr 1979. Wird diese Aufgabenbeschreibung für die Tätigkeit der Kommission zugrunde gelegt, so muß für die vergangenen vier Jahre, die ich hier einer Bilanz unterziehen möchte, eindeutig festgestellt werden: diese Aufgabe wurde nicht erfüllt. Die Kommission VI hat sich eindeutig anderen Aufgaben zugewandt. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der zu diskutierenden Satzungsänderung ist es deshalb sinnvoll, die tatsächlich geleistete Arbeit der letzten 4 Jahre kritisch zu analysieren.

Die Kommission VI war nicht untätig. Neben der vollen Ausschöpfung ihres Vortragskontingentes auf den Jahresversammlungen in Münster, Bayreuth und Kiel und der Präsentation einer Vielzahl von Postern hat sie drei Kommissionssitzungen durchgeführt:

26./27.9. 1988 in Gießen: "Ordnungsgemäße Landwirtschaft in Wassereinzugsgebieten"

Institut für Landeskultur, Senckenbergstr. 3, 35390 Gießen

21./22.2.1991 in Gießen: "Organische Fremdstoffe in Böden"
(gemeinsam mit Komm. II und III)

8./9.9.1992 in Rotenburg/F.: "Bodennutzung in Wasserschutz-
gebieten"

Die Sitzungen wurden zum Teil unter Mitarbeit der AGs "Bodennutzung in Wasserschutzgebieten", "Bodenerosion" und "Bodenschutz" durchgeführt.

Die Sitzungen waren ausnahmslos sehr gut besucht. Allein die letzte Sitzung in Rotenburg hatte eine Teilnehmerzahl von 240 zahlenden (!) Personen, von denen ca. 80 an der Exkursion am zweiten Tag teilnahmen. Die Teilnehmerzahl macht deutlich, daß die Kommissionssitzungen ihren ursprünglichen Charakter verloren haben. Sie sind im Grunde bereits kleine Tagungen - verbunden mit dem entsprechenden Aufwand. Bei 28 Vorträgen und ca. 10 Postern ist eine ausführlichere Diskussion, die auf den Jahrestagungen bereits seit langem nicht mehr möglich ist, auch auf den Kommissionssitzungen unmöglich geworden.

Es ist die Frage zu stellen, wo der Erfahrungsaustausch in der Bodenkundlichen Gesellschaft überhaupt noch Platz hat. In den AGs wird diese Möglichkeit auch immer stärker eingeschränkt. In der letzten Sitzung der AG "Bodennutzung in Wasserschutz- und schongebieten" wurden bei einer Teilnehmerzahl von ca. 100 Personen die Grenzen der Diskussionsmöglichkeit auf dieser Arbeitsebene ebenfalls aufgezeigt.

Ich darf auf die eingangs getroffene Feststellung, daß die Kommission VI ihre ursprünglichen Aufgaben nicht mehr wahrnimmt, zurückkommen und die tatsächlichen Schwerpunkte ihrer Arbeit kurz umreißen. Dazu möchte ich die Vorträge und Posterbeiträge der Jahrestagungen Münster, Bayreuth und Kiel kurz analysieren (s. Tabelle).

Ohne näher auf die Inhalte der Vorträge und Poster einzugehen, möchte ich doch noch auf eine - aus meiner Sicht - sehr erfreuliche Entwicklung hinweisen: Die Arbeiten in der Kommission VI waren in der Vergangenheit sehr stark von empirischen Forschungsansätzen geprägt. Gemeint ist damit die Beobachtung eines Phänomens, die Durchführung einer Verbesserungsmaßnahme und schließlich die Kontrolle und Beobachtung, ob die Maßnahme erfolgreich war. In zunehmendem Maße finden sich aber auch in der Kommission VI Arbeitsrichtungen, die auf ein

grundlegendes Verständnis der Prozesse ausgerichtet sind. Eine ganze Reihe von Arbeiten in der Erosionsforschung bieten hierfür ein gutes Beispiel. Eine Ausweitung dieser Arbeitsrichtungen ist wünschenswert.

Anzahl Poster/Vorträge in der Kommission VI auf den Jahrestagungen in Münster, Bayreuth und Kiel:

Thema	Tagung			
	Münster	Bayreuth	Kiel	
Stoffhaushalt/ Gewässerbelastung	9	24	16	(34 %)
Erosion/Wasser/Wind	9	5	11	(23 %)
Bodenbewertung/Anwen- dungskarten/GIS	2	3	8	(17 %)
Bodenbearbeitungssysteme/ Erosion	2	1	4	(9 %)
Renaturierung	1	2	3	(6 %)
· u. a. · · ·				
Melioration/ Rekultivierung	3	4	2	(4 %)

Wie oben bereits dargestellt, liegt der Schwerpunkt der Arbeiten in der Kommission auf dem Gebiet des Stoffhaushaltes und der Gewässerbelastung. In diesem Schwerpunkt wiederum befassen sich die meisten Arbeiten mit Problemen in Wasserschutzgebieten. Das ist verständlich, da hier durch die Gesetzgebung wie die Trinkwasser-VO und das Wasserhaushaltsgesetz ein entsprechender Handlungsbedarf vorgegeben ist und auch entsprechende Mittel zur Verfügung gestellt werden (in letzter Zeit vornehmlich von kommunalen Auftraggebern). Auf der anderen Seite hat die Gesellschaft auch selbst diese Richtung dadurch vorgegeben, daß sie vor langer Zeit eine Arbeitsgruppe ins Leben gerufen hat, die sehr aktiv war und sich ausschließlich mit dieser Thematik befaßt: die Arbeitsgruppe "Bodennutzung in Wasserschutz- und Schongebieten". Die Bodenkundliche Gesellschaft als wissenschaftliche Vereinigung sollte sich jedoch auch fragen, ob es nicht sinnvoll ist, die Arbeitsrichtung in dieser AG zukünftig auszuweiten. Ich möchte dieses begründen: Die großen Probleme der Gewässerbelastung - Gewässer hier gemeint als Summe aller Gewässerformen

inkl. der küstennahen Meere - lassen sich durch die isolierte Betrachtung ausgewählter Gebiete wie den Wasserschutzgebieten nicht lösen. Lösungsstrategien für diese Gebiete bieten oftmals nicht einmal anteilige Lösungen, die den jeweiligen Flächenanteilen von Wasserschutzgebieten entsprechen, da durchaus die Gefahr besteht, daß Probleme aus den Schutzgebieten heraus in andere Regionen verlagert werden. Auf der anderen Seite lassen sich die für Schutzgebiete entwickelten Strategien nicht großflächig umsetzen. Administrative, logistische, überwachungstechnische und finanzielle Gründe sprechen dagegen.

Grundsätzlich besteht bei der derzeitigen Vorgehensweise die Gefahr einer Zweiklassenlandnutzung. Sinnvoll wäre es dagegen, wenn die AG sich den allgemeinen Problemen einer ordnungsgemäßen Bodennutzung und den Wechselwirkungen zu den Gewässern zuwenden würde. Damit soll nicht die erfolgreiche Arbeit der AG in den vergangenen Jahren in Frage gestellt werden. Diese hat sich u.a. in dem stark nachgefragten Strategiepapier niedergeschlagen. Es soll vielmehr eine stärkere Ausrichtung auf die globalen Probleme und eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem z.Z. intensiv diskutierten §1a des Wasserhaushaltsgesetzes erreicht werden. Danach sind die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushaltes so zu bewirtschaften, daß sie dem Wohl der Allgemeinheit dienen ... und daß jede vermeidbare Beeinträchtigung unterbleibt. Es ist unbestritten, daß dem Boden bei der Erreichung dieses Zieles entscheidende Bedeutung zukommt.

Bei der Aufzählung des Arbeitsschwerpunktes "Stoffhaushalt und Gewässerbelastung" soll nicht unerwähnt bleiben, daß eine gewisse Ernüchterung in dieser Arbeitsrichtung eingetreten ist. Trotz eindeutiger Schwerpunktsetzung in der Kommission und der Zusammenführung des gesammelten Sachverständes der DBG zu diesem Problem in dem Strategiepapier läßt die Umsetzung in den einzelnen Bundesländern deutlich zu wünschen übrig, wie eine Umfrage bei uns ergeben hat. Ich führe dieses darauf zurück, daß uns als wissenschaftlicher Gesellschaft im Gegensatz zu Verbänden die Darstellungsmöglichkeit nach außen fehlt.

Insgesamt kann jedoch festgestellt werden, daß die Kommission VI in den vergangenen Jahren, gemeinsam mit den Arbeitsgruppen "Erosion" und "Bodennutzung in Wasserschutz- und Schongebieten", eine sehr aktive Arbeit geleistet hat. In der Arbeitsrichtung ist ein deutlicher Wandel eingetreten: Die ursprüngliche Ausrichtung der Kommission mit dem Schwerpunkt bodentechnologischer Fragen hat sich eindeutig gewandelt.

Beitrag der N-Belastung von landwirtschaftlichen Flächen zur Bewertung und Optimierung des N-Haushaltes von Agrar-Ökotoxen in Wasserschutzgebieten (WSG)

von

Antony, F., R. Hasselbauer und B. Meyer

1 Erweiterte Methodik der regionalen Datenerfassung von N-Bilanzen

In der Fallstudie "Hameln-Süd" werden vor der eigentlichen N-Bilanzrechnung umfangreiche methodische Arbeiten zur Verbesserung der regionalen Datenerfassung durchgeführt. Hauptziel ist die Gewährleistung einer möglichst hohen Datenqualität in der Produktmengen- und N-Gehalts-Erfassung der Bilanzglieder für die Betriebs-, Stall- und Flächen- bzw. Einzelschlag-Bilanzen. Die Vorgehensweise bei der Datenerfassung (Untersuchungsprogramm) und Teile ihrer methodischen Ergebnisse sind ebenso wie die Ergebnisse 3-jährig flächendeckender Herbst-Nmin-Programme bereits mitgeteilt (ANTONY et al., 1992).

Mit nachprüfbaren Datenherkünften bei Landwirtschaft und Landhandel (als wichtigste Schnittstelle zwischen Einzelbetrieb und Markt) ist über die Methode der ERHEBUNG ein hohes Erfassungspotential erreichbar. Die Produktmengen der Glieder der Betriebsbilanz sind jahresbezogen über den "Naturalbericht" der ldw. Buchführung vollständig und exakt zu erfassen. Die primäre Datenbasis der Flächenbilanz - als Bilanztyp mit höchster Flächen-Disproportionierung der N-Überschüsse - ist dagegen qualitativ minderwertiger. Die wichtigsten Bilanzglieder können aber gegenüber der Betriebsbilanz-Erhebung mittels PLAUSIBILITÄTS-KONTROLLEN korrigiert, d.h. in ihrer Datengüte deutlich verbessert werden: Das bei der Flächenbilanz primär erhobene Wirtschaftsdünger-N wird gegenüber dem für Viehhetriebe über die Stallbilanz berechneten potentiellen Wirtschaftsdünger-N-Anfall abgeglichen. Vor seiner endgültigen Bewertung in der Flächenbilanz ist das Ergebnis der Stallbilanz selbst gegen weitere Methoden der Wirtschaftsdünger-N-Berechnung auf Plausibilität hin geprüft worden.

Anstatt über Faustzahlen erfolgt die N-Gehalts-Erfassung zur Bewertung der N-Abfuhr pflanzl. Produkte auf verschiedenen regional umsetzbaren Wegen: Für jede Kulturart wird ein Verfahren der Feststellung regionaltypischer N-Gehalte entwickelt. Die je nach Verfahren verbleibenden Schwachstellen werden aufgezeigt und von ihnen ausgehende Rest-Fehlergrößen für die einzelnen Bilanztypen im Vergleich zu bisherigen Faustzahlen-Methoden diskutiert. Über Erhebungen beim örtlichen Landhandel können z.B. für Wi-Weizen die RP-Gehalte von ca. 900 Einzel-Lieferungen zwischen 1986-91 erfasst, d.h. einzelbetrieblich und jahresbezogene RP-Gehaltsspektren aufgestellt werden. Bei Marktfrüchten ohne Erhebungsgrundlage sind durch umfangreiche N-GEHALTS-MESSUNGEN und Kenntnis der N-Düngung regional gültige SCHÄTZTABELLEN ZUR N-GEHALTS-FESTLEGUNG entwickelt worden. Für Nebenerntegüter und den Hauptfrucht- bzw. Zwischenfrucht-Futterbau liegen sowohl zur Ermittlung der TM-Aufwüchse, wie der N-Gehalte STANDORTBEZOGENE SCHÄTZVERFAHREN zugrunde. Hierbei werden innerhalb der drei wichtigsten Landschaftsräume die TM-Erträge und N-Gehalte in Abhängigkeit von der N-Düngungshöhe variiert. Dies erlaubt die standort- und düngungsdifferenzierte Festlegung der N-Zufuhr des gesamten Schnittnutzung-Futterbaus für die "Stallbilanz im engeren Sinne" (ohne Weidegang).

Fazit: Mit den Bilanzrechnungen wird im Durchschnitt der Jahre 1986-91 für die drei Bilanztypen ein Flächendeckungsgrad von ca. 90 % der LF WSG erreicht. Die methodischen Fortschritte der Datenerfassung bieten bei gleichzeitiger Einschätzbarkeit verbleibender Fehlergrößen regional sichere und praktikable Bilanzverfahren, die für einen gezielten Einsatz als Sanierungs-Instrument notwendig sind. Die zunächst arbeitsintensive mehrjährig rückwirkende Datenerfassung (intensive Anlaufphase) geht im Rahmen der Sanierung in eine jährlich weiterzuführende und weniger aufwendige Erfassungsarbeit über. Dabei bieten sich

Verbesserungen in der Datenbereitstellung an. Neben der Offenlegung des Naturalberichtes der Buchführung ist generell die Schlagkartei-Führung zu fordern.

2 Aggregierungsebenen zur Darstellung von Bilanzergebnissen

Die Bilanzrechnung über einen Mehrjahres-Zeitraum liefert bei großen WSG'en umfangreiche Ergebnisdaten. Für das WSG sind die Ergebnisse von 65 Einjahres-Stallbilanzen, 108 Einjahres-Betriebsbilanzen und 2813 Einjahres-Flächenbilanzen auf verschiedenen Aggregierungsebenen so darzustellen, daß je nach zeitlicher und räumlicher Bezugsebene die übergeordneten Problembereiche einer erhöhten N-Belastung erkennbar sind. Mit zunehmender Aggregierung entfernt sich die dargestellte N-Überschuss-Disproportionierung von der ursprünglichen Berechnungsebene eines Bilanztypes. Die Wahl der geeigneten Aggregierungsebene einer bilanzbürtigen Planungsgrundlage hängt daher stark von der jeweiligen Zielvorgabe der Sanierung ab. Der größte Sanierungserfolg wird weiterhin über die nichtaggregierten Bilanzergebnisse erreicht. Grundsätzlich muß für die einzelnen Bilanzglieder und N-Salden einer Aggregierungsebene eine flächengewichtete Mittelwert-Berechnung nach der jeweils zugehörigen LF erfolgen.

2.1 Betriebsbilanz-Ergebnisse

Ausgehend von der nichtaggregierten räumlichen Berechnungsebene "Einzelbetrieb" und "Einjahres-Zeitraum" bieten sich bei abnehmendem Auflösungsgrad folgende Aggregierungsansätze:

ZEITLICH	RÄUMLICH
*Einjahres-Zeitraum	*Einzelbetrieb
*Mehrjahres-Zeitraum	*Betriebstyp
	*N-Überschuss-Klass
	*Alle Betriebe

Unter Heranziehung dieser beiden Kategorien bringt Tab. 1 die Kombination "zeitlich/Mehrjahres-Durchschnitt" mit "räumlich/Alle Betriebe". Die Darstellung erlaubt den Vergleich der N-Überschüsse des WSG Hameln-Süd mit denen anderer WSG, anderer Regionen oder des gesamten Bundesgebietes.

Tab. 1: N-Überschuss (kg/Durchschnitts-Hektar*Jahr) im 5-jähr. Mittel (1986-90) und in Einzeljahren der 22 betriebsbilanzierten Betriebe

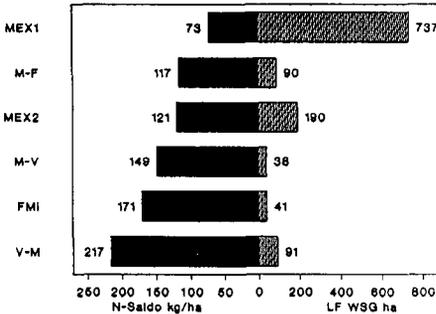
	1986-90	86	87	88	89	90
N-IMPORT						
-Handelsdünger	201	183	190	213	202	207
-Zukauffutter+Vieh	20	23	21	20	20	16
-Saatgut+Symbiose-N	4	4	6	5	5	4
N-EXPORT						
-Pflanzl. Produkte	116	111	108	115	123	126
-Tier. Produkte	11	13	12	11	10	11
N-SALDO ohne Nied.	98	86	97	112	94	90
N-SALDO mit Nied.	118	108	121	131	113	107
N-Exp.-Transfer	56 %	59 %	55 %	53 %	59%	60%

Demgegenüber erlaubt die Kombination "zeitlich/Mehrjahres-Durchschnitt" mit "räumlich/Einzelbetrieb" einen horizontal-zwischenbetrieblichen Vergleich aller 22 Betriebe als N-Überschuss-Rangfolge. Hieraus sind die einzelnen Problem Betriebe unter gleichzeitiger Berücksichtigung ihres Flächenanteils an der Gesamtfläche in ihrem N-Überschuss-Anteil bewertbar (nicht tabellarisch dargestellt).

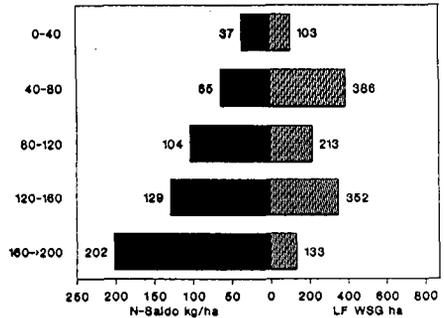
Bisher gehen N-Bilanzierer davon aus, daß die nach ökonomischen Kriterien festgelegten Betriebstypen zugleich annähernd den Nährstoff-Haushaltstyp eines Betriebes charakterisieren. Die Untersuchungen der Fallstudie haben aber gezeigt, daß dies in Gebieten mit heterogener Standortsituation vielfach nicht zutrifft. So streuen z.B. die 5-jähr. N-Überschüsse in der Gruppe reiner Marktfruchtbetriebe je nach Standortgüte (nFKW_e) und pflanzenbaulichen Nutzungssystemen zwischen 25 und 121 kgN/ha u. Jahr. Daher wird vorgeschlagen, die berechneten N-Überschüsse selbst als nunmehr ökologisches Kriterium für eine Charakterisierung

des "Betriebs-N-Haushaltstypes" zu nutzen. Die in einer "N-Überschuss-Klasse" zusammengefassten Betriebe streuen nur innerhalb der gewählten Klassenbreite (hier 40 kgN/ha). **Abb. 1a u. 1b** zeigen die Unterschiede in der Flächenzuweisung der LF WSG, wenn die Betriebsbilanz-Ergebnisse einmal nach Betriebstypen und einmal nach N-Überschuss-Klassen als N-Haushaltstypen aggregiert vorliegen.

Abb. 1a/b: N-Überschuss-Gruppierung nach "BETRIEBSTYPEN", d.h. ökonomischen Kriterien (links) und "N-ÜBERSCHUSS-KLASSEN", d.h. ökologischen Kriterien (rechts)



62 % bzw. 737 ha LF WSG mit N-Überschussniveau < 80 kg



41 % bzw. 489 ha LF WSG mit N-Überschussniveau < 80 kg

2.2 Flächenbilanz-Ergebnisse

Für die Flächenbilanzen, deren Berechnung räumlich disproportionierter erfolgt, bieten sich deutlich mehr Möglichkeiten bei der Aggregation an. Im WSG Hameln-Süd werden die nachstehenden Aggregationsebenen für einen Zeitabschnitt von mindestens 6 Jahren (1986-91) umgesetzt.

ZEITLICH

- *Fruchtbilanz (Saat bis Ernte)
- nur Hauptfrüchte
- nur Zwischenfrüchte
- *Einjahres-Bilanz (Hptfr. + Zwfr.)
- *Fruchtfolge-Bilanz (Nutzungssysteme)
- *Mehrjahres-Bilanz zeitlich nach realen Fruchtfolgen festgelegt

RÄUMLICH

- *Einzelschlag
- *Einzelbetriebe
- *Betriebstyp
- *N-Überschuss-Klass
- *Alle Betriebe

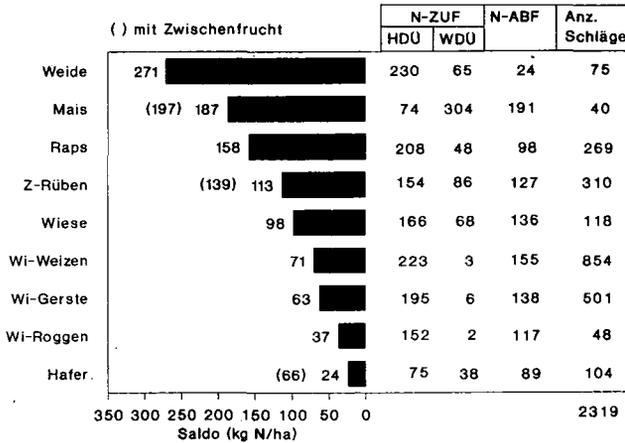
plus Standortfaktoren

- *Landschaftsraum
- *nFKWe-Klasse
- *FKWE-Klasse

Beispielhaft wird die Ebene höchster Aggregation "zeitlich/Fruchtbilanz" mit "räumlich/Alle Betriebe" dargestellt. Sie dient der Erkennung der N-Überschuss-Problemfrüchte auf Gesamtgebietsebene (**Abb. 2**). Mit durchschnittlich über 200 kgN/ha bei Raps, Wi-Weizen und Wi-Gerste wird das derzeit für ein marktfucht-orientiertes Gebiet praxisüblich hohe Handelsdüngerniveau belegt. Aus den Fruchtbilanzen lassen sich insgesamt 612 Fruchtfolge-Bilanzen zusammenstellen, wodurch die N-Überschuss-Problem-Fruchtfolgen erkennbar sind: Während die N-Überschüsse der ZR-WW-WG- und ZR-WW-WW-Fruchtfolgen beide bei 79 kgN/ha u. Jahr liegen, wird für die 3-jähr. Raps-Fruchtfolgen ein Überschuss von 113 bzw. 121 kgN/ha berechnet.

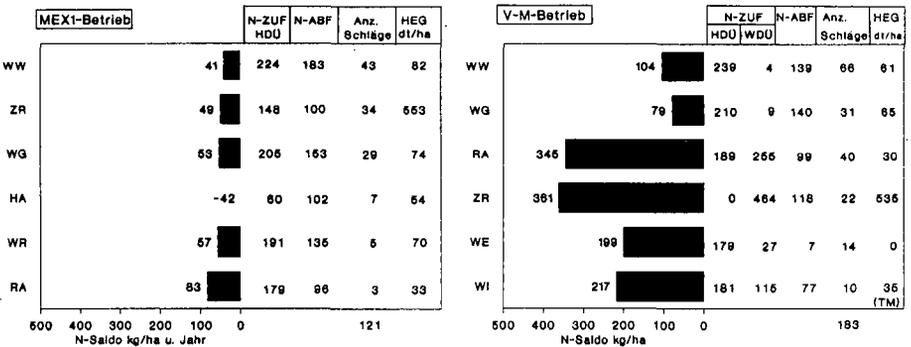
Von erheblich größerer Bedeutung für eine gezielte Sanierung ist das im lang-jährigen Durchschnitt aggregierte FRUCHTBILANZ-N-ÜBERSCHUSS-SPEKTRUM der EINZELBETRIEBE, über das betriebsbezogen die jeweiligen Problemfrüchte sichtbar

Abb. 2: Hauptfruchtbilanz-N-Überschüsse aus der Flächenbilanz für "Alle Betriebe" im 6-jähr. Durchschnitt (1986-91)



werden. In Abb. 3a ist dies am Bsp. eines reinen Marktfruchtbetriebes dargestellt. Trotz sehr starker N-Düngung sind bei dem entsprechend hohem Ertragsniveau die N-Überschüsse aller Kulturen äußerst gering. Eine trinkwasser-schonende Bewirtschaftung ist realisiert. Dem wird in Abb. 3b ein mit extrem hohen N-Überschüssen wirtschaftender Veredelungs-Marktfruchtbetrieb gegenübergestellt, für den über alle Fruchtarten hinweg ein hoher Sanierungsbedarf besteht.

Abb. 3a/b: Hauptfrucht-N-Überschuss-Spektrum im 6-jähr. Durchschnitt für zwei Beispielbetriebe



HDÜ = Handelsdünger WDÜ = Wirtschaftsdünger HEG = Haupternteget

3. Literatur

Antony, F., R. Hasselbauer und B. Meyer (1992): Betriebs- und schlagbezogene N-Salden der landwirtschaftlichen Bodennutzung und Akkumulation von austragsgefährdetem Herbst-Nmin in der Wurzelzone - WSG Hameln-Süd -. Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 68, 17-20

Bedingungen und Ausmaß der Denitrifikation als Nitrat-Filter im Wasserkreislauf

von

Becker, K.-W.

Die Denitrifikation ist der einzige bedeutsame Prozeß im Stickstoffkreislauf der Erde, bei dem gebundener Stickstoff zu N_2 abbaut wird. Der Abbau erfolgte bisher vollständig, nennenswerte Nitratlagerstätten gibt es weltweit nicht. Gelegentliche Vorkommen wie die Caliche in Chile sind geologisch sehr jung und - bezogen auf den N-Umsatz - von geringer Bedeutung. Wir kalkulieren, daß der gesamte Stickstoff im Luftvorrat der Erde in 25 bis 30 Millionen Jahren einmal auf dem Weg der biologischen Stickstoffbindung und der sich anschließenden Denitrifikation umgesetzt worden ist.

In diesen natürlichen N-Kreislauf greifen wir ein, indem wir die Rate der natürlichen N-Bindung über den Weg der Haber-Bosch-Synthese um ca. 50 % erhöhen. Die so gewonnenen N-Dünger konzentrieren wir auf geringe intensiv bewirtschaftete Flächenanteile. Anschließend erwarten wir unter den gedüngten Flächen Grundwasser mit möglichst geringem Nitrat-Gehalt. Dabei wissen wir, daß es für Stickstoff im Boden über den begrenzt möglichen Aufbau von Humus hinaus keine bedeutsamen Speicherplätze gibt und daß nur die Denitrifikation überschüssigen Stickstoff abbauen kann.

Bilanzuntersuchungen zum Stickstoffhaushalt der Böden der Bundesrepublik Deutschland (BACH, 1987) zeigen, daß bei intensiver landwirtschaftlicher Nutzung nur dann nitratarmes Grundwasser zu erwarten ist, wenn vorher umfangreiche Denitrifikation abgelaufen ist. Der Abbau muß während der Verweilzeit des Wassers zwischen Bodenoberfläche und Grundwasserzone erfolgen, Denitrifikation im Ozean ist für die Wasserwirtschaft bedeutungslos.

Der Wissensstand über aktuelle Denitrifikationsraten in den einzelnen Tiefenzonen des Bodens ist unvollständig, was mit den methodischen Schwierigkeiten der Messung zu begründen ist. Praktisch alle Untersuchungen im Wurzelraum der Pflanzen konzentrieren sich auf die Ackerkrume und lassen sich nur selten verallgemeinern. Häufig wurden in den vergangenen Jahren Denitrifikationsraten mit der Acetylen-Inhibierungs-Technik (AIT) gemessen. Seit der gründlichen Arbeit von HÖPER (1991) wissen wir, daß die AIT systematisch zu niedrige Werte liefert. Ein entscheidender Widerspruch beim Einsatz der AIT besteht darin, daß der Transport und die Wirkung von Acetylen sowie die Diffusion von N_2O nicht limitiert sein dürfen unter Bedingungen, unter denen der behinderte Transport von O_2 die Voraussetzung für das Einsetzen des Denitrifikationsprozesses ist. Folgerichtig sind mit der AIT überwiegend niedrige Raten der Denitrifikation gemessen worden.

Mikrobielle Verfahren wie die Bestimmung von Denitrifikanten oder wie Brutversuche mit zugesetztem Nitrat sagen nur etwas über die potentielle, nicht aber über die aktuelle Denitrifikation in Böden aus.

Als zuverlässige Methode bleibt der Einsatz von ^{15}N -Isotopen. WELL (1993) konnte zeigen, daß beide möglichen Verfahren, die indirekte ^{15}N -Bilanztechnik und die direkte Messung der ^{15}N -haltigen Denitrifikationsgase, übereinstimmende Ergebnisse liefern können. Auch sind bei der zusätzlichen Messung von $^{30}N_2$ nicht nur Aussagen zur Denitrifikation von markiertem Dünger- sondern auch von nicht markiertem Boden-N möglich. Allerdings sind der Kosten- und der Arbeitsaufwand so hoch, daß der

* Institut für Bodenwissenschaft, Von Siebold-Str. 4, 37075 Göttingen

Einsatz der ^{15}N -Methodik wohl auf die Lösung punktförmiger Fragestellungen beschränkt bleiben wird und verallgemeinerbare Aussagen z. B. über Denitrifikationsraten innerhalb einer Rotation in den möglichen Tiefenabschnitten verschiedener Böden in weiter Ferne liegen.

Es kommt das Problem hinzu, daß die Denitrifikation als mikrobieller Prozess in Böden räumlich sehr heterogen abläuft. JANSSEN (1990) hat z. B. in zwei Meßreihen mit ^{15}N -Nitrat nebeneinander auf einem Feld um den Faktor 3 bis 5 unterschiedliche Denitrifikationsraten ermittelt. Er vermutet, daß eine der jeweils hintereinander angeordneten Versuchsreihen in einer Fahrspur angelegt war. Diese Deutung steht im Einklang mit unserem Wissen über Milieustudien, wonach O_2 -Mangel, Temperaturen oberhalb von 10 bis 15 °C und die Anwesenheit einer mikrobiell verfügbaren C-Quelle den Nitrat-Abbau begünstigen.

Vor dem Hintergrund dieser fast unüberwindbaren methodischen Probleme muß man die derzeitige Einschätzung sehen, daß die Denitrifikation für den N-Haushalt der Böden im gemäßigten Klimaraum eine eher untergeordnete Rolle spielt, und daß ihre Raten die Raten des N-Eintrags mit dem Niederschlag kaum überschreiten (NIEDER et al. 1989).

Wir messen demgegenüber der Denitrifikation eine sehr viel größere Bedeutung zu und stützen unsere Einschätzung auf eine Vielzahl von Messungen, bei denen wir den Nitrat-Gehalt des Sickerwassers und des oberflächennahen Grundwassers bestimmt haben. Die Untersuchungen waren so angelegt, daß wir durch Bohrungen schichtweise Bodenproben bis zur Tiefe des Grundwasserspiegels entnahmen und durch Analyse von Nitrat- und Wassergehalt die Nitratkonzentrationen errechneten. Ammonium wurde mit 2m KCl-Lösung extrahiert. Über ein Verdunstungsmodell, das auf der über Sponagel-Faktoren korrigierten Haude-Verdunstung (DRECHSLER, 1991) basiert, wurde das Alter des Sickerwassers ermittelt. Zur Kalkulation des N-Eintrags wurden die Bewirtschaftungsdaten der Betriebe sowie deren einzelnen Flächen aufwendig erhoben, in den meisten Fällen auf der Grundlage von Buchführungsunterlagen. Die folgende Auswertung basiert auf den Bohrergebnissen von insgesamt etwa 350 Einzelschlägen mit verschiedenen Böden im Klimaraum Niederrhein, Leine-Weser-Bergland, Hildesheimer Börde und Nordseeküste.

Auffallend ist, daß die angebauten Kulturarten und die Höhe der N-Düngung bis hin zu mehr als 1000 kg Gülle-N/ha im 3-Jahresrhythmus neben gut bemessener Mineral-N-Düngung nicht generell zu entsprechend hohen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser führen. Auch die Bodenart hat, wenn überhaupt, nur einen indirekten Einfluß auf die Nitratkonzentration. Wichtigste modifizierende Größen sind der Wasserhaushalt und der Grundwasserstand sowie ein etwaiger Kohlenstoffvorrat im Unterboden. Also beides Parameter, die für eine Steuerung der Denitrifikation in Frage kommen. Folgende Typen des Verlaufs der Nitratkonzentration im Sickerwasser des nicht mehr durchwurzelten Bodenraums lassen sich unterscheiden:

1. Grundwasserferne Sandböden, z. T. mit Lößdecken < 100 cm überlagert. Die Nitratgehalte im Sickerwasser des kaum durchwurzelten Sandes von 100 bis 200 mg/l entsprechen weitgehend der Nitratkonzentration des geförderten Grundwassers. Die Differenz zwischen N-Saldo (= N-Zufuhr zur Fläche minus N-Abfuhr) und Nitrataustrag mit dem Sickerwasser ist nur bei viehhaltenden Betrieben groß und kann weitgehend durch gasförmige NH_3 -Verluste erklärt werden. Denitrifikation findet kaum statt.
2. Lößdecken > 1,5 m bei tief liegendem Grundwasser. Die Nitratgehalte unterhalb der Wurzelzone liegen zwischen 40 und 100 mg/l. Der Verdacht auf Denitrifikation ist deutlich, sie ist aber nur selten so wirkungsvoll, daß der Grenzwert für Nitrat im Trinkwasser unterschritten wird.

3. Diverse Böden, bei denen der Grundwasserspiegel im Bereich der Untergrenze der Wurzelzone liegt oder bei denen das Grundwasser über mehr oder weniger abdichtenden Schichten zeitweilig in die Wurzelzone einstaut. Die Nitratgehalte sind sehr unterschiedlich, Konzentrationen von 50 mg/l werden nur selten angetroffen oder gar überschritten.
4. Diverse Böden, bei denen der Grundwasserspiegel deutlich im Bereich der Wurzelzone liegt. Die Nitratgehalte liegen bei nahe null oder bei null, unabhängig von der Nutzung eines Standortes als Acker- oder als Grasland.
5. Auenböden mit Niedermoor im Untergrund. Das Grundwasser ist nitratfrei. Im Bereich des Niedermoores können sich erhebliche Mengen von Ammonium anreichern (bis zu 300 kg N/ha/30 cm -Tiefe).

Dieser in einer Vielzahl von Untersuchungen belegte Befund läßt sich folgendermaßen deuten: Die Denitrifikation steuert die Nitratkonzentration des Sicker- und des Grundwassers, die sich potentiell aus dem N-Überschuß der Bodennutzung ergeben könnte. Bei grundwasserfernen Böden mit raschem Passieren des Niederschlagswassers durch die Wurzelzone besteht wenig Gelegenheit für denitrifikativen Nitratabbau. Schon die Verlängerung der Verweilzeit des Niederschlagswassers im Wurzelraum über eine Vegetationsperiode hinaus erhöht die Denitrifikation spürbar, kann aber den Nitratgehalt bei den verbreitet ähnlichen Bewirtschaftungsgewohnheiten nur in Marktfruchtbetrieben einigermaßen sicher unter die Grenze von 50 mg/l senken. In viehhaltenden Betrieben überwiegen Gehalte zwischen 60 und 100 (maximal bis 200) mg/l.

Reicht das Grundwasser in die Wurzelzone hinein, entlastet die Denitrifikation das Nitratproblem spürbar. Bei Grundwasserständen < 80 cm lag der Nitratgehalt unabhängig von der Bewirtschaftung und vom Bodentyp bei nahe null oder bei null. Offensichtlich ist die biologische Aktivität im durchwurzelten Grundwasserbereich nicht C- sondern O₂-limitiert, sodaß Nitrat zum willkommenen Elektronenakzeptor beim Abbau der Wurzeln wird. Diesen Zusammenhang konnten wir auf dem Dränversuchsfeld in Infeld verdeutlichen (Spatz et al., 1992): Über den in 1,2 m Tiefe verlegten Dränrohren wurde das Nitrat im Sickerwasser nur vermindert, in 10 m Abstand zum Rohr, wo das Grundwasser weniger stark abgesenkt war, traten nur noch Spuren von Nitrat auf.

Niedermoorbereiche können so O₂-arm sein, daß Nitratammonifikation möglich wird. Diese extrem reduktiven Bedingungen, wie sie sonst aus dem Abwasser- und dem Wattenmeerbereich bekannt sind (KNOWLES, 1982), konnten verschiedentlich durch Funde von Vivianit belegt werden.

Die Möglichkeit des langfristigen Vertrauens auf den denitrifikativen Nitratabbau ist vor dem Hintergrund der Erschöpfbarkeit der C-Vorräte zu sehen. In Bereichen mit Grundwasser in der Wurzelzone gibt es da keine Bedenken. Unterhalb der Ackerkrume wird ständig Wurzelmasse gebildet, die später zum Abbau ansteht. Auch auf die unterschiedlich umfangreiche partielle Denitrifikation in der Wurzelzone grundwasserferner Böden ist vermutlich langfristig Verlaß. WELL (1993) konnte in direkten Messungen mit ¹⁵N-Isotopen zeigen, daß in Löß-Parabraunerden im Al- und im Bt-Horizont unter Temperaturbedingungen, wie sie bei uns während der Wintermonate herrschen, über einen langen Zeitraum hinweg Denitrifikation in geringen Tagesraten ablaufen kann.

In der Dränzone und auch in der Grundwasserzone dagegen wird die Denitrifikation durch den C- bzw. den Energievorrat limitiert. Einmal abgebaute Energieträger werden nicht regeneriert. Mit dem Sickerwasser transportierte C-Verbindungen sind mikrobiell nicht ausreichend verwertbar. Selbst ein quantitativer Nitratabbau, wie er für den Grundwasserkörper des Wasserwerks Fuhrberg der Stadt Hannover nachgewiesen ist, muß immer vor dem Hintergrund der Erschöpfbarkeit der Energiequelle (dort Pyrit)

beurteilt werden, und zwar sehr vorsichtig, weil es derzeit kein zuverlässiges Verfahren zur Beurteilung der mikrobiellen Verwertbarkeit möglicher energiereicher Verbindungen gibt.

Die Nitrat-Abbauleistung in der Dränzone und auch im Grundwasserkörper muß also als endlich angesehen werden. Anders dagegen die der Wurzelzone, in der ständig Wurzelmasse regeneriert wird. Hier bestimmt die O_2 -Versorgung über den Faktor Bodenwasser den Grad des Nitratabbaues, der vermutlich zusätzlich durch unterschiedlich niederschlagsreiche Jahre modifiziert wird. In einem Wasserwerk beobachteten wir die Zerstörung der Nitrat-Abbauleistung durch die Wasserentnahme und die damit verbundene Absenkung des Grundwasserspiegels unter die Wurzelzone.

Seit einigen Jahren wird N_2O , das bei der Denitrifikation in geringem Prozentsatz der umgesetzten Nitratmenge entsteht, als klimarelevantes Spurengas mit für den Treibhauseffekt auf der Erde verantwortlich gemacht. Die euphorische Beurteilung der Denitrifikation als Lösungsweg für Nitratprobleme bei der Trinkwassergewinnung ist also mit Nachteilen für den Wärmehaushalt unserer Erde verbunden. Diese Frage ist mit dem derzeitigen Wissensstand nur unvollständig zu beantworten. Es gibt bisher keine sicheren Kenntnisse darüber, wann und wo bei der Denitrifikation besonders viel oder wenig N_2O freigesetzt wird. Wegen dieser Unklarheit müssen wir derzeit davon ausgehen, daß der Denitrifikationsprozess überall gleiche N_2O -Anteile freisetzt - unabhängig davon, ob er in der Ackerkrume, im ungesättigten Bodenbereich, im Grundwasser, im Fließgewässer oder im Ozean abläuft. Unter dieser Annahme ist die anthropogen verursachte N_2O -Freisetzungsrates langfristig an die anthropogen verursachte N_2 -Bindungsrate gekoppelt. Jede durch Tätigkeit des Menschen verursachte N_2 -Bindung wird irgendwann über die Denitrifikation wieder als N_2 und zu einem geringen, bisher nur unsicher abschätzbaren Anteil als N_2O in die Atmosphäre zurückgelangen. Damit ist die N_2O -Problematik weniger ein Thema des N-Haushaltes von Böden und von Grundwasserkörpern sondern linear an die ständig steigende Produktion von N-Düngemitteln gekoppelt.

Literatur

Knowles, R., 1982: Denitrification; Microbiol. Rev. 46, 43-70

Nieder, R., G. Schollmayer u. H. Zakosek, 1989: Die Rolle der Denitrifikation in landwirtschaftlich genutzten Böden (eine Literaturübersicht); Z. f. Kulturtechnik u. Landentwicklung 30, 345-355

Spatz, G., A. Pape u. K.-W. Becker, 1992: Zur Frage der Denitrifikation auf dränierten schweren Marschböden unter Mähweidenutzung; Agrobiol. Res. 45, 359-363

Die mitgeteilten Erkenntnisse basieren auf folgenden von Mitarbeitern des Institut für Bodenwissenschaft in den vergangenen 10 Jahren betreuten Dissertationen und Diplomarbeiten:

Dissertationen: F. Antony, M. Bach, H. Drechsler, F. Eulenstein, H. Geries, R. Hasselbauer, H. Höper, E. Janssen, R. Well

Diplomarbeiten: M. Bathke, S. Bauer, A. Bax, E. von Beoczy, H. Böttcher, S. Deking, C. Dreyer, J. Ettmann, I. Hackenschmidt, U. Hoins, M. Horstkötter, F. Flörkemeyer, B. Masthoff, C. Mohr, H. Müller, L. Nolte, A. Pape, A. Rennefeld, B. Schäfer, M. Schmücker, S. Schügl, O. Seitz, J. Willerding, I. Wolk,

Flächendifferenzierte Abschätzung des Nitrat- eintrages aus diffusen Quellen im Bundesgebiet

VON

Becker, R. und M. Bach

1. Einleitung und Zielsetzung

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche nimmt ca. die Hälfte der Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland ein und stellt sowohl von der Fläche als auch der Menge her die bedeutendste Quelle von reaktiven Stickstoffverbindungen dar.

Zielsetzung der hier vorgestellten Untersuchung ist es, für die landwirtschaftliche Nutzfläche Stickstoff-Bilanzen für die Bundesrepublik Deutschland im neuen Gebietsstand zu erstellen, mit deren Hilfe die Höhe und die regionale Verteilung der gesamten Stickstoff-Emissionen sowie der potentiellen Nitrat-Auswaschung mit dem Sickerwasser geschätzt werden kann. Die Stickstoff-Überschüsse bilden weiterhin den Ausgangspunkt für eine Abschätzung des Nitrat-Stromes im Grundwasser. Im weiteren Verlauf der Arbeit sollen nach einer Sensitivitätsuntersuchung verschiedene Strategien zur Reduzierung der Stickstoff-Überschüsse qualitativ und quantitativ beurteilt werden.

Methodik und Ergebnisse, insbesondere Karten der Bilanzgrößen, sind detailliert in der unten aufgeführten Veröffentlichung beschrieben.

2. Schlußfolgerungen

- Es ergeben sich erhebliche regionale Unterschiede in der Höhe der Bilanzglieder, die zwischen viehhaltenden und viehlosen Regionen am stärksten ausgeprägt sind.
- Zwischen den alten und neuen Bundesländern sind keine gravierenden Unterschiede bei den einzelnen Bilanzgliedern festzustellen.
- Aus den Bilanzgliedern läßt sich ein großes Potential zur Einsparung von Stickstoff erkennen. Dies hätte nicht nur positive ökologische Effekte zur Folge, sondern würde in vielen Fällen auch eine Gewinnerhöhung für den Landwirt bedeuten.

Literatur:

Wendland, F., H. Albert, M. Bach u. R. Schmidt (Hrsg., 1993): Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

¹ Dipl.-Ing. agr. R. Becker u. Dr. M. Bach: Institut für Landeskultur der Justus-Liebig-Universität Gießen, Senckenbergstr. 3, 35390 Gießen



**Standörtliche Varianz der Infiltrations- und
Abtragsdynamik von Böden unter künstlicher
Beregnung**

von

Böhm, P.

1. Untersuchungsziel und Methodik

Im Zusammenhang mit den Arbeiten zum Einfluß der pedohydrologischen Varianz als Steuergröße des Wasser- und Stoffumsatzes in einem kleinen hydrologischen Einzugsgebiet der Südtürkei (Karabalcik-Bach, Konya) wurde anhand eines relativen Standortvergleiches mit Hilfe von Berechnungssimulationen das Ausmaß der räumlichen Differenzierung von Infiltration, Oberflächenabfluß und Bodenabtrag untersucht (BÖHM & GEROLD 1993). Über eine statistische Analyse (schrittweise multiple Regression) der Gelände-, Oberflächen- und Bodeneigenschaften (ca. 40 Parameter) sollten Steuerungsfaktoren der Erosion durch Wasser und der Infiltration herausgearbeitet werden, um anhand einer deterministisch-analytischen Modellierung (vgl. BORK 1980) zu räumlichen Aussagen über die Erosions- und Oberflächenabflußdisposition von Teileinzugsgebieten zu gelangen. An dieser Stelle werden Ergebnisse der Berechnungssimulationen präsentiert.

Das Arbeitsgebiet liegt in der Mittelgebirgsregion zwischen Beysehir und Konya. Die untersuchten Böden sind tonig-lehmige bis tonige, schwach humose Rote Kastanoseme und Kolluvien mit stark variierenden Karbonatgehalten (0-40 %). Beregnet wurden Standorte unter Wald-, Weide- und landwirtschaftlicher Nutzung (Brache, Saatbeet, Winterweizen), und parallel dazu im Labor gestörte Bodenproben mit Anfangswasserspannungen von pF1 und pF6. Die Beregnungsanlage besitzt eine Sprinkler-Düse (Spraying Systems) und eine Meßfläche von 1m². Beregnet wurde mit einer Intensität von 120 mm/h bei mittleren Tropfengrößen von 0,3 bis 0,4 mm.

2. Ergebnisse

Die statistische Analyse zeigt hochsignifikante Zusammenhänge zwischen der Hangneigung, der Art der Nutzung und Substrateigenschaften einerseits und den abhängigen Infiltrations- und Bodenabtragsvariablen (Tab. 1). Die höchste Aussagekraft besitzen die Parameter Makroporengehalt und die Hangneigung, die in zwei der drei Regressionsmodelle Eingang finden und eine Varianzaufklärung von bis zu 98 % erreichen (Tab. 2). Während die hohen Korrelationskoeffizienten von Textur, Dichte, Steinbedeckung und organische Substanz den grundlegenden Einfluß der Bodenform aufzeigen, spiegeln unterschiedliche Feinwurzel- und Makroporengehalte vor allem den Einfluß der Gefügezerstörung infolge der Bodenbearbeitung und der Bodennutzung wieder. Der Scherwiderstand, von TORRI et al. (1987) als ein indirektes Maß der Abtragsresistenz vorgeschlagen, zeigte keine zufriedenstellenden Zusammenhang. Er läßt sich ohnehin nur eingeschränkt verwenden, da die Bodenoberfläche aufgrund der hohen Einstrahlung und hoher Ca- und Mg-Gehalte zum Zerfall in feine Krümel und Staub neigt.

site-characteristics	correlation-coefficients of the dependent variables				
	IRAT 40	PONDM	KONZ45	SED45	FS45G
Incline	-.78	-.82	.66	.79	.94
land use		.79		-.63	-.78
Clay (10 cm)			-.65	-.69	
Sand (40 cm)		.83			
Gravel (40 cm)		.82	-.76	-.65	
Stone-cover		.83	-.60		
Humus (10 cm)		.80	-.87	-.77	
Bulk dens. (20 cm)			.91	.89	.68
Shear strength			-.74	-.63	
Macropores (40 cm)		.83	-.96	-.91	-.68
Roots (10 cm)			-.75		-.60

IRAT 40	infiltration rate after 40 minutes
PONDM	infiltrated amount of water till ponding
KONZ45	sediment concentration in overland flow after 45 min.
SED45	sediment loss in minute 45
FS45G	total sediment loss (after 45 min.)

Tab. 1: Beziehung von Standortparametern und Infiltrations- und Abtragsverhalten

parameter	variable entered	accumulated R ²
IRAT40	incline, stone cover	0.836
PONDM	macropores 40 cm, incline, % clay 40 cm	0.978
KONZ45	macropores 20 cm	0.917

Tab. 2: Resultate der schrittweisen multiplen Regression

Die Ergebnisse der Aggregatstabilitätstests zeigen die wichtige Rolle der Anfangswasserspannung für die Verschlämmungsanfälligkeit der Böden (Tab. 3). Lufttrockene Aggregate zeigen deutlich geringere Gewogene Mittlere Durchmesser (GMD) als die angefeuchteten Aggregate. Dieser bekannte Effekt ist auf die Sprengung durch den Druck der eingeschlossenen, komprimierten Luft im Aggregatinneren bei schneller Befeuchtung zurückzuführen (vgl. HENK 1989). Die Erosionsresistenz der Böden bzw. der Bodenoberfläche dürfte damit in der trockenen Jahreszeit deutlich abnehmen.

Die Aggregatgröße zu Versuchsbeginn besitzt großen Einfluß auf das Ergebnis des relativen Standortvergleichs. Die deutlichste Differenzierung wurde bei einem Durchmesser von 3-5 mm erhalten, während bei geringeren Durchmessern die Unterschiede deutlich abnehmen. Die GMD sind z.T. hochsignifikant korreliert mit den Variablen Menge des infiltrierten Wassers bis zum Einsetzen von Oberflächenabfluß (Variable PONDM) und der Infiltrationsrate (IRAT40) (maximale Varianzaufklärung 94 % bei einem Signifikanzniveau von 0.1 %, gültig für lufttrockene Aggregate mit Durchmessern von 3 bis 5 mm). Damit wird der Einfluß der Verschlämmung auf das Einsetzen des Oberflächenabflusses (Zeit und Menge) indirekt über die Aggregatstabilität nachgewiesen.

In Tab. 4 sind die statistisch signifikanten Bodeneinflussfaktoren aufgelistet. Wie bei der Geländesimulation sind auch für die Stabilität der Bodenaggregate die Textureigenschaften (Sand- und Skelettgehalt) und die organische Substanz wichtige Einflussfaktoren. Interessant ist der Zusammenhang der Erodibilität mit den Ca- bzw. Mg-Gehalten an den Bodenaustauschern, die scheinbar als Antagonisten fungieren. Mit zunehmenden Mg-Gehalten nimmt die Aggregatstabilität ab.

n=16	PONDM	IRAT 40	SED45	FS45G	KONZ 45
LT GMD3-5	.936	.783	-.569	-.541	-.653
LT GMD 2-3	.868	.562			-.485
LT GMD 1-2	.751		-.498	-.509	-.608
PF GMD 3-5	.697		-.642	-.662	-.778
PF GMD 2-3	.746	.518	-.562	-.706	-.704

LT = Lufttrocken PF = pF 1; GMD = Gewogener Mittlerer Durchmesser
 Aggregatklassen vor der Beregnung: 3-5, 2-3, 1-2 mm

Tab. 3: Korrelationskoeffizienten der Aggregatfraktionen / Infiltration und Bodenabtrag

	% Sand	% Stones	% Org. matter	Bulk Density	Na	Ca	Mg
LGMD35	.642	.896	.795			.816	-.604
LGMD23	.686	.748	.694	.567	.561	.878	
LGMD12	.572	.615	.726			.677	-.567
PFGMD35		.538	.691			.655	-.576
PFGMD23			.785	-.628			-.843

Tab. 4: Korrelationskoeffizienten der Aggregatstabilitätsindizes / Bodenkennwerte

n = 37 land use	Infiltration rate (mm/min.)		Ponding time (min.)		Sediment loss (g) (45 min.)		E44-Index	erosional resistance
	mean	min. /max.	mean	min. /max.	mean	min. /max.		
Forest	2,0	1,3 - 2,6	25	1 - >50	3,4	0 - 10	8,35	very high
pasture	1,4	0,5 - 2,2	19	2 - >50	29,8	0 - 60	1,65	medium
stubble	1,5	0,6 - 1,7	15	2 - 29	27,7	4 - 50	1,16	low
winter-wheat	0,9	0,2 - 1,7	9	5 - 21	148,2	40 - 230	0,74	low
chick-pea	1,2	0,9 - 1,4	7	6 - 8	261,5	250 - 273		

Tab. 5: Infiltration und Abtrag nach Nutzungsklassen

Tab. 5 zeigt die Ergebnisse aller 37 Beregnungen, unterschieden nach Nutzungsklassen. Sowohl das Infiltrations- als auch das Abtragsverhalten zeigen eine deutliche Differenzierung nach diesen Klassen. Dies wird auf die Gefügezerstörung der Bodenoberfläche mit geringeren Makroporengehalten bzw. auf nutzungsbedingte Unterschiede der Feinwurzelgehalte

zurückgeführt. Die Varianz innerhalb der einzelnen Gruppen hängt im wesentlichen von der unterschiedlichen Hangneigung der Standorte ab.

Der von GEROLD (1988) verwendete Erosionsresistenzindex E 44, das Verhältnis von Infiltrationsrate und Aggregatstabilität bei Beregnung wurde berechnet und erweist sich als geeignete Kombination zur Beschreibung der Varianz der Abtragsresistenz der Böden des Untersuchungsgebietes (Tab. 5, letzte Spalten). Der E 44-Index berücksichtigt über die Aggregatstabilität den Einfluß der Verschlämmung auf die Infiltrationsrate bzw. höheren Bodenabtrag infolge erhöhten Oberflächenabflusses bei niedrigen Infiltrationsraten (1988, S. 167).

3. Schlußfolgerungen

Die Methode der Beregnungssimulation von Kleinparzellen ist geeignet, standörtliche Unterschiede der Infiltrations- und Abtragsdynamik im Gelände mit relativ geringem Aufwand herauszuarbeiten. Die Ergebnisse im Karabalcikgebiet zeigen eine dominierende Rolle von a) der Hangneigung und b) des strukturellen Zustandes der Bodenoberfläche als Folge der Gefügezerstörung durch Bodenbearbeitung (Verschlämmung) für die Oberflächenabflußbildung und den Bodenabtrag. Im Arbeitsgebiet sind die landwirtschaftlichen Nutzflächen verantwortlich für den Direktabfluß und den Sedimentaustrag, während Weide- und v.a. Waldflächen das kurzfristige Speicher- und Retentionsvermögen des Gebietes maßgeblich steuern.

Literatur:

- BÖHM, P. (1989): Untersuchungen zum Einfluß der Bodenerosion auf den Bodenwasserhaushalt und die Ertragsfähigkeit landwirtschaftlich genutzter Flächen in Ciftliközü, Provinz Konya (Türkei). unveröff. Diplomarbeit, Geogr. Inst. Univ. Göttingen
- BÖHM, P. & GEROLD, G. (1993): Pedo-hydrological and sediment responses to simulated rainfall on soils of the Konya Uplands (Turkey). (Im Druck)
- BORK, H.-R. (1980): Oberflächenabfluß und Infiltration. Landschaftsgenese und Landschaftsökologie, Bd. 6
- HENK, U. (1989): Untersuchungen zur Regentropfenerosion und Stabilität von Bodenaggregaten. Landschaftsgenese und Landschaftsökologie, Bd. 15, Braunschweig
- GEROLD, G. (1988): Zur Anwendung von Schätzmodellen der Abspülresistenz tropischer Böden bei Neulanderschließungen am Beispiel der äußeren Tropen Boliviens. In: Jahrb. Geogr. Ges. Hannover (1988), S. 161-188
- TORRI, D. & M. SFALANGA & M. DEL SETTE (1987): Splash Detachment: Runoff depth and soil cohesion. Catena Bd. 14, S: 149-155

Bodenökologische Untersuchungen zur Wirkung und Verteilung von PAK und PCB in ballungsraumtypischen Ökosystemen in Berlin. Projektskizze

von

Brose, A., W. Kratz, M. Peters und B. Marschner

1. Hintergrund und Problemstellung

Organische Schadstoffe wie polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und polychlorierte Biphenyle (PCB) treten ubiquitär auf, ihre Anreicherung findet v.a. in der aquatischen Nahrungskette, in Gewässersedimenten und in Böden statt. Die PAK und PCB besitzen wegen ihrer Toxizität, ihres Akkumulationspotentials und Persistenz ein Gefährdungspotential für Pflanzen, Tiere und den Menschen. Toxikologische Untersuchungen wurden bisher fast ausschließlich an Einzelorganismen in einfachen Medien (Wasser, Nährboden, Quarzsand) durchgeführt. Es besteht ein großes Wissensdefizit über die Bioverfügbarkeit von PAK und PCB in Böden und über ihre Wirkung auf Bodenorganismen, Bodenbiozöosen und Bodenprozesse. Darüberhinaus fehlen Erkenntnisse darüber, inwieweit die gelöste organische Substanz (DOM) im Boden die Bioverfügbarkeit und Verlagerung von PAK und PCB beeinflusst.

Am Rande des Berliner Stadtgebietes werden seit 1884 Rieselfelder betrieben, die zu Zeiten ihren größten Ausdehnung 17.565 ha einnahmen. Die Abwasserbeaufschlagungen, die sowohl kommunaler wie auch industrieller Herkunft waren, betragen bis zu 1260 mm/a. Damit sind erhebliche Schadstoffeinträge verbunden gewesen. Bei derzeitigen landschaftsplanerischen Überlegungen zur zukünftigen Nutzung dieser ehemals berieselten Flächen spielen die Schadstoffbelastungen eine große Rolle. Langfristig sollten Grundwasserbelastungen durch eine erhöhte Schadstoffmobilität sowie phytotoxische und humantoxische Schadstoffpotentiale eine stadtypische Nutzung dieser Flächen nicht ausschliessen.

Die erforderlichen Schritte, um Umweltchemikalien wie PAK und PCB im Hinblick auf ihre Wirkungen auf Ökosystemebene zu bewerten, sind durch Mathes et al. (1991) klar beschrieben worden. Neben dem Erkennen und Beschreiben der Chemikalienwirkung sind das Erkennen und Bewerten von ökosystemaren Veränderungen wichtige Ziel für eine ökotoxikologischen Wirkungsanalyse.

Im Rahmen einer ökotoxikologischen Betrachtung der Chemikalienwirkungen im Boden sind die Wirkungen, die auf Bodentier- und Mikroorganismenpopulationen, von besonderer Relevanz. Hierbei sollten die zu untersuchenden Organismengruppen folgende Kriterien erfüllen:

1. Sie müssen einen eindeutigen Bezug zur Untersuchungsfläche haben, d.h. die zu betrachtenden Organismen sollten aufgrund ihrer Lebensweise und ihres Aktionsradius der Untersuchungsfläche eindeutig zuzuordnen sein. Deshalb sind Flächengröße und Beobachtungszeitraum auf diese, artspezifischen Eigenschaften abzustellen.

^{*}) Institut für Ökologie, FG Bodenkunde, TU Berlin, D-10587 Berlin

2. Sie sollten einer eindeutigen und möglichst einfachen Erfäßbarkeit unterliegen, d.h. die Effizienz der Erfassungsmethode muß geklärt sein.
3. Sie müssen qualitativ differenzierbar sein, d.h. eine Bestimmung bis zum Artniveau muß gewährleistet sein. Die Benennung der Art ermöglicht den Zugang zu Informationen über den Lebensformtyp- und Expositionstyp; dies ist eine wesentliche Voraussetzung für die Abschätzung der Chemikaliensexposition.
4. Sie müssen einer Dichte und Dispersionsanalyse unterziehbar sein, d.h. mit der Anzahl potentiell betroffener Individuen einer Arten durch die Referenzchemikalien steigt die Wahrscheinlichkeit, Effekte vom "Natürlichen Rauschen" trennen zu können.
5. Sie müssen während des größten Teil des Jahres verfügbar sein.
6. Sie müssen für Laborhälterungen und Beobachtungen in größere Anzahlen für Versuche vorzuhalten und heranzuziehen sein.

Neben Organismengemeinschaften sollten auch bodenbiologische Prozesse und Leistungen in Ökosystemen unter Chemikalieneinsatz als Beobachtungsgröße in die Untersuchungen mit einbezogen werden. Bodenbiologische Prozesse und Summenparameter der Bodenorganismen haben ebenfalls guten ökotoxikologischen Indikationscharakter, z.B. durch das Erfassen von Leistungen der Bodenmikroflora (Dehydrogenaseaktivität, N_{min} , mikrobielle Atmung u.a.) und Abbauraten während des Streuabbaus. Die Abbauaktivitäten im Streuabbauprozess sind ein Maß für das integrative Leistungspotential von Mikroorganismen und Bodentieren. Daß der Streuabbauprozess ein sehr sensibles Instrument zur ökosystemaren Abschätzung von Umweltchemikalienwirkung ist, konnte durch Kratz et al. (1983), Kratz & Weigmann (1987) am Beispiel von Pentachlorphenol- und Cadmiumwirkungen bewiesen werden.

2. Ziele und Vorgehensweise

Ziel der geplanten bodenökologischen Studien ist die **Bewertung** von Bodenbelastungen durch PAK und PCB aus ökotoxikologischer Sicht. Anhand von Untersuchungen an belasteten Rieselfeldböden aus Berlin-Buch (bis zu 7500 µg/kg PAK und 2500 µg/kg PCB), experimentell kontaminierten Rieselfeldböden und Streumaterial sollen **Wirkungsschwellen** für Vertreter der Bodenfauna und der Bodenpilze sowie für Bodenprozesse, wie Streuabbau, Fraß- und Atmungsaktivität, ermittelt werden.

Dies wird ergänzt durch Untersuchungen zur Verteilung der Referenzchemikalien zwischen dem Humuskörper, der gelösten organischen Substanz und der wässrigen Phase in Abhängigkeit von bodenchemischen Milieubedingungen wie pH, Humusqualität und DOM-Konzentrationen.

3. Realisierung

3.1 Freilandstudien

Wirkungsversuche

Im Freiland erfolgt eine Applikation von BaP und PCB 52. Danach werden in Wirkungsstudien folgende Aspekte untersucht werden:

- bioökologische Analysen an der epigäischen Bodenfauna (Struktur, Phänologie etc.).
- Dekompositionsversuche mit standörtlicher Streu (Streuabbau, Streuqualität, Sukzession streubesiedelnder Mikroorganismen u. Bodentiere) an der Bodenoberfläche.
- Dekompositionsversuche im Oberboden mit Ködersubstraten (Miniköderlamellentest). Wirkung auf Bodenmikroorganismen, Bodenmikro- u. Bodenmesofauna

Schadstoffverteilungversuche

- Untersuchungen in Systemkompartimenten (Streu, Makrofauna, O-Horizont) zum Verbleib der Kontaminaten

3.2 Laborstudien

Akute und subakute Wirkungsversuche

Im Labor sollen Wirkungsversuche an Bodenorganismen in Mono- u. Multispezies-tests durchgeführt werden. An ausgewählten Repräsentanten der epigäischen Bodentiere (Detritovore, Zoophage) des Bezugsökosystems werden Toxizitätstests zur akuten und subakuten Wirkung (Fraßleistung, Reproduktion, Biomassezuwachs etc) mit den Kontaminaten durchgeführt.

In Mikrokosmen werden Versuchsansätze zur Interaktion von Bodentieren und Mikroorganismen des Bezugsökosystems erarbeitet. Diese haben die mögliche Beeinflussung durch die Kontaminanten in unterschiedlich komplexen Modellansätzen zum Gegenstand.

Schadstoffverteilungversuche

In Modell-Nahrungsketten (Edaphon) sollen mittels ^{14}C -markierten Kontaminaten Fragen der Akkumulation, der Metabolisierung und der Exkretion geklärt werden.

Bodenchemische und bodenbiologische Wirkungsversuche an Bodensäulen

Batch- und Extraktionsversuche zum Einfluß von DOM auf die PAK- und PCB-Löslichkeit in Bodensäulen sind eine zentrale Aufgabe des Teilprojektes. Hierbei ist die Erarbeitung von Methoden zur Auftrennung von frei-gelöstem und organisch-komplexiertem PAK und PCB in Extraktions- und Bodenlösungen unumgänglich. Durch Untersuchungen der Beziehungen zwischen mikrobieller Toxizität und Bindungsform (wasserlöslich, lösliche organische Komplexe, extrahierbar mit organischen Lösungsmitteln) wird ein erheblicher Erkenntniszuwachs zur Ökotoxizität von BaP und PCB 52 erwartet.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt wird die Untersuchung der PAK- und PCB-Verlagerung in gestörten Bodensäulen unter der Variation von bodenchemischen Parametern (pH, Humus, Kalkung u.a.) sein. Auch in dieser Versuchsserie sollen biotische Indikatoren (Bodenmikroflora und Bodenfauna) die veränderte Bioverfügbarkeit von PAK und PCB unter Variation bodenchemischer Parameter beschreiben.

4. Forschungsverbund

Die oben dargestellten Untersuchungen werden im Rahmen eines durch das BMFT geförderten Verbundprojektes durchgeführt. Der Titel des Projektes ist: Ökotoxikologische Untersuchungen zur Wirkung und Verteilung von organischen Stoffgruppen (PAK, PCB) in ballungsraum-typischen Ökosystemen.

An dem Verbundprojekt sind folgende Institutionen beteiligt:

Freie Universität Berlin, Institut für Tierphysiologie u. Institut für Systematische Botanik

Technische Universität Berlin,
Institut für Ökologie, FG Bodenkunde, Institut für Landschaftsbau,
FG für Botanik u. mikrobiologische Chemie

Humboldt Universität Berlin, Institut für Ackerbausysteme

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen,
Institut für Ökologie, Ökotoxikologie und Ökochemie

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin,
Institut für ökologische Chemie

GefaÖ-Gesellschaft für angewandte Ökologie Heidelberg

Der Förderzeitraum beläuft sich vom 1.08.1993 bis zum 31.07.1996.

Über den Koordinator des Verbundprojektes können weitere Informationen eingeholt werden:

Dr. Werner Kratz, Freie Universität Berlin, Institut für Tierphysiologie, Grunewaldstr. 34, 12165 Berlin, Fax: 030 - 838 46 40

Literatur

Kratz, W., Gruttke, H., Papenhausen, U. & Weigmann G. (1983): The influence of cadmium on the litter decomposition of *Solidago gigantea* Ait. in a ruderal ecosystem. In: Proc. Int. Conf. Heidelberg "Heavy metals in the environment", CEP, Edinburgh.

Kratz, W. & Weigmann G. (1987): Die Nutzung eines städtischen Ruderalökosystems für die Prüfung von Umweltchemikalien. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 43/2.

Mathes, K.; Weidemann, G., & L. Beck (1991): Indikatoren für Ökosystembelastung. in: Berichte aus der ökologischen Forschung, Band 2/1991, Forschungszentrum Jülich.

Langzeitversuch mit nicht wendender und herkömmlich fortgeführter Bodenbearbeitung einer intensiv genutzten Sandlöß-Parabraunerde - I. Vergleich der Aggregatstabilität

von

v. Buttlar, H.B.¹, H. Sprätz², H. Wildhagen¹ und B. Meyer²

Zielsetzung

Auf drei verschiedenen Ackerflächen mit Sandlöß-Parabraunerde über einer dichtgelagerten Grundmoräne des Uelzener Beckens (Barum) wurden auf drei Flächen praxisnahe Bodenbearbeitungsversuche mit jeweils nicht-wendender (Schwergrubber) und herkömmlich wendender (Pflug) Bodenbearbeitung durchgeführt. Nach 6-jähriger Versuchsdauer wird geprüft, ob durch die Einführung einer nicht-wendenden Bodenbearbeitung die Gefahr des Bodenabtrags durch Wassererosion gemindert werden konnte. Als Parameter für die Erosionsverminderung wurde die Aggregatstabilität herangezogen.

Material und Methoden

Für die Untersuchung wurden Bodenaggregate der Größe 5-15 mm aus der Ackerkrume (0-5 cm) im Herbst 1989 und im Frühjahr 1990 entnommen. Die Korngrößenverteilung auf den drei Versuchsflächen zeigt Tab.1:

Tab. 1: Korngrößenverteilung in Prozent des Feinbodens der oberen Bodenschicht (0-5 cm) der Flächen A, B und C

Fläche	Sand			Schluff				Ton T	Bodenart
	gS	mS	fS	ggU	fgU	mU	fU		
A	52,5			38,5				9,0	Sl3
	4,6	25,8	22,1	12,8	12,4	7,5	5,8		
B	21,5			66,1				12,4	Ut3
	0,6	11,4	9,5	26,5	23,9	10,0	5,7		
C	20,8			68,0				11,2	Ut2
	0,5	10,2	10,1	26,6	25,1	10,9	5,4		

Im Labor wurden die frischen Aggregatproben auf ein Sieb von 0,25 m² Größe und einer Maschenweite von 3 mm gebracht. Die Aggregate wurden dann vorsichtig in einer Sprühkammer auf Feldkapazität aufgesättigt und anschließend im Regenturm einem simulierten Niederschlag (60 mm/h) ausgesetzt. Der Regner besteht aus einer Grundfläche von 0,64 m² Fläche, in den 400 Kappillarschläuche eingesetzt sind. An diesen bilden sich Tropfen mit einem Durchmesser von 3,23 mm. Diese fallen in einem Regenschacht von 8,30 m und treffen mit einer Energie von 5,4 * 10⁻⁴ Joule auf die Bodenaggregate.

Es wurden sechs Beregnungsgänge von jeweils 5 Minuten Dauer durchgeführt, wobei nach jedem Beregnungsgang die Aggregate der Größe 15 - 3 mm, 3-1 mm, 1-0,6mm und < 0,6 mm auf den Sieben und im Siebdurchsatz gewogen wurden.

Die Bodenaggregate auf dem oberen Sieb wurden auf einem Leuchttisch fotografiert. Anhand dieser Fotografien (Abb. 1) wurde der Bedeckungsgrad über eine computergesteuerte Bildanalyse (schwarz/weiß) ermittelt. Anhand der gemessenen Bedeckungsgrade und der absoluten Bodenabtragsmenge wurde ein "bereinigter Bodenabtrag" errechnet (absoluter Bodenabtrag \cdot Bedeckungsgrad vor Beregnung \div Bedeckungsgrad nach Beregnung). Durch diesen Rechenvorgang werden Zonen ohne Bodenbedeckung mit in die abtragswirksame Fläche einbezogen.

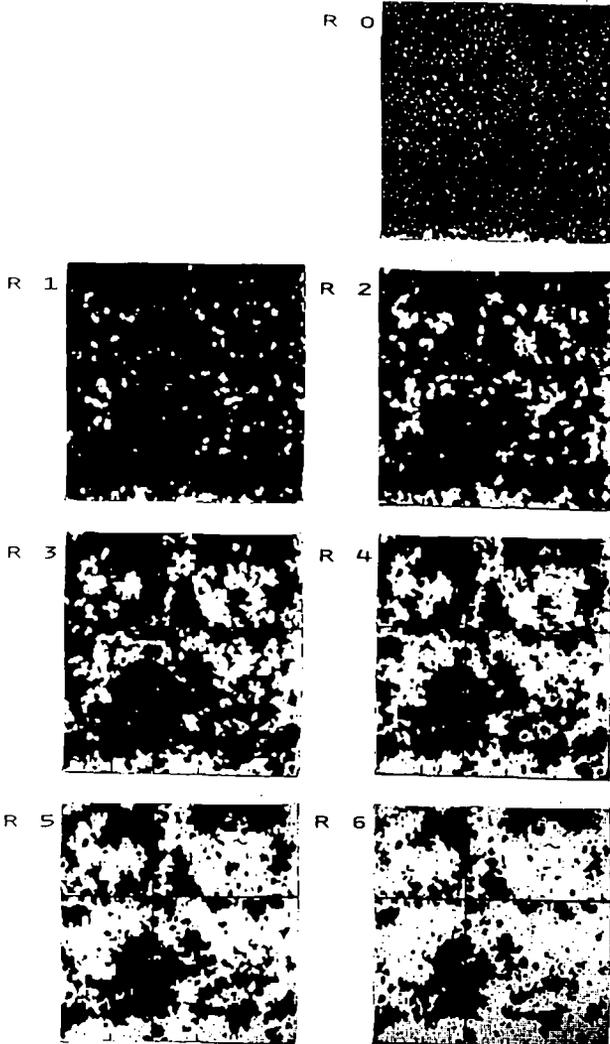


Abb. 1: Bodenbedeckung des oberen Siebes vor der Beregnung (R0) bzw. nach jeder der sechs Beregnungen (R1-R6)

Ergebnisse

Den bereinigten Bodenabtrag vom oberen Sieb zeigt Abb.2. Auf allen Flächen werden im Herbst relativ geringe, im Frühjahr hohe Bodenabtragsmengen festgestellt, woraus auf eine aggregatstabilisierende Wirkung der Winterwitterung geschlossen werden kann. Dies wird besonders bei den Flächen B und C deutlich.

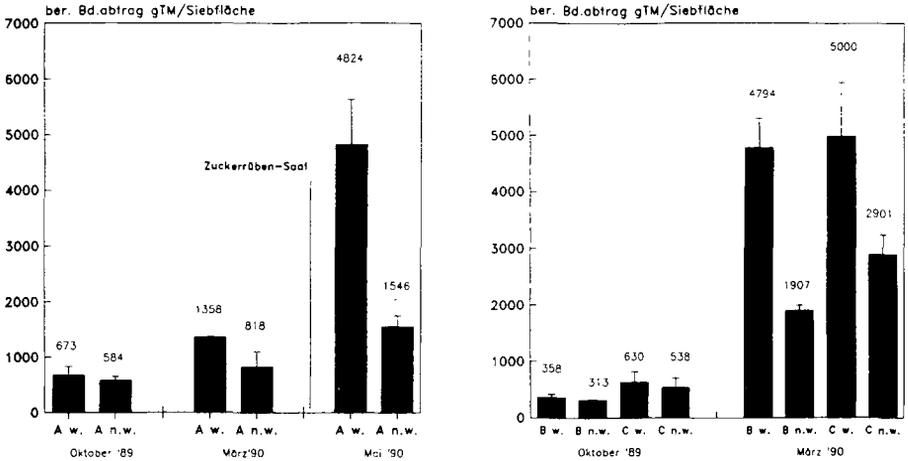


Abb. 2: Bereinigter Bodenabtrag der Flächen A, B und C; Varianten gepflügt (w.=wendend) und ungepflügt (n.w.=nicht wendend) Varianzanalyse: t-Test; GD (p=0,05)

Bei wendender Bodenbearbeitung sind die Bodenabtragsmengen im Herbst tendenziell, im Frühjahr statistisch gesichert höher als bei nicht wendender Bodenbearbeitung. Deutlich ist bei der Fläche A eine Minderung der Aggregatstabilität durch den vorausgegangenen Bestellvorgang der Zuckerrüben zu erkennen. Die höhere Aggregatstabilität bei nicht wendender Bodenbearbeitung geht mit einem höheren C-Gehalt sowie mit einem höheren Gehalt an mikrobieller Biomasse (Fumigations-Extraktions-Verfahren nach VANCE) in der untersuchten Bodenschicht im Vergleich zur wendenden Bearbeitung einher (Tab.2).

Tab. 2: Gehalt an organischer Substanz (C_{org} , * 1,724) und mikrobieller Biomasse in der oberen Bodenschicht (0-5 cm) der Varianten gepflügt (w.=wendend) und ungepflügt (n.w.=nicht wendend)

	Bodenbearbeitung	
	wendend	nicht wendend
org. Substanz in Gew.% (Mittel aller Flächen)	1,83	2,24
mikrobielle Biomasse ug/g Bd. (Fläche A)	146	301

Die höhere Aggregatstabilität der nicht-wendenden Varianten kann auf den höheren Humusgehalt und insbesondere auf die größere biologische Aktivität in der untersuchten Bodenschicht zurückgeführt werden. Die unterschiedlichen Bodenabtragsmengen auf den 3 Flächen sind außer auf C-Gehalt und Gehalt an mikrobieller Biomasse auch auf Körnungsunterschiede zurückzuführen. Die Fläche A, mit hohem Sandanteil weist im Frühjahr einen geringeren Bodenabtrag auf als die Flächen mit hohem Schluffanteil (B,C).

Der Körnungseffekt tritt besonders bei der Bestimmung der Aggregatgrößenverteilung nach der Beregnung auf. Der prozentuale Anteil in den Fraktionen, der hier aufgrund vernachlässigbarer Unterschiede zusammengefaßt dargestellt ist, zeigt Abb. 3:

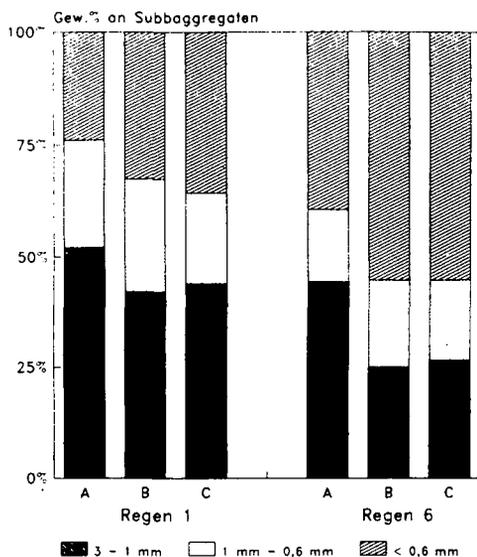


Abb. 3: Prozentualer Anteil (Gew. %) der Subaggregate 3-1 mm; 1-0,6 mm und < 0,6 mm nach der ersten und nach der sechsten Beregnung der Flächen A, B und C

Die Aggregate der sandreichen Fläche zerfielen zu einem hohen Anteil in große Subaggregate, während die Aggregate aus den schluffreichen Flächen hohe Mengen kleinster Subaggregate lieferten.

Schlußfolgerung

Es läßt sich feststellen, daß durch den Verzicht auf die Krumenwendung eine Steigerung der Aggregatstabilität und eine wirksame Verminderung der Erosionsgefahr auf den untersuchten Böden zu erreichen ist.

¹ : FB 11 der Universität Gesamthochschule Kassel, 37213 Witzenhausen

² : Institut für Bodenwissenschaften 37075 Göttingen

Erodibilität von Böden aus Löß unter unterschiedlicher Bewirtschaftung

von

Clemens, G., D. Huchler, B. Brunner und J. Friedel

Die Lößlandschaft des Kraichgaus wird wegen ihrer guten Voraussetzungen für das Pflanzenwachstum seit langem (Neolithikum) intensiv landwirtschaftlich genutzt. Wegen der erosionsanfälligen Böden, dem bewegten Relief und dem verbreiteten Anbau von Kulturen, die den Boden in einer Zeit mit dem Maximum erosiver Niederschläge unbedeckt lassen besteht erhöhte Erosionsgefahr. Durch Erosion wurde bereits das ursprüngliche Bodenmuster aus Parabraunerden, Vegen und Gleyen in Pararendzinen und Kolluvien mit unterschiedlichen Anteilen an erodierten Parabraunerden umgewandelt, wobei rezente Erosionsraten, berechnet durch Datierung der Kolluvionen, bis $84 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ betragen (CLEMENS & STAHR, 1993). In Einzelereignissen oder einzelnen Jahren wurden Bodenabträge von 18-370 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ermittelt (EICHLER, 1974/75 und DIKAU, 1986).

Unter der Zielsetzung des Sonderforschungsbereichs 183 "Umweltgerechte Nutzung von Agrarlandschaften" Landschaften und deren Nutzung so zu gestalten, daß unerwünschte Umwelteffekte minimiert werden, war zu untersuchen, wie sich unterschiedliche Bewirtschaftungsweisen auf die Erodibilität der Böden und den Bodenabtrag auswirken.

Die Widerstandsfähigkeit eines Bodens gegen Ablösung (HENK, 1989) kann beschrieben werden als Funktion des aktuellen Stabilitätszustands (Verschlammungsgrad, Wassergehalt etc.), biologischer Faktoren (Qualität und Quantität der organischen Substanz) und substratspezifischer Faktoren (Körnung, austauschbare Basen etc.). Es ist zu erwarten, daß sich die Bewirtschaftung vor allem auf die ersten beiden Faktoren auswirkt.

Die **Vorgehensweise** bestand darin zu untersuchen inwieweit und welche Bodenmerkmale, die für den Bodenabtrag von Bedeutung sind, bei unterschiedlicher Bewirtschaftung variieren. Ferner war zu prüfen, ob und welche der Faktoren für den Abtrag entscheidend sind.

Die Untersuchungen wurden in 4 Betrieben durchgeführt, in denen bei weitgehend gleicher Fruchtfolge (Zuckerrüben, Winterweizen, Wintergerste und Senf als Zwischenfrucht) die Faktoren Grundbodenbearbeitung -wendende (P+) und nicht wendende Bodenbearbeitung (P-) und organische Düngung -mit (G+) und ohne Gülle (G-) unterschiedlich kombiniert sind.

Pro Betrieb wurden unter Zuckerrüben auf 4 Standorten (Schlägen) und 2 Bodentypen (Parabraunerden und Pararendzinen) mit 2-4 Wiederholungen gemessen (Methodenbeschreibung in HUCHLER, 1992, BRUNNER, 1993): 1) **Physikalische Parameter**: Aggregatstabilität, hydraulische Wasserleitfähigkeit im Feld mit dem Guelph-Pressure-Infiltrometer, Porosität der Aggregate, Rauigkeit der Bodenoberfläche und Abscherwiderstand. 2) **Chemische Parameter**: Kationenaustauschkapazität mit Anteil von K^+ , Na^+ (H^+) am Austauscher, Gehalt an organischem Kohlenstoff. 3) **Mikrobiologische Parameter**: mikrobielle Biomasse, Gehalt an Polysacchariden. Auf 1-3 Standorten pro Betrieb wurden bei **Beregnungsversuchen** mit dem ERTI-Schwenkdüsenregner Oberflächenabfluß und Sedimenttransport ermittelt (Testfläche: $7 \cdot 1,5\text{m}$; Regenintensität: 65mm/h ; Regendauer: 1h Trockenlauf, 0,5h Pause, 0,5h Naßlauf).

1) Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Emil-Wolffstr. 27, 70593 Stuttgart

Nicht wendende Bodenbearbeitung wirkt sich positiv auf die Aggregatstabilität aus, was einhergeht mit höherer mikrobieller Aktivität, wie sie durch die höheren Gehalte an mikrobieller Biomasse und Polysaccharide zum Ausdruck kommt (Tab. 1). Der Gehalt an organischem Kohlenstoff wird erwartungsgemäß nicht beeinflusst. Der Einsatz von **Gülle** führt nicht zu höheren Gehalten an Polysacchariden, wohl aber zu höheren Gehalten an organischem Kohlenstoff und mikrobieller Biomasse und mit diesen zu höherer Aggregatstabilität. Ein negativer Effekt der Gülle über eine Erhöhung des Anteils einwertiger Kationen am Austauschere ist nicht festzustellen.

Tab.1: Effekte von wendender (P+) und nicht wendender (P-) Bodenbearbeitung und mit (G+) und ohne Gülle (G-) auf Aggregatstabilität (Agg), Aggregatporosität (Aggpor), Wasserleitfähigkeit im Feld (Kfs), Rauigkeit der Bodenoberfläche (Rauh), organischen Kohlenstoff (Corg), mikrobielle Biomasse (Cmic), Polysaccharide (Polys) und Kationenaustauschkapazität (KAK) mit Anteilen an K⁺ und Na⁺ am Austauscher in Pararendzinen (Pr) und Parabraunerden (Pb) von 4 Betrieben. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha=5\%$)

Effekte	Agg ml/10min	Aggpor %	Kfs cm/d	Rauh. %	Corg mg/g	Cmic mg/g	Polys mg/g	KAK mmol/kg	Na+K %	
Bodenbe- arbeitung P+	103 b	0,32 a	74 a	10,1 a	11,4 a	0,82 b	2,9 b	1290 a	9,4 a	
	42 a	0,32 a	71 a	8,9 a	11,2 a	0,55 a	2,2 a	1460 b	8,3 a	
Gülle G-	40 a	0,32 a	85 a	8,8 a	10,2 a	0,60 a	2,6 a	1327 a	8,8 a	
	103 b	0,32 a	61 a	10,2 b	12,4 b	0,80 b	2,5 a	1423 a	8,9 a	
Boden- typ Pr	93 b	0,36 a	39 a	9,3 a	11,3 a	0,66 a	2,4 a	1072 a	11,2 b	
	51 a	0,28 b	106 b	9,7 a	11,3 a	0,72 a	2,7 a	1678 b	6,4 a	
Betrieb	P-G+	156 b	0,32 a	57 a	11,8 b	11,9 ab	0,64 a	2,4 a	1173 a	10,8 c
	P-G-	42 a	0,31 a	94 a	8,4 a	10,8 ab	0,69 a	3,1 b	1407 b	8,0 ab
	P+G+	45 b	0,31 a	65 a	8,5 a	12,8 b	0,67 a	2,5 a	1673 c	7,0 a
	P+G-	38 a	0,33 a	78 a	9,3 a	9,6 a	0,51 a	2,0 ab	1247 a	9,6 bc
Typ*Betrieb										
Pr	P-G+	217 b	0,38 ab	30 a	11,9 c	11,4 ab	0,80 b	2,2 a	857 a	13,9 b
	P-G-	41 a	0,34 ab	42 a	6,9 a	10,3 ab	0,70 b	2,8 a	1133 bc	9,7 a
	P+G+	48 a	0,33 a	46 a	8,7 ab	13,6 b	0,60 ab	2,5 a	1346 c	8,8 a
	P+G-	38 a	0,39 b	37 a	9,6 a	9,9 a	0,50 a	2,2 a	950 ab	12,6 b
Pb	P-G+	80 a	0,27 a	86 a	11,7 b	12,4 b	1,10 b	3,1 bc	1490 a	7,7 b
	P-G-	43 a	0,27 a	140 a	9,9 ab	11,2 ab	0,60 ab	3,5 c	1680 b	6,3 ab
	P+G+	42 a	0,28 a	80 a	8,4 a	12,0 b	0,50 a	2,3 ab	2000 c	5,2 a
	P+G-	38 a	0,27 a	128 a	9,0 a	9,3 a	0,60 a	1,9 a	1543 ab	6,5 ab

Die beiden **Bodentypen** unterscheiden sich nicht im Gehalt an Corg, was aufgrund der stärkeren Erosion bei den Pararendzinen zu erwarten war. Dieser Befund bestätigt aber die Ergebnisse von LORENZ (1992). Die Böden unterscheiden sich nicht in der mikrobiellen Aktivität und wenn die Aggregatstabilität dennoch bei den Pararendzinen höher war als bei den Parabraunerden, so ist das auf herausragende Aggregatstabilität bei den Pararendzinen des Betriebs 1 zurückzuführen (s.o.). Erwartungsgemäß ist die Kationenaustauschkapazität (KAK) bei den tonigeren Parabraunerden (die Al-Horizonte fehlen in der Regel) höher als bei den Pararendzinen. Aufgrund der höheren Pufferkapazität ist bei gleichem Angebot an einwertigen Ionen deren

Anteil am Austausch bei Parabraunerden niedriger als bei Pararendzinen. Die Aggregate der Parabraunerden zeichnen sich durch signifikant niedrigere Porosität aus. Die Wasserleitfähigkeit ist bei den Parabraunerden höher als bei den Pararendzinen. Aufgrund der hohen räumliche Variabilität sind Effekte der Bewirtschaftung nicht erkennbar. Die Messungen der Bodenrauhigkeit ergaben keinen Hinweis auf eine stärkere Verschlämzung der Pararendzinen; sie war ebenso wie die Aggregatstabilität- in Betrieb 1 bei beiden Bodentypen höher als in den übrigen Betrieben.

Die **Abflüsse** bei simulierten Niederschlägen (Abb. 1B) waren erwartungsgemäß bei den Pararendzinen höher als bei den Parabraunerden (s. Kfs, Tab. 1), sie variierten zwischen den Betrieben nur bei den Parabraunerden nicht aber bei den Pararendzinen. Mit einem Bestimmtheitsmaß von 87% war eine Prognose der Abflüsse mit den Kfs-Werten der berechneten Standorte möglich, nicht aber mit den Mittelwerten aller untersuchten Standorte eines Betriebes. Die **Abträge** (Abb. 1A) waren bei den Parabraunerden trotz niedrigerer Abflüsse nicht in allen Fällen niedriger als bei den Pararendzinen, d.h. bei gleicher Menge abfließenden Wassers wird bei den Parabraunerden mehr Boden abgelöst als bei den Pararendzinen. Bei den Parabraunerden waren ferner hohe Abflüsse mit niedrigen (Betrieb 2) sowie mit hohen Abträgen (Betrieb 3) kombiniert, was nicht durch unterschiedliche Aggregatstabilität, Rauigkeit oder Abscherwiderstände zu erklären ist und möglicherweise in der technischen Ausstattung der Betriebe (Terra-Bereifung bei Betrieb 2, höhere Anzahl von Fahrspuren aufgrund schlechter Geräteabstimmung bei Betrieb 3) begründet ist.

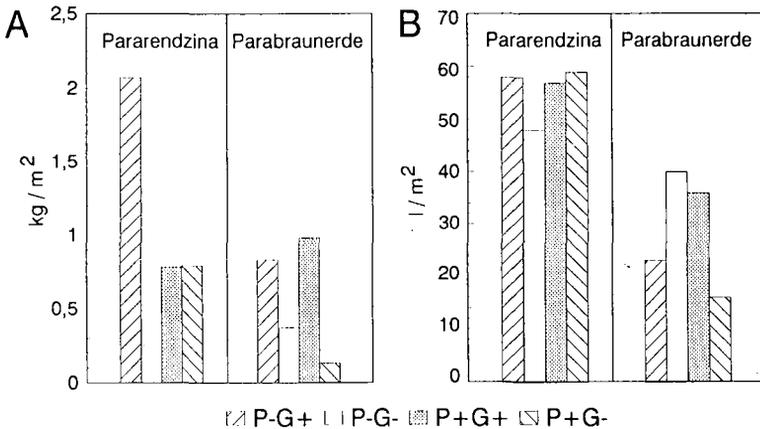


Abb. 1: Bodenabtrag (A) und Oberflächenabfluß (B) zweier Bodentypen aus Löß unter Zuckerrüben, bei wendender oder nicht wendender Bodenbearbeitung (P+ P-), mit oder ohne Gülleinsatz (G+ G-), bei Beregnung mit dem ERTI-Regensimulator.

Überraschend ist der Befund, daß die Abträge positiv mit der Aggregatstabilität korreliert waren ($r=0,8$). Bei multipler Korrelation (Abtrag als Funktion von Aggregatstabilität, Kfs, Bodenbedeckung durch Blätter, Wasseraufnahme des Bodens während des Versuchs und Hangneigung) gehen neben der Aggregatstabilität lediglich die Bodenbedeckung mit ein und bei den Parabraunerden die Wasseraufnahme und es werden Bestimmtheitsmaße von 73% (Pr) bzw. 90% (Pb) erreicht.

Messungen der Abscherwiderstände in 3 der untersuchten Betriebe ergaben für beide Bodentypen in Betrieb 1 signifikant niedrigere Werte (0,7-1kg/cm²) als in Betrieb 2 und 3 (1,7-2 kg/cm²). Die trotz hoher Aggregatstabilität und Rauigkeit hohen Abträge bei den Pararendzinen des

Betriebs I werden offenbar dadurch verursacht, daß stabile, kleine (1-2mm) Aggregate leicht aus dem Verband getrennt und unzerstört transportiert werden.

Tab. 2: Qualitative Bewertung des Einflusses von Bodenbearbeitung, Gülleeinsatz, Bodentyp und Betrieb auf physikalische, chemische und mikrobielle Bodenmerkmale sowie den Bodenabtrag und den Oberflächenabfluß bei simuliertem Niederschlag.

	Aggregat- stabilität	Aggregat- poros.	Kfs	Rauh- igkeit	KAK	Na + K %	Corg	Cmic	Poly- sacc.	Ab- trag	Ab- fluß
ohne Pflug mit Pflug	▽	—	—	—	—	—	—	(▽)	▽	—	—
ohne Gülle mit Gülle	△	—	—	—	—	—	△	△	—	△	—
Pararendz. Parabraun.	(▽)	▽	△	—	△	▽	—	—	—	—	—
Betrieb	+	—	—	+	+	+	+	+	—	—	—

+ Unterschiede vorhanden
 - Unterschiede nicht vorhanden
 △ mehr
 ▽ weniger

Aus der Übersicht (Tab. 2) ist zu entnehmen, daß das Betriebssystem als ganzes einen Einfluß auf eine Reihe von Bodenmerkmalen hat, die aber nur in wenigen Fällen auf die variierte Bewirtschaftung (Bodenbearbeitung, Gülleeinsatz) zurückzuführen ist. Die Effekte dieser Bewirtschaftungsweisen werden offenbar überlagert durch andere betriebliche Faktoren. Als hilfreiche Mittel zur Charakterisierung werden Gesamt-C- oder N-Bilanzen angesehen.

Mit den untersuchten Bodenmerkmalen ist eine Prognose der Abträge bei simulierten Niederschlägen nicht allein möglich, da andere Faktoren, wie die technische Ausstattung eines Betriebes einen erheblichen Einfluß haben können. Die Ergebnisse der Regensimulationen deuten auf eine unterschiedliche Erosionsdynamik der untersuchten Bodentypen hin.

Der Befund, daß der Abtrag mit der Aggregatstabilität steigt, widerspricht den allgemein anerkannten Vorstellungen des Erosionsprozesses. Es bleibt zu prüfen, ob es sich hierbei um einen Artefakt handelt und instabile Aggregate zu starker Verschlämmung und zu erhöhtem Abfluß führen, aber aufgrund der kurzen Fließstrecke der Versuchspartellen nicht zur Gullybildung.

Literatur:

BRUNNER, B. (1993): Effekte unterschiedlicher Bewirtschaftung auf mikrobielle Eigenschaften von Lössböden des Kraichgaus und physikalische Kenngrößen ihrer Aggregate, Diplomarbeit am Inst f. Bodenkunde und Standortslehre der Uni Hohenheim, 71 S.
 CLEMENS, G and K. STAHR; (1993): Present and past soil erosion rates in different catchments of the Kraichgau area. - Catena (in Druck).
 DIKAU, R. (1986): Experimentelle Untersuchungen zu Oberflächenabfluß und Bodenabtrag von Meßparzellen und landwirtschaftlichen Nutzflächen. Heidelberger Geographische Arbeiten 81, 195 p.
 EICHLER, H. (1974/75): Bodenerosion im Kraichgauer Löß. Kraichgau - Beiträge zur Landschafts- und Heimatforschung 4, 174-189, Sinsheim.
 HENK, U.; (1989): Untersuchungen zur Regentropfenerosion und Stabilität von Bodenaggregaten.- Landschaftsgenese und Landschaftsökologie, Heft 15, 197 S., Braunschweig.
 HUCHLER, D. (1992): Erosionsbestimmende Bodenparameter in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung in der Lößlandschaft des Kraichgaus, Diplomarbeit am Inst f. Bodenkunde und Standortslehre der Uni Hohenheim, 62 S.
 LORENZ, G.; (1992): Stickstoff-Dynamik in Catenen einer erosionsgeprägten Lößlandschaft.- Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 1., 171 S., Stuttgart.

Weg-Zeit-Verhalten diffuser N-Austräge über den Grundwasserpfad in Fließgewässer Nordostdeutschlands

von

Dannowski, R., J. Quast und H. Balla

Aufgabenstellung

Regionale Unterschiede der Fließwege bzw. -zeiten und damit des Austragspotentials diffuser landwirtschaftlicher Nährstoffüberschüsse sind zu beachten, wenn mittels des Emissionsverfahrens eine Verfolgung der überschüssigen Nährstoffe auf ihrem unterirdischen Wirkungspfad vom Verlassen der Wurzelzone bis zum Eintritt in die Oberflächengewässer erfolgen soll. Ziel solcher Arbeiten ist die Quantifizierung des Anteils landwirtschaftlicher Stickstoffüberschüsse an den N-Frachten, die gegenwärtig und zukünftig in Fließgewässern des Lockergesteinsbereiches Nordostdeutschlands transportiert werden.

Material und Methode

Die Betrachtungen beschränken sich auf den leicht beweglichen Nitratstickstoff. Das Gesamtgebiet des nordostdeutschen Lockergesteinsbereiches (71.916 km²) wurde in unterschiedlichen Maßstabebenen bearbeitet – von der großmaßstäbigen, durch eigene Messungen belegten Betrachtung der Prozesse in Teilflächen ausgewählter Niederungsgebiete (siehe Tafel) über mittelmaßstäbige, karten- und modellgestützte Analysen kleinerer Einzugsgebiete (Behrendt u. a., 1993) bis zur kleinmaßstäbigen, an Landschaftseinheiten orientierten Kartierung des N-Austragspotentials und Bilanzierung der Stickstoffströme in 104 Landkreisen, 24 größeren Einzugsgebieten, den Ländern und im Gesamtgebiet (Dannowski u. a., 1993).

Bei der Analyse wurden folgende Teilaspekte des Nitrataustrags aus der landwirtschaftlich genutzten Fläche zunächst ins Grundwasser – mehr oder weniger detailliert und quantitativ belegt – berücksichtigt:

- Klimatische Wasserbilanz (Deckfolien M 1:200.000; Glugla, 1985)
- Stickstoffüberschuß 1989 für Betriebe der Pflanzenproduktion (Dannowski u. a., 1992)
- Bodenverhältnisse (Mittelmaßstäbige landwirtschaftliche Standortkartierung M 1:100.000)
- Grundwasserverhältnisse (Hydrogeologisches Kartenwerk M 1:50.000)
- Denitrifikation im Oberboden (Köhne und Wendland, 1991), Nitratverlagerung mit dem Sickerwasser (Gäth u. a., 1992) und Nitratabbau im Sickerwasser (Annahme Reaktion 1. Ordnung)
- Lage von Binnenentwässerungsgebieten nach Treichel (1957) und weiteren abflußlosen Gebieten
- Oberflächengewässer und Einzugsgebiete (Hydrographisches Kartenwerk M 1:200.000)
- Weg-Zeit-Verhalten im Grundwasserleiter (Piston-Flow-Modell)

Auf dieser Daten-, Karten- und Modellgrundlage erfolgte eine (geo-)hydrologische Typisierung der Einzugsgebietsstrukturen im Lockergesteinsbereich Nordostdeutschlands. Anhand des charakteristischen Nitrattransportverhaltens dieser Einzugsgebietstypen ließ sich eine Karte M 1:500.000 der potentiellen Gewässergefährdung durch diffuse N-Einträge erstellen, in der vor allem die zeitliche Komponente des Transportprozesses bewertet wurde. Durch Überlagerung mit den potentiellen N-Überschüssen der landwirtschaftlichen Nutzfläche von etwa 800 Pflanzenproduktionsbetrieben ergab sich ein regional differenziertes Bild des Belastungspotentials der Fließgewässer, das für die Landkreise des Lockergesteinsbereiches aggregiert und in Kartenform dargestellt wurde.

Ergebnisse

Hinsichtlich des N-Transportprozesses zwischen Austritt aus der Wurzelzone und Eintritt in Fließgewässer wurden fünf (sechs) Einzugsgebietstypen ausgeschieden (Tabelle, Abb. 1).

Die Fließzeiten über den Boden-/Grundwasserpfad zu Fließgewässern variieren in den Gebietstypen von

⁺ Institut für Hydrologie, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e. V., Wilhelm-Pieck-Straße 72, 15374 Müncheberg

Tabelle: Typische Einzugsgebietsstrukturen im Lockergesteinsbereich Nordostdeutschlands

A1	(Schmale) Bach- und Flußtäler mit grundwassernahen Auen, zum Teil vermoort, und kurzen Fließwegen zum Vorfluter
A2	Weite Flußauen an den Mittel- und Unterläufen von Oder und Elbe, zum Teil als Polder eingedeicht, mit zumeist gering durchlässigen Auenlehm- und Auentondecken
Mo	Flach- bis tiefgründige, großflächige Niedermoore mit Wasserregulierungssystemen für Entwässerung, An- und Einstau
St	(Zumeist gedränte) Bereiche grundwasserferner Grund- und Endmoränen mit oberflächennahen StauhORIZONTEN und relativ kurzen Wegen zu Vorflutern
GW	Binnenentwässerungsgebiete in grundwasserfernen Grund- und Endmoränen mit <ul style="list-style-type: none">– guten Versickerungsmöglichkeiten ins Grundwasser, aber langen bis sehr langen Fließwegen zu Vorflutern
BE	<ul style="list-style-type: none">– verbreiteten StauhORIZONTEN, überwiegend Oberflächenabfluß und Interflow zu Söllen und abflußlosen Seen sowie minimaler Versickerung/Grundwasserneubildung

Wochen/Monaten über Jahre/Jahrzehnte bis zu Jahrhunderten. Deshalb sind die aktuellen N-Frachten in den Fließgewässern hinsichtlich ihres Anteils aus diffusen landwirtschaftlichen Austrägen aus der Bodendecke stets Resultat von Austragsereignissen, die Monate, Jahre oder Jahrzehnte zurückliegen. Eine modellgestützte Quantifizierung des Eintrages der N-Überschüsse eines konkreten Jahres in Fließgewässer ist nur für Kleineinzugsgebiete (bis 100 km²) sinnvoll möglich. Für ganze Landschaftsräume läßt sich lediglich die potentielle Eintragsgefährdung durch Perkolatation ins Grundwasser angeben.

Dieses Gefährdungspotential für Oberflächengewässer durch diffuse landwirtschaftliche Stickstoffeinträge ist – aggregiert für die Landkreise des Lockergesteinsbereiches – in Abb. 2 dargestellt. In der Gegenüberstellung mit den potentiellen Stickstoffüberschüssen 1989 zeigt sich deutlich der Einfluß des „Transformationsverhaltens“ der ausgewiesenen Einzugsgebietstypen auf das N-Belastungspotential.

Änderungen in der Landnutzung/Düngung wirken sich erst mit teilweise erheblichem Zeitverzug und in zeitlicher Überlagerung in den Fließgewässern aus. Der Anteil diffuser Austräge aus der Bodendecke im Lockergesteinsbereich Nordostdeutschlands an den gegenwärtigen N-Frachten der Elbe, der Oder und der direkten Ostsee-Zuflüsse stellt einen Verschnitt aus den Wirkungen der Bodennutzung früherer Jahre und Jahrzehnte dar. Es ist nicht möglich zu sagen, ob das Maximum der N-Belastung der Fließgewässer aus diffusen Zuflüssen der zurückliegenden Jahre maximaler N-Düngung bereits erreicht ist. Rezente N-Einträge aus dem Zeitraum 1960/89 mit intensiver N-Düngung in Fließgewässer des Lockergesteinsbereiches erfolgen lediglich von 15 bis 20 % der Fläche, vorzugsweise aus den Einzugsgebietstypen A1, A2, St, (Mo). Nur in diesen Gebieten vorgenommene Reduktionen der N-Düngung werden auch in kürzerer Frist als verminderte N-Belastung der Fließgewässer wirksam. Gebiete mit Austragszeiten von mehr als etwa 30 Jahren, aus denen höhere N-Austräge die Fließgewässer im Lockergesteinsbereich bisher noch gar nicht erreicht haben können, werden noch bis über die Jahrtausendwende hinaus erhöhend auf die N-Frachten wirken.

Schlußfolgerungen aus der Emissionsbetrachtung diffuser N-Austräge eines oder auch mehrerer Jahre auf die reale Zusammensetzung der N-Frachten größerer Flüsse mit heterogenen Einzugsgebiets- bzw. Grundwasserleiterstrukturen sind wegen des extrem gespreizten Weg-Zeit-Verhaltens in den Teileinzugsgebieten und seiner komplexen Überlagerung praktisch nicht möglich. Über die zeitliche Entwicklung des Anteils diffuser N-Einträge kann ein längerfristig angelegtes Auswertungsprogramm der N-Frachten von Fließgewässern unter Nutzung der Immissionsmethode (Behrendt, 1993) Aufschluß geben.

Literatur

- Behrendt, H. (1993): Point and diffuse loads of selected pollutants in the river Rhine and its main tributaries. IIASA, Laxenburg, Austria, RR-93-1.
- Behrendt, H., H. Balla, R. Dannowski, W. Pagenkopf und I. Hiller (1993): Mittelmaßstäbliche Analyse abbau- und sorptionslimitierter Stoffeinträge ins Grundwasser, IGB, Berlin, Institut für Hydrologie im ZALF e. V., Münchenberg, WASY GmbH, Berlin (Poster).

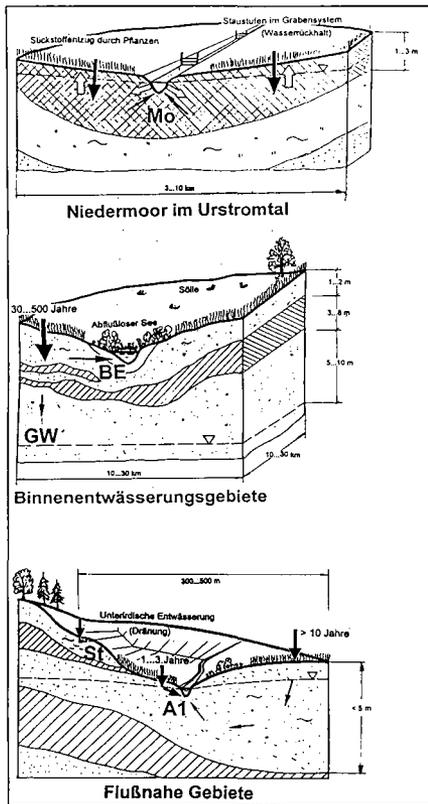


Abb. 1: Typische Einzugsgebietsstrukturen im Lockergesteinsbereich Nordostdeutschlands

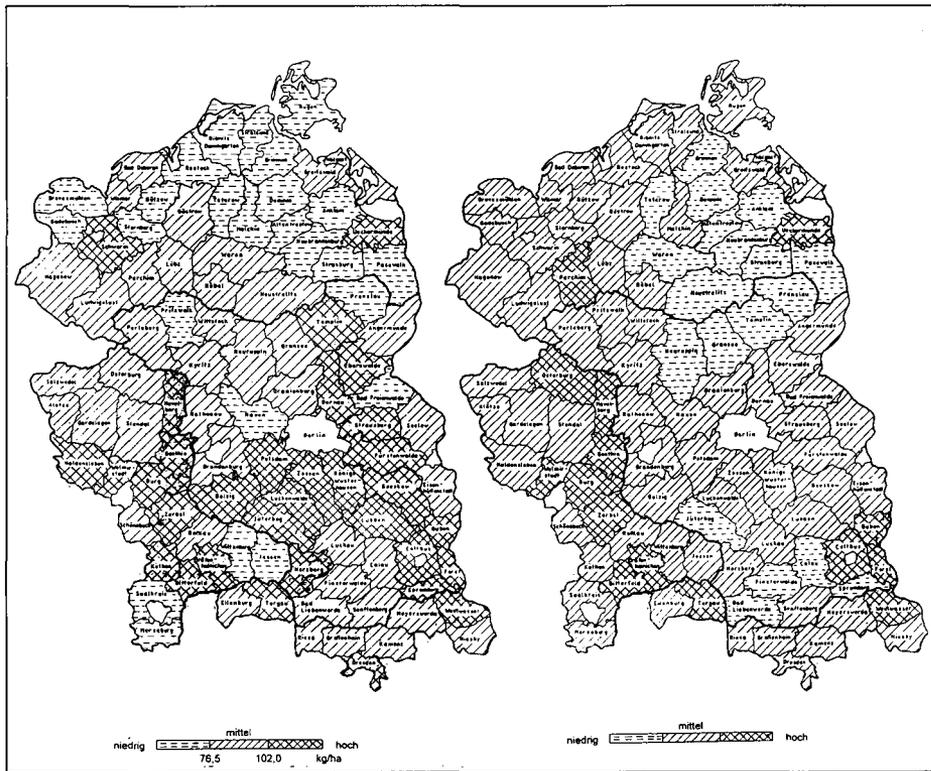


Abb. 2: Stickstoffprimärbilanzen 1989 (links) und potentielle Verteilung der N-Einträge in Oberflächengewässer unter zusätzlicher Berücksichtigung des Weg-Zeit-Verhaltens im Lockergesteinsbereich Nordostdeutschlands (rechts) - Mittelwerte der Landkreise

- Dannowski, R., und S. Fritsche (1992): Ermittlung der potentiellen Nährstoffbelastung aus der landwirtschaftlichen Produktion des nordostdeutschen Tieflands für das Jahr 1989. Zwischenbericht zum UBA-Forschungsvorhaben Wasser 102 04 382/02: Regional differenzierter Stickstoff- und Phosphateintrag in Fließgewässer. Inst. f. Hydrologie, ZALF, Münchenberg.
- Dannowski, R., J. Quast, H. Balla, L. Müller und S. Fritsche (1993): Diffuse Stickstoffausträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Teilprojekt-Abschlußbericht zum UBA-Forschungsvorhaben Wasser 102 04 382/02: Regional differenzierter Stickstoff- und Phosphateintrag in Fließgewässer. Inst. f. Hydrologie, ZALF, Münchenberg.
- Gäth, S., F. Eulenstein und B. Wöhrab (1992): Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. Konzept des DBG-AK Bodennutzung in Wasserschutzgebieten. Gießen, Juni 1992.
- Glugla, G. (1985): Anwenderrichtlinie zur Nutzung der neuen Karten des Gesamtabflusses M 1 : 200.000 (Deckfolien zur Abflußkarte des N-A-U-Kartenwerkes über das Gebiet der DDR). Institut für Wasserwirtschaft, Bereich Wasserbewirtschaftung, Berlin, Mai 1985.
- Köhne, Ch., und F. Wendland (1992): Modellgestützte Berechnung des mikrobiellen Nitratabbau im Boden. Interner Bericht KFA-STE-IB-1/92. Jülich.
- Quast, J., L. Müller u. R. Dannowski (1992): Abschätzung der realen Stoffausträge in landwirtschaftlich genutzten Flußpoldern mittels gebietshydrologischer Analysen. Mitt. DBG 68: 103 – 106
- Trichel, F. (1957): Die Haupt- und Nebenwasserscheiden in Mecklenburg. Univ. Greifswald, Diss.

Beispiel Oberes und Mittleres Rhinluch – Typ Mo –

- 23.000 ha flachgründiges Niedermoor über Sand
- Geländegefälle $\leq 0,3 \%$
- Nutzung bis 1989 Saatgrasland, N-Düngung 200 bis 260 kg/ha
- Kombinierte Entwässerung, Wasserrückhalt und Einstaubewässerung über Graben-/Dränsystem mit Stauen
- Innerjährlich geringe Dynamik des Grundwasserkörpers; hohes Denitrifikationspotential
- Einstau meist größer als Entwässerung \rightarrow N-Rücktransport in die Wurzelzone während der Vegetationsperiode
- Langjährige Wassergütemessungen: $\text{NO}_3^- < 10 \text{ mg/l}$ in Zu- und Abflüssen; praktisch kein Austrag aus der Moorfläche
- Bei künftiger Wiedervermässung (völliger Wegfall der Entwässerung) verstärkte Wirkung als Stoffsenke, Minimierung des N-Austrages in Fließgewässer (Rhin); Verweildauer des Grundwassers unter Moor unterhalb der Grabensohlen geht dann gegen Unendlich, und an der Grundwasser Oberfläche stellt sich eine innerjährlich ausgeglichene klimatische Wasserbilanz ein

Beispiel Oderbruch – Typ A2 – (Quast u. a., 1992)

- 80.000 ha Auelehm/Aueton über Sand/Kies
- N-Überschuß Pflanzenproduktion 1989 $\approx 70 \text{ kg/ha}$
- N-Austrag 1992 Meßstelle Schiffmühle $< 0,35 \text{ mg/l}$ bzw. $< 5 \text{ kg/ha}$
- Sickerwasserhöhe $\leq 50 \text{ mm/a}$, jährliche Austauschhäufigkeit des Bodenwassers $\approx 30 \%$
- Fließgeschwindigkeit im Grundwasser: $v_A = 0,5$ bis 2 km/a
- Fließzeit N-Eintrag Boden \rightarrow N-Austrag Meßstelle Schiffmühle: 4 bis 10 Jahre

Beispiel Binnentwässerungsgebiete

- **Typ BE** mit Söllen/abflußlosen Seen, ohne Vorfluteranschluß und mit durchgehendem, oberflächennahem Staukörper:
 - im jüngeren Grund- und Endmoränengebiet des nordostdeutschen Tieflands insgesamt $> 200.000 \text{ ha}$ Grundwasserneubildung $\rightarrow 0$, Stoffaustrag $\rightarrow 0$
- **Typ GW** mit versickerungsbestimmten grundwasserfernen Standorten ohne Vorfluteranschluß, aber mit Verbindung zum Grundwasserleiter:
 - im Jungmoränengebiet $> 500.000 \text{ ha}$
 - Zeitspannen von der Grundwasserneubildung bis zum Eintrag in Fließgewässer > 50 bis 100 (500) Jahre

Tafel: Beispiele für das Stoffaustragsverhalten ausgewählter Einzugsgebietstypen

**Kennzeichnung der Standorteigenschaften eines
Kleineinzugsgebietes im Uckermärkischen Hügelland
und Datenaufbereitung als Grundlage zur
Einschätzung der Erosionsgefährdung, Bodenerodier-
barkeit und Reliefenergie**

von

Deumlich, D. und J. Thieme

Ziel:

Am Beispiel eines kleinen Einzugsgebietes im Kreis Prenzlau (Uckermark) soll die Anwendbarkeit verfügbarer gemeindebezogener Datensätze zur vergleichenden Standortcharakteristik von Gebieten vorgestellt werden. Diese Daten wurden zur Abschätzung der Parameter Bodenerodierbarkeit und Reliefenergie genutzt und nach Überprüfung der Treffsicherheit in Modellrechnungen eingegeben.

Datenbasis:

Zur Kennzeichnung und Beurteilung von Standorteigenschaften wurden folgende Datengruppen genutzt:

- Liegenschaftsdaten
- Bodenschätzungsdaten
- Daten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung
- Gebietsdaten

Methodik zur Standortcharakterisierung:

Die gebietsbezogene Datenbereitstellung erfolgt in Form punkt- und flächenbezogener Primärdaten (Erfassungsdaten) und durch aspektbezogene Vergleichsdaten (Vergleichsstufen, Vergleichsindizes und Indeksklassen). Gekennzeichnet werden die Komponenten Substrat, Bodenwasserverhältnisse, Hangneigung, Steinigkeit und Flächennutzung. Beurteilt werden:

- Anbau- und Umwidmungseignung
- Bewirtschaftungseignung
- Flächennutzungsgrad
- potentielle Erosionsgefährdung

Methodik zur Ableitung der Erosionsparameter

In 20 m langen Parzellen in Mittelhangposition erfolgen seit 12 Jahren in 2 stationären Meßfeldern Messungen der Bodenerosion. Daneben wurden Bodenabtragsdaten mit Regensimulation gewonnen. Die Ergebnisse beruhen somit nur auf am Punkt- bzw. an Hangsegmenten ermittelten Meßdaten. Um daraus Aussagen zu Bodenverlagerungen in Gebieten ableiten zu können, sind Beziehungen zu bereits vorhandenen Standortdaten herzustellen. Solche Standortdaten, die zur Charakterisierung der Bodenerodierbarkeit und der Reliefenergie genutzt werden können, sind Bodenart, Substratflächentyp (SFT), Standorttyp, Hangneigungsgruppen und Neigungsflächentyp (NFT), die flächendeckend für die NBL vorliegen.

Ergebnis:

Bodenerodierbarkeit

Die Bodenerodierbarkeit der Substrate wurde nach dem Nomogramm der ABAG (SCHWERTMANN u.a. 1987) aus den Parametern Textur und Humusgehalt ohne Betrachtung der Infiltration und Struktur abgeleitet. Grundlage dafür bildeten ca. 1000 Profildaten des Datenspeichers Boden für Profile des Nordostdeutschen Jungmoränengebiets. Danach ergeben sich die in Tab. 1 aufgeführten Bodenerodierbarkeitsfaktoren (K) für Bodenarten.

Tab. 1: Bodenerodierbarkeitswerte für Krümenböden des DABO-PRODAT (Jungmoränengebiet)

Bodenart	DABO-PRODAT x (n)
S	0,21 (98)
I S	0,25 (287)
I S	0,33 (174)
sL	0,35 (447)
L	0,32 (103)
IT, T	0,12 (10)

Die Zuordnung der K-Faktoren für die Standorttypen erfolgte unter Berücksichtigung der dominierenden Substrate innerhalb der Standorttypen (Tab. 2). Untersuchungen im Jungmoränengebiet belegen, daß besonders die Bodenarten I S/sL aufgrund geringer Kornbindung und damit leichterer Zerstörbarkeit der Aggregate verfrachtbar sind (Deumlich, 1988).

Runoff und Sedimenttransport sind darüberhinaus stark von aktuellen Bodenzuständen abhängig, die im K-Faktor der ABAG nicht oder nur ungenügend berücksichtigt werden (z.B. Fahrspuren, Verschlammung und Verkrustung). Aufgrund der hohen potentiellen Infiltrationskapazität des Sandes (S) wurde den D1-Standorten der K-Faktor 0,1 zugeordnet. Für die D5-Standorte wurde 0,25 in späteren Berechnungen genutzt, da relativ hohe Abflußraten in den Experimenten keinen erhöhten Sedimenttransport zur Folge hatten.

Tab. 2: Zuordnung von K-Faktoren zu Standorttypen des Lockergesteinsgebietes

STT ¹	vorwiegende Bodenart im Oberboden	Kennzeichnung der Acker- und Graslandschläge (Autorenkoll. 1983)	K-Faktor
D1	S	> 80 % Sand	0,1
D2	S, I S	> 60 % Anlehmsand o. Sand, <40 % Tieflehm	0,2
D3	I S...I S	40-60 % Tieflehm, Lehmsand o. Decklehm bzw. Decklehmsand, 40-60 % Sand o. Anlehmsand	0,3
D4	I S, sL	>60 % Tieflehm o. Tiefert (z.T. Decklehm), Decksandlöß o. Decksandlehm	0,35
D5	I S...L	40-60% Lehm, 40-60% Tieflehm; >60% Lehm und Tieflehm; >60% Sandlöß	0,25
D6	L...IT	>60% Lehm o. Lehmkerf, z.T. Lehm o. Ton	0,2

¹ verkürztes Symbol - ohne Differenzierung nach Kleinbuchstaben (a, b, c)

Topografiefaktor

Für das Jungmoränengebiet ist derzeit noch kein digitalisiertes Reliefmodell verfügbar. Es existieren jedoch Daten zur flächenhaften Verteilung der Hangneigung. Die NFT stellen eine definierte flächenmäßige Kombination von zusammengefaßten Hangneigungsgruppen dar. In ihnen sind allerdings keine Informationen über Hanglängen enthalten. Diese sind aber zur Bestimmung des Topografiefaktors notwendig. Die Heterogenität des Reliefs im Jungmoränengebiet erfordert die gebietsspezifische Ableitung des Topografiefaktors (LS; mit L-Hanglänge, S-Hangneigung). Deshalb wurden von Top. Kartenblättern im Maßstab 1:10.000 erosive Länge und Höhendifferenz der Hänge gemessen und der jeweilige LS-Faktor bestimmt. Für Hänge des betrachteten Einzugsgebietes wurden Überprüfungen im Gelände vorgenommen. Die Berechnung des LS-Faktors der einzelnen Hänge erfolgte unter Nutzung der von SCHWERTMANN et al. (1987) angegebenen Gleichung

$$LS = (l/22)^m * s/9 * \sqrt{(s/9)}$$

mit m = 0,4 für S < 5 % und m = 0,5 für S ≥ 5 %.

Die LS-Faktoren der Hänge wurden je Neigungsgruppe (0-4 %, 4-9 %, 9-14 %, 14-23 %, >23 %) der betrachteten Gebiete (Kreis...Kartenblatt) gemittelt. Die Kriterien der MMK zur Bestimmung der Neigungsflächentypen dienen zur Wichtung der LS-Faktoren der einzelnen NFT (Tab. 3).

$$\text{Bsp.: NFT 03} = (\text{HNG I} * 60 + \text{HNG II} * 37,5 + \text{HNG III} * 2,5)/100$$

Somit wurde die Möglichkeit geschaffen, die vorhandenen NFT in Berechnungen für Gebiete nutzen zu können.

Die gebietsbezogenen Standortdaten wurden anschließend mit den Anteilen der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (Hektar der NFT01...NFT13) je Gemeinde gewichtet.

Tab. 3: Algorithmus zur DVA-gerechten Ermittlung der Hangneigungsflächentypen (verändert nach MMK 1983)

Hangneigungsflächentyp		Zusammengefaßte Hangneigungsgruppen ¹ (HNG I...V und HNG 0...8)				
		I 0 < 4%	II 1 4-9%	III 2/3 9-14%	IV 4/5 14-23%	V 6-8 > 23%
01	eben	95	5	0		
03	flach	60	37,5	2,5	0	
05	flach mit mäßig geneigten Anteilen	80		17,5	2,5	0
07	flach mit stark geneigten Anteilen	80		17,5		2,5
09	mäßig geneigt mit stark geneigten Anteilen	50		30	17,5	2,5
11	stark geneigt	50			50	

¹ maximale Flächenanteile je Hangneigungsgruppe

Gebietscharakteristik

Die gemeindebezogenen Standort- und Liegenschaftsdaten bilden die Basis zur Beurteilung von Gebietseinheiten (Naturräumliche Einheiten, Wassereinzugs-, Schutzgebiete) und höherer administrativer Einheiten (Kreise, Großkreise, Länder). Neben den Gemeindedaten liegen im Rahmen der Schlagkartierung nach gleichen Beurteilungskriterien erhobene Parameter auch für einzelne Schläge vor.

Für den Vergleich von Gemeinden und Gebieten können die in Tab. 4 angegebenen komplexen Standortdaten genutzt werden. Neben Acker- (AZ), Grünland- (GZ), Ertragsmeßzahl (EMZ) und natürlichen Standorteinheiten werden Vergleichsindizes für die Nutzungsartenverteilung (NAI-vom Wald mit dem Faktor 100 bis zu Siedlungsflächen mit dem Faktor 0 abnehmende naturnahe Ausstattung in Analogie zur Ableitung von Ackerzahlen), für Substrat- (SB), Hydromorphie- (HB), Hangneigungs- (NB) und Steinigkeitsverhältnisse im Oberboden (EO) herangezogen, die darüberhinaus über die Heterogenität Auskunft geben. Im Falle der betrachteten Gemeinden stellen sich die Verhältnisse relativ homogen dar, so daß das von den Gemeinden geschnittene 23,4 km² große Einzugsgebiet gut charakterisiert wird.

Tab. 4: Komplexe Standortdaten von Gemeinden (Bsp.)

Gemeinde	AZ	GZ	EMZ	NStE		Vergleichsindizes (VI)				
				alt	neu	NAI	SB	HB	NB	EO
Bietikow	51	28	49	D5	D5b-2	59	47	30	35	24
Grünow	47	25	46	D5	D5b-2	59	57	28	32	23
Prenzlau	48	30	45	D5	D5b-2	48	58	41	28	19
Seelübbe	42	19	39	D5	D5b-2	59	57	32	44	23

Bestimmung der potentiellen Erosionsgefährdung

Aus SFT und NFT kann die Erosionsgefährdung von Flächen oder Gebieten der Standorte abgeleitet werden, da ihre konkrete flächenmäßige Verknüpfung zur Beurteilung herangezogen wird. Die Flächentypen eignen sich gut zur Beurteilung heterogener Flächen, weil mit ihnen auch subdominierende und begleitende Flächenanteile in weitergehende Beurteilungen einbezogen werden. (Mit dem Flächentyp wird ein definierter flächenmäßiger Merkmalsverband zur Beurteilung verwendet). Für die Gemeinden des Einzugsgebiets ist die Erosionsgefährdung in Tab. 5 aufgeführt.

Parameter zum Vergleich von Gebieten oder Flächen können daraus nach einer Methodik von THIÈRE u.a. (1991) abgeleitet werden. Der Vergleichsindex wird nach

$$\text{Vergl.-index} = \frac{\sum_{i=1}^5 \text{Vergl.-stufe}_i \cdot \text{Flächenanteil}_i}{5}$$

berechnet.

Tab. 5: Gemeindegewise Anteile erosionsgefährdeter Flächen und Vergleichsparameter

Gemeinde	Erosionsgefährdung [% d. LN]					Vergl.-index	Index-klasse ¹	TRIPEL	Dominanz-grad	Index-klasse	Index-bereich
	ohne	gering	mäßig	stark	s. stark						
Bietikow	1,4	54,5	27,9	16,2		52	3	234	2	1	23-31
Grünow	2,1	64,7	17,5	15,7		49	3	234	3	2	32-44
Prenzlau	16,6	55,9	11,4	16,1		45	3	243	2	3	45-63
Seelübbe	9,8	21,3	33,7	35,2		59	3	432	1	4	64-80
Gesamtgeb.	10,6	54,1	17,4	17,9		49	3	243	2	5	>80
Vergl.-stufe	1	2	3	4	5						

Den Vergleichsindizes können nach den von THIÈRE u.a. (1991) empirisch ermittelten Indexbereichen Indexklassen (Tab. 4) zugeordnet werden. Im Dominanztripel werden entsprechend ihrer Flächenanteile die drei wesentlichsten Ausprägungen in Form der Vergleichsstufen zusammengefaßt (1. Stelle Vergleichsstufe (VST) des dominierenden Flächenanteils, 2. Stelle VST des subdomin. F., 3. Stelle VST des begleitenden F.). Der Dominanzgrad gibt den Flächenanteil der dominierenden Vergleichsstufe an (1-gering ≤ 40 %; 2-mittel >40 bis ≤60 %; 3-hoch >60 bis ≤ 80 %; 4-sehr hoch > 80 %). Danach besteht z.B. in der Gemeinde Seelübbe eine mittlere potentielle Erosionsgefährdung (Indexklassen von 0 (ohne) bis 5 (sehr stark)) bei geringer Dominanz. Die Gemeinde Prenzlau verfügt über geringere Erosionsgefährdung (Vergleichsindex 45) bei gleicher Indexklassenzuordnung. Das Gesamtgebiet weist eine mittlere potentielle Erosionsgefährdung auf.

Zusammenfassung:

Mit den gemeindebezogenen Datensätzen stehen für die kleinste administrative Einheit Daten zur Verfügung, die gut zu ihrer Charakterisierung genutzt werden können. Die Beurteilungskenngrößen können außerdem zum Vergleich von administrativen oder naturräumlichen Einheiten dienen. Werden detailliertere Informationen benötigt, kann mit den gleichen Kriterien der Ackerschlag beurteilt werden. Nach entsprechender Interpretation oder Aufbereitung können Eingangsgrößen für Modelle zur Abschätzung potentieller im langjährigen Mittel auftretender Bodenabträge abgeleitet werden.

Literatur:

Deumlich, D.: Nutzung eines kleinen Feldregensimulators zur Überprüfung der Erodierbarkeit von Böden auf Jungmoränenstandorten. Tag.-Ber. AdL, Berlin (1988) 265, 505-511
 Lieberoth, I.; Dunkelgod, P.; Gunia, W.; Thiere, J.: Auswertungsrichtlinie MMK Stand 1983. AdL, FZB Müncheberg (1983) 55 S.
 Schwertmann, U.; Vogl, W.; Kainz, M.: Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Ulmer, Stuttgart (1987) 64 S.
 Thiere, J.; Altermann, M.; Lieberoth, I.; Rau, D.: Zur Beurteilung landwirtschaftlicher Nutzflächen nach technologisch wirksamen Standortbedingungen. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd.; Berlin 35 (1991) 3, 171-183

Verhalten von Isoproturon im Boden bei differenzierter Bodenbearbeitung - Ergebnisse aus drei Versuchsjahren

von

Düring, R.-A. und H.E. Hummel

Einleitung

Verschiedene Eigenschaften des Bodens werden durch eine -mehr oder weniger intensive- Bearbeitung beeinflusst. Die bodenphysikalischen, -chemischen und -biologischen Eigenschaften entscheiden über den Verbleib von Xenobiotica im Boden. Dieses in der Öffentlichkeit kontrovers diskutierte Verbleiben der Fremdstoffe wird im folgenden modellhaft anhand des Herbizidwirkstoffes Isoproturon und dessen Abbauverhalten in der Oberkrume des Bodens veranschaulicht. Der langjährige Versuchsaufbau (Bodenbearbeitungsprojekt seit 1979) erlaubt eine weitere Annäherung an unser Ziel, das Verhalten der Herbizide unter bestimmten ökologischen Voraussetzungen aufklären und vorhersagen zu können.

Methodik

Das Verhalten des Wirkstoffs im Boden unter Feldbedingungen wurde in den Jahren 1991-'93 am Standort Ossenheim in der Wetterau auf den Bodenbearbeitungsvarianten Pflug (P), Flügelscharrubber mit Rotoregge (FR) und der Direktsaat (D) nach praxisüblicher Frühjahrsapplikation untersucht. Die Isoproturonrückstände in den Bodenproben wurden mit eigens entwickelten Analyseverfahren (Qiao, Düring, Hummel, 1990) ermittelt. Bodenkenn- und Klimadaten waren vorhanden bzw. wurden erneut erfaßt. Im folgenden beschränken wir unsere Aussagen auf das Verschwinden des Isoproturon aus den oberen 5 cm Bodenkrume (Bodenart: uL).

Im Jahre 1993 wurde ein zum Feldexperiment parallel verlaufender Laborversuch (Schalenversuch, näheres in Düring, Diss., 1994) unternommen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bedingungen am Versuchsstandort -geringe Niederschläge bei hoher Sorptionskapazität- ließen nur geringste Verlagerungseffekte zu, sodaß wir das Verschwinden des Herbizids vor allem der mikrobiellen Aktivität im Boden zuschreiben können. Abb. 1 zeigt den Verlauf des cometabolischen Herbizidabbaus am Beispiel der Direktsaatvariante. Bei guter Anpassung der nichtlinearen Regression läßt sich sowohl graphisch als auch rechnerisch die Persistenz des Wirkstoffs bestimmen: die DT-50- und DT-90 Werte (die Zeiträume beschreibend, innerhalb derer 50% bzw. 90% des Herbizids abgebaut wurden) sind in Tabelle 1 für die einzelnen Bodenbearbeitungsvarianten aufgeführt.

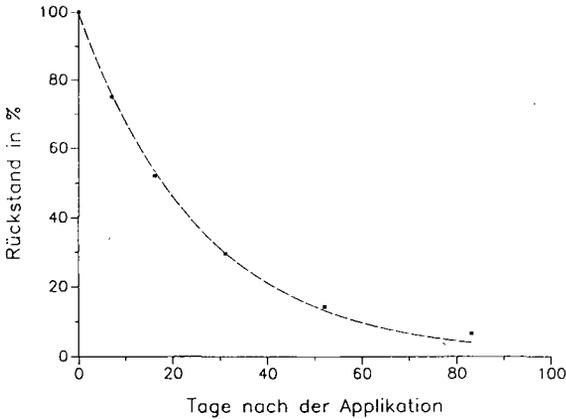


Abb. 1: Verschwinden von Isoproturon aus der Oberkrume am Beispiel der Direktsaatvariante, Standort Ossenheim, 1991.

Tab. 1: Berechnete DT-50- bzw. DT-90-Werte (in Tagen) für Isoproturon; R^2 als Maß für die Anpassung an die Regressionsgleichung $C = C_0 * e^{-kt}$

Variante	DT-50	DT-90	R^2
Pflug (P)	20	70	0.951
Direktsaat (D)	18.5	59	0.999
Flügelschargrubber (FR)	16.5	53	0.989

Deutlich ist der, gegenüber den beiden nichtwendenden Verfahren, verlangsamte Abbau unter den Bedingungen der Pflugvariante zu erkennen. Die Bedingungen im Jahr 1992 ließen keine Anpassung an eine, für den cometabolischen Abbau typische, Funktion 1. Ordnung zu, jedoch werden in Abb. 2 ähnliche Verhältnisse im Vergleich zum Versuchsjahr 1991 deutlich. Die auf Anrieb schwer zu deutenden Herbizidkonzentrationen in den ersten drei Wochen lassen sich mit einem, für Feldversuche nicht ungewöhnlichen, Phänomen erklären: Adsorption erheblicher Mengen Herbizids an den Blattoberflächen der Pflanzen mit folgenden Niederschlagsereignissen führen zu verzögertem Auftreffen des Wirkstoffes auf den Boden und somit zu erhöhten Gehalten wenige Tage nach der Applikation. Der im Jahr 1991 gewonnene Eindruck eines beschleunigten Abbaus bei den nichtwendenden Verfahren konnte 1992 bestätigt werden und verwundert nicht, da die Varianten FR und D des Versuchsstandorts gesteigerte mikrobielle Aktivitäten bei erhöhten Humusgehalten in der Oberkrume aufweisen (BÖHM, GROCHOLL, AHRENS, 1990).

Die Ergebnisse des Feldversuches 1993 (Abb. 3) zeigen ein ganz anderes Bild: es scheint eine Umkehrung der Verhältnisse vorzuliegen. Daß man in Feldversuchen aufgrund ständig wechselnder äußerer Faktoren nie von Wiederholungen von einem Jahr auf das folgende sprechen darf, zeigen die Bedingungen des Jahres 1993: Unbeabsichtigtes Abflämmen des

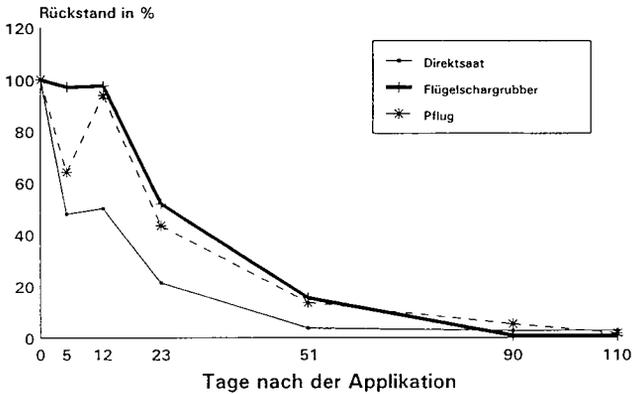


Abb. 2: Verschwinden von Isoproturon aus der Oberkrume, drei Varianten im Vergleich, Standort Ossenheim, 1992.

Versuchsfeldes im Herbst 1992 (durch unkontrolliertes Abflämmen des Nachbarfeldes verursacht), führte insbesondere bei der Direktsaatvariante mit hohem Anteil Stroh an der Oberfläche zu fast flächendeckender Auflage an verkohltem Material. Da im Gegensatz zu den anderen beiden Verfahren der Boden weder durchmischt noch gewendet wurde, befanden sich an der Oberfläche der Direktsaatvariante zu Versuchsbeginn 1993 noch erhebliche Mengen dieses Materials adsorbiert.

Plausibel erscheint uns die Erklärung, daß diese Auflage -vergleichbar mit Aktivkohle- erhebliche Wirkstoffmengen fest zu binden und für die Mikroorganismen unangreifbar zu machen vermag.

Bestätigt wird dieses Ergebnis durch den 1993 parallel verlaufenen Laborversuch (Abb. 4).

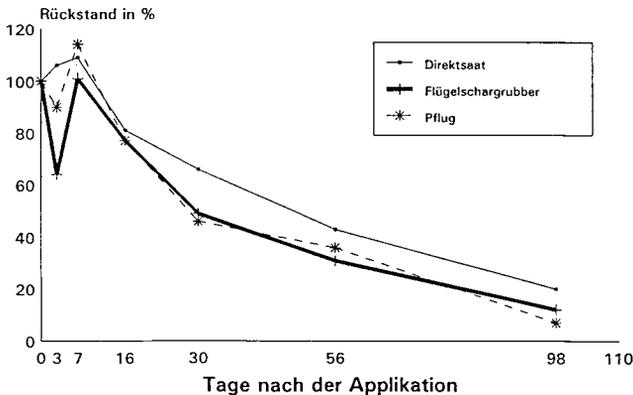


Abb. 3: Verschwinden von Isoproturon aus der Oberkrume, drei Varianten im Vergleich, Standort Ossenheim, 1993.

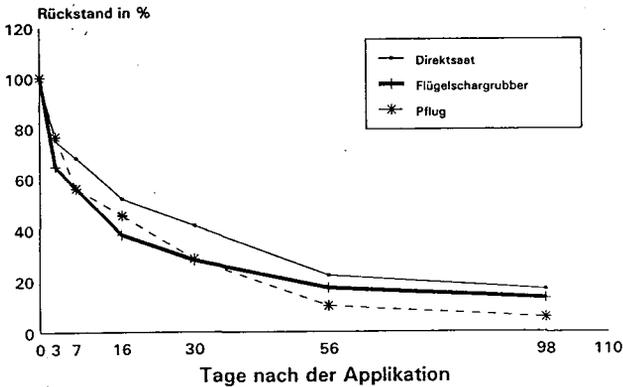


Abb. 4: Verschwinden von Isoproturon im Laborversuch, drei Varianten im Vergleich, Versuchsboden vom Standort Ossenheim, 1993.

Zusammenfassung

Zum Abnahmeverhalten von Isoproturon aus der oberen Krume des Bodens bei differenzierter Bodenbearbeitung werden Ergebnisse aus drei Feldversuchsjahren und einem Laborversuch präsentiert.

Der cometabolische Abbau von Isoproturon konnte bestätigt werden. Günstiger mikrobieller Status bei erhöhten Humusgehalten unter den Bedingungen nichtwendender Bearbeitungssysteme führen vermutlich zu beschleunigtem Abbau des Herbizids.

Durch Abflämmen verursachte oberflächliche Kohleauflagen führen vor allem bei der Direktsaatvariante (Unterbleiben des Verdünnungseffektes durch Wenden oder Lockern) zu verlangsamttem Herbizidabbau.

Literatur

Böhm, H.; J.Grocholl, E. Ahrens (1991): Mikrobiologische Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen am Beispiel dreier Bodentypen. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung, 32(2): S. 114-120.

Friebe, B. (Hrsg.): Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden. Beiträge zum 3. Symposium vom 12.-13. Mai in Gießen. Dr. Fleck, Niederkleen.

QIAO, X, R. DÜRING, H.E. HUMMEL (1991): Triazine Herbicides in Soil by Gradient HPLC-UV Analysis: Quantitative and Simultaneous Trace Determination of seven Pollutants at the ppb-Level - Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent, 56/3a, 949-959.

Abschätzung des Wasserhaushalts sowie des Gebietsabflusses eines kleinen heterogenen Einzugsgebietes mit einem einfachen Plattenmodell

von

Eberhardt, J.⁺ und H. Götz-Huwe⁺⁺

Zielsetzung:

Vor dem Hintergrund einer geplanten Erhöhung der Trinkwasserentnahme in einem Naturschutzgebiet (NSG) waren für ein kleines, heterogenes Einzugsgebiet, 2 km südlich des Erbeskopfes im Hunsrück, Wasserhaushaltsuntersuchungen durchzuführen. Ziel war die Erfassung der wesentlichen Wasserhaushaltskomponenten sowie die Charakterisierung des Abflußverhaltens des Einzugsgebietes als Planungsgrundlage zur Beurteilung der Folgen der beabsichtigten zusätzlichen Trinkwasserentnahme.

Untersuchungsgebiet:

Das NSG "Riedbruch", in dem die Erhöhung der Trinkwasserentnahme beabsichtigt ist, liegt in einem Hochtal zwischen zwei SW-NE verlaufenden Höhenrücken, die im wesentlichen aus Taunusquarzit bestehen. Die Flanken der Höhenrücken und der Talgrund sind größtenteils von quartären Sedimenten (meist sandige Schluffe mit Kies und z.T. Grobschutteinstreuerungen und schluffig-sandige Kiese) überdeckt. Das Einzugsgebiet wurde in zwei Teileinzugsgebiete (TEG) unterteilt, das TEG "Riedbruch West" mit 1.6 km² und das TEG "Riedbruch Ost" mit 2.0 km², zu dem auch ein Teil des NSG "Langbruch" hinzugenommen wurde.

Im Untersuchungsgebiet sind Braunerden und Ranker für die Gebietshydrologie aufgrund ihres hohen Flächenanteils von 57 % sowie der guten hydraulischen Durchlässigkeit von besonderer Bedeutung. Darüberhinaus sind im Untersuchungsgebiet Pseudogleye (16 %), Gleye und Anmoorgleye (10 %) sowie Niedermoore (17 %, z.T. reliktsch) zu finden.

Während im TEG "Riedbruch West" das Verhältnis von Nadelwald (überwiegend Fichte) mit 47 % zu Laubwald (überwiegend Buche) mit 49 % ausgeglichen ist, überwiegt im TEG "Riedbruch Ost" der Nadelwald mit 61 % gegenüber dem Laubwald mit 32 %. Die restlichen Flächen des Einzugsgebietes sind unbewaldet.

Meßprogramm:

Zur Erfassung der Riedfloß-Abflüsse und der Bodenwasserstände im Riedbruch-Gebiet wurden 8 Abflußmeßstellen und 11 Bodenwassermeßstellen eingerichtet. Niederschläge und Temperaturen wurden vor Ort gemessen. Die übrigen zur Modellierung erforderlichen Wetterdaten wurden von der nahegelegenen Klimastation Deuselbach übernommen. Die Untersuchungen konzentrierten sich hauptsächlich auf das für die geplante Trinkwasserentnahme relevante TEG "Riedbruch West"

⁺ Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft, Trier

⁺⁺ LS Bodenkunde und Bodengeographie/Abt. Bodenphysik, Universität Bayreuth

Modellierung des Wasserhaushalts mit NAMOD*:

NAMOD ist ein einfaches Plattenmodell zur Modellierung des Gebietswasserhaushaltes sowie des Niederschlags-Abflußverhaltens kleiner heterogener Einzugsgebiete. Es basiert auf einem von BLAU et al. (1983) vorgestellten Plattenmodell, das von HUWE (1987) erweitert und für die hier zu bearbeitende Fragestellung zu einem Gebietsmodell ausgebaut wurde.

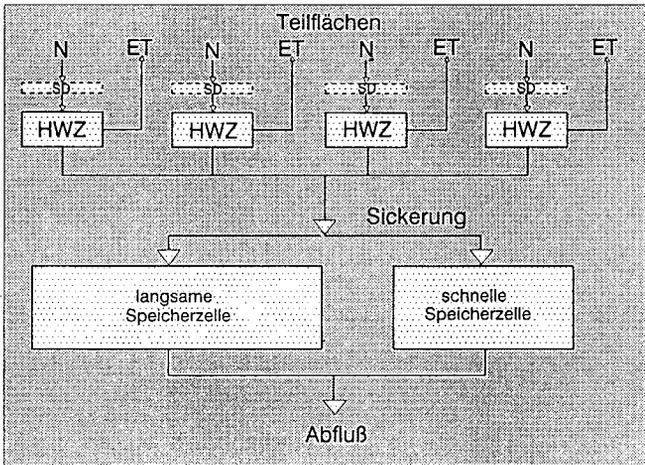
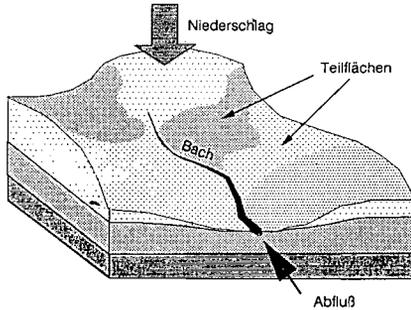


Abb. 1: Schematische Darstellung der Modellstruktur von NAMOD

In NAMOD wird das gesamte Einzugsgebiet in mehrere (im Prinzip beliebig viele) Teilflächen mit homogenen Standortseigenschaften unterteilt (Abbildung 1). Zur Berücksichtigung von Infiltrationsverzögerungen als Folge von Schneefall oder Frost verfügt das Modell über einen einfachen, temperaturgesteuerten Schneedeckenspeicher. In den hierauf folgenden Hauptspeichern (Hauptwurzelzone) erfolgt die Ermittlung der Wasserhaushaltskomponenten der Teilflächen. Grundwasserneubildung bzw. kapillarer Aufstieg der Teilgebiete sind mit einem langsamen und einem schnellen Linearspeicher verbunden, die untereinander parallel geschaltet sind (Abb. 1). Die für das Modell erforderliche potentielle Evapotranspiration wurde nach HAUDE (1955) bestimmt, wobei Ergebnisse von SCHLICHTER (1980) und DOMMERMUTH (1986) berücksichtigt wurden.

Parameteridentifikation mit NAMOPT^{*} :

Für die erforderlichen Modellparameter (Flächenanteile, nFK) wurden zunächst gemessene bzw. geschätzte Werte eingesetzt. Anhand gemessener Abflußdaten des TEG "Riedbruch West" wurden diese Parameter mit dem Verfahren der "Inversen Modellierung" optimiert. Die gefundene Lösung erwies sich gegenüber einer Variation der Startnäherungen als relativ invariant. Das Verfahren konvergierte in wenigen Iterationsschritten.

Ergebnisse:

Kalibrierung:

Mit den durch "Inverse Modellierung" bestimmten Modellparametern konnten die gemessenen Werte insgesamt gut nachvollzogen werden. Ferner war es möglich, Datenlücken der Meßreihe, die bei extrem hohen Abflüssen entstanden, zu schließen.

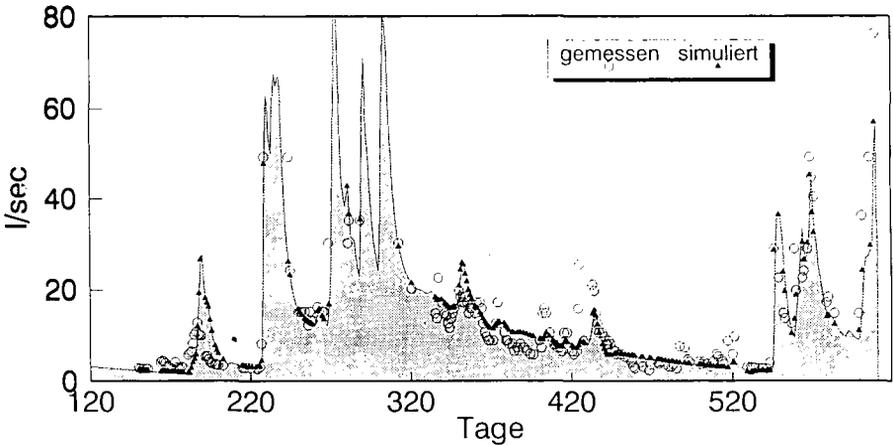


Abb. 3: Vergleich von gemessenen und simulierten Abflüssen nach Optimierung

Vergleich der Grundwasserneubildung in den TEG "Riedbruch Ost" und "Riedbruch West":

Ein Vergleich der Grundwasserneubildung der beiden Teileinzugsgebiete ergab trotz unterschiedlicher Bestockung mit Fichten und Buchen nur geringe Unterschiede (Tabelle 2). Die Ursachen hierfür liegen im geringen Unterschied in der Grundwasserneubildung von Fichten- und Buchenreinbeständen von nur 40-50 mm begründet. Legt man eine Sickerungsdifferenz von 100 mm/a zwischen Fichte und Buche zugrunde (ELLENBERG et al., 1986; FLECK, 1987), so ergäbe sich für das hydrologische Jahr 1990 eine Grundwasserneubildung von 496 mm.

* NAMOD und NAMOPT wurden von Prof. Dr. B. Huwe (Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie/Abt. Bodenphysik, Universität Bayreuth) entwickelt und für die hier vorgestellten Untersuchungen zur Verfügung gestellt.

Tab. 1: Niederschlag N und Grundwasserneubildung S im Einzugsgebiet "Riedbruch-West" (RW) und "Riedbruch-Ost" (RO, Angaben in mm)

	N	S	S
		RW	RO
Kalenderjahr 1990	1128	541	536
Hydrologisches Jahr 1990	1143	555	546
Hydrol. Winterhalbjahr 1990	647	488	480
Hydrol. Sommerhalbjahr 1990	496	67	66

Schlußfolgerungen

Das Niederschlags-Abfluß-Verhalten eines kleinen, heterogenen Einzugsgebiets kann nach Optimierung durch "Inverse Modellierung" mit einem einfachen Plattenmodell zur Simulation des Gebietswasserhaushalts zufriedenstellend beschrieben werden. Dies erlaubt bei entsprechender Kalibrierung die Reduktion des Meßaufwands und das Schließen von Datenlücken. Das Modell erlaubt ferner die flächige Bestimmung der wichtigsten Wasserhaushaltskomponenten im zeitlichen Verlauf und ermöglicht so den relativen Vergleich verschiedener Teileinzugsgebiete.

Der Hauptnutzen des Modells besteht in seiner Einfachheit und den geringen Anforderungen an die Datenbasis. In diesem Zusammenhang darf jedoch nicht übersehen werden, daß das Modell stark vereinfachende Annahmen enthält. Insbesondere bei der absoluten Höhe von Grundwasserneubildung und realer Evapotranspiration bestehen Unsicherheiten, über deren tatsächliches Ausmaß in der Regel noch zu wenig bekannt ist. Bei klar definierter Problemstellung, Ausnutzung aller "Kalibriermöglichkeiten" und bei zurückhaltender Interpretation der ermittelten Werte können derartige Modelle jedoch nützliche Werkzeuge bei der Bearbeitung gebietshydrologischer Fragestellungen darstellen.

Literatur

- Blau, R.V., Hoehn, P., Werner, A. und P. Hufschmid** (1983): Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlägen. Gas-Wasser-Abwasser 63(1): 45-54.
- Dommermuth, H.** (1986): Eine graphische Methode zur Bestimmung der Verdunstung. Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft. Heft 2: 73-80.
- Ellenberg, H., Mayer, R. und J. Schauer mann** (1986): Ökosystemforschung. Ergebnisse des Sollingprojektes 1966-1986. Stuttgart.
- Fleck, W.** (1987): Einfluß des Bodenaufbaus und des Waldbestandes auf Verdunstung und Abflußbildung im Naturpark Schönbuch bei Tübingen. Diss. Uni. Tübingen.
- Haude, W.** (1955): Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise. Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 11, Band 2.
- Huwe, B.** (1987): Transportprozesse in Flußsedimenten nach Ablagerung in Monodeponien: Experimentelle und modellanalytische Untersuchungen. Diss. Uni. Hohenheim. Stuttgart-Hohenheim.
- Schlichter, T.M.** (1980): Die Entwicklung eines Simulationsmodelles für den Wasserhaushalt eines Buchenbestandes im Hochsolling. Dis. Uni. Göttingen.

Langzeitversuch mit nicht wendender und herkömmlich fortgeführter Bodenbearbeitung einer intensiv genutzten Sandlöß-Parabraunerde - 11. Oberflächenporung und Regenwürmer

VON

Eulenstein, F., A. Meyer, H. Sprätz und B. Meyer

PROBLEMSTELLUNG: (vgl. hierzu Teil I, von BUTTLAR et al., in diesem Band)

In einer der am stärksten von Bodenerosion betroffenen Dorfgemarkungen Niedersachsens, Barum Krs. Uelzen, mit Sandlöß über Warthe-Grundmoräne in welligem Gelände und einem im Zuge einer Flurbereinigung durchgeführten Erosionsschutzprogramm (Auffangbecken, Feld-Kanalisation), werden in einem Dauerversuch die dort üblichen 3-gliedrigen Rotationen Z-Rüben, W-Weizen, W-Gerste/Weizen ohne wendende Pflugbearbeitung mit abfrierender Winterzwischenfrucht vor den Rüben, (Variante NW) und mit der herkömmlichen jährlichen Pflug-Wendebearbeitung (Variante W) betrieben. Der Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung unterband sehr schnell jegliche Bodenverschlammung und Erosion. Dies ging mit der bekannten Zunahme der Oberflächen-Infiltrabilität und der Erhöhung der Grobporen-Kontinuität einher. Zur Verfolgung weiterer mit der Spaltung des Bodenbearbeitungssystems stattfindender Bodenveränderungen wird auf 2 der 3 körnungsartig gleichem Versuchs-Großflächen B und C (21 % S, 67 % U, 12 % T) im Sommer des 6. (B) bzw. des 5. (C) Versuchsjahres eine Bestandsaufnahme gemacht und zwar bei B unter W-Gerste (W) bzw. W-Weizen (NW) im 2. Jahr nach Zuckerrüben, bei C unter W-Weizen (W) bzw. Triticale (NW) im 1. Jahr nach Z-Rüben.

HUMUS:

Die in **Tab. 1** aufgeführten Werte für C (total organisch) und N (total) lassen bei NW gegenüber dem im Ap homogen tiefenverteilten W erkennen, daß im ehemaligen Ap-Horizont die Humus- und N-Mengen zwar annähernd gleich geblieben sind, doch im oberen Abschnitt die Vermehrung, im unteren die Absenkung begonnen hat, wie dies von anderen Feldversuchen ohne wendende Bearbeitung bekannt ist. In beiden Versuchsflächen deuten bei NW in 20 - 25 cm Tiefe aus der Reihe fallende höhere C- und N-Gehalte und -Mengen sowie C/N-Quotienten auf Relikte der alten Wendefurche (Ap) hin, die noch nicht "aufgezehrt" sind.

POROSITÄT:

Auch in der Poren-Verteilung sind die bekannten Tendenzen zu beobachten, die sich bei Verzicht auf die wendende Bodenbearbeitung einstellen. In **Tab. 2** sind

*Inst. f. Bodenwissenschaft, von-Siebold-Str.4

aus dem vorhandenen Untersuchungsmaterial jeweils nur die obersten und die untersten 5cm-Abschnitte der ehemaligen (bei NW) und der heutigen (bei W) Ackerkrume zusammengestellt. Im oberen Abschnitt ist weitgehende Übereinstimmung zwischen W und NW bei jedem der beiden Schläge B und C festzustellen. Zwischen B und C ist lediglich innerhalb der wendenden Bodenbearbeitung (W) eine Verschiebung zwischen Luft- und Nutzwasser-Poren zu beobachten, die wahrscheinlich von der Korngrößenverteilung bedingt ist. Hervorzuheben sind demgegenüber die Unterschiede zwischen NW und W in den unteren Abschnitten des Ap: Bei nichtwendender Bearbeitung unterliegen diese einer beachtlichen Verdichtung. Der Porenschwund besteht weit überwiegend in einem Verlust an Luftporen und zwar der mit über 50 µm Durchmesser. Bei den hier untersuchten Sandlössen kann dieses - wie das Verhalten der Zuckerrüben bestätigte - zu einem limitierenden Ertragsfaktor werden. Demgegenüber kann sich bei W, wie der Schlag B zeigt, noch Monate nach trockener Pflugarbeit im unteren Abschnitt des Ap der mechanische Lockerungseffekt erhalten. - Bei den Nutz- und Totwasser-Poren sind keine signifikanten bearbeitungsbedingten Unterschiede erkennbar.

REGENWÜRMER:

ZAHL: Die Regenwürmer-Zahlen (**Tab. 3**) wurden mit der Formalin-Methode ermittelt. Trotz erheblicher Streuungen zwischen den Meßarealen sind die Unterschiede zwischen NW und W signifikant groß (Faktor 3/45).

GESAMTGEWICHT, lebend: Hier besteht zwischen den Flächen B und C, erstere Getreide im 2. Jahr, letztere Getreide im 1. Jahr nach Rüben, ein beträchtlicher Unterschied. Die Quotienten NW/W liegen jedoch bei 6.1 und 4.3.

ORGANISCHE MASSE: Nach Veraschung errechnet sich die organische Biomasse der Würmer. Die Quotienten betragen jetzt 4.7 und 7.0.

ENTWICKLUNGSSTUFE und EINZELGEWICHT: Die unterschiedlichen Durchschnitts-Einzelgewichte ergeben sich aus den unterschiedlichen Altersgruppen-Zusammensetzungen. Während auf den NW-Flächen adulte und juvenile Tiere etwa gleich stark vertreten sind, ist bei den W-Flächen das Fehlen adulter Tiere auffällig.

ARTEN: Auf den nichtwendend bearbeiteten Flächen tritt neben *Lumbricus terrestris* auch *Aporrectodea caliginosa*, wenn auch untergeordnet auf. Letztere verschwindet nahezu auf den gepflügten Flächen.

GÄNGE: In 15 cm Tiefe wurden im horizontalen Schnitt die Ganglöcher gezählt. Der Quotient NW/W beträgt 4.9. Nimmt man die Gänge mit Bewohnungsanzeige, die bei NW 70 %, bei W nur 20 % ausmachen, so beträgt der Quotient 7.8.

Also auch auf diesen sehr zur Verschwemmung neigenden Böden ist es der Regenwurm, der mit seinem dränenden Gangsystem, das im nichtwendenden Bearbeitungssystem an der Oberfläche offen mündet, eine wichtige Voraussetzung für den Erosionsschutz schafft.

TAB.1: HUMUS-CHARAKTERISTIK

NW	B				C				
	cm Tiefe	C %	C (kg/ha)	N (kg/ha)	C/N	C %	C (kg/ha)	N (kg/ha)	C/N
	0-5	1.42	9109	864	10.5	1.34	10413	1028	10.1
	5-10	1.09	7744	787	9.8	1.15	8265	829	10.0
	10-15	0.98	7689	787	9.8	1.07	8292	852	9.7
	15-20	0.97	7458	767	9.7	0.92	7278	743	9.8
	20-25	1.01	7674	758	10.1	1.07	8276	845	9.8
	25-30	0.95	7371	751	9.8	0.75	6001	621	9.7
	0-30		47045	4714	9.98		48525	4918	9.87
	W								
	je 5cm	1.08	7748	748	10.36	1.13	8163	832	9.81
	0-30	1.08	46488	4488	10.36	1.13	48978	4993	9.81

TAB.2: POROSITÄT (VOL%) und Trockendichte

Tiefe cm	Dichte		Ges.-Poren-Vol		Luft-Poren >10µm ø		Nutzwasser-Poren 10-0.2 µm ø	
	NW	B C	B C	B C	B C	B C	B C	
0-5	1.43	1.43	45.9	45.9	20.9	20.9	16.0	17.0
25-30	1.54!	1.60!	41.9	39.5	15.1	15.4	16.8	15.1
W								
0-5	1.43	1.44	46.1	45.6	22.0	16.9	14.6	20.2
25-30	1.27!	1.44	52.0!	45.7	28.3	15.9	14.7	20.3

Tab.3: REGENWÜRMER (Angaben in Zahl oder Gramm je m²)

	NW		W	
	B	C	B	C
ZAHL	24-56 37	25-56 39	4-16 12	1-12 10
Durchschnitts- EINZELGEWICHT	2.77	1.27	2.27	0.94
GESAMTGEWICHT LEBEND	80.3	38.3	13.2	8.9
ORGANISCHE MASSE	19.7	9.1	4.2	1.3
Lumbricus	28	36	10	10
Aporrectodea	9	3	2	0
adult	19	20	2	3
juvenil	18	19	10	7
Gänge gesamt	224		46	
Gänge bewohnt	156		20	

Stoffretention in Uferstreifen

von

Fabis, J., M. Bach und H.G. Frede

1 EINLEITUNG

Für die Retentionsleistungen von Uferstreifen (US) liegen kontroverse Ergebnisse vor, wie STEINMANN (1991) in einer Literaturübersicht belegt. DILLAHA et al. (1989) ermittelten für Grasland in Virginia unterschiedliche Retentionsleistungen für Nitrat-, Ammonium- und Phosphorfrachten (NO_3 : 30-60%, NH_4 : 50-72% und P_i : 2-9%). Sehr hohe Retentionsleistungen, insbesondere für Phosphor und Stickstoff, wie sie KNAUER und MANDER (1989) beschreiben, werden in Bezug auf ihre Aussagefähigkeit zum Teil sehr kritisch bewertet (EGGE, 1990).

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Quantifizierung der Filterwirkung von US gegenüber Nährstoffen und Bodenmaterial in flächenhaftem Oberflächenabfluß (A_0) aus der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Mittelgebirgsraum. Dazu wurden an ausgewählten, repräsentativen Gewässerabschnitten Untersuchungen zur Retention von Stickstoff und Phosphor im US durchgeführt. Anschließend wurden die gewonnenen Ergebnisse anhand einer Uferstreifen-Kartierung auf größere Einzugsgebiete übertragen, so daß Aussagen über den Einfluß der US auf die Verringerung der Nährstoffbelastung der Gewässer für größere Landschaftseinheiten möglich wurden.

2 MATERIAL UND METHODIK

2.1 Standorte

Für das Versuchsprogramm wurden folgende 6 Standorte mit insgesamt 10 Varianten ausgewählt. Diese repräsentieren die für eine Mittelgebirgslandschaft typischen US hinsichtlich Filterlänge, Hangform und Vegetation. Standortbeschreibungen sind bei FABIS et al. (1993) zu finden.

2.2 Methodik

Im Kern umfaßt die eingesetzte Untersuchungsmethodik die Bestimmung der **Abflußverminderung in Uferstreifen** und die Messung der **Konzentrationsverminderung von NH_4 , NO_3 , PO_4 und Sediment im Oberflächenabfluß**.

Das eingesetzte Verfahren zur **Simulation von Oberflächenabfluß** basiert auf einer regulierten, flächenhaften Wasserzufuhr über die gesamte Breite des US. Es wurden definierte Wassermengen mit eingestellten Nährstoff- bzw. Sedimentkonzentrationen als ein nahezu idealtypischer flächenhafter Übertritt von Oberflächenabfluß in den US geleitet. Am Ablauf der Auffangrinne wurde ausschließlich der oberflächlich aus dem US austretende Abfluß quantitativ erfaßt und die Stoffkonzentrationen in den Abflüssen ermittelt. Die Versuche wurden im Frühjahr und Sommer des Jahres 1992 durchgeführt.

Ein Versuchsablauf begann mit einer Beregnung des US (10 l/m^2) zur Befuchtung der Bodenoberfläche, wie es bei einem natürlichen Regenereignis geschieht. Im anschließenden 1. Versuchslauf wurde das eingeleitete Wasser mit gelösten Nährstoffen und im 2. Lauf mit Sediment befrachtet. Im Frühjahr wurden je 3000 l, im Sommer je 6000 l Wasser im ersten Lauf auf die US geleitet. Die Nährstoffkonzentrationen betragen $4.4 \text{ mg NO}_3\text{-N/l}$, $4.4 \text{ mg NH}_4\text{-N/l}$ und $0.69 \text{ mg PO}_4\text{-P/l}$. Im zweiten Lauf (1 d später) wurden zu jeder Jahreszeit 3000 l Wasser auf die US geleitet. Dem künstlichen Oberflächenabfluß wurde hierbei Sediment (10 bis 15 g Sediment/l) hinzugegeben. Die Intensität der Wasserzufuhr betrug 60 bis 70 l/min über die gesamte Breite als flächenhafter Oberflächenabfluß. Das Verfahren wird bei FABIS et al. (1993) ausführlich beschrieben.

2.3 Begleituntersuchung: Kartierung der Übertritte von Oberflächenabfluß im Lumda-Einzugsgebiet

Eine Kartierung der Gewässerstrecken, die potentiell für die Anlage von US als geeignet anzusehen sind ergab, daß eine mögliche Filterwirkung von US nur an 30% der Gewässerstrecke zu erwarten ist. Ein

¹ Institut für Landeskultur, Senckenbergstraße 3, 35390 Gießen

flächenhaftes Übertreten von Oberflächenabfluß in die Vorfluter wird hier für eine mögliche Filterwirkung von US vorausgesetzt.

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Einzelergebnisse der Simulationen von Oberflächenabfluß werden bei FABIS et al. (1993) vorgestellt. An dieser Stelle werden die Ergebnisse ausschließlich zusammenfassend diskutiert. In Tab. 1 sind die Mittel- und Extremwerte der gefundenen Abflußverminderungen dargestellt. Der erste Lauf ist jeweils der Versuch mit gelösten Nährstoffen, der Versuch mit Sediment befrachtetem Wasser wird als zweiter Lauf bezeichnet. Die größere Abflußverminderung bei den Sommerversuchen mit durchschnittlich über 70 % im Vergleich zu etwa 60 % im Frühjahr ist mit den jahreszeitlichen Unterschieden in den Bodenvorfeuchten zu erklären.

Tabelle 1: Abflußverminderung in Uferstreifen (in % der eingeleiteten Wassermenge)

	Frühjahr		Sommer	
	1. Lauf*	2. Lauf**	1. Lauf*	2. Lauf**
Mittelwert (jew. n= 10)	60.6	58.2	77.2	70.3
Standardabweichung	22.2	26.9	17.9	18.4
Minimum	25	7	37	35
Maximum	96	85	99	94

*: 1. Lauf, mit gelösten Nährstoffen befrachtetes Wasser,

** : 2. Lauf (1 d später), mit Sediment befrachtetes Wasser.

Sowohl innerhalb der einzelnen Läufe und Jahreszeiten als auch bei gemeinsamer Betrachtung aller in der Tabelle aufgeführten Minima und Maxima ist die Schwankungsbreite der Einzelergebnisse sehr hoch und reicht von 7 bis 99 %. Die hohen Standardabweichungen weisen auf die starken Unterschiede bei der Abflußverminderung in den einzelnen US hin. Bei diesen Ergebnissen ist zu berücksichtigen, daß nur der oberflächige Abfluß aus dem US erfaßt wurden. Der Zwischenabfluß, der durch den Bodenkörper hindurch nahezu direkt ins Gewässer abfließt, wurde nicht erfaßt. Die wirkliche Retentionsleistung dürfte demnach geringer sein als jene, die in der Bilanz ermittelt wurde.

Tabelle 2: Verminderung der gewichteten mittleren Sedimentkonzentration und der Sedimentfracht in Uferstreifen (in % der eingeleiteten Sedimentkonzentration bzw. -fracht)

	Frühjahr	Sommer
KONZENTRATIONS-VERMINDERUNG:		
Mittelwert (jew. n= 10)	80.0*	84.5
Standardabweichung	5.2*	7.4
Minimum	68*	76
Maximum	85	94
FRACHTVERMINDERUNG:		
Mittelwert (jew. n= 10)	88.9	95.2
Standardabweichung	8.4	3.8
Minimum	79	87
Maximum	97	99

*: Angaben ohne Einbezug der Ergebnisse vom US Tränkbach (n=9), mit Einbezug dieser Ergebnisse beträgt der Mittelwert 65, die Standardabweichung 42.7 und das Minimum + 55.

Die Mittel- und Extremwerte der Verminderung der Sedimentkonzentration und der Sedimentfracht sind in Tab. 2 zusammengefaßt. Für alle US ist offensichtlich ein hoher (>80 %) bis nahezu vollständiger Rückhalt der eingeleiteten Sedimentfracht festzustellen. Im Gegensatz zu den starken Schwankungen der Abflußwerte sind die Unterschiede der Werte für die Verringerung der Sedimentkonzentration und die frachtbezogene Sedimentretention recht gering. Die geringen Standardabweichungen bei der Reduktion der Sedimentkonzentration im Oberflächenabfluß bei der Passage von US lassen den Schluß zu, daß diese Reduktion weitgehend unabhängig von der Abflußverringering ist.

Die Korngrößenanalysen sowohl des zugeführten Sedimentes als auch des Sedimentes in den aufgefangenen Abflüssen aus den US ergaben, daß sich das Schluff/ Ton-Verhältnis im Sediment von 74 : 24 im Zufluß während der US-Passage umkehrt und im Abfluß 26 : 73 beträgt. Bei einem Ausschluß von sekundärer Erosion im US, konnte dies in allen untersuchten US gefunden werden. Bei einer Verminderung der Sedimentkonzentration von 80 % (Tab. 2) ergibt sich aus dieser Tonanreicherung eine spezifische Konzentrationsverringering für Schluff von 93 % und für Ton von 40 %. Die spezifische Reduktion der Tonkonzentration liegt nur etwa halb so hoch wie die Gesamtreduktion der Sedimentkonzentration. Die Partikel der Tonfraktion, welche die Hauptnährstoffträger insbesondere für die P-Einträge darstellten, werden nur unzureichend aus dem Oberflächenabfluß herausgefiltert.

In Tab. 3 sind die mittleren gewichteten Konzentrationsverminderingungen für die gelösten Nährstoffe und deren Frachtretentionen in US angegeben. Die Nitratkonzentration wurde um durchschnittlich 1 % verringert, so daß eine Adsorption im Bodenkörper ausgeschlossen werden kann. Die Retention der Nitratfracht in US beruht somit fast vollständig auf dem Masseverlust durch die Versickerung des eingeleiteten Wassers.

Tabelle 3: Verminderung der gewichteten mittleren Nährstoffkonzentration und der Nährstofffracht (in % der eingeleiteten Nährstoffkonz. bzw. -frachten)

	NITRAT		AMMONIUM		PHOSPHAT	
	Frühjahr	Sommer	Frühjahr	Sommer	Frühjahr	Sommer
KONZENTRATIONS-VERMINDERUNG:						
Mittelwert (jew. n = 10)	1.0	0.7*	53.1**	56.4	39.4	43.8
Standardabweichung	13.6	12.7*	31.5**	28.9	30	33.2
Minimum	+18	+10	12	12	0	+13
Maximum	27	17	93	90	93	93
FRACHT-VERMINDERUNG:						
Mittelwert (jew. n = 10)	65.9	76.2	76.8	87.7	75.3	85.6
Standardabweichung	18.0	19.0	18.1	15.6	17.1	17.2
Minimum	41	30	43	44	45	39
Maximum	97	99	99	99	99	99

*: Angabe ohne Einbezug der Ergebnisse auf dem US Dünsbergbach (n=9), mit Einbezug dieser Ergebnisse beträgt der Mittelwert +9.4, das Minimum +91 und die Standardabweichung 30

** : Angabe ohne Einbezug der Ergebnisse auf dem US Lollar III (n=9), mit Einbezug dieser Ergebnisse beträgt der Mittelwert 41.9, das Minimum +59 und die Standardabweichung 45

Die Ammoniumkonzentration wurde um durchschnittlich 55 % reduziert (Frühjahr: 53 %, Sommer 56 %). Für das Ammonium führt somit eine Adsorption durch die Austauschere im Boden (Tonminerale und Huminstoffe) zu einer deutlichen Verringerung der Ammoniumkonzentration im Abfluß aus dem US. Die durchschnittliche Retention von Ammonium in US beträgt 83 % (Frühjahr: 77 %, Sommer: 88 %). Eine ähnliche Situation kann für den Rückhalt des Phosphates in US festgestellt werden. Die Konzentrationen wurden um durchschnittlich 42 % reduziert (Frühjahr 39 %, Sommer: 44 %). Die durchschnittliche Retention der Phosphatfracht liegt bei 81 % (Frühjahr: 75 %, Sommer: 86 %).

Dem Anschein nach wird die frachtbezogene Retentionsleistung eines US nur zu einem geringen Anteil von der Intensität der Adsorption bestimmt. Der maßgebliche Faktor der Frachttverringierung ist demnach die Abflußreduktion durch Infiltration im US.

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Versuchsergebnisse weisen für die untersuchten US eine hohe frachtbezogene Retentionsleistung aus, diese sich aber ausschließlich auf oberflächige Abflüsse aus den US bezieht. Die Reduzierung des Stoffeintrages in die Gewässer dürfte bei Einbeziehung aller Abfließpfade aus den US deutlich geringer ausfallen und ihre Filterwirkung wäre entsprechend ungünstiger zu bewerten. Weiterhin ist festzuhalten, daß die vorgestellten Retentionsleistungen nur an 30 % der Gewässerstrecke im Mittelgebirgsraum erreicht werden können. An 70 % der Gewässerstrecke fließt der Oberflächenabfluß aus der landwirtschaftlichen Fläche in Gerinnen konzentriert in den US und passiert diesen sehr schnell. Eine Filterung dieses konzentrierten Oberflächenabflusses im US kann folglich ausgeschlossen werden. In größeren Landschaftseinheiten des Mittelgebirgsraumes haben US somit nur eingeschränkte Retentionsleistungen aufzuweisen.

Die Retention sowohl von partikulär gebundenen als auch von gelösten Nährstoffen kann nur durch eine Veränderung der Fließprozesse in den US verbessert werden, so daß die Sedimentation im US zunimmt und der Kontakt zwischen Bodenkörper und dem befrachteten Wasser intensiviert wird (Adsorption). Dazu sollte eine räumlich gleichmäßig verteilte Infiltration des Abflusses im US sichergestellt sein, was einen flächenhafter Übertritt des Oberflächenabflusses in den US hinein voraussetzt.

6 LITERATUR

- DILLAHA, T.A., R.B. RENEAU, S. MOSTAGHIMI and D. LEE, 1989: Vegetative filter strips for agricultural non point source pollution control. Transactions of the ASAE, Vol. 32 (2), 513-519
- EGGE, D., 1990: Nährstoffeinträge von landwirtschaftlich genutzten Flächen in Fließgewässer. Arbeitsmaterialien 16. Institut für Landschaftspflege und Naturschutz am Fachbereich Landespflege der Universität Hannover, Herrenhäuser Straße 2, 3000 Hannover 21
- FABIS, J., M. BACH UND H.-G. FREDE, 1993: Einfluß der Uferstreifen auf den Stoffeintrag in Gewässer und die Wirkung von Nutzungsänderungen auf die Gewässergüte. Abschlußbericht zum gleichnamigen DVWK-Projekt, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Glückstr.2, 53115 Bonn
- KNAUER, N. und Ü. MANDER, 1989: Untersuchungen über die Filterwirkung verschiedener Saumbiotope an Gewässern in Schleswig-Holstein. Teil I: Filterung von Stickstoff und Phosphor, Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 30 (6), 365-376
- STEINMANN, F., 1991: Die Bedeutung von Gewässerrandstreifen als Kompensationszonen im Grenzgebiet zwischen landwirtschaftlichen Nutzflächen und Gewässern für die Immobilisierung der löslichen Fraktionen von Stickstoff und Phosphor aus der gesättigten Phase. Diss. Universität Kiel

**Einfluß der Hangneigung auf den Bodenabtrag auf
LÖß-Neulandflächen**

von

Feldwisch, N. und K. Mollenhauer

Im Rahmen einer Untersuchung zu den Auswirkungen unterschiedlicher Hangneigungen von ackerbaulich genutzten Löß-Neulandflächen auf den Bodenabtrag (gefördert von der Rheinbraun AG) wurden Parzellenversuche auf zwei Standorten im Rheinischen Braunkohlerevier mit einem Gefällespektrum zwischen 1-6 % durchgeführt. Die gefundenen Regressionsgleichungen zwischen der Hangneigung als unabhängiger Variabler und der Abtragssumme als abhängiger Variabler wurden in Anlehnung an das Standardparzellenkonzept der USLE (WISCHMEIER & SMITH, 1978) in S-Formeln umgerechnet.

Diese für jeden Standort ermittelten S-Formeln können sowohl untereinander, als auch mit S-Formeln anderer Untersuchungen verglichen werden. Die Übertragbarkeit der S-Formel der RUSLE (RENARD et al., 1991), die die jüngste revidierte Fassung der USLE darstellt, auf die Bedingungen der Neulandflächen im Köln-Aachener-Bucht kann anhand der eigenen S-Formeln überprüft werden. Dies erscheint aus folgenden Gründen notwendig:

- Im Gegensatz zur USLE mit einer quadratischen Sinusfunktion als S-Formel für den Gefällebereich zwischen 3 und 18 % gibt die RUSLE zwei lineare Sinusfunktionen für die Gefällebereiche $< 9\%$ und $\geq 9\%$ an. Für die Situation im Rheinischen Braunkohlerevier interessiert nur die S-Formel für den Bereich bis 9% . Diese S-Formel basiert auf einer einzigen Untersuchungen von MURPHREE & MUTCHLER (1981) mit 12 Parzellenergebnissen bei Hangneigungen zwischen 0.1 bis 3% (vgl. McCOOL et al., 1987), deren Plausibilität anhand der Ergebnisse anderer Untersuchungen von McCOOL et al. (1987) getestet wurde. Die Plausibilitätsanalyse der letztgenannten Autorengruppe verdeutlicht die große Spannweite, in der die aus den Untersuchungen abgeleiteten S-Formeln schwanken, so daß die Überprüfung der Anwendbarkeit der S-Formel der RUSLE für den vorliegenden Fall notwendig ist.
- Von verschiedenen Autoren (BONTA & SUTTON, 1983, STEIN et al., 1983, McISAAC et al., 1987) wird ein Abweichen der S-Formel für Neuland von der für Altland postuliert. Da jedoch die physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei dem Erosionsprozess unabhängig vom Kriterium Alt-/Neuland sind, dürften die Differenzen zwischen den S-Formeln der Neuland- und Altlandflächen auf

die von WISCHMEIER (1977) beschriebenen Interdependenzen zwischen dem S- und dem K-Faktor zurückzuführen sein. Das heißt, eine Beeinflussung der S-Formel für Neuland erscheint eher über die Veränderung des K-Faktors von Neuland im Vergleich zu Altland als Folge der Rekultivierung denkbar.

2. Material und Methoden:

Auf zwei Neulandstandorten wurden jeweils 20 Parzellen (Breite 1.7 m, Länge 7.3 m) in einem Hangneigungsbereich zwischen 1 und 6 % angelegt. Die Bodenbearbeitung erfolgte eine Woche vor Versuchsbeginn mittels Kreiselegge und Drillmaschine in einem Arbeitsgang in Gefällerrichtung. Mit einem Veejet-80100-Schwenkdüsenregner wurde jede Parzelle dreimal mit einer Intensität von 68 mm/h beregnet: eine einstündige Erstberegung, der am darauffolgenden Tag eine halbstündige Zweit- und eine viertelstündige Drittberegung folgten. Der Abfluß wurde in ca. einminütigen Intervallen, die Sedimentkonzentration in ca. zweiminütigen Intervallen erfaßt. Die Phase der Abflußbildung und die Phase nach Beregnungsende wurden in kürzeren Abständen beobachtet.

Die beiden Neulandstandorte weisen eine konvexe Hangform auf und sind bodentypologisch als anthropogene Auftragsböden aus Löß mit der Bodenart schwach- bis mittellehmiger Schluff anzusprechen. Der ältere Standort *Eschweiler* wird seit Anfang der 70er Jahre durch einen Landwirt konventionell bewirtschaftet. Es wird die Rheinische Fruchtfolge ZR-WW-WG angebaut, wobei zu den ZR eine Stallmistgabe von ca. 500 dt/ha gegeben wird. Der jüngere Standort *Wiedenfelder Höhe* wird seit der Rekultivierung im Jahre 1978 von Rheinbraun konventionell ohne Stallmist bewirtschaftet. Getreide dominiert dabei die Fruchtfolge.

Weitere Versuche auf Neulandflächen mit Pflanzenbestand und auf einer Altlandfläche ohne Pflanzenbestand werden hier nicht behandelt, da sie nicht zur S-Formel-Ermittlung herangezogen werden. Eine ausführliche Versuchsbeschreibung liegt bei FELDWISCH et al. (1991) vor.

3. Ergebnisse:

Die Abflußsumme ist bei dem vorliegenden Gefällebereich unabhängig von der Hangneigung, so daß an dieser Stelle nur auf die Abtragsumme der 3 Beregnungsläufe eingegangen wird.

In Abbildung 1 wird die Abtragsumme (A) in Abhängigkeit von der Hangneigung ($\sin \alpha$) dargestellt. Die linearen Regressionsgleichungen lauten:

<i>Eschweiler</i>	$A = 0.14 + 30.33 \cdot \sin \alpha$	$r^2 = 68.1 \%$
<i>Wiedenfelder Höhe</i>	$A = 0.16 + 48.67 \cdot \sin \alpha$	$r^2 = 59.9 \%$

Das niedrigere Abtragsniveau der Fläche *Eschweiler* erklärt sich durch eine

intensive Regenwurmtätigkeit (*Lumbricus terrestris*) und damit einhergehender Abflußreduktion im Vergleich zur Fläche *Wiedenfelder Höhe* von ungefähr 40 %.

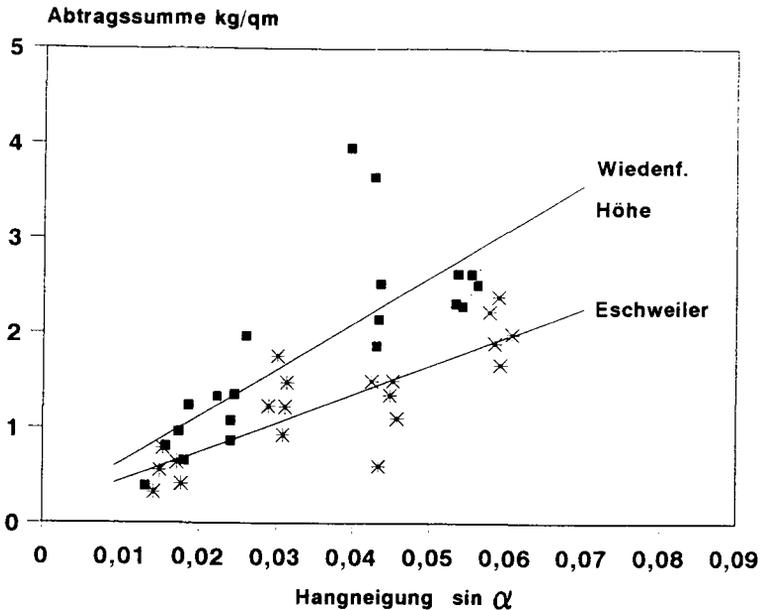


Abb. 1: Abtragssumme in Abhängigkeit von der Hangneigung

Aus den oben genannten Hangneigungs-Abtrags-Gleichungen können in Anlehnung an das Standardparzellenkonzept der RUSLE folgende S-Formeln errechnet werden:

$$\text{Eschweiler} \quad S = 0.05 + 10.60 \cdot \sin \alpha$$

$$\text{Wiedenfelder Höhe} \quad S = 0.04 + 10.73 \cdot \sin \alpha$$

Die RUSLE gibt für den Gefällebereich < 9 % die S-Formel

$$S = 0.03 + 10.8 \cdot \sin \alpha$$

an. Der Vergleich der S-Formeln der Neulandflächen der Köln-Aachener-Bucht mit der S-Formel der RUSLE zeigt eine gute Übereinstimmung auf. Die von verschiedenen Autoren beschriebene Abweichung der von ihnen untersuchten Neulandstandorte im Vergleich zur S-Formel der USLE/RUSLE muß vor diesem Hintergrund im Zusammenhang mit den möglichen Interdependenzen zwischen dem K-Faktor und dem S-Faktor bei der Ableitung dieser Faktoren aus Parzellenergebnissen gesehen werden.

Aufgrund der eigenen Versuche ist eine Anwendung der S-Formel der RUSLE zur Abtragungsschätzung auf den untersuchten Löß-Neulandstandorten gerechtfertigt.

Eine Literaturrecherche zur Thematik empirischer Erosionsuntersuchungen zur Hangneigungs-Abtrags-Beziehung ergibt bei 45 Parzellenergebnissen aus 5 Untersuchungen für den Gefällebereich von 1 bis 18 % die S-Formel $S = -0.16 + 12.92 \cdot \sin \alpha$. Eine getrennte Berechnung einer S-Formel für Hangneigungen < 9 % ist aufgrund der inhomogenen Verteilung der verbleibenden Abtragsergebnissen auf diesen Hangneigungsbereich jedoch nicht möglich. Die angestrebte Überprüfung der Anwendbarkeit der S-Formel der RUSLE für Neuland über den eigenen Versuchsansatz hinaus mittels der Literaturrecherche ist somit nicht durchführbar.

4. Schlußfolgerung:

Die S-Formel der RUSLE ist für die Abtragsschätzung für Löß-Neuland der Köln-Aachener-Bucht geeignet. Eine Allgemeingültigkeit der S-Formel der RUSLE, die in Folge der ihr zugrundeliegenden geringen Datenbasis und der Extrapolation über den eigentlichen Meßbereich hinaus mit Unsicherheiten verbunden ist, kann aus den vorliegenden Untersuchungen nicht abgeleitet werden.

Die von den oben genannten Autoren postulierten S-Formeln speziell für Neuland dürften auf Interdependenzen zwischen dem S- und K-Faktor zurückzuführen sein. Diese Interdependenzen sind wahrscheinlich auch die Ursache für die große Spannweite, in der die von McCool et al. (1987) aus einer großen Anzahl an Untersuchungen abgeleiteten S-Faktoren schwanken.

Literatur:

- BONTA, J.V., P.SUTTON (1983): Erosion and reclamation plots. Report for Grant No. 50166054, U.S. Bureau of Mines, Department of the Interior.
- Feldwisch, N., K. Mollenhauer, H.-G. Frede (1991): Bodenkundlich-kulturtechnische Untersuchungen zur Frage der maximal zulässigen Hangneigung auf Löß-Neulandflächen unter Erosionsgesichtspunkten. Unveröff. Abschlußbericht des Instituts für Landeskultur für die Rheinbraun AG.
- McCOOL, D.K., L.C. BROWN, G.R. FOSTER, C.K. MUTCHLER, L.D. MEYER (1987): Revised slope steepness factor for the USLE. Trans. ASAE 30: 1387-1396.
- McISAAC, G.F., J.K. MITCHELL, M.C. HIRSCHI (1987): Slope steepness effects on soil loss from disturbed lands. Trans. ASAE 30: 1005-1013.
- MURPHREE, C.E., C.K. MUTCHLER (1981): Verification of the slope factor in the USLE for low slopes. J. Soil Water Cons. 36: 300-302.
- RENARD, K.G., G.R. FOSTER, G.A. WEESIES, D.K. McCOOL (1991): Predicting soil erosion by water- A guide to conservation planning with the RUSLE. U.S. Dep. Agric., ARS, (unveröff. Manuskript).
- STEIN, O.R., C.B. ROTH, W.C. MOLDENHAUER, D.T. HAHN (1983): Erodibility of selected Indiana reclaimed strip mined soils. Proc. Sym. Surface Mining, Hydrol., Sedimentol. and Recl., Univ. Kentucky, Lexington, pp. 101-106
- WISCHMEIER, W.H. (1977): Use and misuse of the USLE. In: Soil Erosion - Prediction and control. Soil Cons. Soc. Amer., Spec. publ. No. 21: 371-378.
- WISCHMEIER, W.H., D.P. SMITH (1978): Predicting rainfall losses - A guide to conservation planning. U.S. Dep. Agric., Agric. Handbook No. 537.

**Zum Einfluß von Ausgangsbodenfeuchte und
Oberflächenrauigkeit auf Verschlämmungsdynamik und
Bodenablösung eines sandigen Lehms**

von

Fohrer, N.⁺, A. Rudolph⁺⁺ und C.H. Roth⁺

1. Einleitung und Zielsetzung

Die Ausgangsbodenfeuchte ist eine wichtige Steuergröße für das Infiltrations- und Bodenablösungsverhalten eines Bodens im Erosionsprozeß. Dieses Phänomen ist in der Literatur seit langem bekannt (DULEY, 1939). Die meisten Arbeiten beziehen sich jedoch meist auf einzelne Teilaspekte des Erosionsprozesses, wie z. B. dem Aggregatzerfall (CERNUDA, et al., 1954; PANABOKKE & QUIRK, 1957) oder dem Infiltrationsverhalten (COLLIS-GEORGE & IAL, 1971; MORIN et al., 1989).

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist es, die Bedeutung von Bodenfeuchte im oberflächennahen Bereich sowie den Einfluß des Mikroreliefs auf Oberflächenverschlämmung und Bodenablösungsprozesse exemplarisch an einem sandigen Lehm aus Geschiebemergel zu untersuchen. Die Bodenablösung soll differenziert nach Abtrag und Spritzwasserversatz (Splash) betrachtet werden. Die Auswirkung der Bodenfeuchte und der Oberflächenbeschaffenheit auf die Erosionsteilprozesse soll quantifiziert und das Zusammenwirken dieser Einzelprozesse näher betrachtet werden. Die Untersuchungen beschränken sich auf Prozesse der Flächenerosion (Interrill erosion).

2. Material und Methoden

Mittels eines Laborkapillarregners wurde ein sandiger Lehm bei *lufttrockener* bzw. *feuchter* Bodenoberfläche 120 min. lang mit einer mittleren Intensität von 30 mm/h beregnet. Die Beregnungskästen wurden über Siebe mit Ap-Material befüllt. Dabei wurden drei Mikroreliefstufen erzeugt:

- fein < 15 mm
- mittel < 25 mm
- grob < 50 mm

+) Institut für Ökologie, FG Bodenkunde, Salzufer 11-12, 10587 Berlin

++) Institut. für. Landschaftsbau, Wasserbau und Kulturtechnik, Albrecht-Thaer-Weg 2, 14195 Berlin

Die Hangneigung betrug einheitlich 5 %. Alle Varianten wurden in drei Wiederholungen gemessen. Zur Kennzeichnung der Verschlämmungsanfälligkeit wurde die Aggregatstabilität bei der jeweiligen Feuchtestufe und die Abflußrate ermittelt, aus der nach MORIN und BENYAMINI (1977) die momentane Infiltrationsrate berechnet wurde. Bodenabtrag und Splash wurden im Beregnungsverlauf erfaßt. Von der berechneten Bodenoberfläche (0-2 mm) wurde eine Korngrößenanalyse nach DIN 19 683 durchgeführt. Die Versuchsrandbedingungen sind in Tab. 1 zusammengefaßt.

Tab. 1: Versuchsrandbedingungen

Variante	mittlere Feuchte		mittlere Tensionen	
Mikrorelief/ Feuchtestufe	gravimetrisch %		hPa vor Beregnung	
	zu Beginn 0,5 cm	nach Beregn. 0,5 cm	3 cm	22 cm
trocken				
fein	2,3	26,0	435	72
mittel	2,2	25,2	374	67
grob	2,1	24,9	479	79
feucht				
fein	13,7	21,3	96	67
mittel	14,0	20,5	65	99
grob	15,7	20,6	76	57

3. Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 ist die Beregnungstabilität verschiedener Aggregatfraktionen in zwei Feuchtestufen dargestellt. Die feuchten Aggregate sind stabiler, da sie nicht der Luftsprengung unterliegen. Ab etwa 10-15 mm Durchmesser relativiert sich der Feuchteeinfluß und das Größenverhältnis zwischen Aggregat und Tropfen gewinnt an Bedeutung. Große Aggregate werden im Verhältnis langsamer befeuchtet und eingeschlossene Luft kann entweichen, ohne das Aggregat zu zerstören. Je höher die Aggregatstabilität ist, desto weniger Feinmaterial wird angeliefert, das über Splash und Abfluß weitertransportiert werden kann und desto geringer ist die Verschlämmungsanfälligkeit der Bodenoberfläche.

Splashrate (Abb. 2) und Abtragskonzentration (Abb. 3) zeigen einen deutlichen Feuchteeinfluß. In beiden Fällen liegen die trockenen Varianten deutlich höher als bei feuchter Ausgangssituation. Durch Luftsprengung kommt es zu einer intensiven Zerkleinerung der Aggregate. Durch die stärkere Einebnung (RUDOLPH et al, 1993) werden kürzere Abflußbahnen und höhere Abflußgeschwindigkeiten ermöglicht und damit günstigere Bedingungen für den Abtransport des angelieferten Materials geschaffen. Die sinkenden Abtragskonzentrationen (Abb. 3) gegen Beregnungsende erklären sich

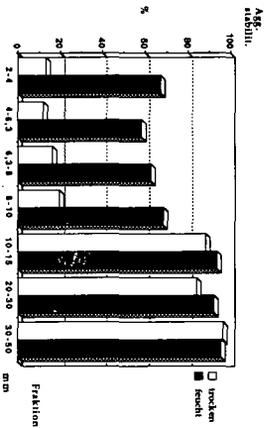


Abb. 1. Bestimmungsalterität von Aggregaten der Groden 250 mm in zwei Zuständen

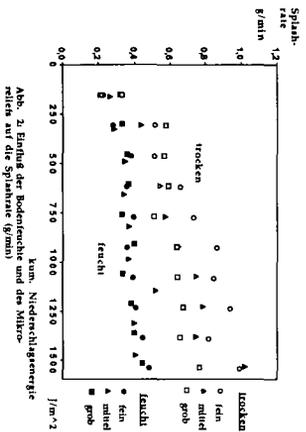


Abb. 2. Einfluß der Bodenfeuchte und der Mischteilchen auf die Splatrate (g/min)

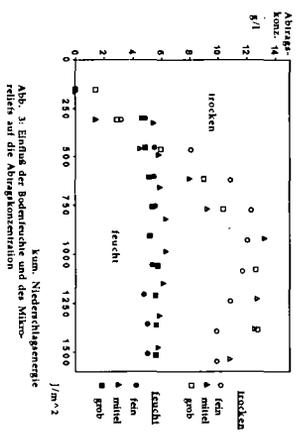


Abb. 3. Einfluß der Bodenfeuchte und der Mischteilchen auf die Abtragkonzentration

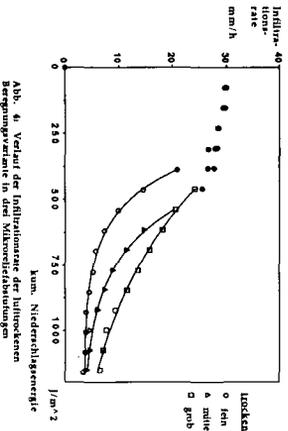


Abb. 4. Verlauf der Infiltrationsrate der Lufttrocknen Bestimmungszustände in drei Mischteilchenabteilungen

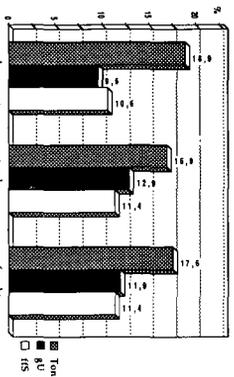


Abb. 6. Verteilungen in der Kompositionsummensetzung nach Beregnung an der Bodenoberfläche (0-2 mm)

über die mit steigendem Verschlammungsgrad zunehmenden Scherwiderstände an der Bodenoberfläche.

Betrachtet man den Verlauf der Infiltrationraten (Abb. 4 und 5) so wäre zu erwarten, daß die mehr zu Verschlammung neigenden lufttrockenen Varianten einen schnelleren Abfall und eine niedrigere Endinfiltrationsrate zeigen würden. Dies ist aber nicht der Fall, da bei den feuchten Varianten die Infiltrationskapazität des Bodens schneller abnimmt, so daß trotz der höheren Aggregatstabilität durch Unterbleiben der Luftsprengung die Infiltrationsrate früher und steiler abfällt, da hier die antreibende Potentialdifferenz zwischen Bodenoberfläche und Unterboden geringer ist und rascher abgebaut wird. Je gröber die Bodenoberfläche sich gestaltet, desto länger bleibt eine hohe Infiltrabilität erhalten, worauf auch die hohe Stabilität großer Aggregate hinweist. Zusätzlich entsteht eine gewisse Beschattungswirkung, die kleine Bereiche um das Aggregat vor Verschlammung schützt und dort das Infiltrieren des Regenwassers ermöglicht.

Im Bereich der Regenschlagkruste sind Körnungsumverteilungen gegenüber dem unberegneten Boden nachweisbar (Abb. 6). Es kommt durch Tiefenverlagerung zu einer Verarmung an Ton. Anreicherungen finden sich hauptsächlich in der Grobschluff- und Feinstsandfraktion. Wird lufttrockener Boden beregnet, so prägen sich diese Unterschiede deutlicher aus.

Literatur

- CERNUDA, C. F., R. M. SMITH, and J. VICENTE-CHANDLER. 1954. Influence of initial soil moisture condition on resistance of macroaggregates to slaking and water-drop impact. *Soil Sci.* 77:19-27.
- COLLIS-GEORGE, N., and R. LAL. 1971. Infiltration and structural changes as influenced by initial moisture content. *Aust. J. Soil Res.* 9:107-116.
- DULEY, F. L. 1939. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 4:60-64.
- MORIN, J., and Y. BENYAMINI. 1977. Rainfall infiltration into bare soils. *Water Resources Res.* 13:813-817.
- MORIN, J., R. KEREN, Y. BENYAMINI, M. BEN-HUR, and I. SHAINBERG. 1989. Water infiltration as affected by soil crust and moisture profile. *Soil Sci.* 148:53-59.
- PANABOKKE, C. R., and J. P. QUIRK. 1957. Effect of initial water content on stability of soil aggregates in water. *Soil Sci.* 83:185-195.
- RUDOLPH, A., N. FOHRER und K. HELMING. 1993. Einfluß des Mikroreliefs und der Bodenfeuchte an der Oberfläche auf die Infiltration-Abfluß-Beziehung eines Standortes in Brandenburg. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, in press.

Auswirkungen der Fräsung von Windwurfflächen auf den Stoffhaushalt der Waldböden

von

Franz, T. und D. Schröder

1. Einleitung

Anhaltende Versauerungsvorgänge als Folge massiver Schadstoffbelastung der Waldökosysteme haben zu einer deutlichen Verminderung der Speicher- und Filterfunktion der Waldböden geführt, woraus heute zunehmend auch eine Gefährdung der Grund- und Quellwässer resultiert. Betroffen sind insbesondere basenarme Waldstandorte der Mittelgebirge.

Besonders in diesen Gebieten sind infolge der Sturmkatastrophen der vergangenen Jahre ausgedehnte Windwurfflächen entstanden. Durch diese neue Ausgangssituation hat die Diskussion über Möglichkeiten flächenhafter Meliorationen degradierter Waldböden erheblich an Bedeutung gewonnen.

Vor diesem Hintergrund soll der Einsatz einer neuartigen Stockfräse, der "Krohnfräse", eine Sanierung ermöglichen, die langfristig die Schaffung eines Waldbodens mit speicherfähigem Mineralbodenhumus und damit annähernd geschlossenen Stoffkreisläufen zum Ziel hat (BENECKE 1992).

Durch die Fräsung wird infolge einer intensiven Durchmischung des Mineralbodens mit der Humusaufgabe und dem zuvor von der Fräse selbst zerkleinerten Schlagabraum ein lockerer Oberboden mit hohem Anteil an organischer Substanz geschaffen. Zur Verbesserung der vielfach sehr kritischen Basenversorgung wird eine gleichzeitige tiefe Einarbeitung von Kalk empfohlen.

Neben den positiven Effekten des Verfahrens muß jedoch auch eine mögliche Gefährdung der Waldböden und des Grundwassers insbesondere durch Nitratfreisetzung und Nährstoffverluste infolge des zu erwartenden Anstiegs der Mineralisierungsrate in Betracht gezogen werden. Als Beitrag zur Abschätzung der Ökosystemverträglichkeit des Verfahrens wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Untersuchung bearbeiteter und unbearbeiteter Windwurfflächen durchgeführt.

2. Material und Methoden

Die Untersuchungsflächen (Übersicht in Tab.1) liegen in der östlichen Hocheifel (550 m ü.NN., mittlerer Jahresniederschlag 735 mm, Jahresmitteltemperatur 7,6°C) und auf der westlichen Hunsrückhochfläche (500 m ü.NN., 800 mm N, 7,9°C). Bei den Böden handelt es sich um basenarme Braunerden aus pleistozänen Lößlehen über Hangschuttdecken aus quarzitreichem Verwitterungsmaterial in der Eifel, bzw. über devonischen Tonschiefer mit tertiären Graulehdecken im Hunsrück. Mit pH-Werten zwischen 3,8 und 4 liegen die Böden durchweg im Aluminium-

¹⁾ Univ. Trier; Fachbereich VI, Abt. Bodenkunde; 54286 Trier

Pufferbereich. Auflagehumusform ist rothumusartiger Moder. Die Flächen sind hinsichtlich Bearbeitung (Fräsung ohne Kalkung, durchschnittlichen Bearbeitungstiefe 20-25 cm) und Altbestand (Fichte 80-100 Jahre) miteinander vergleichbar. Die Probennahme erfolgte über die Versickerungsperiode von Oktober 1992 bis März 1993. Untersuchungen wurden in 4 Tiefenstufen zwischen 0 und 60 cm wesentliche bodenchemische Parameter (N-min, C, N₂, DOC, effektive Austauschkapazität, verfügbare Nährstoffe) sowie begleitend bodenphysikalische Kennwerte.

Fläche	Standort	Sturmwurf	Fräsung	aktueller Bestand
L1	Laubach/ Eifel	Feb. 1990	Juli 1992	keine Vegetation
L2	Laubach/ Eifel	Feb. 1990	März 1992	Sekundärvegetation, geringe Deckung
Kontrolle KL1/2	Laubach/ Eifel	Feb. 1990	-	Schlagflurvegetation, mäßige Deckung
L3	Laubach/ Eifel	Winter 1988	Mai 1988	Ei, Bu (gepflanzt) dichte Krautschicht
Kontrolle KL3	Laubach/ Eifel	Winter 1988	-	Schlagflurvegetation, hohe Deckung
T1	Talling/ Hunsrück	Feb. 1990	Okt. 1991	Fichte (gepflanzt) lockere Krautschicht
T2	Talling/ Hunsrück	Feb. 1990	März 1991	Fichte (gepflanzt) lockere Krautschicht
Kontrolle KT1/2	Talling/ Hunsrück	Feb. 1990	-	Schlagflurvegetation, mäßige Deckung

Tab.1: Kennzeichnung der Untersuchungsflächen

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Fräsung hat auf den untersuchten Flächen zu keiner **Bodenverdichtung** im Bereich der potentiell gefährdeten Fräßsohle geführt, was für ähnliche Flächen auch von BENECKE et al. (1992) festgestellt wurde. Der Einfluß der Fräsung auf den **pH-Wert** ist gering. Ein aus der Durchmischung resultierender Anstieg, wie von BENECKE et al. (1992) und SCHULER (1992) auf ebenfalls ungekalkten Flächen festgestellt, fand nicht statt.

Die **Entwicklung der Nitratgehalte** über das Winterhalbjahr (Abb.1) zeigt deutliche Unterschiede zwischen den älteren und den erst 1992 bearbeiteten Flächen. Während sich für erstere die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen (BENECKE et al.1992, KÖNIG 1992), d.h. niedrige, z.T. unter denen der Kontrollflächen liegende Gehalte ohne nennenswerte Verluste über die Versickerungsperiode, bestätigen, weisen die jungen Flächen im Herbst deutlich höhere Nitratgehalte auf, aus denen Verluste von maximal 40 kg/ha resultieren. Die Gefahr erhöhter Nitratbildung und -auswaschung, u.U. verbunden mit einem Verlust an basischen Kationen, besteht demnach insbesondere in der Initialphase nach der Fräsung. Im Gegensatz zu den älteren Flächen ist die Sekundärvegetation hier noch zu gering entwickelt, um die infolge der Fräsung gesteigerte Mineralisationsleistung durch Aufnahme überschüssigen Stickstoffs kompensieren zu können.

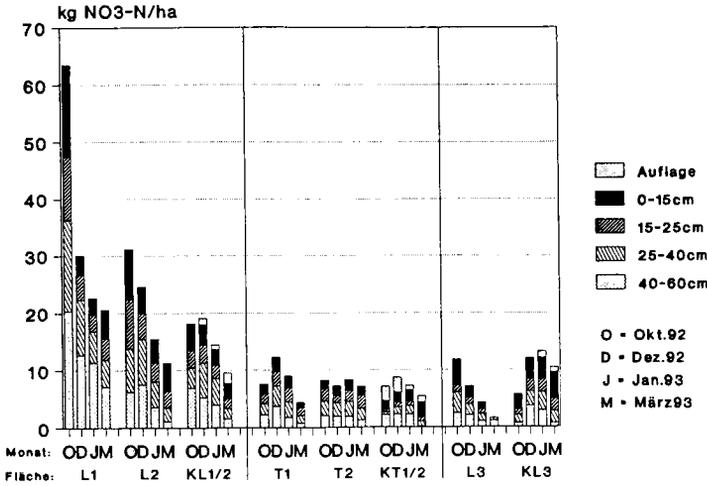


Abb.1: Entwicklung der Nitratgehalte im Winterhalbjahr 1992/93

Die Einmischung von wenig, bzw. unzersetztem organischen Material hat auf allen Flächen eine, in Abhängigkeit von der Menge an eingearbeitetem Material, geringe bis mäßige Erweiterung des C/N-Verhältnis bewirkt (Abb.2). Dieser Befund belegt die Ausbildung einer Stickstoffsenke, wobei v.a. die Holzreste mit hohem C/N-Eigenverhältnis eine wichtige Rolle spielen (VITOUSEK/MELLILO 1979, BENECKE 1992), und entspricht damit der Zielvorstellung, erhöhte Nitratfreisetzung zu hemmen und die Überführung überschüssigen Stickstoffs in einen stabilen Mineralboden-Stickstoffvorrat einzuleiten (BENECKE 1992). Infolge von Unterschieden bzgl. der Menge an eingearbeiteter organischer Substanz sowie der Intensität ihrer Einmischung zeigt sich eine uneinheitliche Entwicklung der C- und N-Gehalte; deutlicher Anstieg auf den Hunsrück-, Stagnation und leichte Abnahme auf den jungen Eifelflächen. Eine deutliche Abnahme der Gehalte im Fräshorizont der 4 Jahre alten Fläche L3 im Vergleich zur Kontrollfläche läßt vermuten, daß C- und N-Verluste langfristig nicht auszuschließen sind. In Langzeituntersuchungen nach Kahlschlag und Bodenbearbeitung (u.a. BURSCHEL et al. 1977, ULRICH/WACHTER 1971) konnten entsprechende Verluste festgestellt werden.

Ein Anstieg der DOC-Konzentration als Ausdruck erhöhter Kohlenstoffmobilisierung, wie von BENECKE et al.(1992) für gekalkte Fräshorizonte ermittelt, konnte auf keiner der Flächen nachgewiesen werden.

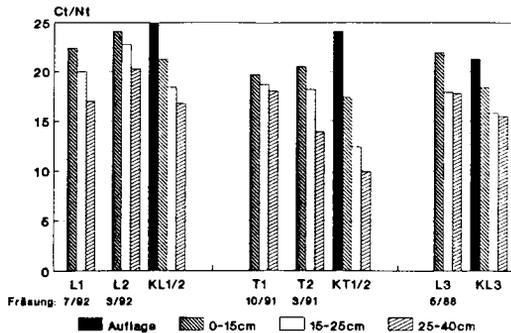


Abb.2: C/N-Verhältnisse, Okt.1992

Der Kationenhaushalt der gewachsenen Böden zeichnet sich durch eine als kritisch zu bezeichnende Basensättigung von z.T. < 5% aus. Die Vermischung des Mineralbodens mit dem an organischen Sorptionsplätzen reichen Auflagehumus und mineralstoffreichem Schlagabraummaterial hat eine z.T. deutliche Erhöhung der effektiven Austauschkapazität bewirkt, v.a. in der Tiefenstufe 15-25 cm, welche dem an Sorptionsplätzen armen Bv entspricht (Abb.3). Dabei kann hier, im Gegensatz zu der von SCHÜLER (1992) festgestellten Belegung der zusätzlichen Austauscherplätze durch Al-Kationen bei gleichzeitigem Verlust basischer Kationen, eine leichte bis mäßige Verbesserung der Basensättigung verzeichnet werden (Abb.4).

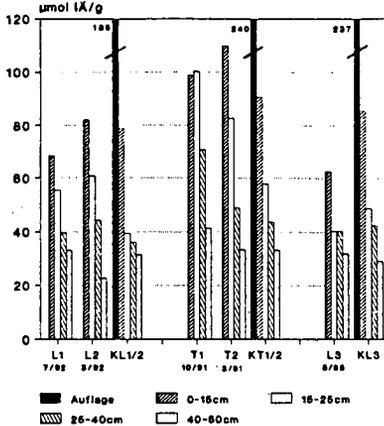


Abb.3: Summe austauschbarer Kationen, Okt.1992

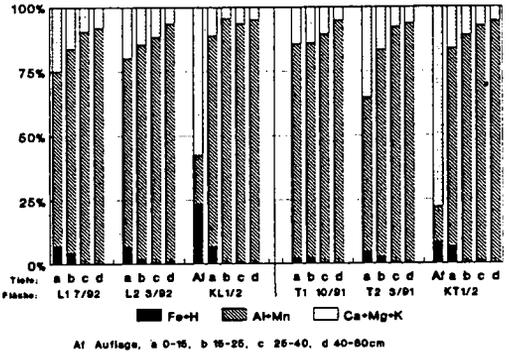


Abb.4: prozentuale Austauscherbelegung, Okt.1992

4. Ausblick

Die Betrachtung gefräster Waldböden unterschiedlichen Entwicklungsstadiums verdeutlicht, daß die Risiken des Verfahrens v.a. in erhöhter Nitratbildung und -freisetzung während der Initialphase sowie in möglichen längerfristigen Nährelementverlusten zu sehen sind. Letztere erfordern für genauere Aussagen die Durchführung exakter Langzeituntersuchungen.

Eine gleichzeitige Einarbeitung von Kalk und anschließende Begründung einer stickstoffspeichernden Folgevegetation wie es v.a. von BENECKE (1992) dringend empfohlen wird, dürfte die Gefahr negativer Folgen der Bearbeitung deutlich herabsetzen.

5. Literatur

BENECKE, P. (1992): Gedanken zur Waldbodenrestaurierung mit Bodenbearbeitung. AFZ 10, 542-545.
 BENECKE, P.; EBERL, C.; MARBACH, M. (1992): Bestandesbegründung mit Bodenbearbeitung, Kalkung und Hilfspflanzenanbau. AFZ 10, 546-550.
 BURSCHIEL, P. et al. (1977): Wirkungen verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf wachstum, Phytomasseakkumulation und Nährelementvorräte junge Kiefernwaldkosysteme. Forstw.Cbl. 96, 321-338.
 KÖNIG, I. (1992): Bodenchemische Untersuchungen zu einem neuen Meliorationsverfahren im Forst. Dipl. Arb. Univ. Trier, Abt. Bodenkunde.
 SCHÜLER, G. (1992): Auswirkungen einer intensiven Bodenbearbeitung mittels einer neuartigen Stockfräse auf den Nährelementhaushalt eines Waldstandortes. Forsttech. Inf. 8-9, 69-72.
 ULRICH, B.; WÄCHTER, H. (1971): Bodenkundliche Gesichtspunkte zur Frage der Bodenbearbeitung in Wald. Allg. Forst- u. J. Ztg. 142(11), 257-267.
 VITOUSEK, P.M.; MELLILO, J.M. (1979): Nitrate losses from disturbed forests: Patterns and mechanisms. Forest Science 25, 605-619.

Veränderungen von Bodenprofilen an wassererosionsbeeinflussten Hängen und Auswirkungen auf die Bodenerodibilität im Jungmoränengebiet

von

Frielinghaus, M.* , A. Kocmit** und U. Ratzke***

Einleitung

Die Untersuchung einer großen Anzahl von Bodenprofilen im ackerbaulich genutzten Jungmoränengebiet des Pommerschen Stadiums der Weichselvereisung westlich und östlich der Oder hat ergeben, daß eine reliefabhängige vertikale und horizontale Variabilität in der Zusammensetzung des Bodensubstrates und in der Horizontausprägung vorhanden ist. Diese ist sowohl auf die Entstehung vor mehr als 10.000 Jahren als auch auf nachfolgende, durch Wassererosion hervorgerufene Bodenverlagerungen zurückzuführen.

Für die Einschätzung und Bewertung erosionsbedingter Veränderungen der reduzierten Abtragsprofile und der aufgetragenen Kolluvialprofile mußte geprüft werden, ob durch den Vergleich von Bodenparametern in den Horizonten mit denen "unbeeinflusster Normalprofile" der Differenzierungsgrad seit Beginn der ackerbaulicher Nutzung und damit verstärkter Erosion bestimmt werden kann. Da auf erodierten Hängen ein in seiner Horizontabfolge unverändertes "Normalprofil" nicht eindeutig zu kartieren war, wurden in nach der geologischen Entstehung gleichen Landschaftsausschnitten Catenen unter verbliebener Waldnutzung und Catenen unter jahrhundertelanger Ackernutzung untersucht und jeweils an gleicher Hangposition aufgenommene Profile miteinander verglichen. Die Untersuchungsgebiete lagen in Dlusko (Einzugsgebiet der Ina /Polen) und in Burg Stargard (Einzugsgebiet der Tollense / Meckl.Vorp.)

Material und Methoden

In beiden Untersuchungsgebieten herrschen zur Zeit vergleichbare Klimaverhältnisse vor. Die Jahresniederschlagssumme beträgt etwa 550 bis 600 mm und die mittlere Jahrestemperatur 7,9°C.

Die untersuchten Wald- und Feldcatenen sind nach der Genese und Morphologie vergleichbar.

Sie liegen in Dlusko 200m und in B. Stargard 1.000m voneinander entfernt.

Während die Waldcatenen sich unter mehr als 100 jährigen Buchenwäldern befinden, wurden die Feldcatenen seit etwa 250 Jahren in Acker-Grünland-Wechselnutzung (Stargard) und in Ackernutzung (Dlusko) bewirtschaftet.

Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

Bestimmung der Hangneigung; Profilsprache nach der KA3; Porenvolumen, Wassergehalt, Trockenrohdichte n. HARTGE/ HORN (1989); Korngrößenanalyse n. KÖHN bzw. CASSAGRANDE; Kohlenstoff - Trockenverbrennung n. WÖSTHOFF; Kalziumkarbonatbestimmung n. SCHEIBLER; Stickstoff (gesamt) n. KJELDAHL; P (gesamt), Fe (gesamt), Al (gesamt) im Königswasseraufschluß und anschl. Bestimmung nach DIN 38405 und 38406 (Eine Fraktionierung der verschiedenen Bindungsformen dieser Elemente steht noch aus)

Die physikalischen Parameter wurden teilweise wegen der besseren Vergleichbarkeit in absolute Mengen, bezogen auf das Volumen und die Trockenrohdichte der jeweiligen Schicht, umgerechnet. Die chemischen Parameter sowie die Korngrößenverteilung wurden vorab qualitativ verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Bei den untersuchten vier Catenen handelt es sich um Bodenbildungen, die aus vergleichbaren Ausgangssubstraten entstanden sind; das kann an der Horizontabfolge, am Tongehalt und der Korngrößenverteilung sowie an Kalzium-, Aluminium-, Eisen- und Phosphorgehalten in den C-Horizonten der Profile unter Wald und auf dem Feld erklärt werden. Eine durch den Transport des Geschiebematerials im Pleistozän entstandene Heterogenität ist dabei standorttypisch. Der Tongehalt bzw. Feinanteil liegt in den Ausgangssubstraten zwischen 13 und 22 %, der Gehalt an Kalziumkarbonat zwischen 0,8 und 1,6 %, der Gehalt an Aluminium zwischen 1,2 und 2,2 %, an Eisen zwischen 1,3 und 1,5 % und an Phosphor um 0,03 %.

* Zentrum f. Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (e.V.) Münchenberg

** Landw. Akademie Szczecin, Polen

*** Geologisches Landesamt Mecklenburg- Vorpommern

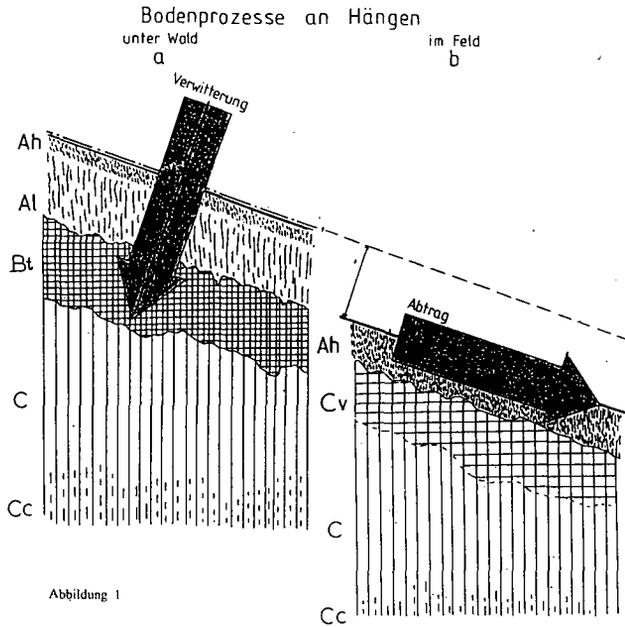
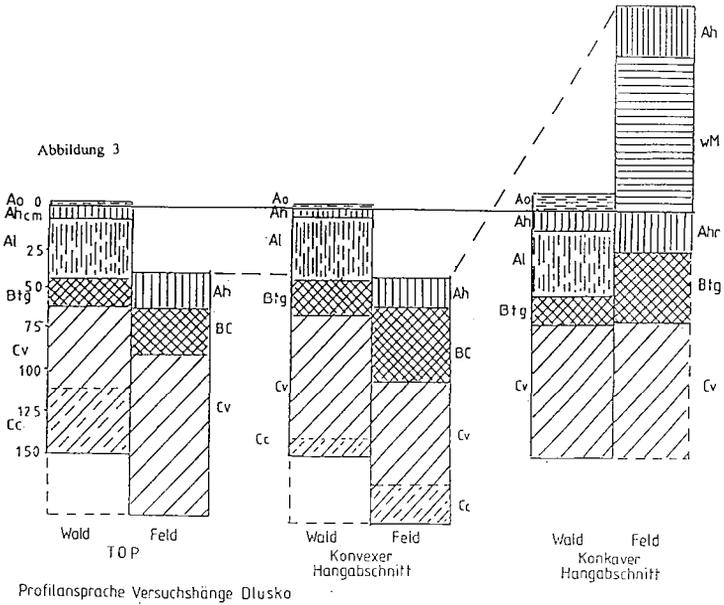
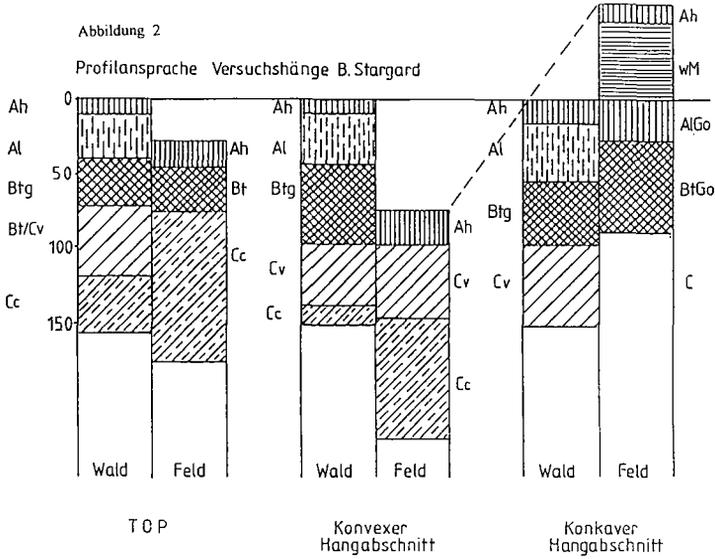


Tabelle 1

Gehalt an Feinanteil, Al + Fe + P_{gesamt} und Entkalkungstiefe in den Horizonten vergleichbarer Profile unter Wald und im Feld (Burg Stargard)

Profil Nr.	Position	Horizont	Tiefe	Feinanteilgehalt ($< 0,0063$ mm) (%)	Entkalkungstiefe CaCO ₃ (%)	Al _{ges.} + Fe _{ges.} + P _{ges.} (%)
			(cm)			
Wald Nr. 2	konvex	Ah	0 - 10	16,1	0	2,11
		Al	10 - 45	18,1	0	2,11
		Btg	45 - 95	27,3	0	5,51
		Cc	< 135	22,0	0,5	2,83
Feld Nr. 6	konvex	Ah	0 - 20	13,5	0,4	2,67
		Cv	20 - 50	18,7	1,7	2,24
		Cc	50 - 150	19,4	1,8	2,63
Wald Nr. 3	konkav	Ah	0 - 15	10,2	0	1,41
		Al	15 - 55	13,4	0	1,41
		Btg	55 - 95	25,7	0,02	4,73
		Btg/Cv	110 - 150	29,9	0,01	4,63
Feld Nr. 7	konkav	Ah	0 - 20	15,8	1,1	2,75
		wM	25 - 75	15,9	0,6	1,82
		Al	75 - 105	12,3	0,06	1,10
		Btg	105 - 135	34,1	0,16	6,62



Die Bodenentwicklungsprozesse verliefen bis zur Waldrodung vor ca. 250 Jahren etwa gleich, d. h. die Lessivierung unter dem Einfluß der Wasserversickerung und der daraus resultierenden chemischen Verwitterung bestimmte die Bodenbildung (Abb.1a). Wenn dieser Prozeß nicht unterbrochen worden wäre, müßten wir heute an den Wald- und Feldcatenen einen vergleichbaren Profilaufbau vorfinden. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen ein anderes Ergebnis (Abb.1b). Der anthropogen initiierte Eingriff veränderte den Verlauf der Bodenprozesse am ackerbaulich genutzten Hang. Lateral gerichtete Kräfte verursachten eine starke Denudation, die noch anhält. Der ständige Bodenabtrag hat zu einer Profilverkürzung geführt, der Bodenbildungsprozeß durch Verwitterung wurde unterbrochen.

Die von der Erosion unbeeinflussten Waldböden verfügen unbeeinflusst von der jeweiligen Position am Hang über einen für Parabraunerden (Fahlerden) typischen Profilaufbau mit gut ausgebildetem Durchwaschungshorizont A1 und ausgeprägtem Einwaschungshorizont Bt über dem Ausgangshorizont der Bodenbildung C (Abb.2 u.3). Dieser Profilaufbau wird durch die Korngrößenzusammensetzung, die Entkalkungstiefe und den Gehalt an Aluminium, Eisen und Phosphor unterstrichen. (Tab. 1).

Die erosionsbeeinflussten Ackerböden in B-Stargard und in Dlusko haben diesen dreigeteilten Aufbau nicht. Da bei ihnen kein A1 - Horizont mehr vorhanden ist, muß der Abtrag mindestens 45 cm betragen (Profil 5, Dlusko). Oft beträgt der Abtrag bis 75 cm, so daß auch der Bt - Horizont vollständig abgetragen ist und sich eine Pararendzina gebildet hat (Profil 6, Stargard). Die Analyseergebnisse dieses Profils differieren in den Schichten unterhalb der Ackerkrume nur gering und ähneln denen des C - Horizontes der Waldböden (Tab.1)

Gegenwärtig ist der Abtrag soweit fortgeschritten, daß bereits teilweise das Muttergestein an die Bodenoberfläche tritt

Im Ergebnis der erosionsbedingten Bodenverlagerung sind an den Hangpositionen, an denen eine abnehmende Hangneigung zur Verlangsamung der Abflußgeschwindigkeit führte und demzufolge Sedimentation auftrat, erhebliche kolluviale Decken entstanden. Die in konkaven Hangbereichen liegenden Ackerprofile zeigen eine Materialauflage von 45 bis 125 cm. Die Bodenmorphologie unterscheidet sich erheblich von der der Waldböden in gleicher Hangposition. Die in ca 250 Jahren eingetretenen Veränderungen haben zu einer Verminderung des wasserableitenden Porensystems geführt. Während im Frühjahr bei Dauerregen am konvexen Feldhang in der Schicht 0 bis 45 cm nur etwa 110 dm³ gespeichert wurden (Messung Frühjahr 1991) und damit etwa 80 % der maximalen Wasserkapazität erreicht wurden, waren es am Waldhang in der gleichen Position etwa 118 dm³, was aber nur 66 % der maximalen Wasserkapazität ausmachte. Damit war im Waldboden eine schnelle Wasserableitung in tiefere Schichten gewährleistet, während sich auf der Ackeroberfläche Niederschlagswasser sammelte. Der verzögerte Tiefenabfluß auf dem Feldhang und die damit verbundene Oberflächenabflußbildung führen auch gegenwärtig zu verstärktem Bodenabtrag. Die an der Oberfläche anstehenden Bodensubstrate aus ursprünglich tieferen Horizonten neigen besonders zu Verschlämzung und Verkrustung und erhöhen damit die Gefahr von Runoff und Bodenabtrag. Denudation verursacht nicht nur eine Reliefänderung und eine Bodendegradierung, sondern von den abgetragenen Schichten abweichende Korngrößerverteilung und die geringeren Gehalte an Al + Fe + P (gesamt) in den aufgetragenen Schichten (Profil 7 Stargard, Tab. 1, und Profil 7 Dlusko,) lassen den Schluß zu, daß eine Austragung dieser Stoffe in Vorfluter erfolgt ist. Zur weiteren Aufklärung sind allerdings Analysen der einzelnen Fraktionen dieser chemischen Verbindungen notwendig.

Schlußfolgerungen

Die Wassererosion, initiiert durch anthropogene Eingriffe in Form einer veränderten Bodennutzung, führte zu veränderten Bodenprozessen und einer starken Bodenprofilverkürzung an konvexen und einer Sedimentakkumulation an konkaven Hangbereichen. Der Grad der Veränderung kann durch den Vergleich mit Waldböden der gleichen Genese und Morphologie im Landschaftsausschnitt bestimmt werden, da diese in ihren Eigenschaften durch Erosion nahezu unbeeinflusst blieben. Der Veränderungsgrad kann durch die Korngrößenzusammensetzung, die Entkalkungstiefe sowie den Gehalt an Al + Fe + P (gesamt) eingeschätzt werden. Weiterer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der Quantifizierung morphologischer Veränderungen. Außerdem müssen einfach zu analysierende Parameter, die eng mit den erosionsbedingten Differenzen korrelieren, gefunden werden. Ein Schwerpunkt der weiteren Forschung wird die Aufklärung der Migration von Fraktionen der untersuchten Schadstoffe in benachbarte Ökosysteme sein.

BEYER,L.; FRÜND,R.; SCHLEUB,U.; WACHENDORF,Ch.: Colluvials under cultivation in Schleswig- Holstein.

Teil1 und 2. Z. Pflanzenern., Bodenk., 156, 197-202 und 213-217 (1993)

FRIELINGHAUS, M. ; SCHMIDT, R. : Onsite and offsite damages by erosion in landscapes of East Germany. Farm land erosion in : Temperate plains environment and hills S.Wicherek (Editor)

1993 Elsevier Science Publishers B.V.

KOCMIT,A. Present state of western pommerania soils which are subjected to water erosion hazard. Zeszyty naukowej akademii rolniczej im Hugona Kollataja w Krakowie, Nr. 271, 1992

RATZKE; U. ; FRIELINGHAUS; M. : Berücksichtigung von Wassererosionsfolgen in der Bodenschätzung. Mitteil. d. Deutschen Bodenkundl. Gesellsch. 67, 241-244 (1992)

Der Einfluß der Vegetation auf den Bodenabtrag durch Wind

von

Funk, R. und M. Frielinghaus

1. Einleitung

Bei allen Formen der Erosion nimmt die Vegetation auf der Bodenoberfläche eine Schlüsselstellung ein. Sind die Winderosität und die Bodenerodierbarkeit hoch, kann eine dichte Pflanzendecke den Boden ausreichend schützen. Sowohl bei der Aufklärung der Winderosionsprozesse als auch bei der Entwicklung von Prognosemodellen ist daher ein Vegetationsfaktor zu berücksichtigen.

Die Pflanzen auf der Bodenoberfläche beeinflussen das bodennahe Windfeld in Abhängigkeit von ihrer Entwicklung, Morphologie und Anbautechnologie mehr oder weniger stark. Sie reduzieren bei zunehmender Blattmasse und Wuchshöhe den durch den Wind ausgelösten Teilchentransport.

Diesem Vorgang liegen zwei Teilprozesse zugrunde:

- 1.) Minderung der auf den Boden einwirkenden Schubspannung
- 2.) Abbremsen und Auffängen bereits in Bewegung befindlicher Partikel.

In den folgenden Ausführungen wird zu Ergebnissen zum ersten Teilprozeß berichtet. Ziel der Untersuchungen war es, die Schubspannungsänderung durch die Vegetation zu ermitteln und daraus einen Faktor für ein deterministisches Modell abzuleiten.

2. Material und Methoden

2.1. Physikalischer Ansatz

Die Kraft, die der Wind auf die Bodenoberfläche ausübt, ist von der Windgeschwindigkeit und ihrem vertikalen Gradienten abhängig. Sie wirkt tangential und wird Schubspannung genannt. Sie wird bestimmt nach:

$$(GL.1): \quad \tau = \rho_a u_*^2$$

ρ_a ist die Luftdichte und u_* die Schubspannungsgeschwindigkeit. Der Zusammenhang zwischen Schubspannung und Windgeschwindigkeit wird durch den PRANDTL- VON KARMANSCHEN Ansatz beschrieben:

$$(GL.2): \quad u_* = \frac{\kappa u}{\ln(z/z_0)}$$

u_* = Schubspannungsgeschwindigkeit

u = Windgeschwindigkeit in Höhe z

κ = Karman - Konstante (=0,4)

z_0 = aerodynamische Rauigkeitshöhe

Die Gesamtschubspannung teilt sich dabei in einen Wandanteil (Bodenoberfläche) τ_w und einen Anteil der Vegetation (Körper- oder Formwiderstand) τ_v auf (Marshall 1971)

$$(GL.3): \quad \tau_* = \tau_w + \tau_v$$

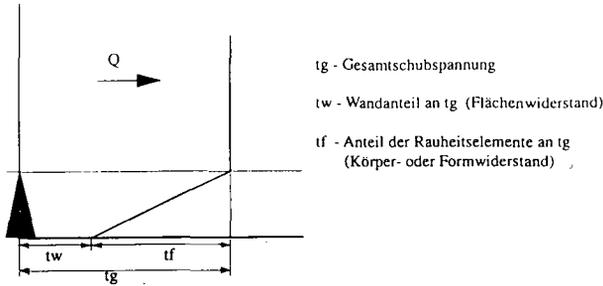


Abb1. Schubspannungsverteilung in der durch den Formwiderstand der Vegetation beeinflussten Schicht

Der Strömungswiderstand einzelner Elemente läßt sich durch

$$(Gl.4): \quad F_w = \frac{1}{2} \rho_a \cdot u^2 \cdot A \cdot c_w$$

bestimmen, mit c_w = Widerstandsbeiwert; A = angeströmte Fläche. Daraus läßt sich folgende Gleichung ableiten, die sowohl das Windprofil als auch die unterschiedliche Blattdichte mit der Höhe berücksichtigt. (WRIGHT und BROWN, 1967):

$$(Gl.5): \quad \tau(h) = 0,5 \rho_a \cdot (CdA(z)u(z)^2 dz)$$

Cd entspricht hier dem c_w -Wert (drag coefficient).

2.2. Experimente

In Feldexperimenten und Modellversuchen mit einem Windkanal wurden Zuckerrüben und Mais zu drei verschiedenen Entwicklungsstadien und in den Ausrichtungen längs, quer und 45° zur Windrichtung untersucht.

	Stadium	DC	Höhe(cm)	Bodenbedeckung
Zuckerrüben	1.	- 22	- 4	< 10 %
	2.	24 - 32	4 - 10	10 - 20 %
	3.	32 - 36	16 - 20	20 - 40 %
Mais	1.	- 21	7 - 15	1 - 3 %
	2.	21 - 24	15 - 25	6 - 10 %
	3.	>24	25 - 35	10 - 23 %

Jeder Versuch bestand aus zwei Meßläufen:

1. Meßlauf mit Pflanzen
2. Meßlauf ohne Pflanzen an derselben Stelle.

Die Dauer eines Meßlaufes betrug 5 Minuten, in denen die Windgeschwindigkeit bis zu einem Maximalwert stetig gesteigert wurde. Die Windgeschwindigkeit und die in einer Sedimentfalle eingefangene Sedimentmenge wurden zeitgleich aufgezeichnet. Die Bodenbedeckung, die Anzahl, die Höhe, die Blatt- und Silhouettenfläche der Pflanzen sowie die Frisch- und Trockenmasse wurden bestimmt.

3. Ergebnisse

3.1: Feldexperimente

In den Feldexperimenten wurde der Einfluß der Vegetationsentwicklung auf den Sedimenttransport nachgewiesen. Eine generelle Abhängigkeit (z.B. Bodenbeckung-Sedimenttransport) wurde nicht ersichtlich, vielmehr ergaben sich fruchtartenspezifische Abhängigkeiten. (Abb.2)

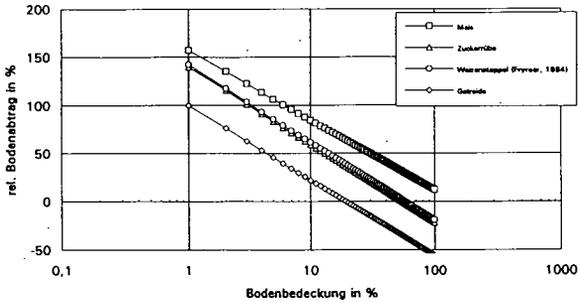


Abb.2: Abhängigkeit des relativen Bodenabtrags von der Bodenbedeckung verschiedener Fruchtarten

3.2. Modellversuche

Hierbei erfolgte im Windkanal eine Vermessung der vertikalen Windgeschwindigkeitsprofile innerhalb von Pflanzenbeständen sowie die Messung der Schubspannung mittels Schubspannungswaage.

In der folgenden Abbildung sind die Geschwindigkeitsprofile bei drei verschiedenen Windgeschwindigkeiten dargestellt. In den Profilen mit Zuckerrüben auf der Oberfläche wird eine Zweiteilung des Profils sichtbar. Unter Annahme, daß das logarithmische Windprofil nah an der Wandfläche wieder gilt, wurde von der Höhe 0,5 cm auf die vorher bestimmte Höhe z_0 zurückgerechnet und die dazugehörige Schubspannungsgeschwindigkeit ermittelt. Die Schubspannung in/über den Pflanzen wurde für den linearen Abschnitt des Profils schrittweise berechnet und für diesen Abschnitt gemittelt.

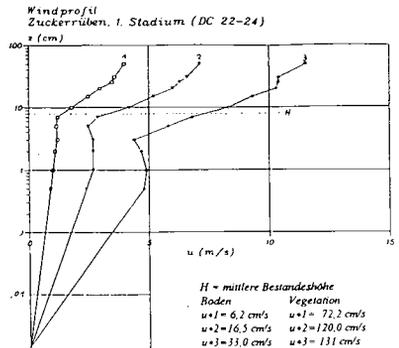
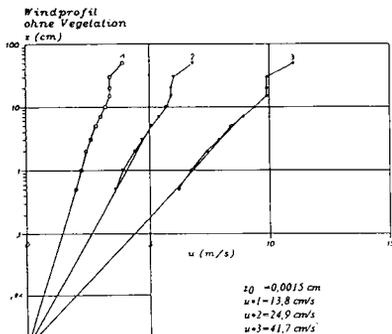


Abb.3.: Vergleich der Geschwindigkeitsprofile ohne und mit Vegetation im Windkanal

Parallel dazu laufende Messungen mit einer Schubspannungswaage erbrachten deutlich geringere Werte als nach der Gleichung von WRIGHT und BROWN erwartet wurden. Bei steigender Windgeschwindigkeit erfolgt ein sich in den Wind legen und Umbiegen der Pflanzen, was eine strömungsangepaßte Form zur Folge hat und somit die angeströmte Fläche als auch der c_w -Wert variable Werte darstellen.

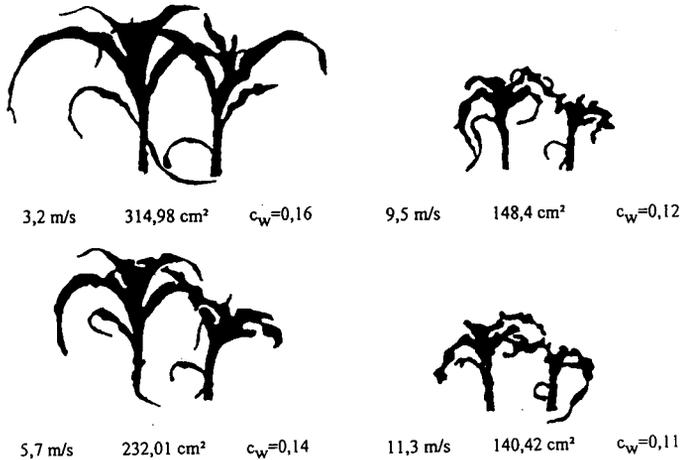


Abb.4: Einfluß unterschiedlicher Windgeschwindigkeiten auf die seitliche Blattfläche und den c_w -Wert von zwei Maispflanzen

4. Diskussion der Ergebnisse

Die Versuche belegen, daß sich eindeutige Abhängigkeiten zwischen der Minderung der Schubspannung und der Morphologie der Pflanzen ergeben. Damit kann ein Schubminderungsbeiwert durch Vegetation in physikalisch begründete Winderosionsmodelle integriert werden.

5. Literatur

- GOUDRIAAN, J. (1977): Crop micrometeorology: a simulation study. Pudoc, Wageningen.
- MORGAN, R.P. C. (1989): Design of in-field shelter systems for wind erosion control. Soil Technolgy Series ,1,15-23.
- MUSICK, H.B. & GILLETTE, D.A. (1990): Field evaluation of relationships between a vegetation structural parameter and sheltering against wind erosion. - Land Degradation & Rehabilitation, 2, 87-90.
- WRIGHT, J.L. & K.W. BROWN (1967): Comparison of momentum and energy balance methods of computing vertical transfer within a crop. - Agron. J., 59, 427-432.

Großlysimeteruntersuchungen zum vertikalen Schadstofftransport und Schadstoffaustrag in Boden-substrat aus Kraftwerksreststoffen

von

Gerold, G. und J. Grotheer

Problemstellung

Steigerungen des Wirkungsgrades und Emissionsminderungsmaßnahmen bei Kohlekraftwerken führten zu Veränderungen in Art und Menge der anfallenden Reststoffe. Zur Zeit werden pro Jahr rund 45 Mio. Tonnen Steinkohle in den Kraftwerken der alten Länder der Bundesrepublik verbrannt. Dabei fallen u. a. 6 Mio. Tonnen Reststoffe als Flugasche, Gips (Naß-REA) sowie SAV-Produkt (Trocken-REA) an.

Für diese Kraftwerksreststoffe besteht gemäß Abfallbeseitigungsgesetz und Bundesimmissionsschutzgesetz ein Verwertungsgebot. Dies veranlaßte die EVU Nordwürttembergs und Nordbadens über Alternativen zum herkömmlichen Entsorgungspfad Baustoffindustrie nachzudenken. Projekte, die sich bisher mit Kraftwerksreststoffen beschäftigten, beschritten meist den Weg der Deponierung. Entgegen dem Verwertungsgebot wurden verdichtete, wasserundurchlässige Substratkörper für die Endlagerung geschaffen.

Im Projekt "Bodensubstrat im Landschaftsbau" sollte der umgekehrte Weg gegangen werden. Ein porenreicher, wasserspeichernder Pflanzenstandort sollte aus den Reststoffen geschaffen werden. Hierzu wurden einerseits die schluffigen Ausgangsmaterialien Flugasche und Gips (im folgenden FA/G genannt) sowie andererseits Flugasche und der Reststoff aus dem Sprühabsorptionsverfahren (im folgenden SAV genannt) unter Zugabe von Zement (PZ 35) und Wasser pelletiert. Die Pellets sollten die Schadstoffauslaugbarkeit herabsätzen, Verdichtungen verhindern, die Wasser- und Luftversorgung der Pflanzen verbessern und den Oberflächenabfluß unterbinden.

Die Aufgabe des bodenkundlichen Teilprojektes war die Untersuchung der Umweltverträglichkeit von Kraftwerksreststoffen für deren Einsatz im rekultivierenden Landschaftsbau. Im Vordergrund standen folgende Ziele:

- Erarbeitung der optimalen Substratzusammensetzung bzgl. Mischungsverhältnis, Bindemittelzusatz, Korngrößenfraktionen, Schichtungen etc. im Hinblick auf Wasserspeicherfähigkeit, Schadstoffabgabe und Verbesserung der Pflanzenstandortverhältnisse
- Erfassung des Wasserumsatzes (Wasserhaushaltsbilanz)

*) Institut für Geographie, Abt. Landschaftsökologie
Goschmidtstraße 5, 37077 Göttingen

- Erfassung der Sickerwasserbelastung und der jeweiligen Frachtrate der Sickerwasserinhaltsstoffe
- Prognosen zum langfristigen Elutionsverhalten der Testsubstrate

Ergebnisse

Das Pelletieren der FA/G- und SAV-Substrate hat sich als günstig herausgestellt. Die Messungen ergaben für das FA/G-Gemisch sehr gute und für das SAV-Produkt durchschnittliche bodenphysikalische Kennwerte. Zwischen den Versuchsvarianten der Laboreluierungstests wurden bei den unterschiedlichen Pellet-Fraktionen signifikante Konzentrationsunterschiede gemessen, die aber bei den Feldversuchen (18 Lysimeter/3-jährige Beobachtungszeit) überlagert wurden.

Die Schwermetall-Gesamtkonzentration weist beim FA/G-Substrat besonders hohe Nickelwerte auf. Für das SAV-Produkt wären alle untersuchten Elemente außer Chrom und Cadmium als kritisch zu werten. Eine Abschätzung der Umweltverträglichkeit durch den Schwermetall-Gesamtgehalt ist jedoch nicht möglich. Die Gefährdungsabschätzung wird durch den Vergleich mit den Ergebnissen zum mobilen Spurenelementanteil fast in das Gegenteil verkehrt.

Die im Sickerwasser der Lysimeter in höherer Konzentration vorkommenden Schwermetalle decken sich im wesentlichen mit den ermittelten Elementen höheren Anteils der mobilen und nachlieferbaren Fraktion. Eine Gefährdungsprognose durch Ermittlung des mobilen Schwermetallanteils läßt sich demnach größenordnungsmäßig relativ sicher vornehmen.

Folgende Elemente sind im Sickerwasser als umweltgefährdend ange-reichert einzustufen:

- Chrom, Molybdän, Cadmium und (Sulfat) im FA/G-Sickerwasser
- Chrom, Molybdän, Thallium, Kupfer und Chlorid im SAV-Sickerwasser

Die bei weitem gefährdendste Grundwasserkontaminierung geht vom VI-wertigen Chrom aus. Chromatbelastet sind besonders die Sickerwässer und Bodenlösungen des FA/G-Substrates. Die durch den hohen SO₃-Gehalt verursachten reduzierenden Verhältnisse im SAV-Substrat bedingen wesentlich geringere Chromatkonzentrationen im SAV-Sickerwasser. Eigene Versuche die hohen Chromatkonzentrationen mittels Natriumdithionit zum wesentlich weniger mobilen III-wertigen Chrom zu reduzieren verliefen positiv. Ein mineralogischer Lösungsansatz über den Chromateinbau in Ettringite ist aufgrund des hohen konkurrierenden Sulfatangebotes als problematisch einzustufen.

Im Tiefenprofil sind nach dreijähriger Versuchsdauer in den oberen 30 cm ca. 20% des Chrom-Gesamtgehaltes (46 mg Cr/kg beim FA/G-Substrat bzw. 31 mg Cr/kg beim SAV-Substrat) verlagert bzw. ausgetragen worden. Die Chromatkonzentration in der Bodenlösung (bis zu

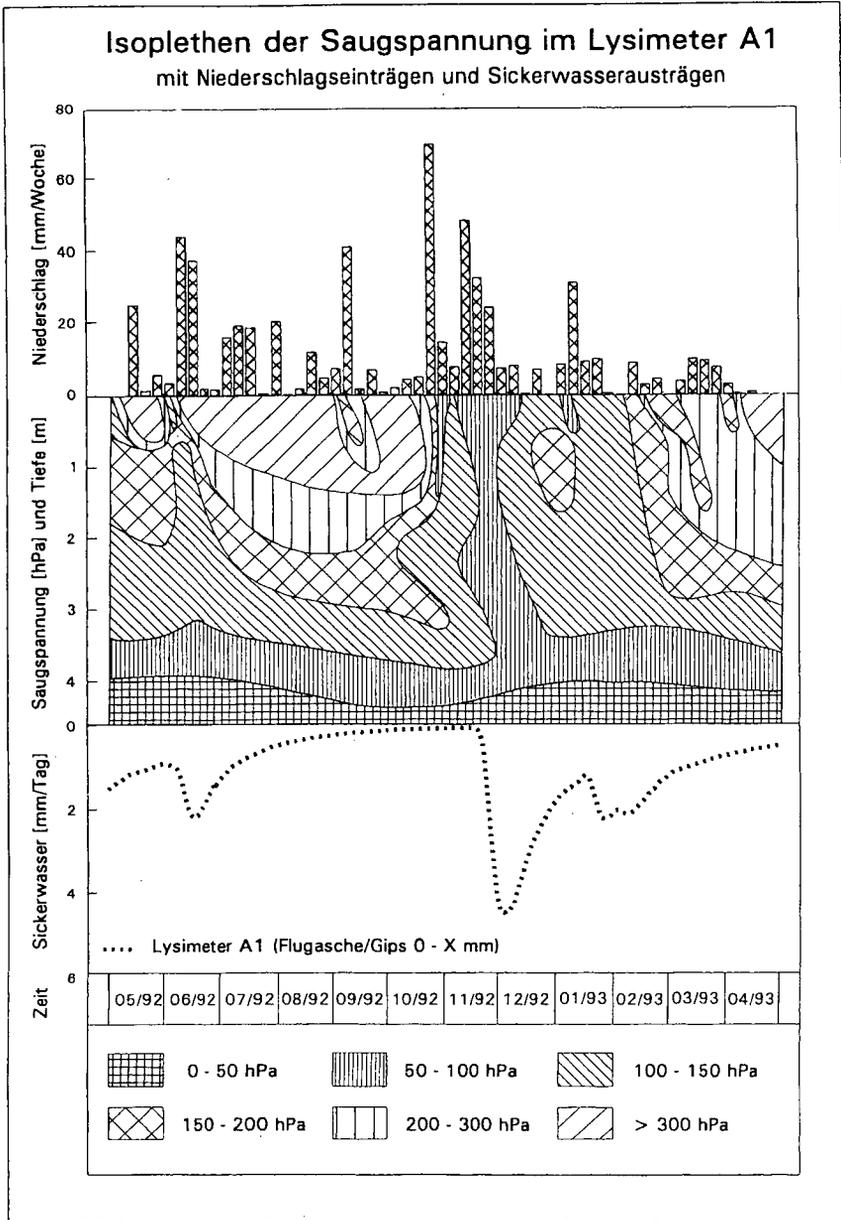


Abb. 1: Isoplethen gleicher Saugspannung im FA/G-Substrat unter Berücksichtigung des Niederschlags und des Sickerwasseranfalls von Mai 1992 bis zum April 1993 im Großlysimeter A1

15 mg CrO₄²⁻/l) nimmt fast linear von oben nach unten zu, erreicht jedoch selbst in 4 m Tiefe nicht ganz das maximale Konzentrationsniveau des Sickerwassers (20 mg CrO₄²⁻/l).

Chromat wird in den Pflanzen nur zum geringeren Teil in den Blättern akkumuliert. Die weitaus größere Anreicherung findet in den Wurzeln statt. Die Chromatkonzentration in den Blättern liegt mit 10 - 30 mg CrO₄²⁻/kg TS etwa 10 bis 20 mal und die Chromatkonzentration in den Wurzeln mit 200 - 500 mg CrO₄²⁻/kg TS etwa 50 bis 100 mal über den unbelasteten Vergleichspflanzen (vergl. Marschner u. Dinkelaker, 1993).

Schon in der kurzen Testphase, in der die Versuchsbäume und -sträucher noch schwach entwickelt waren, wurde eine niedrige Sickerwasserabgabe (siehe Abb. 1) durch die ausgeprägte Wasserspeicherfähigkeit und den hohen Verdunstungsaustrag erzielt. Eine Minimierung der Chromatfracht durch die stetige langsame Zunahme der wasserzehrenden Biomasse verliert jedoch aufgrund der extrem hohen Chromatkonzentration im Sickerwasser an Bedeutung. Außerdem zeigte sich, daß die im Jahresverlauf zunächst bis auf 3 mg CrO₄²⁻/l sinkende Chromatkonzentration, im Gegensatz zu dem allgemeinen Stoffverhalten, gemeinsam mit der zunehmenden Sickerwasserrate zum Jahresanfang wieder ansteigt (siehe Abb. 2).

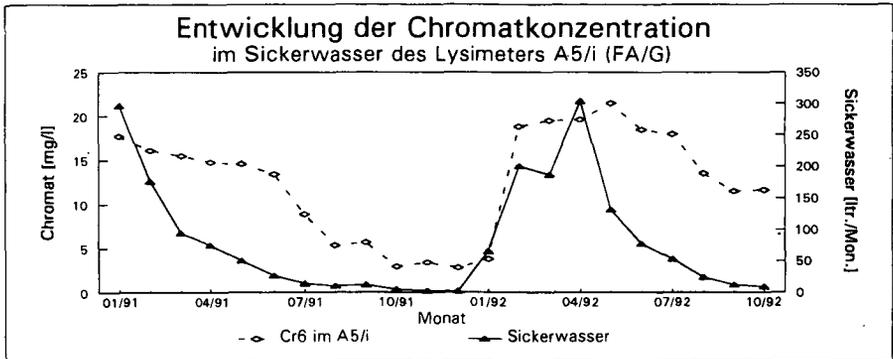


Abb. 2: Entwicklung der Chromatkonzentration in Abhängigkeit zum Sickerwasseraufkommen

Der Stoffaustrag bei den meisten anderen Schwermetallen fällt im Gegensatz zu der leicht löslichen Chromat- und Molybdatkonzentration sehr niedrig (z. B. Blei und Nickel) aus. Es ist jedoch zu beachten, daß die Gesamtfracht bei einigen Elementen lediglich über einen längeren Zeitraum gestreckt wird.

Der eingeschlagene Weg zur Diversifizierung des Entsorgungspfades durch Einsatz von Kraftwerksreststoffen als Bodensubstrat im Landschaftsbau kann aufgrund der gewonnenen Meßdaten so nicht weiter beschränkt werden.

Bestimmungsfaktoren für die Pflanzenschutzmittelkonzentration in Oberflächenabfluß und Bodenabtrag

von

Haider, J.

Einleitung

In der Literatur gibt es zahlreiche Meßwerte für Pflanzenschutzmittel(PSM)-Konzentrationen im Sediment bzw. Abflußwasser von natürlichen oder simulierten Starkregenereignissen. Für denselben Wirkstoff schwanken die angegebenen Konzentrationen z. T. um mehrere Zehnerpotenzen. Ein Vergleich der Werte von verschiedenen Versuchsanstestern, Standorten, Regenintensitäten, u.s.w., ist schwierig.

Deshalb sollen einige wichtige Faktoren aufgezeigt werden, die diese Unterschiede bedingen, die man daher berücksichtigen sollte, wenn man Konzentrationen miteinander vergleicht. Zu diesem Zweck werden Ergebnisse von Feldversuchen auf Kleinparzellen mit simuliertem Regen vorgestellt.

Methodik

Drei Herbizidwirkstoffe (**Tab. 1**) mit unterschiedlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften wurden als Gemisch auf Feldparzellen (4,6 * 1.5 m; Bearbeitung in Gefällrichtung; z. T. unbewachsen, z. T. mit Gerste ab 3-Blatt-Stadium) aufgebracht. Der Versuchsstandort, sowie der Ablauf der Regensimulationen und der Probenahme wurden bereits beschrieben (HAIDER, 1991). Auf eine 60-minütige Beregnung ("Trockenlauf") folgte eine 15-minütige Pause, an die sich ein zweiter Beregnungslauf (30 Minuten, "Naßlauf") anschloß. Sediment und Abflußwasser wurden sofort nach Beregnungsende durch Filtration getrennt und eingefroren. Die Herbizidanalyse erfolgte mittels RP-HPLC.

*) Lehrstuhl für Bodenkunde der TU München, 85350 Freising-Weihenstephan

Tab. 1. Verwendete Wirkstoffe.

Wirkstoff	Wasserlöslichkeit [mg/L]	$k_{oc}^{1)}$ [L/kg]	Aufwandmenge ²⁾ [mg/m ²]
Dichlorprop-P	700	80	120
Isoproturon	65	158	117
Bifenox	0,36	5000	

¹⁾ Für den Boden des Versuchsstandortes

²⁾ angestrebte Aufwandmenge

Ergebnisse und Diskussion

Die Herbizidkonzentrationen in Sediment und Abflußwasser nahmen während der 90-minütigen Beregnungen stark ab (Abb. 1).

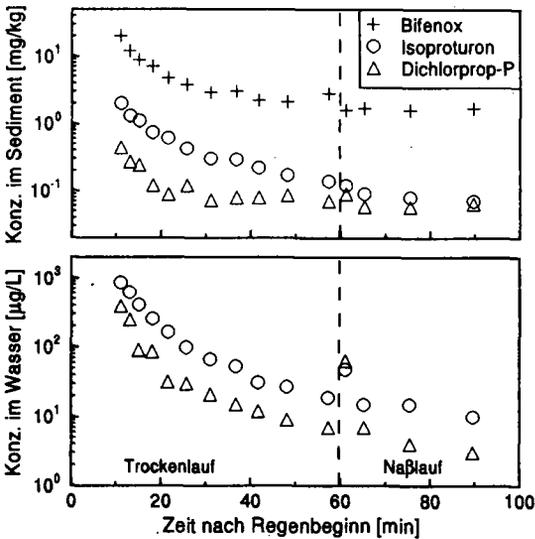


Abb. 1.

Typischer Verlauf der PSM-Konzentration in Sediment und Abflußwasser während der Beregnung (Gerste, Beregnung 2 h nach Applikation, Regenintensität 73 mm/h).

Im Sediment waren die Herbizidkonzentrationen um so höher, je höher der k_{oc} -Wert des betreffenden Wirkstoffes war. Im Abflußwasser fand sich das stark am

Boden gebundene Bifenox nur in einigen Fällen in geringen Konzentrationen. Die am wenigsten gebundene Substanz, Dichlorprop-P, trat meist in geringeren Konzentrationen im Abflußwasser auf als Isoproturon, da das Dichlorprop-P sehr schnell vertikal in den Boden eingewaschen wurde und daher nicht mehr für den lateralen Austrag zur Verfügung stand.

Berechnungen mit unterschiedlichen Regenintensitäten (50 bis 99 mm/h) zeigten, daß bei gleicher Abtragssumme für alle 3 Regenintensitäten für einzelne Abflußliter gleiche Bifenoxkonzentrationen im Sediment auftraten (Abb. 2). Dies liegt daran, daß der Bifenoxaustrag fast ausschließlich sedimentgebunden erfolgt. Bei gleicher Abtragssumme ist daher die Parzellenoberfläche in gleichem Maße an Bifenox verarmt. Betrachtet man die Gesamtmenge des abgetragenen Sediments, so nahmen die mittleren Bifenoxkonzentrationen mit zunehmender Regenintensität ab.

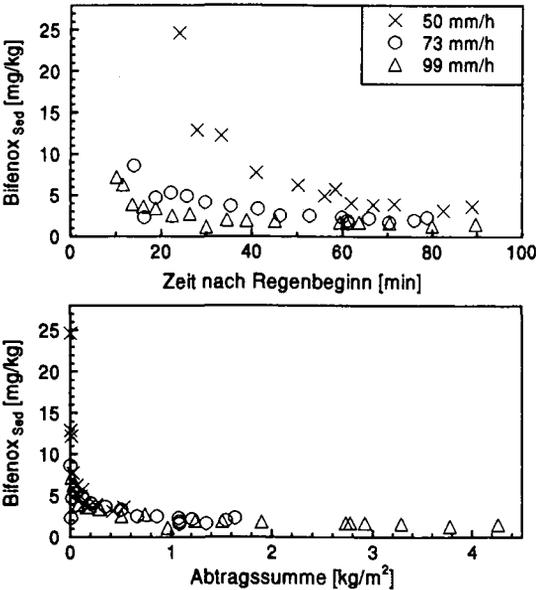


Abb. 2.

Bifenoxkonzentration im Sediment in Abhängigkeit von der Zeit nach Regenbeginn (oben) bzw. Abtragssumme (unten). (Gerste, Beregnung 1d nach der Herbizidapplikation).

Bei dem vergleichsweise schwach am Sediment gebunden Isoproturon spielte es dagegen kaum eine Rolle für die Wirkstoffkonzentration im Sediment, wieviel

Boden bereits abgetragen war (Abb. 3, oben). Da die Verarmung der Parzellenoberfläche an Isoproturon v. a. in gelöster Form erfolgt, ist der Gesamtwasserfluß (ausgedrückt als Niederschlagssumme) ein wichtiger Parameter, der die Höhe der Wirkstoffkonzentration im Sediment (Abb. 3, unten) als auch im Abflußwasser bestimmt.

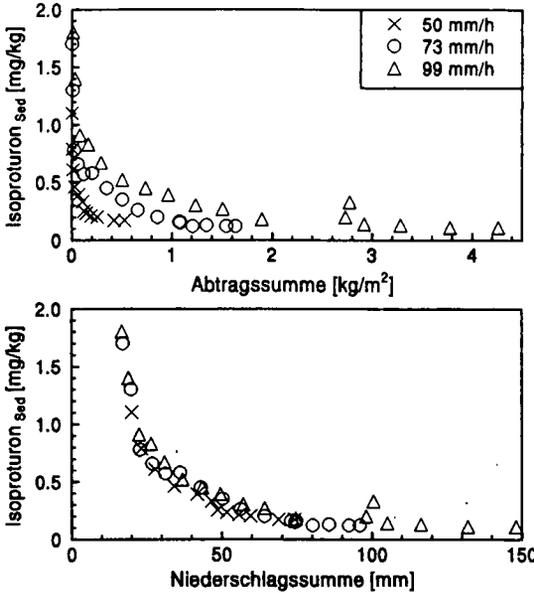


Abb. 3.

Isoproturonkonzentration im Sediment in Abhängigkeit von der Abtragssumme (oben) bzw. Niederschlagssumme (unten). (Gerste, Beregnung 1d nach Herbizidapplikation).

Mit zunehmender Regenintensität trat früher Oberflächenabfluß auf, was im Gesamtabfluß zu steigenden mittleren Isoproturonkonzentrationen führte. Bei wenig sorbierten Substanzen ist der Zeitpunkt des Abflußbeginns ein wesentlicher Einflußfaktor für die Höhe der Wirkstoffkonzentration in Sediment und Abflußwasser.

Literatur

HAIDER, J. (1991). Pestizide in Oberflächenabfluß und Bodenabtrag. Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Ges. 66: 951-954.

Beitrag des Wasserhaushaltes von Hydropedotopen zur Bewertung und Optimierung des N-Haushaltes von Agrarökotopen

von

Hasselbauer, R., F. Antony und B. Meyer

1 Einleitung und Zielsetzung

Der vorliegende Artikel beschreibt in Kap. 2 Methodik und Ergebnisse der Erfassung der Flächendifferenzierung des Wasserhaushaltes im Projektgebiet WSG Hameln-Süd. Ziel des Projektes ist es, aufgrund der N-Belastung des Sickerwassers standortdifferenziert Prioritäten der Nitrat-Sanierung festzustellen. Die hierfür notwendige Verknüpfung der aus dem Wasserhaushalt berechneten Solut-Austragsgefahr (Kap. 3) mit dem jeweiligen N-Ballast der landwirtschaftlichen Flächen wird in Kap. 4 vorgestellt. ANTONY et al. (1993, im vorliegenden Band veröffentlicht) liefern die dazu benötigten Einzelschlag-Salden aus der Flächenbilanz des WSG.

2 Wasserhaushalt

2.1 Mosaik der Hydropedotope und Parameter des Solutaustrages

Die Differenzierung der standortabhängigen Solut-Austragsgefahr ergibt sich aus der Einteilung des WSG in größtmögliche Areale einheitlicher geologisch-körnungsartlicher Schichtung, die im folgenden als "Hydropedotope" bezeichnet werden. Die Parameter des Solutaustrages Feldkapazität (FK) und nutzbare Feldkapazität (nFK) der nach geologischer Schichtung unterschiedenen Bodenarten, sowie die effektive Durchwurzelungstiefe (We) der Substrate werden im Gelände gemessen (HASSELBAUER et al., 1992).

Die schichtgetreue Übertragung dieser regional erhobenen Meßergebnisse auf jedes der 70 ausgewiesenen Hydropedotope der LF des WSG ermöglicht die Ableitung der Standortparameter FKWe und nFKWe für jedes Hydropedotop.

2.2 Spektrum (Streubreite) von nFKWe und FKWe der Hydropedotope

Als Maß der Solutaustragsgefahr wird der Austragsfaktor (AF), d.h. das Verhältnis von Sickerwasser-Rate zu FKWe für jedes Hydropedotop herangezogen. Die SW-Rate ist, außer von der angebauten Fruchtart und dem Witterungsverlauf, abhängig von der nFKWe eines Hydropedotops (s. Kap. 2.3). Aus diesem Grund wird die nFKWe zur Klassierung der Hydropedotope gewählt.

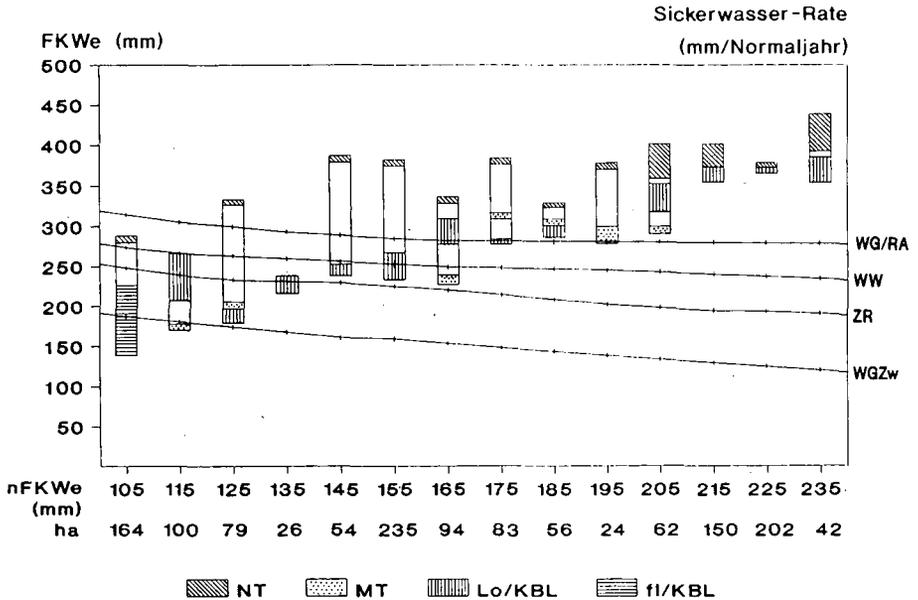
In **Abb. 1** sind nFKWe und FKWe sowie die Sickerwasserraten in Abhängigkeit von der nFKWe als Einflußgrößen der Solut-Austragsgefahr dargestellt. Auf der x-Achse ist die Spanne der nFKWe-Werte aller Hydropedotope in 10 mm-Klassen abgetragen. In jeder nFKWe-Klasse sind 4 bis 15 Hydropedotope zusammengefaßt, wobei die Flächensumme der Hydropedotope einer nFKWe-Klasse in ha angegeben ist.

An der y1-Achse ist das Spektrum der FKWe jeder nFKWe-Klasse abzulesen. Aufgrund der Unterschiede in der Körnungsarten-Zusammensetzung, der Trockendichten und der We differieren die FKWe-Werte der Hydropedotope innerhalb einer nFKWe-Klasse um bis zu 150 mm.

In dieser nFK-FK-Charakteristik sind die Hydropedotope einer Klasse den vier Landschaftsräumen des WSG durch Flächensignaturen zugeordnet: Es zeigt sich, daß die Hydropedotope der Niederterrasse (NT) in allen nFKWe-Klassen aufgrund der tonigeren Sedimente eine höhere FKWe aufweisen als die Hydropedotope der Mittelterrasse (MT) und des lößbedeckten Keuperberglandes (Lo/KBL). Die Fließerde-Auflagen des Keuperberglandes (fl/KBL) haben bei geringster nFKWe-Klasse auch die niedrigsten FKWe-Werte.

Fazit: Die dargestellten Funktionen zwischen FK, nFK und den in Kap. 2.3 erläuterten Sickerwasser-Jahresraten (SWR) ermöglichen die Erstellung eines Flächenmosaiks der SWR und damit der Solut-Austragsgefahr der Hydropedotope. Außerdem ist auf der Ebene des Hydropedotop-Spektrums innerhalb eines WSG der Vergleich

Abb. 1: Spektren der FKWe der Hydropedotope sowie die Jahres-Sickerwasser-Raten der wichtigsten Kulturarten für das klimatische Normaljahr als Funktion der nFKWe-Klassen



2.3 Berechnung der SW-Raten (SWR)

Zur Ermittlung der durchschnittlichen, maximalen und minimalen SW-Mengen der Hydropedotope werden aus den vieljährig über den DWD zur Verfügung gestellten Tageswerten von Niederschlag und ETP ein klimatisches "Normaljahr", sowie Trocken- und Feuchtjahre konstruiert.

Um den Witterungsverlauf von Extremjahren zu simulieren, wird das ab April mit Beginn der Transpiration berechnete klimatische Jahr in zwei dreimonatige Sommerabschnitte und ein Winter-Halbjahr eingeteilt. Auf diese Weise sind niederschlagsarme und -reiche Jahresabschnitte unter Variation der ETP in einer Vielzahl von Kombinationen miteinander verknüpfbar.

Zur Berechnung der SWR wird ein von GÄTH (1991) erstelltes Rechenprogramm zum Wasserhaushalt für grundwasserferne Standorte verwendet, das auf der Korrektur der Haude-Verdunstung durch die Sponagel-Faktoren für die Kulturarten basiert. Die unter den Witterungsbedingungen des klimatischen Normaljahres anfallenden SW-Mengen für jede nFKWe-Klasse und für die wichtigsten Kulturarten sind auf der y2-Achse der Abb. 1 abgetragen, wobei die numerischen Werte der y1-Achse gelten. Ursache der Verringerung des Sickerwasseranfalls mit zunehmender nFKWe ist die geringere Wasserleitfähigkeit bei höheren Tensionen des Bodenwassers. Bei gleichen ET-Raten werden diese bei geringer nFKWe früher erreicht und führen zu schwächerer Ausschöpfung und schnellerer Wiederauffüllung der nFKWe und dadurch zu einem früheren SW-Anfall als bei hoher nFKWe.

Die Zunahme der SW-Raten von Wl.-Gerste mit Zwischenfrucht über Zu.-Rüben und Wl.-Weizen bis Wl.-Gerste erklärt sich aus der in dieser Reihenfolge abnehmenden Ausschöpfung und damit früheren Wiederauffüllung der nFKWe. Zahlreiche Messungen des Zeitgangs der Bodenwasser-Ausschöpfung unter Wl.-Raps belegen, daß die anfallende SW-Menge der von WG annähernd entspricht.

Fazit: Die Unterschiede in der SW-Produktion zwischen Hydropedotopen mit minimaler und maximaler nFKWe sind von der Klimavariante und der Kulturart abhängig und können bis zu 100 mm/a betragen.

3 Standortabhängigkeit der Solut-Austragsgefahr

In der Gesamtbetrachtung ist aus **Abb. 1** die regionale Differenzierung des als Austragsfaktor bezeichneten Quotienten SW/FKWe aller Hydropedotopen abzulesen: Unter Annahme des rein konvektiven Lösungstransports wird die innerhalb der We speicherbare Solutmenge vollständig ausgetauscht, wenn innerhalb einer nFKWe-Klasse die SW-Menge die FKWe eines Hydropedotops übersteigt.

Zu erkennen ist, daß bei dem für das WSG Hameln im langjährigen Durchschnitt geltenden Witterungsverlauf die NT-Standorte selbst bei Anbau von Kulturarten mit höchstem SW-Anfall keinen AF größer als 1 aufweisen. Die Sand- und Lößstandorte der MT und des lößbedeckten Keuperberglandes sind im Normaljahr von der nFKWe-Klasse 165 mm abwärts durchweg austragsgefährdet ($AF > 1$), und zwar mit abnehmender nFKWe auch durch Kulturarten mit geringerer SW-Spende. Die We der Keuper-Fließerden wird im Normaljahr auch unter Fruchtarten mit geringster SW-Rate vollständig durchwaschen.

4 Verknüpfung der standortbedingten Solut-Austragsgefahr mit dem nutzungsbedingten N-Ballast

Bei der Berechnung der AF von Einzelflächen werden innerhalb der einzelnen Hydropedotope die angebauten Fruchtarten, die - wie oben dargestellt - eine Einflußgröße für die SWR darstellen, unterschieden. Die Ergebnisse des folgenden Abschnitts zur Verknüpfung von Wasserhaushalt und N-Ballast beziehen sich daher auf sog. Agrar-Ökotope. Diese Flächenelemente sind das Ergebnis eines Verschnitts der Hydropedotope mit dem Mosaik der Einzelschläge und erlauben die größtmögliche Differenzierung des N-Austrages in einem Gebiet.

4.1 Potentieller N-Austrag und potentielle NO₃-Konzentration des SW

Als potentielle N-Austrags-Jahresrate (NARpot) in kg/ha-Jahr eines Agrar-Ökotops wird der Anteil des N-Saldos bezeichnet, der - bei Annahme einer gleichmäßigen Tiefenverteilung - in Abhängigkeit vom Wasserhaushalt über die We hinaus verlagert wird (Gewichtung des N-Ballastes über den Austragsfaktor). Unter der Annahme der Freisetzung des gesamten N-Ballastes im Form von NO₃ läßt sich daraus die pot. NO₃-Konzentration des Sickerwassers errechnen.

Die anhand der pot. N-Austräge festzusetzende standortdifferenzierte Sanierungspriorität wird am Beispiel von sechs Agrar-Ökotypen erläutert (**Tab. 1**).

Tab. 1: Potentielle N-Austrags-Jahresraten (kg/ha-Jahr), sowie die sich daraus ergebenden NO₃-Konzentrationen im Sickerwasser (mg/l) für die Kulturart WW eines Marktfruchtbetriebes im Jahr 1989

KULT	SALDO	SWR	AF	pot. N-Austrag	pot. NO ₃ -Konz. SW	Landsch. raum	nFKWe
WW 1	35	209	0,5	19	40	NT	225
WW 2	20	218	0,5	11	22	NT	215
WW 3	35	218	0,6	21	43	NT	215
WW 4	40	218	0,6	23	47	NT	215
WW 5	73	274	1,2	73	118	MT	165
WW 6	94	259	1,1	94	161	LoBGL	155

Während die NARpot der Agrarökotope der Niederterrasse (nFKWe 215 bzw. 225 mm) auf einem niedrigen Niveau liegen, ist die NARpot der Mittelterrasse sowie der flachgründigen Löss- im Bergland, die eine geringere nFKWe aufweisen, deutlich höher. Hier werden die aus der Bilanz ersichtlichen höheren N-Salden potentiell vollständig verlagert, da die AF über 1 liegen.

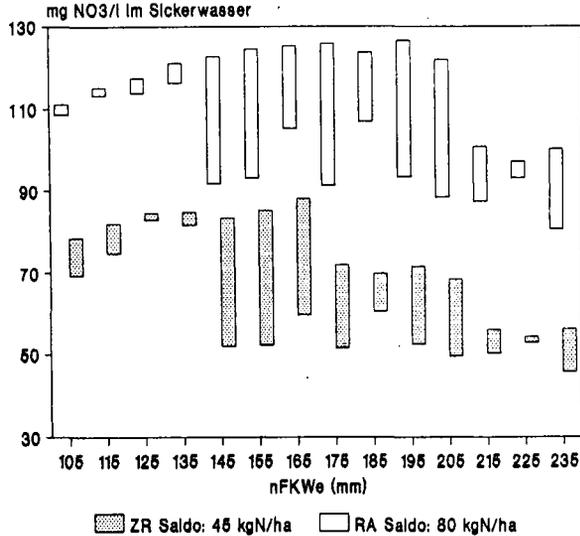
Fazit: Für die Agrar-Ökotope der MT und des LoBGL muß die Sanierungsberatung auf eine Senkung des Saldos durch Anpassung des Düngeraufwandes an das standortbedingt geringere Ertragsniveau abzielen.

4.2 Reaktion der NO₃-Konzentration im SW auf die Steuerung des N-Haushaltes

Als Ausblick soll für alle Hydropedotope gezeigt werden, auf welches Maß die pot. NO₃-Konzentration im SW durch gezielte Beratung aufgrund der Bilanzdaten

reduziert werden kann. Es wird davon ausgegangen, daß die von ausgewählten Beispielbetrieben bei standortangepaßt hohem Ertragsniveau erzielten minimalen N-Überschüsse von allen Betrieben des WSG erreichbar sind. Während für ZR, WW und WG Richtsalden von 45 kgN/ha vorgegeben werden, sind bei RA selbst bei mittlerem Düngungs niveau aufgrund der fruchtartentypisch geringen N-Abfuhr kaum Salden unter 80 kgN/ha erzielbar. In Abb. 2 sind die Schwankungsbreiten der pot. NO₃-Konzentrationen im SW der Hydropedotope ebenfalls nach nFKWe-Klassen klassiert.

Abb. 2: Spektrum der pot. NO₃-Konzentrationen des SW im klimatischen Normaljahr bei Vorgabe von N-Überschüssen, die mit standortangepasster Düngung erreichbar sind



Es zeigt sich, daß die mit abnehmender Sickerwasserrate erwartete Zunahme der NO₃-Konz. bei ZR nur bis 165 mm nFKWe und bei RA bis 195 mm nFKWe stattfindet. Schon ab 145 mm und deutlicher ab 175 mm (ZR) bzw. 215 mm (RA) enthalten die nFK-Klassen Hydropedotope, deren FKWe die SW-Menge übersteigt. Auf diesen Standorten wird die sinkende SW-Menge durch die geringeren Werte für NARpot überkompensiert, so daß die NO₃-Konzentrationen im SW sinken. Da im Durchschnitt der Jahre ca. 65 % des ZR-Anbaus auf Agrar-Ökotope mit nFKWe > 175 mm stattfindet und stark denitrifizierende NT-Standorte davon ein großer Anteil darstellen, ist der vorgegebene Ziel-Saldo in der Sanierungsberatung als "trinkwasserschonend" zu bewerten. Bei Raps dagegen, der zu über 65 % auf Standorten mit <175 mm nFKWe angebaut wird, muß standortdifferenziert eine stärkere Reduzierung der Düngung oder in Teilgebieten sogar ein Anbauverbot erwogen werden.

5 Zusammenfassung

- * Die hier vorgestellte Sanierungsgrundlage erfordert zunächst eine intensive Anlaufphase durch eine rückschauend mehrjährige Bilanzerhebung und flächendeckende Substratkartierung.
- * Die Verknüpfung des Wasserhaushaltes auf Ebene der Hydropedotope mit dem N-Ballast der Einzelschläge erlaubt die Differenzierung der pot. N-Austrags-Jahresraten von Agrar-Ökotope.
- * Dies ermöglicht die Steuerung und Kontrolle der N-Überschüsse durch Düngungsrichtlinien, die sich an standortangepaßten Richtsalden orientieren.

GÄTH S. (1991): Modell zum Wasserhaushalt für grundwasserferne Standorte
 HASSELBAUER R., F. ANTONY UND B. MEYER (1992): Geohydrologische Struktur, Mosaik und Parameter der Hydropedotope als Kalkulationsgrundlage des Solutausstrages am Beispiel des WSG Hameln-Süd. - Mitteilgn. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 68, 63-66

**Bodeninformationssysteme zur flächenhaften
Quantifizierung und Modellierung der Bodenverwehung
in Norddeutschland - Konzepte und Perspektiven**

von

Hassenpflug, W.

Einleitung

Das Ausmaß der Bodenverwehung (Bodenerosion durch Wind) in Norddeutschland wird im Vergleich mit dem der Bodenerosion durch Wasser gewöhnlich unterschätzt. Die Schadenskartierung für die Schleswiger Geest (vgl. Beitrag Kopp/Hassenpflug in diesem Band) belegt ihr beträchtliches Ausmaß. In den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg fand die Bodenverwehung insoweit Beachtung, als sie den landwirtschaftlichen Ertrag zu beeinträchtigen drohte. Gegenwärtig wird die Bodenverwehung stärker im Hinblick auf die dadurch verursachte Schädigung von Boden und Umwelt gesehen. Gesetzliche Regelungen des Bodenschutzes erfordern dabei präzise Kenntnisse des Prozesses, der steuernden Faktoren sowie der betroffenen oder gefährdeten Flächen. Nur durch eine Quantifizierung der Bodenverwehung können gesicherte Grenzwerte tolerierbarer Erosion für das in Bearbeitung befindliche Bodenschutzgesetz gefunden und begründet werden.

Das vom BMFT geförderte Verbundvorhaben "Quantifizierung der Bodenerosion durch Wind" liefert dazu einen umfassenden Beitrag.

Es ist organisatorisch folgendermaßen gegliedert:

Abb. 1:

Teilvorhaben des BMFT-Verbundvorhabens "Quantifizierung der Bodenerosion durch Wind" :

- Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
Institut für Bodentechnologie, Bremen
(zugleich Koordinator), seit 1986
- Agrarmeteorologische Beratungs- und Forschungsstelle des
Deutschen Wetterdienstes in Quickborn,
seit 1986
- Institut für Geographie, PH Kiel
Zentrum für Fernerkundung und Geoinformatik,
seit 1990
- Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg,
seit 1990

*) Institut für Geographie, Päd. Hochschule Kiel
Olshausenstr. 75, 24118 Kiel

In Abb. 2 wird das methodische und inhaltliche Zusammenwirken der einzelnen Teilvorhaben umrissen. Die Quantifizierung der Boden-erosion durch Wind ist ein Vorhaben, das zunächst einmal auf die physikalisch begründete numerische Beschreibung des Erosionsprozesses zielt und damit die Zusammenhänge zwischen Parametern der steuernden Faktorengruppen und dem Prozeß mit einbezieht. Quantifizierung hat aber stets auch einen Flächenbezug, denn die Prozesse laufen ja in einem Landschaftsraum mit bestimmter erosionsbestimmender Ausstattung ab. Der zu untersuchende Raum läßt sich in einem Geo-Informationssystem abbilden und analysieren. Dazu wurde im Rahmen des Teilvorhabens Kiel das verwehungsbezogenen Bodeninformationssystems BERDWIN (BodenERosion Durch WIND) geschaffen.

Dies Bodeninformationssystem bezieht sich im laufenden Projektabschnitt nur auf das Modellareal Cloppenburg, das sechs Blätter der DGK5 umfaßt und in einem neben der Schleswiger Geest am stärksten verwehungsgefährdeten Naturraum liegt (Richter 1965). Innerhalb dieses Areals war ein ständig freigehaltenes Versuchsfeld von ca. 3 ha Größe ausgewählt worden, auf dem die Meßpunkte zur Erfassung des Sedimenttransportes und der agrarmeteorologischen Parameter errichtet worden waren und das in einem 10 m-Raster bodenkundlich kartiert worden ist.

Es ist geplant, entsprechende Informationssysteme auch für weitere und später auch größere Areale zu schaffen. Noch im laufenden Vorhaben wurde damit begonnen, die Versuchsflächen des Teilvorhabens Müncheberg (Gemarkung Gottesgabe am westlichen Rande des Oderbruchs) in gleicher Weise zu erfassen.

Aus Abb. 2 wird deutlich, daß zur fundierten Arbeit mit BERDWIN Resultate der Modellierung in das Bodeninformationssystem einfließen müssen. Das numerisches Winderosionsmodell, das im Teilvorhaben Quickborn entwickelt wird (vgl. Beitrag Kruse in diesem Heft) und durch die empirischen Meßwerte zum Sedimenttransport sowie zu den Faktorengruppen "Wind und Wetter", Boden, Vegetation und Rauigkeit (vgl. Beiträge Schäfer, Düwel, Frielinghaus und Funk in diesem Heft) an die Gegebenheiten Norddeutschlands angepaßt wird, ist die entscheidende und neuartige Grundlage für Simulationen in BERDWIN.

Die Übertragung von Punkten (Meßpunkten bzw. Rasterpunkten des numerischen Modells) in die Fläche erfolgt dabei über die Zwischenstufe des Transsektes. Ein Transsekt (vorzugsweise in Richtung der Verwehung angeordnet) ist einerseits als Abfolge von Punkten zu verstehen und damit mit der Modellstruktur verbunden, andererseits kann im BERDWIN durch eine parallele und beliebig dichte Abfolge solcher Transsekte die Beschreibung einer Fläche erzeugt werden. So können etwa erosive Feldlängen detailliert gewonnen und in "Verschneidung" mit anderen Flächeninformationen wie der Bodenart bearbeitet werden (vgl. dazu den Beitrag K. Schmidt in diesem Heft).

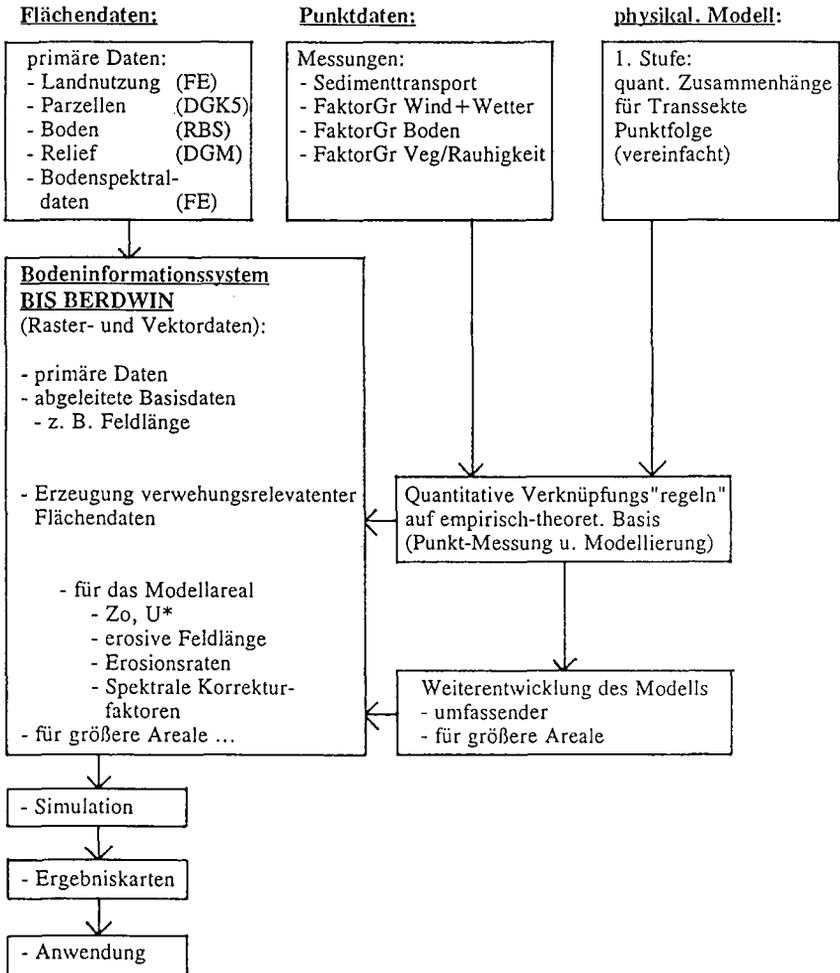
Es ist damit zu rechnen, daß die quantitativen Verknüpfungsregeln des Winderosionsmodells zwischen den steuernden Parametern und der tatsächlich auftretenden Erosionsrate zum Abschluß der derzeitigen Projektphase Ende 1994 bekannt sein werden; sie stellen ja explizite Projektziele dar. Auf ihrer Grundlage können dann im Rahmen von BERDWIN verwehungsrelevante Daten flächenhaft beschrieben werden.

Abb. 2 Schema der Quantifizierung der Winderosion in Norddeutschland

Ziel: Quantifizierung
- punkthaft
- linienhaft
- flächenhaft
- Ausmaß
- Faktoren

Gegenstand: Winderosion

Untersuchungsraum: Norddeutschland
- Modellareal
- Versuchsfeld
- Meßpunkte



Die Modellierung hat sich angesichts der komplexen Realität der Bodenverwehung als schwieriger denn erwartet erwiesen. Der Suspensionstransport mußte zunächst ausgeklammert werden, das Modell beschreibt derzeit nur den Sandtransport entlang von Transsekten bis etwa 1000 m Länge. Die Schwierigkeiten bei der Formulierung der Verknüpfungs"regeln" des Modells sind beträchtlich. Die räumliche Variabilität in der Ausprägung der verwehungssteuernden Parameter und im tatsächlichen Ablauf der Verwehung ist groß und nur schwer zu fassen. Beispielsweise konnten die größeren Verwehungsereignisse des Sommer 1991 auf dem Versuchsfeld zwar durch das einmalig dichte Meßnetz erfaßt, aber noch nicht sicher auf die räumliche Variabilität der Faktoren zurückgeführt werden.

Deshalb wird es notwendig sein, die Modellierung einerseits und die empirisch gestützten Flächenaussagen zur Bodenverwehung andererseits zunächst zu entkoppeln. Solange Inputs aus dem Modell in das Bodeninformationssystem noch nicht vorliegen, kann mit vorhandenen "weichen" Daten wie Schätz- und Erfahrungswerten gearbeitet werden. Flächenaussagen werden damit zunächst rein auf der Basis empirischer Werte getroffen. Wenn das Modell weiter entwickelt ist, können seine Resultate die empirischen Werte als Eingangsgrößen für BERDWIN ersetzen.

In jedem Fall können mit den vorhandenen Flächendaten unterschiedliche Faktorenkonstellationen und deren Auswirkungen auf die Intensität des Sedimenttransports simuliert werden. Beispiele sind Änderungen im Parzellengefüge (Feldlänge) und/oder in der Bodennutzung. Damit sind Überprüfungen von Flurbereinigungsverfahren und deren Optimierung im Hinblick auf Erosionsminimierung möglich. Gerade für die neuen Bundesländer mit ihrer Großflächenlandwirtschaft ist dies ein wichtiger Anwendungsfall.

Die Erzeugung und Anwendung von verwehungsbezogenen Bodeninformationssystemen für größere Areale ist für ein anschließendes Forschungsvorhaben geplant. Dazu bedarf es der Weiterentwicklung auch der numerischen Modellierung.

Literatur

Richter, G.: Bodenerosion, Schäden und gefährdete Gebiete in der Bundesrepublik Deutschland. 2 Bde. Forschungen zur deutschen Landeskunde Bd. 152, Bad Godesberg 1965

Hassenpflug, W.: Winderosion (Kap. 2.42), Schutz vor Winderosion (Kap. 3.72). In: Hb. des Bodenschutzes, Hrsg. H.-P. Blume, Landsberg (ecomed-Verlag) 2. Aufl. 1992

Literatur zum Beitrag Kopp/Hassenpflug

Hassenpflug, W. und Richter, G.: Formen und Wirkungen der Bodenerosion im Luftbild. Landeskundl. Luftbilddauswertung im mitteleuropäischen Raum Bd. 10, Bad Godesberg (Selbstverlag der BfLR) 1972

Hassenpflug, W.: Die Flächen- und Mengenbilanz eines Sandsturmes auf der Schleswiger Geest - eine Abschätzung aus Luftbildern. In: Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 30 (1981), 335-340

**Die Schadens/Faktorenkartierung 1:5000 für die
Schleswiger Geest und ihre Bedeutung im Boden-
informationssystem**

von

Hassenpflug, W. und G. Kopp

Problemansatz ist die permanente äolische Schadenswirkung im landwirtschaftlichen Bereich Nord-Schleswig-Holsteins. Die qualitativen und quantitativen Erfassungen der Verwehungsereignisse haben eine Etalonvorgabe für ähnlich gelagerte Fälle zum Ziel.

Methodisch bilden Luftbildinterpretation, Schadens/Faktorenkartierung und PC-EDV die entsprechende Vorgehensweise. Eingebunden ist diese Thematik in einem BMFT-Verbundforschungsprojekt "Quantifizierung der Bodenerosion durch Wind" (Bremen, Quickborn, Kiel) und ist am Institut für Geographie und ihre Didaktik der Pädagogischen Hochschule Kiel in den Jahren 1990-1993 erarbeitet worden. Luftbildserien, Kartierungsatlanten und Datenbanken liegen in aufbereiteter Form vor.

Das 150 km² große Bearbeitungsgebiet in der Schleswiger Geest liegt in zwei Luftbildserien von 1960 und 1969 vor. Die Gebietsüberschneidung in den Räumen Goldelund und Großenwiehe ermöglicht eine vergleichende Analyse.

Als erster Arbeitsschritt werden auf der Grundlage der Luftbilder und der Deutschen Grundkarten im Maßstab 1:5 000 die entsprechenden Schadens/Faktoren-Karten erstellt. Daran schließt sich der Aufbau der Datenbanken mit problemorientierter Auswertung an. Diese und parallel dazu ausgewiesene digitale Karten bilden die Basis für ein umfassendes Bodeninformationssystem zur genetischen Schadensanalyse und prognostischen Schadensverhütung (Abb.1)

Schema der Kartierung und Datenbearbeitung

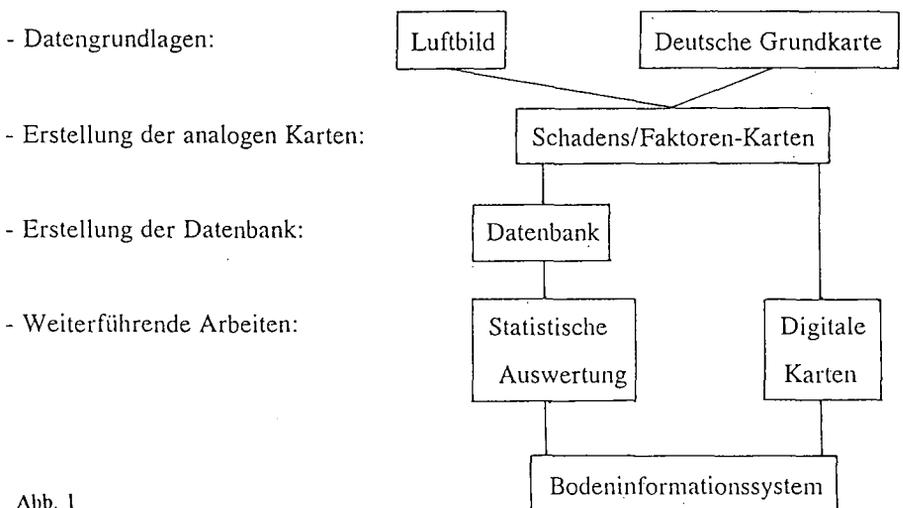


Abb. 1

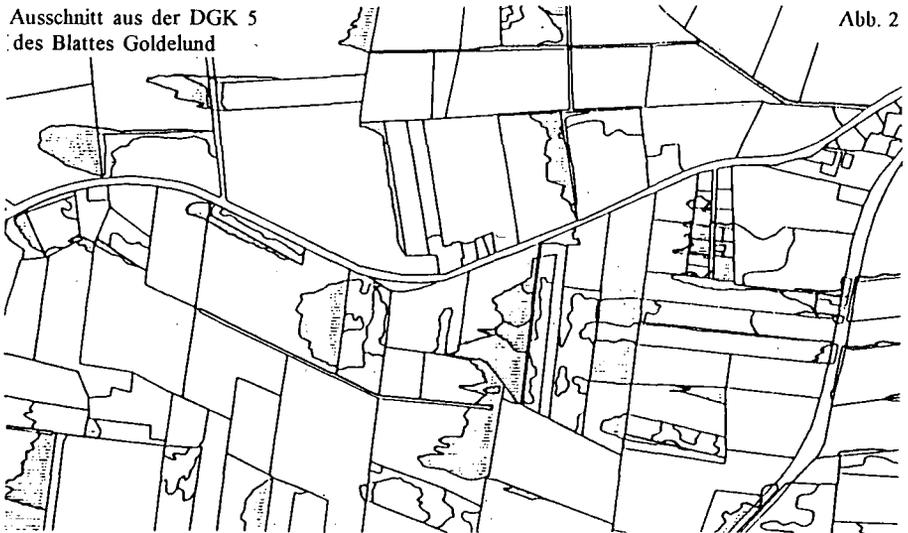
*) Institut für Geographie und ihre Didaktik, Päd. Hochschule Kiel

Die auf den s.-w. Luftbildern sichtbaren Sandfahnen (externe Verwehungen) sind Ergebnisse von starken Verwehungsereignissen in den Frühjahren 1960 bzw. 1969, wobei der Zeitraum zwischen Ereignis und Aufnahme jeweils nur wenige Tage umfaßt. Morphologie und Helligkeitsgrad der Sandfahnen, sowie Graftonabstufungen der Deflationsflächen und Feldgrenzencharakterisierung (speziell für 1969) sind als entscheidende Parameter den Luftbildern zu entnehmen. Bei der maßstabgerechten Übertragung auf DGK 5 sind neben der Identifikationsnummerierung der Verwehungsfälle die Form, die Mächtigkeit, die maximale Ausdehnung der externen Verwehungen, die Qualität und Distanz der Deflationsfläche, die Feldgrenzen im Lee und Luv und Angaben zum Schätzungsrahmen (RBS-Daten) der betroffenen Flächen neben anderen Parametern kartographisch erfaßt worden.

Bei der Interpretation der Luftbilder konnten durch Ringkorrelationen gelöschte Verwehungsereignisse (Bodenbearbeitung zw. Ereignis und Aufnahme) nachträglich plausibel gemacht werden. Neben den quantitativen Angaben (externe Verwehungsamplitude und Deflationsflächendistanz) steht die Typisierung der externen (feldübergreifenden) Verwehungen in Verbindung mit der differenzierten leeseitigen Feldgrenzenaussage im Mittelpunkt der Kartierung. Abb. 2 gibt einen Ausschnitt aus der DGK 5 des Blattes Goldelund für das Verwehungsereignis von 1969 in digitalisierter Form wieder.

Ausschnitt aus der DGK 5
des Blattes Goldelund

Abb. 2



Insgesamt liegen in dem Verwehungsatlas für 1960 32 DGK 5 und für 1969 57 DGK 5 bzw. 70 DGK 5 (13 Karten außerhalb des Überschneidungsgebietes 1960/69) bisher vor. Bei der Gegenüberstellung der Verwehungsfälle 1960-69 fällt die im Verhältnis 1:2 stehende Anzahl und damit der Quotient von Verwehungsfällen pro km² als Ergebnis einer unterschiedlichen Schadensintensität (Abb. 3) auf.

	Luftbild 1960	Luftbild 1969
Anzahl DGK 5	32	57 (70)
Fläche (km ²)	146	146
Verwehungsfälle (feldgrenzenüberschreitend)	478	994
V-Fälle/km ²	3.3	6.8
Länge Akk/ Länge Defl.	1:3 bis 1:10	1:1 bis 1:3

Abb. 3 Fallstatistik Schleswiger Geest

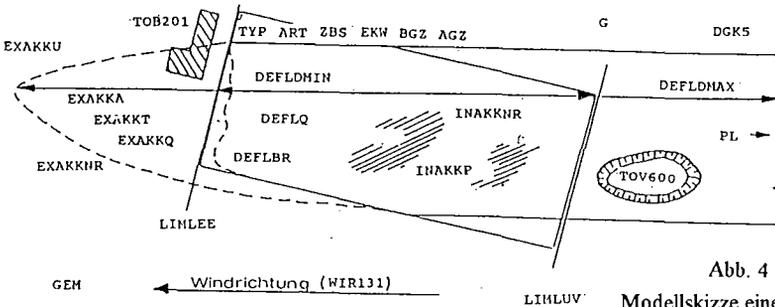


Abb. 4

Modellskizze eines Falles

Die Klassifikation und Typisierung auf den Schadenskarten bildet die Grundlage für den Aufbau der entsprechenden Datenbanken. Neben Spezialdateien (z.B. Feldgrenzeninterpretation) bestehen für 1960 und 1969 mit je ca. 2000 Sätzen umfassende dbase-Dateien (FALLDAT 3 u. 4).

Die Datenbankstruktur (Abb. 5) basiert auf den relevanten Größen der Schadensinterpretation und -kartierung, die der generalisierten Modellskizze eines Falles (Abb. 4) zu entnehmen ist.

Intern zur Datenbankstruktur ist zu erwähnen, daß die Feldgrenzenausbildung (z.B. Knick, Graben, Rain u.a.) neben der Deflationsflächenqualität und Arealgeometrie entscheidend für den externen Verwehungstyp ist (insgesamt werden 12 Grundtypen ausgehalten). Die Daten der Reichsbodenschätzung werden so aufbereitet, daß sie pro Feld in den Datenbanken als Acker- oder Grünland-schätzungsrahmen erscheinen. Daran anschließende statistische Auswertungen haben die Korrelation verschiedener Daten, z.B. die Verhältnisse EXAKKA zur DEFLDMIN oder EXAKKT zur LIMLEE zum Inhalt (s. Abb. 3 u. 4).

Die vorliegenden Datenumfänge bilden eine gute quantitative und qualitative Grundlage für weitere statistische Auswertungen im konkret vorliegenden Untersuchungsgebiet und als methodisches Beispiel für ähnlich gelagerte Probleme.

Feld	Feldname	Erläuterung	DATENBANKSTRUKTUR
1	G	Befliegungsgebiet	Abb. 5
2	DGK5	Nr. d. DGK5	
3	GEM	Gemeinde	
4	WIR131	Windrichtung	
5	EXAKKNR	Nr. d. externen Akkumulation	
6	INAKKNR	Nr. d. internen Akkumulation	
7	EXAKKA	Amplitude d. ext. Akkumulation	
8	EXAKKT	Typ d. ext. Akkumulation	
9	EXAKKQ	Qualität d. ext. Akkumulation	
10	EXAKKU	Untergrund d. ext. Akkumulation	
11	LIMLEE	Grenze im Lee	
12	DEFLDMIN	min. Deflationsflächenlänge	
13	DEFLDMAX	max. Deflationsflächenlänge	
14	DEFLQ	Qualität d. Deflationsfläche	
15	DEFLBR	Bearbeitungsrichtung auf d. Deflationsfläche	
16	INAKKP	Prozent d. int. Verwehungsfläche	
17	LIMLUV	Grenze im Luv	
18	PL	DGK5-Überschreitung	
19	TOV600	Topogr. Besonderheit im Luv	
20	TOB201	Topogr. Besonderheit im Lee	
21	TYP	Acker od. Grünland	
22	ART	Bodenart	
23	ZBS	Zustands- bzw. Bodenstufe	
24	EKW	Entstehung bzw. Klima u. Wasserverhältnisse	
25	BGZ	Boden- bzw. Grünlandgrundzahl	
26	AGZ	Acker- bzw. Grünlandzahl	

Bodenentwicklung in grundmeliorierten tertiären Kippsubstraten in der Niederlausitz

von

Haubold-Rosar, M.⁺, J. Katzur⁺, D. Schröder⁺⁺ und
R. Schneider⁺⁺

1 Einleitung

In der Lausitz wurden nach der Devastierung durch den Braunkohlentagebau bislang etwa 36.000 ha wieder nutzbar gemacht (2/3 aufgeforstet). Im Hangenden der Kohle und in den Zwischenmitteln der Flöze lagern zum Überwiegenden Teil miozäne, nährstoffarme, mehr oder weniger kohlehaltige, brackisch-marine Sande. Diese tertiären, schwefelhaltigen Kippsubstrate sind aufgrund ihrer sauren Reaktion und des hohen Säurenachlieferungspotentials durch Pyritverwitterung extrem kulturfeindlich. Sie müssen deshalb vor der Pflanzung grundmelioriert werden. Die Grundmelioration beinhaltet die Aufkalkung mit Düngekalken oder Braunkohlenaschen in Richtung Ziel-pH 5-5,5 unter Berücksichtigung der Säurenachlieferungskapazität sowie eine Grunddüngung (KATZUR 1977). Die in der Vergangenheit angestrebte Einarbeitungstiefe von 60cm wurde in Praxis selten erreicht.

30-40 Jahre nach Durchführung der ersten Versuche zur Grundmelioration tertiärer Kippsubstrate sollten im Rahmen dieser Arbeit erste Erkenntnisse zur nachhaltigen Wirksamkeit der Maßnahmen gewonnen werden.

2 Material und Methoden

Bei den untersuchten miozänen Substraten handelt es sich um kohlehaltige Sande bis lehmige Sande. Sie wurden vor 22-31 Jahren mit Kesselhausasche -30cm (mit Schällicke-Gerät) bzw. -45cm (Domsdorfer-Verfahren) grundmelioriert. Zur Anwendung kamen 500-700m³ Asche/ha. Angepflanzt wurden Roteichen-Winterlinden- und Lärchen-Winterlinden-Bestände sowie Kiefern, Traubeneichen und Pappeln.

Probennahme und Analysen für die chemischen Untersuchungen erfolgten im wesentlichen in Anlehnung an die BZA im Rahmen der Waldschadensforschung; die Anzahl der Parallel-Proben wurde erhöht (zu einzelnen Methoden s.Tabellen).

(*Forschungsinstitut f. Bergbaufolgelandschaften, Postfach, 03232 Finsterwalde/++ Universität Trier, FB VI, Abt. Bodenkunde, Postfach 3825, 54286 Trier)

3 Ergebnisse und Diskussion

In den grundmeliorierten sandigen bis lehmig-sandigen Substraten liegt im allgemeinen Einzelkorngefüge vor. Kohle-, Ton- und Schluff sind fein verteilt und als Bröckel oder Klumpen beige-mengt. Im oberen Profilbereich zeichnet sich nach 30 Jahren die Bildung eines ca. 5cm mächtigen Ah-Horizontes ab. Hier ist die fossile organische Substanz sichtbar abgebaut und rezenter Humus entstanden; das Gefüge ist teilweise schwach subpolyedrisch, z.T. biogen. In kohle-, lehm und/oder silikatärmeren Varianten ist eine schwächere Humusanreicherung und Gefügebildung im Ah-Horizont festzustellen. Die Durchwurzelung des Unterbodens wird ab 40cm merklich geringer. Bis auf *Larix decidua* durchwurzeln alle Gehölze auch den unmeliorierten Bereich.

Unter Wald lagern diese Kippböden sehr locker und sind gut durchwurzelbar (Tab. 1). Die Lagerungsdichte nimmt mit steigendem Kohle-gehalt ab. Unter landwirtschaftlicher Nutzung liegen in kohlehaltigen Tertiärsanden höhere Bodendichten, Eindringwiderstände und geringere Luftleitfähigkeiten vor als unter forstwirtschaftlicher Nutzung. Gesamtporenvolumen sowie der Anteil an Mittel- und Feinporen zeigen eine deutliche Abhängigkeit zum Kohlenstoffgehalt; damit tragen die kohligen Beimengungen erheblich zu einer Verbesserung des Bodenwasserhaushaltes bei.

Wichtigstes Ziel der Grundmelioration ist die Verbesserung der Bodenreaktion. 30 Jahre nach der Melioration sind die ursprünglich z.T. extrem niedrigen $pH_{(KCl)}$ -Werte zwischen pH 2 und 3 bis 30cm Tiefe noch deutlich erhöht (Tab. 2). Die Bodenreaktion ist in Abhängigkeit von der Einbringungstechnik allerdings nicht gleichmäßig erhöht. Während in den Kernzonen der eingepflügten Aschebalcken noch pH-Werte um 6 gemessen wurden, gibt es dazwischen extrem saure Zonen, die bis an die Bodenoberfläche reichen.

Die zur Grundmelioration applizierte Düngung war sehr gering. An den untersuchten Standorten liegen geringe Kalium- und insbesondere Phosphorgehalte auf. Gerade in sauren, kohlehaltigen Substraten ist die Phosphorverfügbarkeit aufgrund der starken Sorption an organische Substanz und Fe/Al-Verbindungen sehr gering (FRESE et al. 1989). Besser ist die Versorgung mit Mg, das ähnlich wie Ca vor allem mit der Aschegabe in den Boden eingebracht wurde und in glimmerreichen Varianten höher konzentriert ist.

Auch an dem Anteil der effektiven an der Gesamtaustauschkapazität, den austauschbaren Ca-Mengen und der Basensättigung ist die nachhaltige Wirkung der Aschemelioration bis 90cm Tiefe zu erkennen (Tab. 2). Unterhalb des Meliorationshorizontes nimmt der Anteil der Kationsäuren Fe und Al am Sorptionskomplex sowie der H-Sorption mit steigender Profiltiefe zu. PH-Werte der Gleichgewichtsbodenlösung und das Ca/Al-Verhältnis lassen auf eine noch andauernde Säurepufferung schließen.

Braunkohlenaschen enthalten je nach Entstehung und Kohlequalität unterschiedliche hohe Mengen an Schwermetallen. An den untersuchten Forststandorten auf grundmeliorierten Tertiärsanden konnte

Tab. 1: Bodenphysikalische Eigenschaften von Kippböden aus tertiären Sanden.

Horiz. Tiefe [cm]	Bodenart	Ct [M.-%]	Rt [g/cm ³]	Σ PV	Poren [Vol.-%]				EW [MPa]	ka [μ ²]	
					>50μ	50-10μ	10-0,2μ	<0,2μ			
a) aus miozänen Sanden, Ct > 3%, Aschemelioration -45cm, 30 Jahre forstliche Nutzung, n=2											
jAh	0- 5	x2 g2 S1	7,6	0,92	63,4	28,9	7,3	13,8	13,4	1,0	61,1
jY1	- 30	g2 S12	5,7	1,15	54,3	23,0	3,3	10,4	17,6	1,7	22,7
jY2	- 60	g2 S	3,9	1,19	49,2	24,6	3,2	9,6	11,6	2,6	33,9
jY3	- 90	g2 S	3,5	1,18	53,7	25,4	3,7	11,8	12,8	2,5	30,2
b) aus miozänen Sanden, Ct > 3%, Aschemelioration -45cm, 25 Jahre landwirt. Nutzung, n=2											
jAp	0- 30	g2 S13	5,1	1,36	46,3	13,5	5,6	14,5	12,7	2,4	6,8
jY1	- 60	g2 S12	3,4	1,53	40,5	9,7	4,9	8,1	17,8	4,0	3,2
jY2	- 90	g2 S13	3,1	1,34	47,9	15,8	4,8	13,8	13,5	3,3	4,9
c) aus miozänen Sanden, Ct < 2%, 30 Jahre forstliche Nutzung, n=2											
jAh	0- 5	g2 S	3,2	1,33	46,7	30,6	3,6	5,9	6,6	0,9	65,1
jY1	- 30	g2 S	1,5	1,45	43,4	32,3	2,7	4,3	4,1	0,6	98,4
jY2	- 60	g2 S	1,5	1,48	42,7	32,9	2,2	4,5	3,1	0,4	92,6
jY3	- 90	g2 S	1,5	1,39	45,3	36,3	1,4	4,6	3,0	0,3	134,2

(Textur n. KOHN (1929); Rt = Trockenraumgewicht; Σ PV = 1-Rt/Dt; Dt = Dichte d. Festsubstanz;
 Porengrößenvert. n. RICHARDS und FIREMAN (1943); EW = Eindringwiderstand im Stechring bei pF 2,5,
 Sonden-φ = 0,6cm; ka = Luftleitfähigkeit n. KMOCH 1962)

Tab. 2: Kationenaustauschkapazität, Elastizitätsparameter und Schwermetallgehalte in grundmeliorierten Kippböden aus miozänen Sanden (Aschemelioration -30cm, 30 Jahre forstliche Nutzung).

Horiz. Tiefe [cm]	Akpot	Akeff Σ	K [mval/100g]	Mg	Ca	Mn+Fe+ Al+H	BS [%]	pH (KCl)	GBL pH	Ca/Al	Schwermetalle				
											Zn	Cu	Cr	Cd	
Of-Oh	0- +3	92,5	56,2	0,7	4,0	50,2	1,2	98	5,5	6,7	40	74,1	22,4	12,2	0,635
jAh	0- 5	33,5	30,6	0,4	2,0	27,3	0,9	97	6,0	7,3	30	17,3	14,0	8,3	0,160
jY1	- 30	25,7	14,8	0,1	0,4	13,1	1,1	92	4,7	6,0	100	5,3	4,0	5,6	0,055
jY2	- 60	18,5	5,0	0,1	0,1	2,6	2,1	54	3,6	4,0	40	7,4	4,0	4,1	0,060
jY3	- 90	18,2	6,6	0,1	0,1	3,3	3,1	51	3,5	3,9	25	5,6	4,3	4,1	0,045

(Akpot n. MEHLICH; Akeff und Gleichgewichtsbodenlösung (GBL) n. MEIWES et al. 1984; Schwermetalle im Königswasseraufschl.)

aber kein eindeutiger Einfluß der Ascheeinmischung auf die Schwermetallgesamtgehalte festgestellt werden. Hohe Gehalte sind wie auf gewachsenen Böden im Tagebauvorfeld in den Auflagen, mittlere bis geringe in den Ah-Horizonten zu finden (Tab. 2). Erste Ergebnisse zur Bindung der Metalle ergaben eine hohe Mobilität in den Unterbodenhorizonten. Es ist zu klären, ob die erhöhten Konzentrationen in den oberen Horizonten allein durch Immissionen, oder über den Pfad Boden-Wurzelaufnahme-Streufall entstanden sind.

Eine wichtige Rolle im Stoffhaushalt spielt die Humusentwicklung. Der berechnete jährliche Kohlenstoffzuwachs ist auf den kohlehaltigen, glimmerreichen, grundmeliorierten Tertiärsanden ähnlich hoch wie auf den von SCHWABE (1970) untersuchten Kippböden aus pliozänen und pleistozänen Substraten der Lausitz (Tab. 3). Kiefer und Pappel erreichen mit $1,1-1,2t\ C_0ha^{-1}a^{-1}$ die höchsten Werte. Auf den ärmeren, schwach kohlehaltigen Sanden sind die Zuwachsraten geringer ($0,4-0,6t\ C_0ha^{-1}a^{-1}$). Auch hier ist die Anreicherung bei Kiefer größer. Das an allen Standorten relativ enge C/N-Verhältnis läßt auf Immissionseinflüsse und eine Umwandlung der fossilen in rezente Humusstoffe schließen. Die C/N-Verhältnisse der Unterböden liegen über 40.

Die Bestände haben sich bis heute gut entwickelt. Roteiche, Winterlinde, Traubeneiche und Kiefer haben die Bonität 1. Nur die Entwicklung der Lärchen wurde mit der Bonität 2 schlechter eingestuft.

4 Zusammenfassung

Die Wirkung der Grundmelioration tertiärer, sandiger Kippsubstrate mit Braunkohlenasche ist auch nach 30 Jahren noch erkennbar an einer Verbesserung der Bodenreaktion und erhöhten Pufferkapazität; Einmischungsgrad und Einbringungstiefe waren aber aufgrund der damaligen Technik unzureichend. Heute ist eine optimale Einmischung entsprechender Mengen bis 1m Tiefe zu fordern. Die Humusentwicklung grundmeliorierter Kohlesande bis -lehmsande erreicht hohe Raten und ist mit der Entwicklung auf quartären Substraten vergleichbar. Die Bestände haben gute Bonitäten. Kohlebeimengungen erhöhen Sorption und nutzbare Feldkapazität. Kohlehaltige lehmige Sande mit höheren Kaliumgehalten können nach ordnungsgemäßer Grundmelioration als M-Standorte angesprochen werden. Alle Standorte weisen eine Immissionsbelastung auf.

5 Literatur

- FREUSE, D., PAGEL, H. und KATZUR, J. (1989): P-Zustand und P-Dynamik rekultivierter Kippenböden.- Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, Reihe Agrarwiss. 38, 33-38
- KATZUR, J. (1977): Die Grundmelioration von schwefelhaltigen extrem sauren Kippprohböden.- Technik und Umweltschutz 18, 52-62
- SCHWABE, H. (1970): Ergebnisse der forstlichen Rekultivierung auf vorwiegend kulturfreundlichem Abraummateriale des Braunkohlenbergbaues in der Niederlausitz.- Diss. Dresden

Tab. 3: Humusentwicklung auf tertiären und quartären Sanden bei forstwirtschaftlicher Nutzung.

Baumart	Alter [Jahre]	Horiz. [cm]	Ct ¹⁾ [t/ha]	Nt ¹⁾ [kg/ha]	C/N	Ct-Zuwachs (Of-Oh+Ah) [t/ha*Jahr]
a) Kippböden aus miozänen Sanden, Ct > 3%						
Grundmelioration mit Braunkohlenasche, -30cm						
<i>Querc.rubr./</i> <i>Tilia cord.</i>	31	Of-Oh jAh	15,9 24,6 (13,8)	700 930 (620)	23 27	0,96
<i>Lar.dec./</i> <i>Tilia cord.</i>	31	Of-Oh jAh	15,6 26,9 (12,0)	750 1170 (790)	21 23	0,89
Grundmelioration mit Braunkohlenasche, -45cm						
<i>Quer.petr.</i>	22	Of-Oh jAh	11,2 15,8 (7,8)	450 530 (330)	25 30	0,86
<i>Pin.sylv.</i>	27	Of-Oh jAh	16,5 27,9 (11,8)	760 1010 (590)	22 28	1,04
<i>Pop.nigra/</i> <i>Tilia cord.</i>	29	Of-Oh jAh	12,1 38,6 (21,9)	570 1340 (1080)	21 29	1,17
Grundmelioration mit Kalk, -45cm						
<i>Pop.nigra/</i> <i>Tilia cord.</i>	29	Of-Oh jAh	16,3 37,4 (18,3)	750 1070 (680)	22 35	1,19
b) Kippböden aus miozänen Sanden, Ct < 2%						
Grundmelioration mit Braunkohlenasche, -45cm						
<i>Quer.petr.</i>	22	Of-Oh jAh	4,5 9,6 (5,0)	230 460 (330)	20 21	0,43
<i>Pin.sylv.</i>	22	Of-Oh jAh	7,4 9,3 (6,1)	340 300 (170)	22 31	0,61
c) Kippböden aus pliozänen bis frühpleistozänen Sanden (SCHWABE 1992, unveröff.)						
<i>Pin.sylv.</i>	45	Of-Oh jAh	55,2 7,9	1210 220	45 34	1,40
<i>Rob.pseud.</i>	38	Of-Oh jAh	6,3 30,7	240 1170	25 26	0,97
d) Kippböden aus quartären Talsanden (SCHWABE 1992, unveröff.)						
<i>Pin.sylv.</i>	40	Of-Oh jAh	42,7 11,7	1090 260	39 45	1,36

(¹⁾ Werte in Klammern jeweils nach Abzug der substrateigenen Ct-Gehalte; Ct- und Nt-Gehalt n. Elementaranalyse)

**Das Mikorelief von Bodenoberflächen -
Charakteristische Kennwerte und ihre Dynamik**

von

Helming, K.* , D. Deumlich* und H. Diestel**

Einleitung

Das Mikorelief von Bodenoberflächen ist definiert als der Anteil der Oberflächenausformung im Maßstab 1 - 100 mm, der unbeeinflusst von übergeordneten Reliefeinheiten (Dämme, Hangneigung etc.), d.h. ungerichtet ist. Folgende Faktoren bestimmen die Mikroreliefausformung:

- Bodeneigenschaften,
- Art und Intensität der Bodenbearbeitung,
- Bodenfeuchte zum Zeitpunkt der Bodenbearbeitung,
- Witterungseinflüsse.

Für die Auswirkungen von Niederschlagsereignissen auf die Infiltration, Verschlammung und die Bildung von Oberflächenabfluß spielt das Mikorelief auf unbedeckten Böden eine wichtige Rolle: es entscheidet über die Größe der tatsächlichen Bodenoberfläche relativ zu seiner lichten Fläche. Je größer die Bodenoberfläche,

- umso geringer ist die Regentropfendichte pro Zeit und Oberflächeneinheit bei gleicher Niederschlagsintensität, so daß der Verschlammungsprozeß verzögert wird,
- umso größer ist die Infiltrationsrate je Einheit lichte Fläche, weil die Grenzfläche, über die Wasser infiltriert, größer ist. Dadurch wird die Bildung von Oberflächenabfluß verzögert (LINDEN et al. 1988; HELMING 1992).

Bei der Einschätzung der aktuellen Oberflächenabfluß- und Erosionsgefährdung eines Standortes mit temporär fehlender Bedeckung sollte deshalb die Mikroreliefausformung berücksichtigt werden. Hierzu sind geeignete Parameter notwendig, welche die Mikroreliefausformung und ihre zeitliche Dynamik kennzeichnen.

Ziel der Untersuchungen war es, im Rahmen von Feldversuchen auf verschiedenen Böden die Mikroreliefausformung zu kennzeichnen und ihre Entwicklung in Abhängigkeit von den natürlichen Niederschlagsereignissen zu verfolgen.

Versuchsaufbau

Auf zwei Jungmoränenstandorten (sL und IS) im Nordosten Brandenburgs wurde in Feldversuchen eine Saatbettbereitung durchgeführt, der Boden aber brachgehalten. Auf dem einen Standort erfolgte die Sattbettbereitung mit unterschiedlicher Intensität, so daß jeweils eine grobe, mittlere und eine feine Oberfläche entstand. Auf dem anderen Standort bildeten unterschiedliche Positionen am Hang die Versuchsvarianten. Direkt nach der Bearbeitung und an weiteren, niederschlagsabhängigen Terminen wurde das Mikorelief mit einem La-

* ZALF, Institut für Bodenforschung, Wilhelm-Pieck-Str. 72, 15374 Müncheberg

** TU Berlin, FG Wasserhaushalt und Kulturtechnik, Albrecht-Thaer-Weg 2, 14195 Berlin

Ergebnisse

Die unterschiedliche Saatbettbereitung auf dem Standort (sL) führte zu Mikroreliefkennwerten OFL/LFL (Abb. 2) zwischen 1,3 und 1,5. Bei Unterschieden von etwa 0,1 zwischen den Varianten sind die Oberflächen damit 1,3 bis 1,5 mal so groß wie die zugehörige lichte Fläche. Dies bedeutet bei 1mm Niederschlag 0,65 bis 0,76 l Wasser je m² infiltrierender Grenzfläche, d.h. eine Verringerung um über 20 bis fast 40% des je Flächeneinheit zu infiltrierenden Regenwassers.

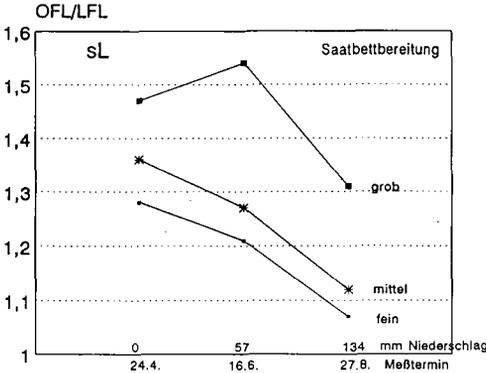


Abb. 2: Verhältnis der Gesamtoberfläche (OFL) zur lichten Fläche (LFL) für einen Standort auf sandigem Lehm nach unterschiedlicher Saatbettbereitung an drei Terminen

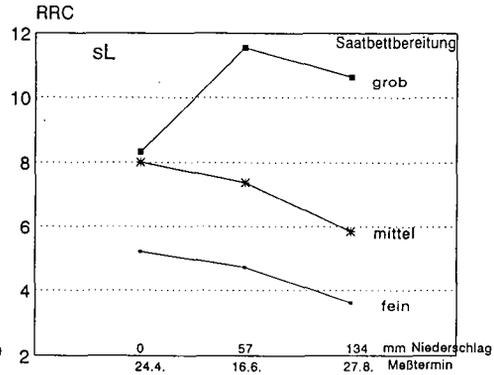


Abb. 3: Mikroreliefindex RRC für einen Standort auf sandigem Lehm nach unterschiedlicher Saatbettbereitung an drei Terminen

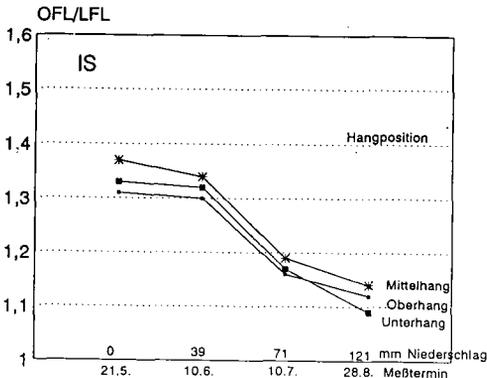


Abb. 4: Verhältnis der Gesamtoberfläche (OFL) zur lichten Fläche (LFL) für einen Standort auf lehmigem Sand bei verschiedenen Hangpositionen an vier Terminen

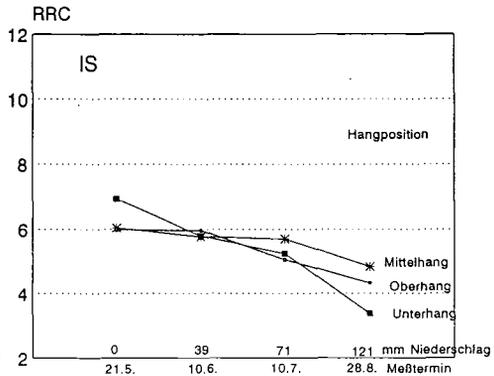


Abb. 5: Mikroreliefindex RRC für einen Standort auf lehmigem Sand bei verschiedenen Hangpositionen an vier Terminen

Im Verlauf der Vegetationsperiode ebneten sich die Oberflächen niederschlagsbedingt ein, aber die ursprünglichen Mikroreliefunterschiede sind drei Monate später nach über 130 mm Niederschlag noch vorhanden. Dies Ergebnis zeigt entgegen Angaben aus der Literatur

(ZOBECK & ONSTAD 1987), daß bearbeitungsbedingte Mikroreliefunterschiede über einen langen Zeitraum hinweg erhalten bleiben und Unterschiede im Infiltrationsverhalten des Niederschlags bewirken können.

Die Vergrößerung der Oberfläche auf der groben Variante vom ersten zum zweiten Meßtermin war bedingt durch eine äußere Störung verursacht durch Hasenritte. Die Abbildung 3 zeigt für den Kennwert RRC zeigt ähnliche Kurvenverläufe, auch dieser Kennwert gibt die Unterschiede in der anfänglichen Reliefausformung sowie deren Veränderung gut wieder. Die mit diesem Kennwert ermittelten geringeren Unterschiede zwischen der mittleren und groben Variante am ersten Meßtermin zeigt, daß die Unterschiede z.T. auf eine gerichtete Reliefausformung zurückzuführen sein können, die bei der Berechnung von RRC im Gegensatz zu OFL/LFL mathematisch geglättet wurden.

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen die Kennwerte OFL/LFL und RRC für den Standort (IS), auf dem jeweils Ober-, Mittel- und Unterhang an vier Terminen abgemessen wurde. Die Unterschiede der drei Hangpositionen in der Reliefausformung sowie ihrer Dynamik sind gering. Es zeigt sich nur am Unterhang eine etwas stärkere Einebnung, die auf eine geringere Stabilität des Kolluviumssubstrates mit seinem vergleichsweise geringen Tongehalt hinweist.

Der Kennwert OFL/LFL zeigt für die drei Hangpositionen mit 1.3 bis 1.4 Werte, die in etwa der mittleren Reliefausformung auf dem Standort (sL) entsprechen. Die Einebnung während der Vegetationsperiode auf ca. 1.13 ist ebenfalls vergleichbar, so daß auch hier der Einfluß der anfänglichen Mikroreliefausformung auf die Einebnung deutlich wird.

Schlußfolgerungen:

- Mit einem Laserreliefmeter kann das Mikrorelief von Oberflächen einfach und schnell mit hoher Auflösung abgemessen werden.
- Das Verhältnis der Gesamtoberfläche zur lichten Fläche OFL/LFL stellt einen geeigneten Kennwert zur Mikroreliefkennzeichnung dar. Er ist sensibel gegen Unterschiede in der Mikroreliefausformung und liefert eine Aussage über physikalische Mikroreliefeigenschaften: je größer OFL/LFL, umso geringer ist bei gleicher Niederschlagsintensität die Tropfenanzahl pro Fläche und die Wassermenge pro infiltrierender Grenzfläche.
- Der aus der Literatur bekannte Mikroreliefindex RRC ist ebenfalls sensibel gegen Mikroreliefunterschiede, läßt jedoch keine physikalische Aussage zu.
- Die direkt nach der Saatbettbereitung gemessenen Oberflächen hatten eine Größe, die bei 1mm Niederschlag nur 0.6 bis 0.8 dm³ Wasser pro m² Infiltrationsfläche ergaben.
- Unterschiede in der Mikroreliefausformung direkt nach der Saatbettbereitung blieben über einen langen Zeitraum erhalten.
- Die Stärke der Mikroreliefeinebnung war sowohl von der anfänglichen Reliefausformung als auch von der Bodenart abhängig. Allerdings haben weitere Faktoren, insbesondere die Niederschlagsintensitäten, die Aggregatstabilität und die Bodenfeuchte zu Beginn eines Niederschlagsereignisses ebenfalls großen Einfluß auf die Oberflächenveränderung. Diese Faktoren sollten in zukünftigen Untersuchungen berücksichtigt werden.

Literatur:

- CURRENCE, H.D. & W.G. LOVELY 1970: The analysis of soil surface roughness. Trans ASAE 14: 69-71
- HELMING, K. 1992: Die Bedeutung des Mikroreliefs für die Regentropfenerosion. Bodenökologie und Bodengeneese Heft 7, 155 S.
- LINDEN, D.R., D.M. VAN DOREN, & R.R. ALLMARAS 1988: A modell of the effect of tillage induced soil surface roughness on erosion. Int. Soil Tillage Research Organisation: 11th Int. Conf.: Tillage and Traffic in Crop Production Vol. 1: 373-378
- ZOBECK, T.M., & C.A. ONSTAD 1987: Tillage and rainfall effects on random roughness - a review. Soil and tillage Research 9: 1-20

Einfluß von Hangzugwasser auf die N-Dynamik von Pararendzinen des Kraichgaus

von

Honisch, M. und K. Stahr

Die tiefgründigen Lößdecken in der Hügellandschaft des Kraichgaus werden von fossilen Böden horizontal segmentiert (BLEICH et al., 1990), wodurch versickerndes Wasser lateral verlagert werden kann. In der Landschaft Gondelsheim kommt es in Mittelhanglagen oberhalb des in 2-6 m Tiefe anstehenden fB_1 zur Ausprägung von durch Hangzugwasser beeinflussten Böden. Diese hangvergleyten Pararendzinen (gPr) weisen Rostflecken in den $\text{C}_{\text{gv}}/\text{C}_{\text{vg}}$ -Horizonten auf.

Art und Höhe des Einflusses des Hangzugwassers auf den Stoffumsatz und -transport - insbesondere auf die N-Dynamik - sollten im Rahmen der Untersuchungen einer Lößcatena geprüft werden.

Hierbei war insbesondere zu klären:

- Wie wird der Wasserhaushalt durch den lateralen Zustrom verändert?
- Welche Auswirkungen ergeben sich für den Temperaturhaushalt?
- In welchem Maße wird die Nettomineralisation *in situ* durch die veränderten mikroklimatischen Bedingungen beeinflusst und welchen Anteil hat die winterliche Mineralisation?
- Wie wirken sich Mineralisation und Entzug auf den N_{min} -Vorrat und die N-Verlagerung aus?
- Wirken die hangvergleyten Pararendzinen in ähnlicher Weise belastend hinsichtlich der Nitratauswaschung wie die trockenen Pararendzinen im Oberhangbereich (LORENZ, 1992)?

Objekte und Methoden

Die Lößcatena in Gondelsheim (9,5 °C, 797 mm Ns, 163-185 m ü. NN, 1-11 % Neigung, südl. Exposition) ist durch die Bodentypen Parabraunerde (Pb), Pararendzina (Pr), hangvergleyete Pararendzina (gPr) und Kolluvium (Kol) charakterisiert. Es erfolgten seit 1990 u.a. Messungen zu **Wasser- und Temperaturhaushalt** (stündliche Messung von Bodentemperaturen und Tensionen an Pr, gPr und Kol in 60, 90, 120 cm Tiefe; grav. Wassergehalte zusammen mit N_{min})

Stofftransport (Keramiksaugkerzen in 1 m Tiefe, 3-6 Wdh., wöchentliche Probenahme bei Unterdruck $\leq 0,5$ bar)

Stoffumsatz (N_{min} alle 3 Wochen 0-30, 30-60, 60-90 cm; Bebrütung *in situ* zur Bestimmung der Nettomineralisation in Anlehnung an RAISON et al. (1987) in ungestörten Bodensäulen in 0-30 und 30-60 cm Tiefe, neuer Ansatz alle drei Wochen bei sechswöchiger Bebrütungsdauer)

Der Hang wurde in 3 Langparzellen mit den N-Düngungsstufen *betriebsüblich*, *reduziert* (=bedarfsorientiert) und *Null* eingeteilt. Angebaut wurden Zuckerrüben, Winterweizen, Wintergerste mit Zwischenfrucht. Zur Düngung wird Gülle (vor ZR und WG), Harnstoff und KAS verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Der **Bodenwasservorrat** (Abb. 1) der Pr wird im Winter auf höchstens 250 mm aufgefüllt. Die gPr verfügt in trockeneren Sommern über vergleichbare Wasservorräte wie das Kolluvium (niedriger Grundwasserstand \rightarrow fehlender kap. Aufstieg). Die **Tensionen** (Abb. 2) in 120 cm Tiefe fallen in der Pr 1990 und '91 auf unter -600 cm WS, in der gPr beträgt das Minimum in allen Jahren ca. -350 cm WS. Die gPr wird im Winter bis auf pF 2 aufgesättigt (vgl. Pr pF 2,5). Die Sickerungszeiträume sind in der Pr kürzer, die Potentialgradienten aber größer. Die Schwankungen der Tensionen im Jahresgang sind in der Pr infolge der niedrigeren Wassergehalte weitaus größer.

Die Pr ist der wärmste Standort in der Catena (Abb. 3). Vor allem im Sommer liegen hier die **Temperaturen** deutlich höher. Im Winter erwärmt sich der Mittelhang (gPr) etwas schneller (Wasserzug, Einstrahlungswinkel). Die Tagesschwankungen liegen in der Pr um bis zu 3°C über denen der gPr.

¹ Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, 70593 Stuttgart



Abb. 1: Bodenwasservorräte von Böden der Catena in Gondelsheim

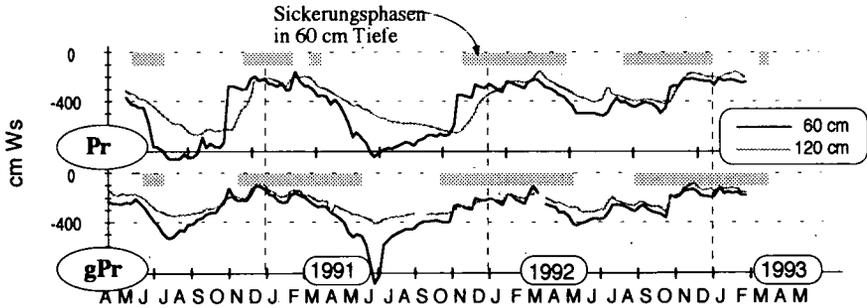


Abb. 2: Tensionsverläufe von Pararendzina und hangvergleyter Pararendzina, Gondelsheim

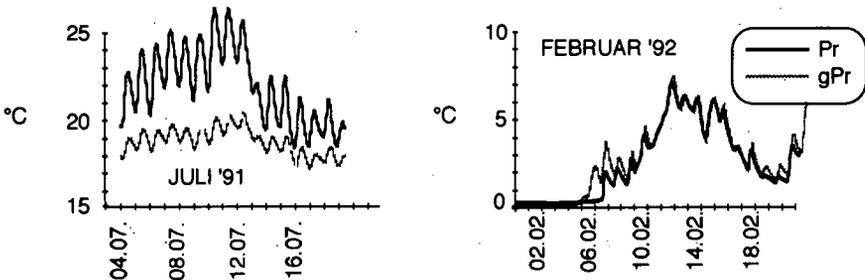


Abb. 3: Bodentemperaturen im Tagesgang in 15 cm Tiefe von Pararendzinen in Gondelsheim

1990-1993	Pr	gPr (°C)	Kol
Gesamt	10,7	10,5	10,4
Sommer	15,4	14,9	14,7
Winter	5,9	6,1	5,8

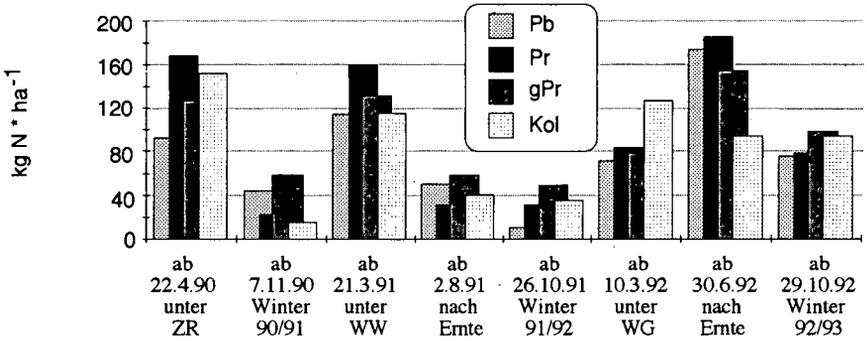


Abb. 4: N-Nettomineralisation der Oberböden *in situ*, betriebsüblich gedüngte Variante, Catena Gondelsheim

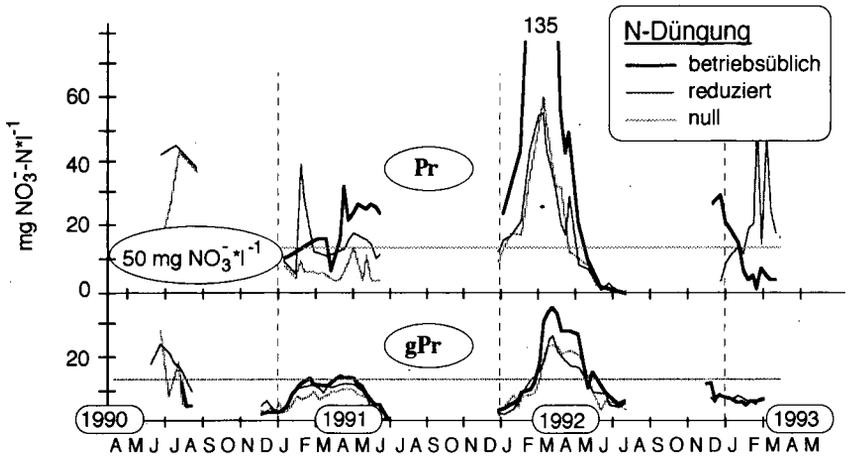


Abb. 5: NO₃⁻-N-Konzentrationen der Bodenlösung von Parendzinen in Gondelsheim

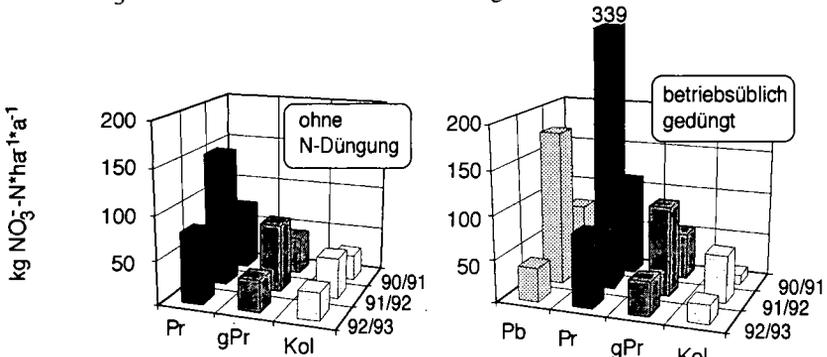


Abb. 6: Nitratauswaschung bei unterschiedlicher Düngung, Catena Gondelsheim

Beide Pararendzinen zeigen innerhalb der Catena die höchste Nettomineralisation (Abb. 4) unterscheiden sich untereinander aber wenig: Pr mineralisiert im Durchschnitt $255 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$, gPr $250 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ (betriebsüblich gedüngte Varianten). In den Monaten Nov.-März mineralisierte die gPr mit $64 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ca. 40 % mehr als die Pr. In den Vegetationsperioden lagen die mineralisierten N-Mengen der gPr mit $112 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ um knapp 20 % unter der Pr ($138 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Die ungedüngten Varianten hatten jeweils eine um ca. 20 % geringere Mineralisierungsleistung. Die N_{\min} -Werte der Pr liegen im Durchschnitt um 26% (Oberboden) bis 61% (Unterboden) über den Werten der gPr. In der vegetationsfreien Zeit kommt es in der Pr zu einem stärkeren Anstieg der N_{\min} -Werte und einer Verlagerung in den Unterboden.

Die Nitratkonzentrationen der Bodenlösung (Abb. 5) der gPr liegen i. d. R. unter $50 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$ hingegen werden in der Pr durchschnittlich doppelt so hohe Werte erreicht. Null-Düngung führt zu einer (bes. in der Pr) deutlichen Minderung der Nitratkonzentrationen. Bei bedarfsorientierter, reduzierter Düngung liegt die Nitratbelastung nur wenig höher als bei Null-Düngung. Zur vorläufigen Abschätzung der Auswaschungsverluste (Abb. 6) wurden Wetterdaten des DWD herangezogen und die Sickerungsmengen nach Bodenwasserbilanz errechnet. Hiernach sind die Sickerungsmengen in der gPr zwar geringer als in Pr, doch sind die hohen Auswaschungsverluste der Pr in erster Linie bedingt durch die sehr hohen Nitratkonzentrationen. Die Auswaschung im Winter 1991/92 erreichte trotz verhaltener Mineralisierungsaktivität nach der Ernte von Winterweizen Werte von 100 kg (gPr) bis über $300 \text{ kg NO}_3^- \cdot \text{ha}^{-1}$ (Pr) in den übrigen Wintern lag sie bei 50 kg (gPr) bis $100 \text{ kg NO}_3^- \cdot \text{ha}^{-1}$ (Pr).

Schlußfolgerungen

Hohe - durch Hangzugwasser bedingte - Wasservorräte und geringe sommerliche Austrocknung (bei günstigem Lufthaushalt im Winter) kennzeichnen die gPr als günstigen Pflanzenstandort. Einstrahlung und/oder Wärmestrom im Winter und Beschattung im Sommer führen zu einem ausgeglicheneren Temperaturverlauf gegenüber der Pararendzina im Oberhangbereich.

Die mineralisierten Gesamtmengen an Stickstoff sind in beiden Pararendzinen ähnlich, allerdings ist der Anteil der winterlichen Mineralisation in der hangvergleyten Pararendzina höher, wofür in erster Linie der Temperaturverlauf ausschlaggebend sein dürfte (STADELMANN et al., 1983). Entsprechend der verbesserten Wasserversorgung und damit steigenden Erträgen (KAHNT et al., 1992) verbessert sich die Ausnutzung des N-Angebots mit der Folge stark verringerter Nitrat Auswaschung. Der Einfluß reduzierter Düngungsmaßnahmen auf die Nitrat Auswaschung ist in der Pr am größten.

Bei der Evaluierung flächenbezogener Belastungen und im Rahmen regionalisierter Prognoseverfahren (STAHR et al., 1992) ist der Differenzierung der Pararendzinen hinsichtlich ihres Wasserhaushalts und ihrer N-Dynamik Rechnung zu tragen.

Literatur

- BLEICH, K. E., CLEMENS, G. LORENZ, G. (1990): Soil formation, erosion and N-dynamics in the loess landscapes of the Middle Neckar and Kraichgau area, Baden-Württemberg. - In: STAHR, K., BLUME, H.-P., JAHN, R.(eds.): Gedächtniskolloquium "Ernst Schlichting" Memorial Workshop, Hohenheimer Arbeiten, Ulmer, 139-179.
- LORENZ, G. (1992): Stickstoff-Dynamik in Catenen einer erosionsgeprägten Lößlandschaft.- Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, 1, 170 S.
- KAHNT, G., J. HUFNAGEL (1992): Entwicklung und Prüfung betriebsspezifischer, umwelt- und standortgerechter Bodennutzungssysteme.- In: Arbeits- und Ergebnisbericht 1990-1992, SFB 183 "Umweltgerechte Nutzung von Agrarlandschaften", Univ. Hohenheim, 289-314.
- RAISON, R. J., CONNELL, M. J., KHANNA, P. K. (1987): Methodology for studying fluxes of soil mineral-N in situ. - Soil Biol. Biochem., 19/5, 531-530.
- STADELMANN, F. X., O. J. FURRER, S. K. GUPTA, P. LISCHER (1982): Einfluß von Bodeneigenschaften, Bodennutzung und Bodentemperatur auf die N-Mobilisierung von Kulturböden.- Z. Pflanzenern. u. Bodenkn., 146, 228-242.
- STAHR, K., F. RÜCK, G. LORENZ (1992): Vorhersage der Stickstoffmineralisierung in Böden Baden-Württembergs.- Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen, 30, 103-130.

Die mechanische Bodenreaktion (Bruch- und Nicht-Bruchverhalten) junger Rekultivierungsböden aus Löß auf verschiedene Bearbeitungs- und Bestellverfahren

von

Lebert, M.

Problemstellung:

Im Rheinischen Braunkohlen-Tagebaurevier werden trocken verkippte Flächen aus Löß seit etwa drei Jahren mit speziell angefertigten, breitkettigen Raupen planiert, die eine lockere Bodenstruktur, mit Lagerungsdichten von 1.40 - 1.48 g/cm³, hinterlassen. Die Struktur der Auftragsböden weist jedoch zu Beginn der Bodenentwicklung nur eine geringe Festigkeit auf, mit Vorbelastungen von 15-40 kPa und Kohäsionen von 6- 14 kPa im Feuchtebereich von pF 1.8 (Lebert und Springob, 1994).

Die lockere Bodenstruktur ist bei der nachfolgenden ackerbaulichen Bewirtschaftung sehr verdichtungsanfällig. Bearbeitungs- und Bestellverfahren müssen daher nach dem Kriterium der geringsten Bodenbelastung ausgewählt werden, um Bodenverdichtungen im Unterbodenbereich zu vermeiden.

Voraussetzungen für eine solche Auswahl sind erstens eine bodenmechanische Analytik zur Erfassung des Spannungseintrages einer Bewirtschaftungsmaßnahme und zweitens eine Methodik, die die mechanische Reaktion des Boden unter Belastung in ein Bruch- und Nicht-Bruchverhalten zu trennen vermag.

Methodik:

1. Ermittlung des Spannungszustandes

Zur Quantifizierung des mechanischen Spannungseintrages in den Boden durch eine Bewirtschaftungsmaßnahme steht die Spannungsmessung mit dem Stress State Transducer (SST) zur Verfügung. Dieser von Nichols et al. (1987) in Auburn, Alabama, USA, entwickelte Sensor ermöglicht die Ermittlung der 3 Hauptspannungen (σ_1 , σ_2 , σ_3) in einem Raumelement während einer Befahrungssituation. Als Maß für die Scherbeanspruchung kann aus den Hauptspannungen die oktaedrische Scherspannung (OCTSS) berechnet werden:

$$\text{OCTSS (kPa)} = \sqrt{\frac{2}{3} ((\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) - 3 (\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_1\sigma_3))}$$

Als Maß für die Normalspannungsbelastung ergibt sich eine mittlere Normalspannung (MNS):

$$\text{MNS (kPa)} = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$$

⁺) Inst. f. Pflanzenern. u. Bodenk., Olshausenstr. 40, 24118 Kiel

2. Ermittlung des Bruchverhaltens

Eine Methodik zur Trennung der mechanischen Bodenreaktion in ein Bruch- und Nicht-Bruchverhalten unter Belastung liegt in der Literatur bisher nicht vor. Die Anwendung der Spannungstheorie fester Körper auf das Bruchverhalten des Bodens bietet folgende Lösungsmöglichkeit:

Ermittlung des Bruchverhaltens im SST-Scherspannungsdiagramm

Die mittlere Normalspannung (MNS) wirkt normal zur oktaedrischen Scherspannung (OCTSS) da sie eine richtungsunabhängige Invariante ist. Daher gelten für beide Spannungen die Bruchkriterien der Mohr-Coulomb'schen Bruchbedingung, die durch die Kohäsion (c) und den Reibungswinkel (φ) gegeben sind (Abb. 1).

Liegt die gemessene Spannungscombination von MNS und OCTSS unterhalb der Bruchgeraden, so kommt es durch die Belastung nicht zum Scherbruch und das Gefüge bleibt stabil. Liegt die Kombination auf oder oberhalb der Bruchgeraden, so erfolgt der Scherbruch und die Gefügeeigenschaften verändern sich. Spannungscombinationen, die oberhalb der Bruchgeraden liegen, können im ungestörten Bodenverband allerdings nicht vorkommen, da der Boden vorher durch Bruch eine Spannungsentlastung schafft. Das starre Trägerelement des SST bricht jedoch nicht, wodurch es nach erfolgtem Bodenbruch zur Konzentration von Spannungen auf den Sensor kommt. Das Bruchverhalten des Bodens kann also anhand der vier Kenngrößen: c , φ , MNS und OCTSS ermittelt werden.

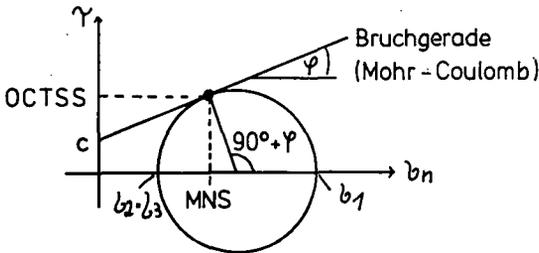


Abb. 1: SST-Scherspannungsdiagramm zur Trennung der mechanischen Bodenreaktion in Bruch - und Nicht-Bruchverhalten als Funktion von Kohäsion (c), Reibungswinkel (φ), mittlerer Normalspannung (MNS) und oktaedrischer Scherspannung (OCTSS).

Ergebnisse:

Die vertikale Spannungskomponente im Boden repräsentiert den Gesamtspannungseintrag während einer Überfahrt.

Abb. 2 zeigt, daß, bei Verwendung des gleichen Schleppers, die schwere, wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug (4 und 5 Schare) deutlich höhere Spannungen in den Boden einträgt als die nicht wendende Bodenbearbeitung mit dem Flügelscharrgrubber (5,60 cm und 3,60 cm Arbeitsbreite). Die Grubberverfahren verursachen ihrerseits einen höheren Spannungseintrag als das Aussaatverfahren (Kreiselege + Sämaschine, 4 m Arbeitsbreite).

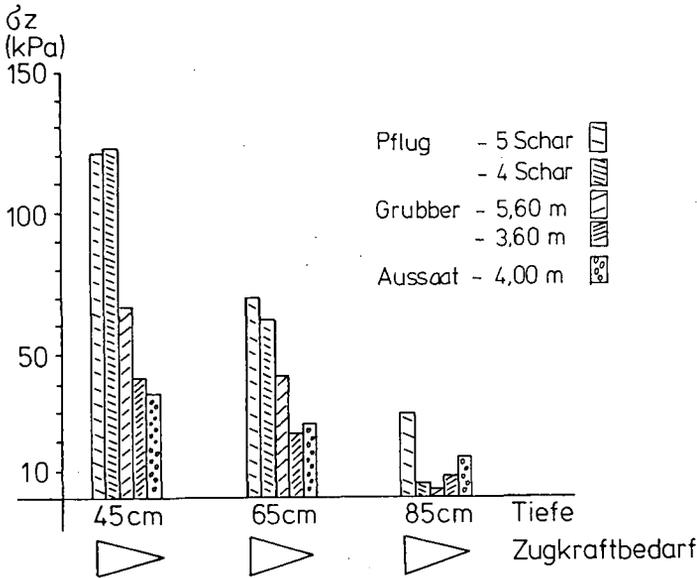


Abb. 2: Vertikaler Spannungseintrag (σ_z) in den frisch planierten Schüttboden durch verschiedene Bearbeitungs- und Bestellverfahren bei Verwendung des gleichen Schleppers (185 PS), Bodenwasser-
spannung: ca pF 2.5.

Auch innerhalb der gleichen Bearbeitungsverfahren zeigt das schwerere Verfahren mit der größeren Arbeitsbreite (5-Schar-Pflug und 5,60 m breiter Grubber) den höheren Spannungseintrag bis in 65 cm Tiefe. In 85 cm Bodentiefe ist keine eindeutige Tendenz mehr festzustellen, da die Spannungen insgesamt klein sind und bodenstrukturbedingte Störgrößen relativ stärker werden. Es läßt sich jedoch die klare Feststellung formulieren, daß der Spannungseintrag in den Boden mit steigendem Zugkraftbedarf bis mindestens in 65 cm Bodentiefe deutlich größer wird.

Die Betrachtung der vertikalen Spannungskomponente beantwortet aber nicht die Frage, ob es im Boden zu Strukturveränderungen kommt. Aufschluß darüber gibt das SST-Scherspannungsdiagramm der entsprechenden Verfahren (Abb. 3).

Die schweren Pflugverfahren zeigen fast ausschließlich Spannungskombinationen aus MNS und OCTSS an, die im Boden zum Bruch führen. Auch bei den Gruberverfahren, die insgesamt zwar geringere Spannungen eintragen, dominieren bruchinduzierende Spannungskombinationen. Lediglich beim Aussaatverfahren liegen etwa 50 % der gemessenen Spannungskombinationen im bruchstabilen Belastungsbereich. Weiterhin ist zu bemerken, daß, je geringer der Zugkraftbedarf ist, desto häufiger kommt es zum Spannungszustand des reinen Schubs. In diesem Fall ist die Bodenfestigkeit nur noch durch die reine Kohäsion bestimmt. Da diese gering ist, kommt es auch bei geringer Zugkraft häufig noch zum Scherbruch.

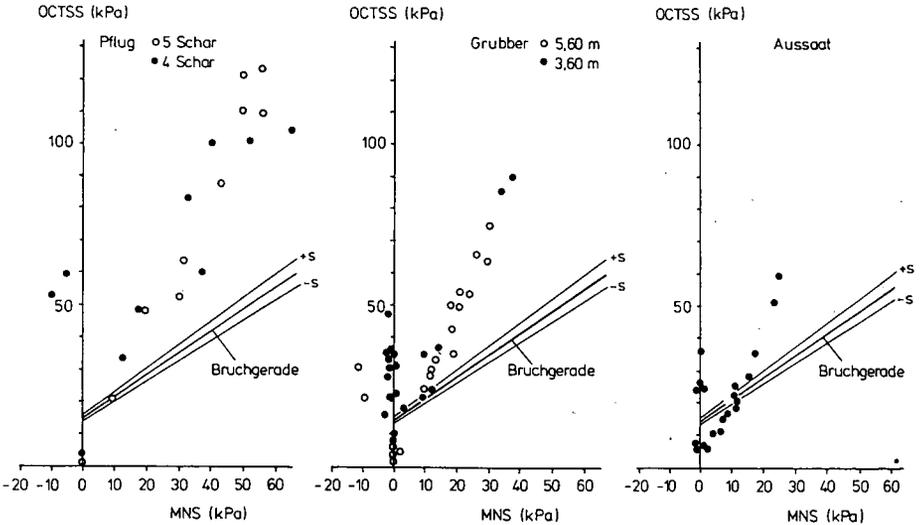


Abb. 3: SST-Scherspannungsdiagramme verschiedener Bearbeitungs- und Bestellverfahren von frisch planierten Schüttböden aus Löß.

Schlußfolgerungen:

Die Ergebnisse der Trennung der mechanischen Bodenreaktion in Bruch- und Nicht-Bruchverhalten mittels des vorgeschlagenen SST-Scherspannungsdiagrammes lassen folgende Schlußfolgerungen zu:

- 1) Schwere Pflugverfahren (4 und 5 Schar) tragen bei jungen Schüttböden, die bodenschonend planiert wurden, Spannungen in den Boden unterhalb der Krume ein, die fast ausschließlich zum Scherbruch und damit zu Bodenstrukturänderungen führen.
- 2) Der Spannungseintrag durch Grubberverfahren ist zwar insgesamt geringer, verursacht aber bei den lockeren Schüttböden ebenfalls überwiegend Scherbruchverhalten.
- 3) Vom Einsatz schwerer Technik auf frisch planierten Schüttböden ist daher abzuraten und der Einsatz von Direktsaatverfahren ist vom bodenmechanischen Standpunkt aus zu empfehlen.
- 4) Erst wenn sich die Kohäsion im Laufe der Jahre durch Prozesse der Bodenbildung erhöht hat, sollte der Einsatz von schwererer Technik erwogen werden.

Literatur:

Lebert, M. und Springob, G. (1994): Zur Rekultivierung von Lößböden (I): Wirkungen verschiedener Planierverfahren auf die Bodenstruktur. Z. Kulturtechnik und Landentw., eingereicht.
Nichols, T.A., Bailey, A.C., Johnson, C.E. und Grisso, R. (1987): A stress state transducer for soil. Trans. ASAE, 30, 1237-1241.

Die Untersuchungen wurden von der Rheinbraun AG, Köln, gefördert.

Bodenwasserregime, Ackerwildpflanzenbestand und Kulturpflanzenenertrag auf einem Auenton-Standort

von

Müller, L. und T. Kalettka

1. Ziel- und Aufgabenstellung

In Niederungen beeinflusst das Grundwasserregime die Standortnutzung und Bodenfunktionen und somit die ökologischen Bedingungen für Kultur- und Wildpflanzen. Für Grünlandstandorte sind vor allem aufgrund der Arbeiten von ELLENBERG u. a., 1991, empirische Beziehungen zwischen Pflanzenarten und Feuchteverhältnissen in Form von pflanzenspezifischen Feuchtezahlen bekannt. Unter den Stichworten Extensivierung und Wiederanhebung der Grundwasserstände sind qualitative und quantitative Beziehungen zwischen Pflanzen und Wasserregime auch für ackerbaulich genutzte Niederungsstandorte von Interesse.

Solche Ergebnisse könnten für Standort- Informationssysteme nützlich sein. Sie könnten als Eingangsgrößen für Flächenmodelle zur Abschätzung der Auswirkungen von Regulierungsmaßnahmen des Wasserregimes auf Wildpflanzenpopulationen und Kulturpflanzenenerträge dienen. Für einen Beispielsstandort soll versucht werden, die Beziehungen zu prüfen.

2. Material und Methode

Die Untersuchungen erfolgen seit 1983 auf einem etwa 10 Hektar großen Praxisschlag. Der im südlichen Oderbruch (Ostbrandenburg) gelegene Auenton-Standort ist grundwasserbeeinflusst und beinhaltet standorttypische, pedohydrologisch unterschiedliche Teilflächen. Es überwiegen tiefgründige Auentone (Tondecke 1,5-3 m), vergesellschaftet kommen Decklehme, Lehmsande und Decktone geringerer, unterschiedlicher Mächtigkeit vor. Unter der Ton- bzw. Lemmdecke stehen pleistozäne Fein- und Mittelsande, in größerer Tiefe (ab ca. 6 m) auch Grobsande und Kiese an. Sie bilden den etwa 10-30 m mächtigen Hauptgrundwasserleiter.

Die klimatische Situation ist durch Niederschläge von 470 mm, eine Durchschnittstemperatur von 8,3° C und ein Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode von 150-200 mm gekennzeichnet.

Es wurden etwa 60 Parzellen von je 150 m² hinsichtlich Substrat, Wasserregime, Wildpflanzenbestand und Kulturpflanzenenertrag ausgegrenzt. Für jede Parzelle wurde mit dem Bohrstock die Mächtigkeit der Ton- bzw. Lehmauflage festgestellt. Das Grundwasserregime wurde etwa wöchentlich erfaßt. Das nutzbare Bodenwasserdargebot im durchwurzelten Bodenraum (Wpfl) wurde nach MÜLLER und TILLE, 1990, kalkuliert.

Die Kulturpflanzenenerträge wurden auf etwa 2 m² großen Parzellen ermittelt. Parallel dazu wurde der Besatz an Wildpflanzen jährlich qualitativ ermittelt und anhand einer 10-stufigen Boniturskala (TGL 21168/11) quantitativ bewertet. Diese Boniturstufen wurden in Deckungsgrade nach BRAUN-BLANQUET (in DIN 19686) umgerechnet. In einzelnen Jahren wurde diese Bewertung durch eine Erfassung der Anzahl und Masse der Wildpflanzen ergänzt. In die nachfolgende Auswertung wurden nur die Jahre, in denen Getreide angebaut wurde, einbezogen.

*Institut für Hydrologie

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V.

15374 Müncheberg, W.- Pieck-Str. 72

3. Ergebnisse

Der Getreideertrag hängt vom durchwurzelbaren Bodenraum ab. Dieser wird bei tiefgründigen Böden durch geringe Grundwasserflurabstände und bei mittel- und flachgründigen Böden durch die Mächtigkeit der bindigen Deckschicht limitiert. Das Bodenwasserangebot (Wpfl) als Summe von Haft- und Grundwasserangebot korreliert mit dem Ertrag.

In getreidebetonter Fruchtfolge treten auf Tonböden vor allem folgende Ackerwildpflanzen auf:

Gemeines Schilfrohr	(<i>Phragmites australis</i>)
Gemeine Quecke	(<i>Agropyron repens</i>)
Wasserknöterich	(<i>Polygonum amphibium</i> var. <i>terrestre</i>)
Stechender Hohlzahn	(<i>Galeopsis tetrahit</i>)

Auf vergesellschafteten Sandböden und und geringmächtigen Lehm Böden dominiert Windhalm (*Apera spica-venti*).

Auf Tonböden war *Agropyron repens* nach dem Anbau von Luzerne - Gras zunächst dominant und nahm dann stark ab. *Phragmites australis* entwickelte sich schnell zur dominanten Art, zeigt hohe Stetigkeit über Fläche und Jahre, sowie weitere Ausbreitungstendenz. *Polygonum amphibium* und *Galeopsis tetrahit* traten in einzelnen Jahren stark auf. Das steht im Zusammenhang mit der artenspezifischen Wirksamkeit von Herbiziden.

Mittels Clusteranalyse wurden 4 Gruppen der Vergesellschaftung der häufigsten Arten ausgeschieden (Tab.1,2).

Tabelle 1: Vergesellschaftung der häufigsten Wildpflanzenarten

Gruppe	Flächenanteil %	Verteilung der Wildpflanzenarten				
		(% Deckungsgrad)				
		<i>Phragmites australis</i>	<i>Agropyron repens</i>	<i>Polygonum amphibium</i>	<i>Galeopsis tetrahit</i>	<i>Apera spica-venti</i>
1	18	19	5	4	2	1
Mittlerer bis hoher Besatz an Wildpflanzen, <i>Phragmites a.</i> dominant						
2	16	13	13	5	2	0
Mittlerer bis hoher Besatz an Wildpflanzen, <i>Phragmites a.</i> und <i>Agropyron r.</i> überwiegend, in einzelnen Jahren hohe Anteile an <i>Polygonum a.</i> und <i>Galeopsis t.</i>						
3	56	2	4	2	2	4
Geringer Besatz an Wildpflanzen, Arten etwa gleichmäßig verteilt vorkommend						
4	10	0	3	2	0	25
Mittlerer bis hoher Besatz an Wildpflanzen, <i>Apera s.</i> dominant, <i>Phragmites a.</i> und <i>Galeopsis t.</i> fehlend						

Tabelle 2: Charakteristik der bodenhydrologischen Verhältnisse, Gruppen nach Tab. 1

Gruppe	Bodenwasserdargebot in durchwurzelter Bodenzone (Wpfl) in mm		Grundwasserflurabstand in m		Relative Position im Mikror relief	Feuchtezahl nach ELLENBERG F
	Kulturpflanzen	Wildpflanzen	März	März bis Juli		
1	148	152	0,89	1,03	-20 cm	8,6
2	139	135	0,73	0,93	-30 cm	8,2
3	151	83	1,16	1,25	+0	6,4
4	96	65	1,22	1,29	-5 cm	5,8

- 1 Tonböden, zeitweilig Staunässe im Oberboden
- 2 Tonböden, zeitweilig Staunässe im Oberboden und an der Bodenoberfläche
- 3 Tonböden, Oberboden weitgehend vernässungsfrei
- 4 Sande und Decklehme, Oberboden weitgehend vernässungsfrei

Auf Tonböden ohne Stau- und Oberflächenvernässung (Gruppe 3) ist der Besatz an Wildpflanzen relativ gering, und die Arten kommen etwa gleichmäßig verteilt vor. Auf Tonböden mit Grundnässe (Gruppe 1) dominiert *Phragmites*, bei zusätzlicher Oberflächenvernässung bzw. Wechselfeuchte des Oberbodens (Gruppe 2) ist *Agropyron* stark vertreten. Auf leichteren, sandunterlagerten Böden (Gruppe 4) dominiert *Apera*. *Phragmites* und *Galeopsis* fehlen dort.

Die aus den Wildpflanzenbeständen abgeleitete "mittlere" Feuchtezahl nach ELLENBERG korreliert auf Tonböden mit dem mittleren Grundwasserflurabstand. Für den Standort ergeben sich Beziehungen zum Bodenwasserdargebot im durchwurzelten Bodenraum, sofern die Durchwurzelungstiefe in Anlehnung an Feldbeobachtungen artenspezifisch differenziert wurde (Abb.1).

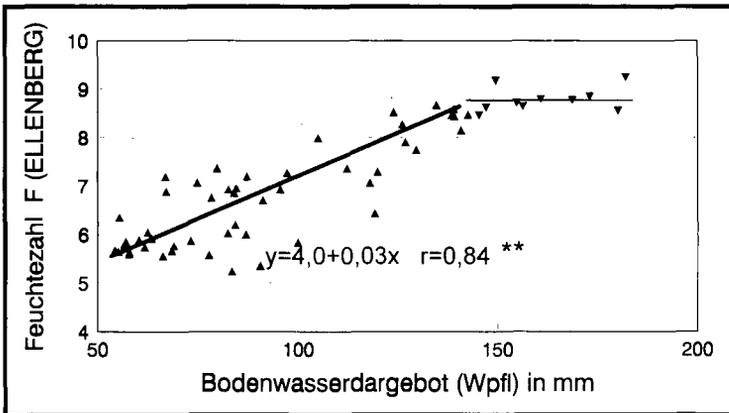


Abb. 1: Beziehung zwischen Bodenwasserdargebot in der durchwurzelten Bodenzone und Feuchtezahl F nach ELLENBERG, Mittel der Jahre 1983 - 1993

Kulturpflanzenertrag und Deckungsgrad der Wildpflanzen sind erwartungsgemäß negativ korreliert, wobei bei geringen Anteilen an Wildpflanzen noch kein Ertragsabfall der Kulturpflanzen erkennbar ist. Die Konkurrenz der Wildpflanzen führt etwa ab Deckungsgrad Stufe 2-3 (Boniturnote <7) zu Ertragsminderungen bei Getreide (Abb.2).

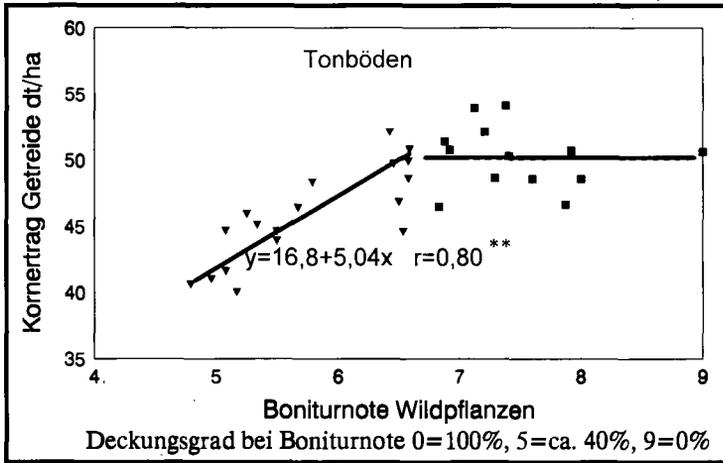


Abb. 2: Beziehung zwischen Wildpflanzen und Getreideertrag, Mittel der Jahre 1983 - 1993

4. Diskussion

Die mitgeteilten Ergebnisse beschrieben qualitative und quantitative Beziehungen zwischen Wasserregime und Ackervegetation (Getreide und Wildpflanzen) standortspezifisch und gelten zunächst für das Bebielsgebiet, den konkreten Sukzessionszeitraum und die selektiven Eingriffe durch Herbizideinsatz.

Verallgemeinerungsfähig dürften die potentielle Standorteignung für *Phragmites australis* und das Auftreten aller beobachteten Wildpflanzenarten bei gleichem oder künftig reduziertem Herbizideinsatz sein. Die Einbeziehung dieser ersten Ergebnisse in ein Vorhaben ähnlicher Erhebungen für weitere Standortgruppen dürfte weiteren Erkenntniszuwachs im Sinne der Aufgabenstellung liefern. Dabei sind noch engere Beziehungen zwischen Bodenwasserregime und Vegetation zu erwarten, wenn neben den betrachteten groben Kennwerten des Grundwasserstandes und des Substrates weitere aus der Grundwasserganglinie ableitbare Kennwerte (SEW-values) berücksichtigt werden.

Literatur

- 1) DIN 19686 :Vegetationskundliche Standortuntersuchung im Landwirtschaftlichen Wasserbau. Methodik. Mai 1987.
- 2) Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulißen, D. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica XVIII, Universität Göttingen, 248 S.
- 3) Müller, L. und P. Tille (1990): Ertrag eines meliorationsbedürftigen heterogenen Alluvialstandortes in Abhängigkeit von Substrat und Wasserregime. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd., Berlin, 34, 2, 103-112

**Auswirkungen extensiver Anbausysteme auf den
Nährstoff- und Wasserhaushalt einer langjährig
landwirtschaftlich genutzten Fläche**

von

Rauch, D. und H. Bohne

Um die Auswirkungen extensiver Landnutzungssysteme auf die Stoffkreisläufe zuvor langjährig konventionell bewirtschafteter Standorte zu untersuchen wurde das Projekt "**Biogeochemical Cycling in Agriforestry Systems**" gegründet. Das Forschungsvorhaben sieht statt einer Stilllegung eine langfristige und extensive Nutzung der Flächen vor.

Folgende Landnutzungssysteme werden in internationalen Feldversuchen (in Schottland, Italien, Irland, Griechenland und Deutschland) auf ihre ökonomischen und ökologischen Auswirkungen untersucht, wobei in einigen Ländern (*Deutschland) nur Teile des Versuchsprogrammes durchgeführt werden:

- ♦ *Anbau von Gehölzen zusammen mit ein- oder mehrjährigen landwirtschaftlichen Kulturen (Untersaaten), ohne Düngung
- ♦ Anbau von Gehölzen und Viehhaltung (mit 160 kg N/ha .a und ohne Düngung)
- ♦ Anbau von Gehölzen zusammen mit landwirtschaftlichen Kulturen und gleichzeitiger Viehhaltung (mit 160 kg N/ha .a und ohne Düngung).

In einem Feldversuch wird untersucht, ob durch den Anbau von landwirtschaftlichen Kulturen und Gehölzen unter extensiver Bewirtschaftung langfristig ein hoher Holzertrag erzielt werden kann. Im Vordergrund der Untersuchungen steht die Charakterisierung der Stoffkreisläufe, der aus der reinen landwirtschaftlichen Nutzung genommenen Flächen und die Auswirkungen der extensiven Bewirtschaftung auf das Wachstum der Gehölze und den Ertrag der Untersaaten. Nährstoffverluste, Beeinträchtigungen der Bodenstruktur und Erosion sollen durch Untersaaten vermindert werden.

2. MATERIAL UND METHODEN

Bei dem Boden handelt es sich um eine Parabraunerde aus Löß über Terrassenkies. Die Bodenart ist ein toniger Schluff. Auf der Fläche wurden zuvor landwirtschaftliche und gemüsebauliche Kulturen angebaut.

Als Versuchspflanzen wurden gewählt *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn), 2 jährige Sämlinge deutscher Herkunft und als Untersaaten *Trifolium rep.* (Weißklee) und *Lolium per.* (Deutsches Weidelgras). Die Pflanzung der Bäume erfolgte im Februar 1992. Die Untersaaten wurden im Mai 1992 ausgesät. Um die Bäume wurde eine Baumscheibe von 1m Durchmesser mechanisch unkrautfreigehalten.

Der Versuch wurde als Blockanlage in 3 Wiederholungen, mit den Versuchsfaktoren Einsaat (Herbizid, Gras und Klee) und Pflanzdichte (0, 800 u. 1600 Bäume/ha) angelegt. Es wurde nicht gedüngt. Die Einsaaten wurden zweimal gemulcht.

⁺Inst. für Obstbau u. Baumschule, Univ. Hannover, Am Steinberg 3, 31157 Sarstedt

Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens wurde in 0-90 cm Tiefe in Teilproben von 30 cm alle 2 Monate untersucht (10g Boden, 50 ml 1M KCl, 1h schütteln).

Die Messung der Wasserspannung erfolgte wöchentlich mit Tensiometern in 10, 20, 60 und 90 cm Tiefe direkt am Baum und zwischen den Reihen. Die Nährstoffzüge durch die Einsaaten wurden monatlich, die der Bäume zum Vegetationsabschluß untersucht.

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Veränderungen des Stickstoffhaushaltes:

Bereits mit Beginn der Nutzungsänderung kam es zu Nitratstickstoffverlagerungen und zu Auswaschungsverlusten aus dem System. Im Frühjahr, als noch keine Untersaaten vorhanden waren, nahmen die N_{min} -Gehalte von März bis Mai um bis zu 15 kg N/ha in 0-60 cm Tiefe ab. Am Aussaattermin im Mai betrug das N_{min} -Angebot in 0-60 cm Tiefe einheitlich 70 kg N/ha. Ab Juli wurden deutliche Unterschiede zwischen den Varianten sichtbar. Die N_{min} -Gehalte wurden stark davon beeinflusst ob bzw. welche Untersaaten vorhanden waren. Bei Herbizidbehandlung nahm der N_{min} -Gehalt von Mai bis September zu. Im Juli und September waren in 0-60 cm Tiefe maximale Gehalte von 80 kg N/ha vorhanden. Im November kam es bei den herbizidbehandelten Flächen zu einem Rückgang des N_{min} -Gehaltes um 30 kg N/ha in 0-60 cm Tiefe. Die Abnahme wurde durch auftretenden Unkrautbewuchs verursacht.

Von Mai bis Juli nahm der N_{min} -Gehalt in 0-60 cm Tiefe um 17 kg bei Graseinsaat und um 10 kg N/ha unter Weißklee ab. In den folgenden Monaten konnte hier ebenfalls ein Rückgang des N_{min} -Gehaltes um 20 kg N/ha festgestellt werden (Abb. 1).

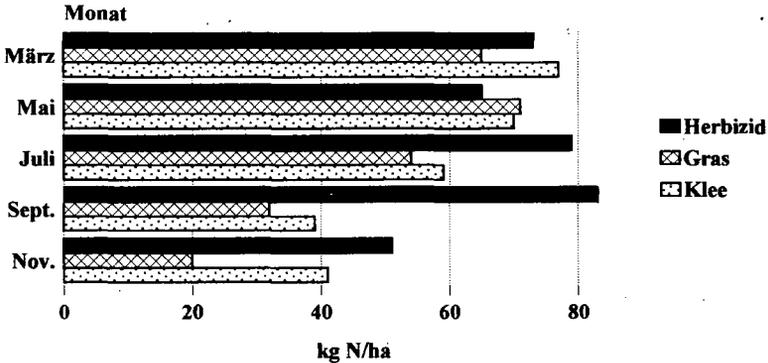


Abb.1: Mineralstickstoffgehalte in 0-60 cm Tiefe von März bis November 1992

Die Abnahme des Stickstoffgehaltes unter Grasbewuchs konnte zum größten Teil auf den Nährstoffentzug durch die oberirdische Pflanzensubstanz zurückgeführt werden. In der Pflanzensubstanz der Graseinsaat waren von Juli bis September 20 kg N/ha enthalten. Die oberirdischen Pflanzensubstanz von Weißklee enthielt im Mittel 85 kg N/ha. Diese hohen N-Mengen können nicht nur mit einer Stickstoffaufnahme aus dem Boden erklärt werden, sondern auch mit dem Einfluß der N_2 -Bindung. Von Juli bis November konnte weder bei Gras- noch bei Kleeinsaat eine Erhöhung des Mineralstickstoffgehaltes durch mit dem Schnittgut potentiell zurückgeführter Stickstoffmengen festgestellt

werden. Bedingt durch geringe Niederschlagsmengen und vor dem Hintergrund hoher Lufttemperaturen könnte die Mineralisierung der Pflanzensubstanz gehemmt worden sein.

Während der gesamten Vegetationsperiode konnten bei allen Varianten Stickstoffverlagerungen und Auswaschungsverluste festgestellt werden. Im September betrug der Rückgang des N_{\min} -Gehaltes in 60-90 cm Tiefe bei Herbizidbehandlung sowie bei Gras- und Kleebewuchs bis zu 15 kg N/ha. Im November lagen bei den Varianten "Herbizid" und "Weißklee" in 0-90 cm Tiefe hohe N_{\min} -Restmengen vor (Tab. 2). Hohe Mineralstickstoffgehalte zum Ende der Vegetationsperiode stellen ein Auswaschungspotential dar und können somit zu Belastung von Grund- bzw. Trinkwasser führen. In den Wintermonaten nahm der N_{\min} -Gehalt in 0-90 cm Tiefe bei "Herbizid" um 20 kg N/ha ab, während unter Weißklee eine Zunahme um 20 kg N/ha verzeichnet werden konnte. Eine durch den milden Winter hervorgerufene späte Mineralisation des Schnittgutes könnte zu dem Anstieg des N_{\min} -Gehaltes geführt haben.

Tab. 1: Veränderungen der Mineralstickstoffgehalte (kg N/ha) in 0-90 cm Tiefe von November 1992 bis März 1993.

Tiefe (cm)	Herbizid (Kg N/ha)		Gras (Kg N/ha)		Klee (Kg N/ha)	
	Nov. 92	März 93	Nov. 92	März 93	Nov. 92	März 93
0-30	22	18	12	15	22	34
30-60	29	23	8	11	19	25
60-90	38	27	12	10	24	27
Σ	89	68	32	36	65	86

Nährstoffaufnahme und -gehalte von *Acer pseudoplatanus* im Versuchsjahr 1992:

Anfang Juli zeigten die Bäume in den Grasparrzellen N-Mangelercheinungen. Die Blatt-N-Gehalte betragen 1,78 % in der TrS. Bei einem N-Gehalt von 2% N i. d.TrS. kann eine ausreichende Versorgung der Bäume angenommen werden. Die höchsten Blatt-N- Gehalte wurden mit 2,55 % N in d.TrS. bei der Variante "Herbizid" festgestellt. Die Bäume in den "Klee- und Herbizid"-Parzellen waren ausreichend mit Stickstoff versorgt. Am Ende der Vegetationsperiode hatten die Bäume bei der Herbizidbehandlung mit 33 kg N/ha die höchsten Stickstoffmengen, die Bäume mit Grasuntersaat mit 14 kg N/ha die geringsten Mengen aufgenommen.

Wachstum der Bäume im Verlauf der Vegetationsperiode 1992:

Am Beginn der Vegetationsperiode hatten die Bäume eine Höhe von 110 cm. Im November wiesen die Bäume in den herbizidbehandelten Flächen und in den Flächen mit Weißklee den größten Zuwachs auf. Die Höhe der Bäume betrug im Mittel 167 cm. Die Bäume mit Graseinsaat maßen dagegen nur 150 cm.

Veränderungen der Wasserspannung im Verlauf der Vegetationsperiode 1992:

Sehr hohe Niederschlagsmengen traten am Anfang der Messungen im Mai sowie Mitte August und Ende November auf. Sonst war das Jahresklima z.T. durch anhaltende Trockenheit und hohe Lufttemperaturen geprägt. Vier Wochen nach Etablierung der Einsaaten wurden Unterschiede im Verlauf

der Wasserspannungen zwischen den Varianten deutlich. Die niedrigsten Wasserspannungen wurden während des Meßzeitraumes unter den unkrautfreigehaltenen Flächen gemessen, die höchsten Wasserspannungen unter Weißklee. Nach hohen Niederschlägen von der 3. Augustwoche bis Anfang September betrug die Wasserspannungsunterschiede zwischen "Herbizid" und "Weißklee" ca. 150 hPa in 20 cm Tiefe (Abb. 2). Insgesamt fiel die Veränderung nach Niederschlägen bei Gras- und Kleeinsaat schwächer aus als bei den mit Herbizid behandelten Flächen.

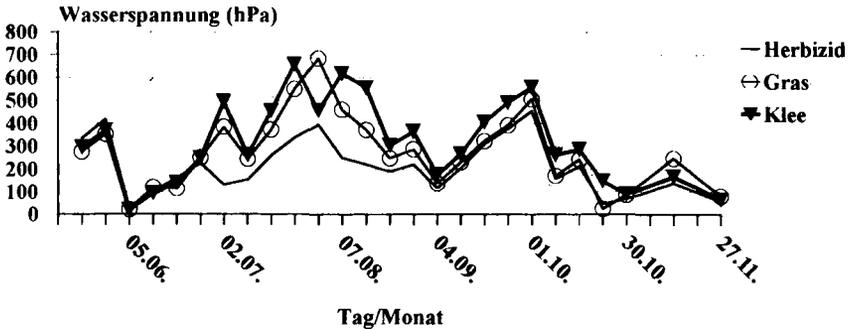


Abb. 2: Wasserspannungen (hPa) in 20 cm Tiefe bei verschiedenen Bodenpflegemaßnahmen von Mai bis November 1992.

Mit zunehmender Tiefe verringern sich die Wasserspannungsunterschiede auf 100 hPa zwischen "Klee" und "Gras" in 60 cm Tiefe, während zwischen "Klee" und "Herbizid" Differenzen von bis zu 300 hPa auftraten. In 90 cm Tiefe beträgt die Differenz der Wasserspannungen zwischen den mit Herbizid behandelten Flächen sowie Gras und Weißklee bis zu 200 hPa.

Im Versuchsjahr konnten keine Unterschiede in der Höhe der Wasserspannungen in der Mitte zwischen den Bäumen und den Wasserspannungen in den unkrautfreigehaltenen Baumscheiben festgestellt werden.

4. ZUSAMMENFASSUNG:

Bedingt durch die Etablierung der Einsaaten traten ab Juli Unterschiede im Mineralstickstoffgehalt des Bodens zwischen den Varianten auf. Während der Mineralstickstoffgehalt bei der Variante "Herbizid" im Juli und September aufgrund der Nachlieferung aus dem Boden ein Maximum hatte, nahm der Stickstoffgehalt bei den anderen Varianten als Folge der N-Aufnahme durch die Untersaaten deutlich ab. Im November lagen bei "Herbizid" und "Weißklee" noch hohe N_{min} -Restmengen vor. Unter Grasbewuchs wurden zum Vegetationsende die niedrigsten N_{min} -Restmengen gefunden. Die Verwendung von Gras führte aufgrund einer starken Nährstoffkonkurrenz gegenüber den Bäumen zu geringerem Höhenwachstum sowie N-Mangelsymptomen. Die Untersaat von Weißklee und Deutschem Weidelgras führte trotz unkrautfreigehaltener Baumscheibe zu einer starken Wasser Konkurrenz gegenüber den Bäumen. In den Baumscheiben wurden ähnliche Wasserspannungen gemessen wie zwischen den Bäumen. Die Wasserspannungen in den mit Herbiziden behandelten Flächen lassen auch in trockenen Sommern bei diesem Standort auf eine ausreichende Wasserversorgung der Bäume schließen. Ob durch dieses Anbausystem in Zukunft Nährstoffverluste vermindert werden können, und wie es sich auf das Wachstum der Kulturen auswirkt, wird weiter untersucht werden.

**Nährstoffeinträge aus diffusen und punktuellen
Quellen unter besonderer Berücksichtigung von
Starkregen in zwei charakteristischen Hess.
Mittelgebirgsbächen**

von

Rode, M.

Bei der Befruchtung von Fließgewässern mit Nährstoffen (P, N) kann zwischen Einträgen aus flächenhafter Nutzung (diffuse Quellen) und siedlungsbürtigen Einleitungen (punktuellen Quellen) unterschieden werden. Die Reduzierung dieser stofflichen Belastung im Hinblick auf gezielte Sanierungsmaßnahmen setzt die genaue Kenntnis der Eintragspfade voraus. Hierzu sind die Beziehungen zwischen den Eintragspfaden und unterschiedlichen Abfluszuständen (Niedrigwasser-, Hochwassersituation) in qualitativer und quantitativer Hinsicht aufzuzeigen.

Material und Methode

An zwei hess. Mittelgebirgsbächen wurden im Untersuchungszeitraum (03.91 - 03.93) sowohl wöchentliche Beprobungen als auch spezielle Hochwasseruntersuchungen mit hoher zeitlicher Auflösung (zweistündliches Beprobungsintervall, diskontinuierliche Mischproben) mittels automatischer Probenehmer durchgeführt (Parameter: o-PO₄, ges.-P, NO₃-N, Chlorid, Kalium, pH, elekt. Leitfähigkeit, Trockensubstanz). Abflußdaten der Untersuchungsgebiete Lumda und Salzböde wurden von der Wasserwirtschaftsverwaltung zur Verfügung gestellt. Beide Bäche münden ca. 8 km nördlich von Gießen in die Lahn wobei die Salzböde aus dem Rheinischen Schiefergebirge entwässert und die Lumda im basaltischen Vogelsberg entspringt. Die Einzugsgebiete unterscheiden sich aufgrund ihrer naturräumlichen Ausstattung insbesondere im Anteil landwirtschaftlich genutzter Flächen (siehe Tab. 1).

Tab.1 : Kennziffern der Untersuchungsgebiete

Einzugsgebiet	Lumda	Salzböde
Fläche (km ²)	129	81
- davon		
Ackerfläche (%)	30	25
Grünland (%)	25	21
Auswaschungshäufigkeit des Wurzelraumes (1/a)	1,1	1,6
Gebietsniederschlag (mm) angeschlossene	232	367
Einwohner	14677	8323

1) Institut für Landeskultur, Senckenbergstr.3, 35390 Gießen

Ergebnisse

Die nach LAMMEL (1990) durchgeführte Frachtenberechnung weist für den Auswaschungsparameter NO_3 für die Salzböde einen im Vergleich zur Lumda um ca. 80% höheren flächenspezifischen Jahresaustrag auf (siehe Tab. 2). Die Auswirkung der unterschiedlichen landwirtschaftlichen Flächenanteile wird durch das wesentlich höhere Nitratverlagerungsrisiko im Einzugsgebiet der Salzböde überprägt. Zudem liegen die auf Gemeindeebene ermittelten Stickstoffbilanzüberschüsse (bezogen auf LN) im Salzbödeinzugsgebiet mit 87 kg/a über denen des Lumdaeinzugsgebietes (76 kg/a). Auch unter Berücksichtigung des um ca. 25% unter dem langjährigen Mittel liegenden Gesamtabflusses sind die N-Austräge als gering einzustufen (vgl. SCHULTE-WÜLWER-LEIDIG, 1985; PETER, 1988).

Tab. 2: Anteil diffuser Stickstoff- und Phosphoreinträge an der Gesamtjahresfracht von Lumda und Salzböde (1992), wöchentliche Beprobung

Einzugsgebiet	Lumda		Salzböde	
	ges.-P (kg/ha)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (kg/ha)	ges.-P (kg/ha)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (kg/ha)
Gesamtfracht	0,52	7,5	0,34	13,8
Abwasserfracht	0,73	3,9	0,24	2,3
Anteil diffuser Quellen	(< 0)	48%	30%	83%

Im Gegensatz zu den N-Frachten werden die Phosphatausträge in beiden Einzugsgebieten wesentlich von den punktuellen Quellen bestimmt. Die im Vergleich zur Salzböde sehr hohe P-Abwasserfracht der Lumda ist auf den wesentlich höheren Anteil an nicht an Kläranlagen angeschlossene Einwohner zurückzuführen. Für die Lumda ergibt sich rein rechnerisch sogar ein negativer Anteil für die diffusen Quellen an der Gesamtjahresfracht (vgl. hierzu auch BACH und FREDE, 1992).

Bei kleinen Hochwässern, die durch sommerliche Starkregen verursacht werden, dominierten im Untersuchungszeitraum die Abflüsse von befestigten Flächen (Straßen- und Wegeflächen, Siedlungsflächen). Hierbei werden die P-Einträge überwiegend von ortho-Phosphat bestimmt, wobei die flächenspezifischen P-Frachten bei vergleichbaren Hochwässern im Lumdaeinzugsgebiet um ca. 100% über denen im Einzugsgebiet der Salzböde lagen. In der Lumda wiesen diese Hochwässer mit nahezu ausschließlichem Abfluß von befestigten Flächen stets ortho-Phosphatkonzentrationen im Direktabfluß zwischen 0,5 und 0,6 mg/l auf. Der Einfluß von Siedlungsabwässern (Regenentlastung der Kanalisation) geht bereits bei mittleren Hochwässern deutlich zurück. Exemplarisch zeigt das Hochwasser der

Lumda vom 13.03.92 den bestimmenden Anteil von partikulär gebundenem Phosphat an der Gesamtphosphatfracht (siehe Abb. 1). Hierbei besteht eine sehr enge Beziehung zwischen dem Schwebstoffgehalt und der part.-P-Konzentration. Die erhöhten ortho-PO₄-Konzentrationen zu Beginn der Abflußwelle sind auf Einleitungen aus der Regenentlastung der Siedlungskanalisation zurückzuführen.

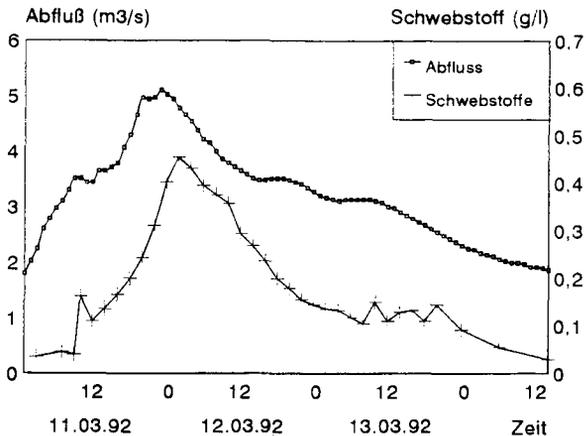


Abb. 1: Schwebstoffkonzentration in der Lumda (Pegel Lollar), Abflußwelle vom 11.- 13.03.1992

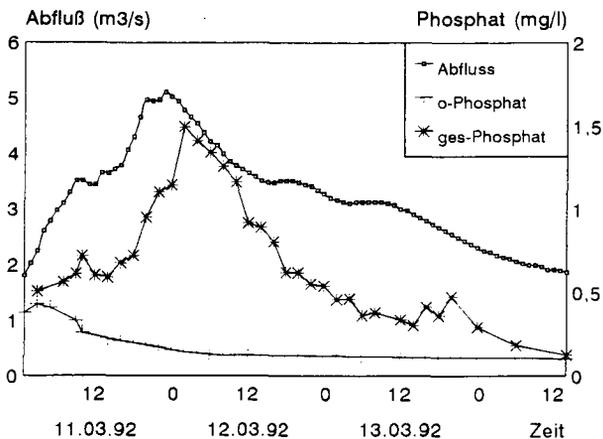


Abb. 2: Phosphatkonzentration in der Lumda (Pegel Lollar), Abflußwelle vom 11.- 13.03.1992

Tab. 3: Vergleich von Jahresfracht (wöchentliche Beprobung) und Hochwasserfracht für das Einzugsgebiet der Lumda (Abflußjahr 1992)

	ortho-PO4	part.-P	ges.-P	NO ₃ -N
Jahresfracht (kg/ha)	0,42	0,10	0,52	7,5
Hochwasserfracht (kg/ha)	0,07	0,10	0,17	1,6
Hochwasserfracht 11.01.93 (kg/ha)	0,05	0,26	0,31	1,3

Für das Jahr 1992 betrug die P-Hochwasserfracht in der Lumda ca. 25 % der gesamten Jahresfracht, wobei zehn Hochwässer berücksichtigt wurden. Extreme Hochwasserereignisse wie das vom 11.01.93 (15-jährliche Wiederkehr) können auch in stark mit Siedlungsabwässern belasteten Fließgewässern bestimmend für den Gesamtphosphoraustrag eines Jahres sein (siehe Tab. 3).

Zusammenfassung

Mit Hilfe intensiver Gewässergütemessungen an zwei hessischen Mittelgebirgseinzugsgebieten kann der dominierende Einfluß von Siedlungsabwässern bei der Phosphorbefrachtung bei niedrigen und mittleren Abflüssen aufgezeigt werden. Dies trifft auch für kleinere Hochwässer mit überwiegendem Abfluß von befestigten Flächen zu. Bereits bei mittleren Hochwässern kommt den punktuellen Einleitungen in den untersuchten Gewässern nur eine untergeordnete Bedeutung bei der Gesamtphosphorbefrachtung zu.

Literatur

- BACH, M. und H.G. FREDE, 1992: Flächenbezogene Nutzungen incl. Freizeitnutzung. In: Modellhafte Erarbeitung eines ökologisch begründeten Sanierungskonzeptes für kleine Fließgewässer, am Beispiel der Lahn 2. Zwischenbericht, Gesamthochschule Kassel (HRSG), 201-211.
- LAMMEL, J., 1990: Der Nährstoffaustrag aus Agrarökosystemen durch Vorfluter und Dräne unter besonderer Berücksichtigung der Bewirtschaftungsintensität. Dissertation, Gießen.
- PETER, M., 1988: Zum Einfluß der Abflußkomponenten Q_0 , Q_J und Q_G auf den Stofftransport von Wasserläufen aus Einzugsgebieten verschiedener Bodennutzung in Mittelgebirgen mit speziellen hydromorphologischen Verhältnissen. Dissertation, Gießen.
- SCHULTE-WÜLWER-LEIDIG, A. 1985: Der Einfluß unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bodennutzung auf die Stofffrachten kleiner Wasserläufe der Wahnbachtalsperrenregion - Unter Berücksichtigung differenzierender vegetationskundlicher Verhältnisse in den untersuchten Einzugsgebieten. Dissertation, Gießen.

**Ursachen der unterschiedlichen Verschlammungs-
anfälligkeit und Erodierbarkeit von schluffigen und
sandigen Böden**

von

Roth, C.H. und D. v. Daacke

Einleitung

Die Aufprallenergie der Regentropfen führt in der Regel zur Zerstörung von Aggregaten. Die dabei freigesetzten Primärpartikel bzw. Mikroaggregate werden durch den Regentropfenaufprall an der Bodenoberfläche zu einer oft wenige Millimeter mächtigen Schicht eingeregelt, die durch eine stark verminderte Porosität und Wasserleitfähigkeit gekennzeichnet ist. Dieser als Oberflächenverschlammung bezeichnete Prozeß führt zu einer starken Herabsetzung der Infiltration, was als eine der Ursachen der Abflußbildung auf ackerbaulich genutzten Standorten anzusehen ist.

Die Verschlammung der Bodenoberfläche durch Niederschläge spielt somit eine bedeutende Rolle für die Auslösung von Oberflächenabfluß und Bodenabtrag im Bereich zwischen den Fahrspuren ("interrill erosion" oder Flächenerosion).

Lößböden und Böden aus sandig-lehmigen bis lehmig-sandigen pleistozänen Sedimenten unterscheiden sich zwar nicht grundsätzlich hinsichtlich ihrer Neigung zur Oberflächenverschlammung. Im einzelnen können die Mechanismen des Aggregatzerfalls und der Verschlammungsdynamik sich jedoch unterscheiden. So stellt sich bei der Beurteilung der Verschlammungsanfälligkeit - und damit der Erodierbarkeit - die Frage nach der Bedeutung der Aggregatstabilität, der Größe der Zerfallspartikel und nach deren Einregelbarkeit. Betrachtet man die Angaben von Frielinghaus (1988) und Roth (1992), gibt es darüberhinaus Hinweise auf eine größere Erosionsanfälligkeit der Böden aus pleistozänen Sanden im Vergleich zu Lößböden.

Ziel dieser Arbeit war es, die Bedeutung der unterschiedlichen Bodenart und Aggregation von Lößböden einerseits, und Sand- sowie Lehm Böden andererseits, in Hinblick auf die obengenannten Prozesse zu untersuchen, und eine Beurteilung der einzelnen Teilprozesse vorzunehmen.

Material und Methoden

Material aus dem Ap-Horizont von 8 lehmig-sandigen bis sandig-lehmigen Standorten der nordostdeutschen Grundmoränenlandschaft sowie von 6 Standorten mit lößbürtigen Böden des Harzvorlandes wurde nach der Saatbettbereitung im Frühjahr entnommen, zur Befüllung von Beregnungskästen. Zur Bestimmung der Infiltrations-, Abfluß- und Abtragsparameter wurden auf lufttrockene Bodenoberflächen standardisierte Laborberegnungen durchgeführt (5 % Hangneigung, mittleres Mikorelief, 60 mm Niederschlag mit 30 mm/h Intensität; Roth, 1992). Anschließend erfolgte eine Beregnung von lufttrockenen Aggregaten (8-6,3 und 6,3-4 mm) zur Bestimmung der Beregnungsstabilität. Die Ermittlung der Korngrößenverteilungen wurde nach DIN 19683 durchgeführt, und die Bestimmung der Aggregatgrößenverteilungen nach Aggregatzerfall infolge von Luftsprengung zur Bestimmung der Größe der Zerfallspartikel erfolgte in Anlehnung an Koch (1992).

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß sowohl Lößböden als auch Böden aus pleistozänen Sedimenten sehr stark verschlämmen können. Dabei zeigen die aus den Infiltrationskurven abgeleiteten Kennwerte ($I(1000)$ = Infiltration nach 1000 J/m² Niederschlagsenergie, ca. 40 mm Niederschlag), daß die Lößböden etwas durchlässigere Verschlämmungen bilden ($I(1000)$ im Mittel 13,7 mm/h), während vor allem die sandigen Lehme deutlich niedrigere Infiltrationsraten infolge der Verschlämmung aufweisen ($I(1000)$ im Mittel 3,2 mm/h). Lehmige Sande zeigten $I(1000)$ -Werte in der Größenordnung der Lössen (12-18 mm/h).

Trägt man zur Beurteilung der Erodierbarkeit den kumulierten Abtrag gegen den kumulierten Abfluß ab, so läßt sich aus der Steigung der Abtragskurven (= "spezifische Abtragsrate") ablesen, daß vor allem die sandigen Lehme eine erhöhte Erodierbarkeit aufweisen (ca. 17 g Boden/mm Abfluß). Im Mittel lagen die spezifischen Abtragsraten bei den lehmigen Sanden zwischen 7 und 12g/mm, und waren damit vergleichbar zu den Lössen (6,5 - 16,5 g/mm).

Einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Aggregatstabilität und Verschlämmung sowie Abtragsdynamik läßt sich nicht ohne weiteres her-

stellen. Beiden Gruppen weisen hohe Streuungen der Werte bei insgesamt niedrigen Stabilitäten auf (Mittelwert: IS-sL: 8,4%, sU-uL: 13,9%). Der Vergleich der Korngrößenverteilungen (KGV) mit den Aggregatgrößenverteilungen (AGV) aus dem durch Luftsprengung verursachten Aggregatzerfall zeigt, daß die Lößböden vermehrt Mikroaggregate beim Zerfall bilden. Als Kennwert dient beispielsweise der Quotient $D50_{(AGV)}/D50_{(KGV)}$; bei den Sanden und Lehmen betrug er im Mittel 1,97, bei den Lößböden 9,17.

Von allen erfaßten Körnungs- und Aggregierungsparametern zeigte der nach Bloemen (1980) berechnete f-Index der Korngrößenverteilung die beste Beziehung zu den Infiltrations-, Abfluß- und Abtragsparametern. Die Berechnung erfolgt mittels folgender Gleichung:

$$f = \frac{\sum f_i}{\sum (P_{i+1} - P_i)} \quad ; \quad f_i = \frac{\log (P_{i+1}/P_i)}{\log (S_{i+1}/S_i)} \cdot (P_{i+1} - P_i)$$

wo S_i = Fraktionsgrenzen (μm) und P_i = Anteile an der Fraktion (%).

Mithilfe dieses Indexes lassen sich somit für Böden mit Aggregatstabilitäten <25% und für lufttrockene Bedingungen an der Bodenoberfläche sowohl die Infiltrationsraten (Abb.1) als auch die spezifischen Abtragsraten schätzen (Abb.2). Für letztere muß allerdings zwischen Lößböden und Böden aus pleistozänen Sedimenten unterschieden werden.

Literatur

- Bloemen, G.W., 1980. Calculation of hydraulic conductivities of soils from texture and organic matter content. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd., 143:581-605.
- Frielinghaus, M., 1988. Wissenschaftliche Grundlagen für die Bewertung der Wassererosion auf Jungmoränenstandorten und Vorschläge für die Einordnung des Bodenschutzes. Dissertation B, Akad. Landwirtsch.-Wiss. (DDR), Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit, Müncheberg. 146 S.
- Koch, B., 1992. Luftsprengung als Bestimmungsfaktor von Aggregierung. Diplomarbeit, Inst. f. Ökologie, TU Berlin. 84 S.
- Roth, C.H., 1992. Die Bedeutung der Oberflächenverschlämmung für die Auslösung von Abfluß und Abtrag. Bodenökologie und Bodengeneese, Heft 6. Inst. f. Ökologie, TU Berlin. 179 S.

Verschlämmungskennwert I(1000) (mm/h)

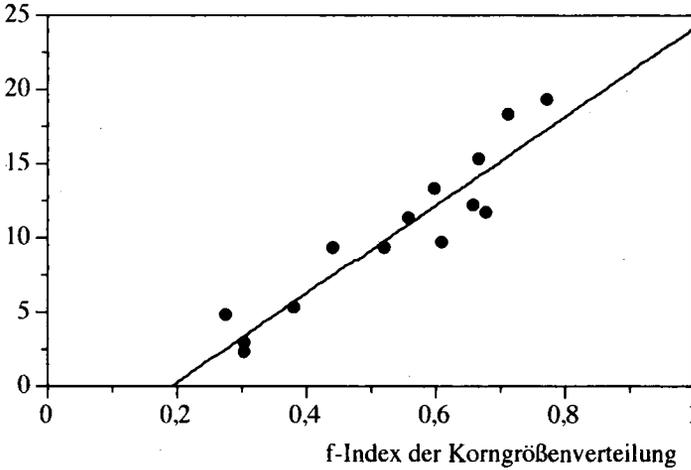


Abb. 1: Beziehung zwischen dem f-Index der Korngrößenverteilung und der Infiltrationsrate nach einer kinetischen Niederschlagsenergie von 1000 J/m^2 ($y = 29,86x - 5,79$; $r = 0,94^{***}$)

Spezifische Abtragsrate (g/mm)

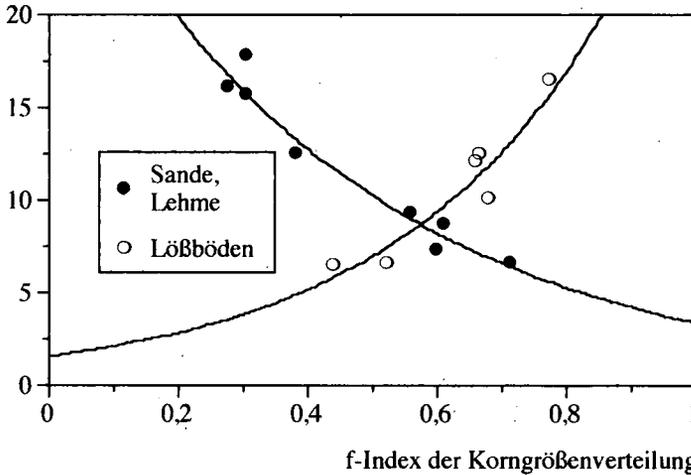


Abb. 2: Beziehung zwischen dem f-Index der Korngrößenverteilung und der spezifischen Abtragsrate. (Sande, Lehme: $y = 30,89\exp(-2,20x)$, $r = 0,99^{***}$; Lößböden: $y = 1,59\exp(2,96x)$, $r = 0,95^{**}$)

**Einfluß der Mikroreliefs und der Bodenfeuchte an
der Oberfläche auf die Infiltration-Abfluß-
Beziehung eines Standortes in Brandenburg**

von

Rudolph, A.¹, N. Fohrer² und K. Helming³

Das Oberflächen-Mikrorelief eines brachliegenden Bodens hat im Hinblick auf die Boden-erosion einen signifikanten Einfluß auf das Verhältnis von Niederschlag zu Infiltration und Oberflächenabfluß. Dies gilt besonders für die Zeit zwischen Saat und Bestandesschluß, wo starke Niederschläge auf den unbedeckten Boden treffen können.

Ziel des vorliegenden Vorhabens ist es, den Einfluß unterschiedlicher Oberflächenausformungen bei verschiedenen Anfangsbodenfeuchten in Bezug auf Abfluß, Abtrag und Splash zu quantifizieren und die Ursachen zu erklären.

Hierzu werden Laboruntersuchungen am Regensimulator an einem erosionsanfälligen sandigen Lehm durchgeführt. Zur Kennzeichnung des Mikroreliefeinflusses wird die Bodenoberfläche mit einem Laserreliefmeter aufgenommen und Mikroreliefindizes berechnet. Oberflächenabfluß, Bodenabtrag und Splash werden erfaßt, Wasserspannung und Wassergehalt werden als Funktion von Zeit und Tiefe mit Mikrotensiometern und TDR-Sonden bestimmt. Intervallberechnungen sollen zur Klärung des Einflusses intermittierender Niederschläge auf die Reliefdynamik beitragen. Die Austrocknungsphasen zwischen den Beregnungen kommen den natürlichen Verhältnissen im Feld nahe.

Die unter reproduzierbaren Bedingungen im Labor ermittelten Aussagen werden durch parallel verlaufende Feldmessungen unterstützt.

Die Untersuchungen zeigen, daß der Oberflächenabfluß mit Abnahme der großen Aggregate an der Bodenoberfläche zunimmt. Gleichzeitig wird die Endinfiltrationsrate früher erreicht, Bodenabtrag und Splash steigen deutlich an.

Die absolute Einebnung des Mikroreliefs ist bei der feinen Reliefausformung jedoch am geringsten, da das Veränderungspotential hier auch am geringsten ist. Lufttrockene Verhältnisse an der Bodenoberfläche haben eine stärkere Einebnung der Fläche zur Folge, wobei die absolute Einebnung der feinen Ausformung auch hier am schwächsten ausgeprägt ist. Bei Feldkapazität wird die Fläche bei allen Varianten deutlich weniger eingeebnet. Dies wird auch durch Splash- und Abtragsmessungen bestätigt. Der Oberflächenabfluß nimmt jedoch zu und die Endinfiltration wird früher erreicht.

Eine Bodenbearbeitung, die die Oberfläche möglichst grobkörnig beläßt, könnte somit Oberflächenabfluß und Bodenabtrag reduzieren.

¹Institut für Landschaftsbau, TU-Berlin

²Institut für Ökologie, TU-Berlin

³ZALF, Müncheberg

Einfluß der Intensität der Landnutzung auf den anorganischen N-Gehalt im Boden und im oberflächennahen Grund- und Oberflächenwasser von flachgründigen Niedermoorstandorten im Drömling

von

Rupp, H.^{*}, R. Meissner^{*}, H. Müller^{**} und F. Braumann^{**}

1.) Einleitung und Zielstellung

Der Drömling ist mit einer Fläche von ca. 25 000 ha das größte zusammenhängende Niedermoorgebiet im Bundesland Sachsen - Anhalt. Mit dem Ziel, gewässerschonende Renaturierungsstrategien für die flachgründigen Niedermoorböden des Drömlings zu entwickeln, werden seit Oktober 1992 in situ Untersuchungen auf Flächenarealen mit unterschiedlicher Nutzungsintensität durchgeführt. Dabei sollten zunächst Stickstoff-(N)-auswaschungsgefährdete Varianten gekennzeichnet und Empfehlungen für begleitende Maßnahmen zur Minimierung des N- Austrages gegeben werden.

2.) Material und Methoden

In das Untersuchungsprogramm sind 15 Standorte einbezogen, die einer differenzierten Landnutzung (intensives Ackerland, Grünland mit hoher Nutzungsintensität, Extensivgrünland sowie Erlbruchwald) unterliegen. Von diesen ausgewählten Meßstellen wurden im Rahmen einer Bodenansprache die für die vorgesehenen Untersuchungen wesentlichen Parameter Substratschichtung und Trockenrohddichte bestimmt.

Das Meßprogramm umfaßt gegenwärtig die im Turnus von 2 bis 4 Wochen durchgeführte Beprobung des Bodens und des oberflächennahen Grundwassers sowie die Analyse auf anorganische Stickstoffverbindungen ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ - im folgenden als Nan bezeichnet). Die Bodenproben wurden entsprechend der Substratschichtung aus der ungesättigten Zone mittels Bohrsonden entnommen. Die Berechnung der Stickstoffgehalte (anorganische N- Gehalte in der ungesättigten Bodenzone je Flächeneinheit) erfolgte bodenschichtenbezogen auf der Grundlage der chemischen Analysenergebnisse und unter Berücksichtigung der jeweiligen Trockenrohddichten. Die Gewinnung der Grund- und Oberflächenwasserproben wurde mit einem speziellen Vakuumschöpfgerät vorgenommen. Parallel zu den durchgeführten Beprobungen wurden die Grundwasserstände jeder Meßstelle (anfängs nach Auspegelung im Bohrloch, seit März 1993 in stationären Pegelrohren) erfaßt.

^{*}) GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Institut für Gewässerforschung Magdeburg, Heydeckstr. 9, D - 39104 Magdeburg

^{**}) Naturparkverwaltung Drömling im Ministerium für Umwelt- und Naturschutz des Landes Sachsen- Anhalt, Kämkerhorst, D - 39359 Mannhausen

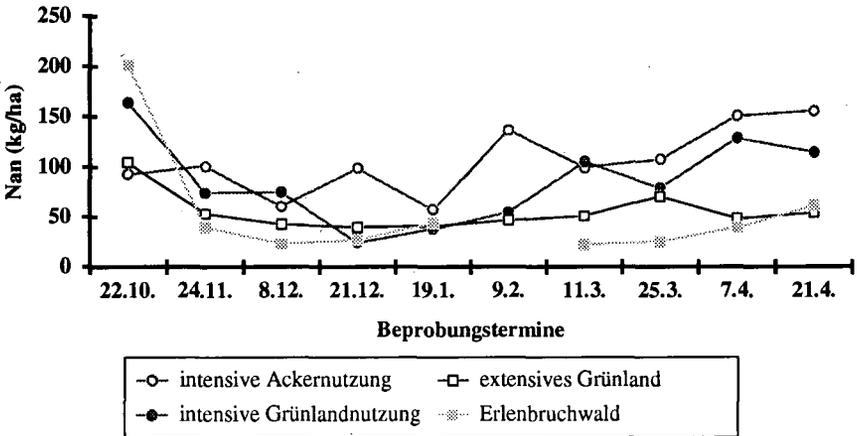
Das dieser Arbeit zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt- und Naturschutz des Landes Sachsen- Anhalt gefördert.

Die für den Zeitraum Oktober 1992 bis April 1993 vorliegenden Meßreihen über die anorganischen N- Gehalte in den Böden und in den Wasserproben wurden mit Hilfe statistischer Methoden ausgewertet. Die Ermittlung der zeitlichen Abhängigkeiten zwischen den Nan- Gehalten des Bodens und den Nan- Konzentrationen des oberflächennahen Grund- und Oberflächenwassers erfolgte durch Anwendung des Verfahrens der Kreuzkorrelation.

3.) Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Nan-Boden-Untersuchungen (Abb. 1) wiesen deutliche Differenzierungen zwischen den Landnutzungssystemen auf. Die Meßstellen mit intensiver Ackernutzung (Mineralböden) waren mit Bodengehalten, die häufig über 100 kg Nan/ha lagen, durch das höchste Nan-Niveau gekennzeichnet. Ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen dem Grundwasserstand und den Nan- Gehalten des Bodens konnte auf diesen Standorten nicht nachgewiesen werden. Die Anwendung der Kreuzkorrelation erbrachte bei Korrelationskoeffizienten (r) von 0,46 bis 0,66 und einer zeitlichen Verschiebung von 2 - 3 Wochen eine Beziehung zwischen dem Nan-Gehalt des Bodens und der Nan- Konzentration des oberflächennahen Grundwassers. Zwischen den Nan- Gehalten des Bodens und den Nan- Konzentrationen des Oberflächenwassers ($r \leq 0,44$; zeitliche Verschiebung von 4 bis 5 Wochen) war nur ein mäßiger Zusammenhang belegbar. Die im oberflächennahen Grundwasser gemessenen Konzentrationsspitzenwerte von 200 bzw. 166 mg NO_3/l wiesen auf Stickstoffverlagerungen hin.

Abb 1. Vergleich der Nan- Bodengehalte bei verschiedenen Intensitätsstufen der Landnutzung (Meßzeitraum : Oktober 1992 bis April 1993)

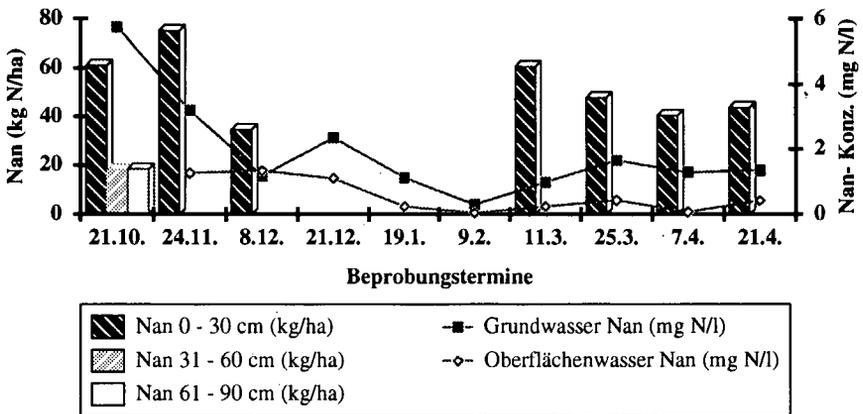


Ebenfalls als erhöht mußten die Nan- Gehalte des Niedermoorbodens bei intensiver Grünlandnutzung eingeschätzt werden. Dabei war der relativ hohe Startwert von 164 kg Nan/ha zu Beginn der Untersuchungen auffällig. Im weiteren Verlauf der Meßkampagne kam es in den Monaten Dezember, Januar und Februar zu einem Rückgang der Nan-Gehalte. Im Zusammenhang mit der für

die landbauliche Bewirtschaftung notwendigen Absenkung der Grundwasserstände im Frühjahr sowie der ebenfalls vorgenommenen mineralischen N-Düngung wurde ein Anstieg der im Boden enthaltenen Nan- Menge in den Monaten März und April beobachtet. Im Gegensatz zu den ackerbaulich genutzten Mineralbodenstandorten konnte bei der intensiven Grünlandnutzung auf einem Niedermoorboden ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Grundwasserstand und dem Nan- Gehalt des Bodens nachgewiesen werden ($r = 0,82$). Die Kreuzkorrelation kennzeichnete eine deutliche Beziehung zwischen den Nan- Gehalten des Bodens und den Nan- Konzentrationen des oberflächennahen Grundwassers ($r = 0,56$ bei einer zeitlichen Verschiebung von etwa 6 Wochen). Zwischen den Nan- Konzentrationen des Grund- und Oberflächenwassers bestand nur ein mäßiger Zusammenhang ($r = 0,39 - 0,49$).

Während des bisherigen Untersuchungszeitraumes wurden bei den Varianten mit extensiver Grünlandnutzung meist geringere Nan- Bodengehalte im Vergleich zu den Meßstellen mit intensiver Acker- und Grünlandnutzung festgestellt (vgl. Abb. 1). Die errechneten Korrelationskoeffizienten ($r = 0,5 - 0,7$) bei extensiv genutztem Niedermoorgrünland zeigten eine deutliche Beziehung zwischen dem Nan- Gehalt des Bodens und dem Grundwasserstand (Abb. 2). Die Nan- Gehalte des Bodens wiesen ebenfalls einen deutlichen Zusammenhang mit den Nan- Konzentrationen des oberflächennahen Grundwassers ($r = 0,5 - 0,9$; zeitliche Verschiebung bis zu 2 Wochen) und des Oberflächenwassers ($r = 0,5 - 0,9$; zeitliche Verschiebung bis zu 2 Wochen) auf. Auch konnten signifikante Beziehungen zwischen den Nan- Konzentrationen des oberflächennahen Grund- und Oberflächenwassers belegt werden ($r = 0,7 - 0,9$).

Abb. 2 Gegenüberstellung der Nan- Gehalte im Boden und der Nan- Konzentrationen des Grund- und Oberflächenwassers bei extensiver Grünlandnutzung (Meßzeitraum : Oktober 1992 bis April 1993)



Die Boden- Nan- Gehalte des Erlenbruchwaldes waren durch den zu Beginn der Meßperiode ermittelten hohen Startwert von etwa 200 kg Nan/ha besonders auffällig (vgl. Abb. 1). Im weiteren Verlauf der Untersuchungen wurde jedoch bei dieser Meßstelle das vergleichsweise geringste Ni-

veau der Nan- Gehalte erreicht. Die Beziehungen zwischen den Grundwasserständen und Nan- Gehalten des Bodens waren im Erlenbruchwald als sehr eng ($r = 0,91$) zu charakterisieren. Die Nan- Gehalte des Bodens und die Nan- Konzentrationen des oberflächennahen Grundwassers wiesen bei einer 3 bzw. 6 wöchigen Verschiebung einen deutlichen Zusammenhang auf ($r = 0,51$ bzw. $0,56$). Dagegen konnte mit der Kreuzkorrelation keine Abhängigkeit zwischen dem Nan- Gehalt des Bodens und der Nan- Konzentration des Oberflächenwassers nachgewiesen werden. Die Nan- Konzentrationen des Grund- und Oberflächenwassers waren mit $r = 0,94$ sehr eng korreliert. Dieser weitgehend naturbelassene Standort zeichnete sich aufgrund der symbiotischen N- Bindung durch ein hohes Nan- Niveau bei tiefen Grundwasserständen aus (KREUTZER, 1981). Jedoch kann auch hier eine Verlagerung von N- Verbindungen nicht ausgeschlossen werden. Insgesamt ist festzustellen, daß die Nan- Konzentration des oberflächennahen Grund- und Oberflächenwassers der untersuchten Niedermoorböden eine deutliche bzw. enge Beziehung zu den Nan- Gehalten des Bodens und damit zum Grundwasserstand aufwies. Ansteigende Grundwasserstände führten zu einer Reduzierung des Nan- Gehaltes im Oberboden. Parallel dazu trat während des Untersuchungszeitraumes eine Verbesserung der Grund- und Oberflächenwasserqualität (Reduzierung der NO_3^- - und NH_4^- - Konzentrationen) ein. Die eingeschränkte Mineralisierung bei hohen Grundwasserständen im hydrologischen Winterhalbjahr wird als Ursache hierfür angesehen (SCHEFFER, 1993). Demgegenüber war mit der Absenkung des Grundwasserstandes eine gesteigerte Mineralisierung und damit erhöhte Nan- Freisetzung aus dem organischen Bodensubstrat zu verzeichnen.

4.) Schlußfolgerungen

Die untersuchten Mineralböden mit intensiver Ackernutzung wiesen unter Berücksichtigung der verschiedenen Trockenrohdichten ein höheres Nan- Niveau als die Niedermoorböden (verschiedene Intensitätsstufen der Grünlandbewirtschaftung) auf. Die festgestellten Differenzierungen resultierten aus der differenzierten Bodennutzung (Acker- und Grünland).

Niedermoorböden vermögen große Stickstoffmengen durch Mineralisierung der organischen Bodensubstanz freizusetzen. Die entscheidende Einflußgröße auf den Nan- Gehalt der untersuchten organogenen Böden war der Grundwasserstand.

Die Nan- Konzentration des oberflächennahen Grund- und Oberflächenwassers wurde wesentlich durch die im Niedermoorboden ablaufenden Mineralisierungsprozesse beeinflusst.

Auch auf dem naturbelassenen Erlenbruchwaldstandort ist eine Verlagerung der im Boden enthaltenen Nan- Mengen in Richtung Grund- und Oberflächenwasser wahrscheinlich.

Hohe Grundwasserstände waren gleichermaßen der Moorbodenkonservierung und dem Gewässerschutz dienlich.

Literatur

- KREUTZER : Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse aus experimentellen Felduntersuchungen über den Einfluß von sauren Niederschlägen und Kalkung. - In : Forstwirtschaftliches Centralblatt, 105 (1986). - 371 - 379.
- SCHEFFER, B. : Mineralisierung in Mooren in Abhängigkeit von Grundwasserabsenkungen. - In : DVWK Seminare zur Berufsbildung "Grundwasser und Feuchtgebiete", Juni 1993, - 1 - 11.

Eine Gefahrenstufenkarte zur potentiellen
Erosionsgefährdung durch Niederschläge in
Deutschland

von

Sauerborn, P.

Als Ergebnis einer synoptischen Zusammenstellung zahlreicher Forschungen zur Regenerosivität in Deutschland (SAUERBORN 1993a) wird eine flächendeckende Gefahrenstufenkarte vorgestellt. Als Niederschlagskennwert findet der R-Faktor der "Universal Soil Loss Equation (USLE)" nach WISCHMEIER/SMITH (1978) Anwendung.

1. Einleitung

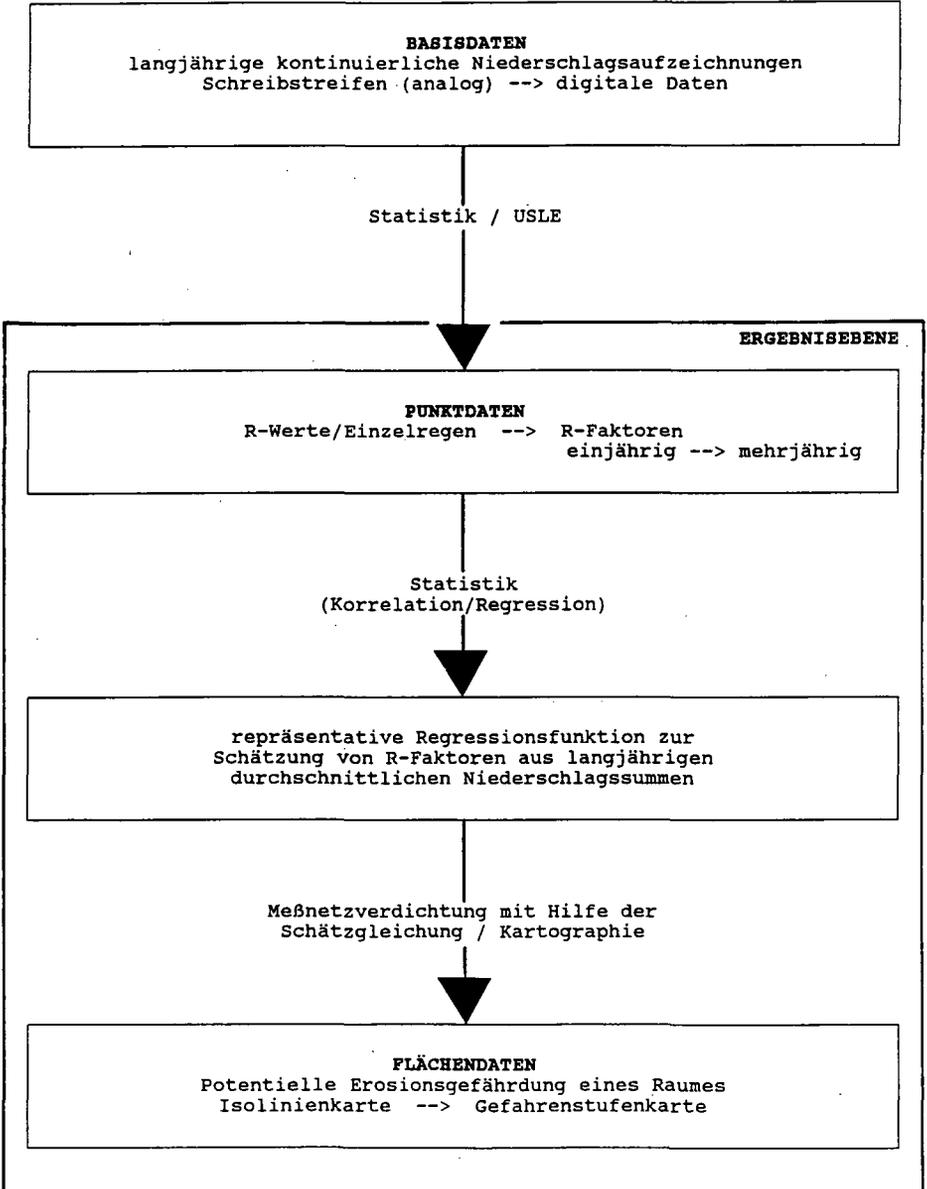
Mit der USLE ist ein Modell vorhanden, mit dem sich die potentielle Erosionsgefährdung durch Niederschläge abschätzen läßt; ein Defizit besteht bis heute in der Ausweisung von Richt- und Grenzwerten. Da ein hoher Informationsbedarf sowie eine Dringlichkeit zum Einleiten bodenschützender Maßnahmen besteht, sollten zunächst Daten zur Bodenbelastung erhoben werden, um so Gefährdungspotentiale abschätzen und Prioritäten im Handeln setzen zu können. Als einzige Variable der USLE, die nicht direkt vom Menschen beeinflusst werden kann, ist der R-Faktor flächendeckend für Deutschland bereitgestellt worden. Die vorgestellte Klasseneinteilung der potentiellen Erosionsgefährdung durch Niederschläge, die eine rein numerische Kategorisierung darstellt, ermöglicht eine Ausweisung von Gebieten unterschiedlicher Gefährdungspotentiale. Die Konzentration vorhandener Kapazitäten von Bodenschutzaktivitäten und Forschungsvorhaben in Vorrang- oder Beispielregionen kann heute weiterführende Ergebnisse für künftige Aktivitäten liefern. Durch eine Verschneidung der vorgestellten Ergebnisse mit flächenhaften Darstellungen weiterer Einflußfaktoren der Erosion, wie z.B. der Erodibilität der Böden, könnte eine direkte Ausweisung extrem gefährdeter Gebiete erfolgen.

2. Grundlagen der Quantifizierung

In der vorgestellten Karte sind die Gefährdungspotentiale der Erosivität der Niederschläge in Deutschland nach Klassen dargestellt. Sie ist das Ergebnis einer synoptischen Zusammenschau zahlreicher deutscher Arbeiten zu diesem Thema (vgl. SAUERBORN 1993a/b). Grundlage der Quantifizierung ist der R-Faktor der "Universal Soil Loss Equation (USLE)" nach WISCHMEIER/SMITH (1978); die vorgestellte Darstellung basiert auf einer Isoerodentkarte von Deutschland, die an Hand von ca. 140 exakt berechneten sowie über 450 geschätzten R-Faktoren erarbeitet worden ist (vgl. SAUERBORN 1993a). Sie ermöglicht eine übersichtliche Abschätzung der Gefährdungspotentiale. Die folgende Abbildung zeigt ein modellhaftes Ablaufschema der Arbeiten zur Erstellung einer Gefahrenstufenkarte der Regenerosivität in Deutschland.

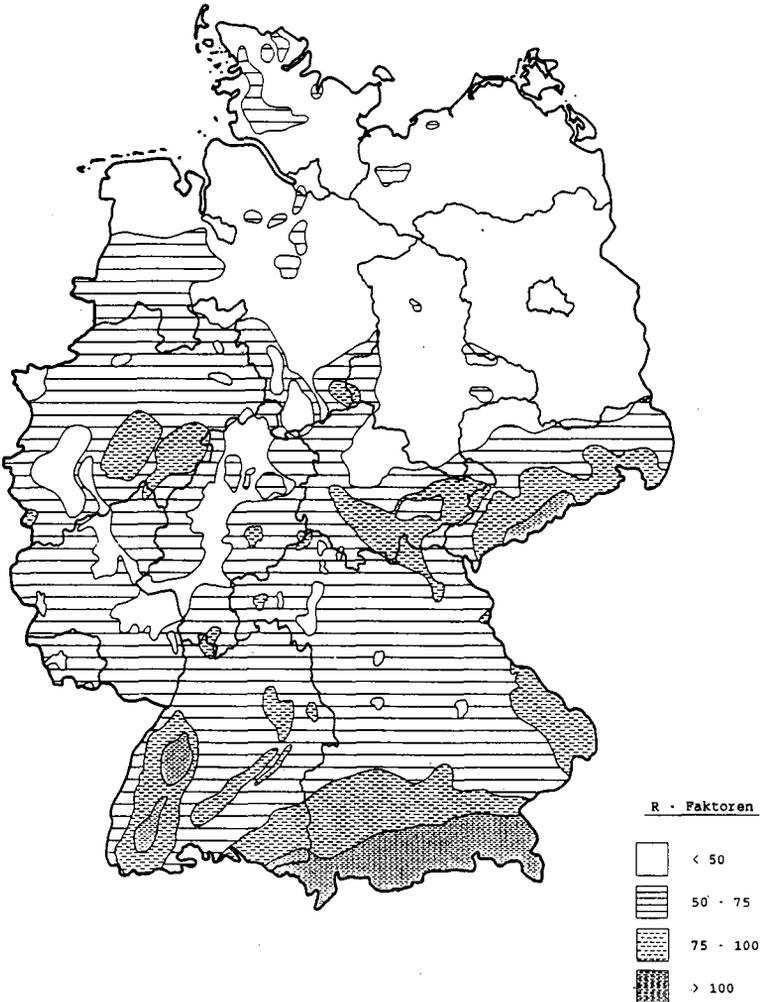
* Geographische Institute der Universität
Meckenheimer Allee 166
53115 Bonn

Abb.1: Bereitstellung von Ergebnissen zur potentiellen Erosionsgefährdung durch Niederschläge auf der Basis von Niederschlagskennwerten (R-Faktoren) der USLE nach WISCHMEIER/SMITH (1978) (eigener Entwurf)



3. Die potentielle Erosionsgefährdung durch Niederschläge in Deutschland

Abb.2: Karte der potentiellen Erosionsgefährdung durch Niederschläge in Deutschland (eigener Entwurf)



Die erarbeitete Gefahrenstufenkarte hat nicht den Anspruch, für jeden beliebigen Punkt die Niederschlagserosivität genau anzugeben; sie soll vielmehr ein Maß für die Größenordnung sein und einen Gesamtüberblick über die Verhältnisse eines Raumes geben. Die Verteilung der R-Faktoren stellt demnach Näherungswerte dar. Detailliertere Angaben zu R-Faktoren sowie Regressionsgleichungen zur Schätzung der Erosionsgefahr für jeden beliebigen Ort in Deutschland, für den die durchschnittlichen Niederschlagssummen bekannt sind, können SAUERBORN (1993a) entnommen werden.

Durch die Einteilung der R-Faktoren in vier Klassen ($R < 50$; $50 < R < 75$; $75 < R < 100$; $R > 100$, in $\text{kJ}/\text{qm}^*\text{mm}/\text{h}$) ergibt sich ein Bild, das im wesentlichen das Großrelief Deutschlands nachzeichnet. Der Norden besteht - abgesehen von einigen "Inseln" in Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Mecklenburg - aus der Klasse mit dem R-Faktor $< 50 \text{ kJ}/\text{qm}^*\text{mm}/\text{h}$. Diese Inseln können offensichtlich nicht aus dem Relief hergeleitet werden. Es handelt sich vielmehr um punktuell auftretende Erscheinungen, die, trotz der Generalisierung durch die Klasseneinteilung, auf das Vorhandensein einer Niederschlagsstation in diesem Bereich zurückgeführt werden können.

Den größten Flächenanteil nimmt der Bereich zwischen 50 und 75 $\text{kJ}/\text{qm}^*\text{mm}/\text{h}$ ein. Dazu gehören weite Teile in Süddeutschland, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Thüringen.

Daran schließen sich die Regionen an, die durch einen R-Faktor zwischen 75 und 100 $\text{kJ}/\text{qm}^*\text{mm}/\text{h}$ gekennzeichnet sind. Dies sind im wesentlichen die unteren Höhenlagen der Alpen sowie große Teile des Alpenvorlandes. Darüberhinaus weisen eine Reihe von Mittelgebirgen - wie z.B. Bayerischer Wald, Schwäbische Alb, Rhön und Harz - die gleichen Werte auf.

Die Gebiete mit einem R-Faktor $> 100 \text{ kJ}/\text{qm}^*\text{mm}/\text{h}$ beschränken sich i.d.R. auf den Bereich der Alpen. Hinzu kommen die Hochlagen von Schwarzwald und Thüringer Wald.

Abschließend läßt sich festhalten, daß die R-Faktoren mit der Höhenlage deutlich zunehmen; es ist daher ein genereller Nord-Süd-Anstieg in der Größenordnung der Erosivität ersichtlich, der durch verschiedene Mittelgebirgszüge unterbrochen wird. Eine Zuordnung der R-Faktoren zu bestimmten Höhenstufen ist nicht möglich.

4. Literatur

SAUERBORN, P. (1993a): Die Erosivität der Niederschläge in Deutschland - ein Beitrag zur quantitativen Prognose der Boden-erosion durch Wasser in Mitteleuropa. - Bonner Bodenkundliche Abhandlungen (im Druck)

SAUERBORN, P. (1993b): Probleme räumlicher Bezugsgrößen ökologischen Forschens - dargestellt am Beispiel der Bodenerosion.- In: Schriftenreihe der Gesellschaft für Mensch und Umwelt 1 (im Druck)

WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. (1978): Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning.- U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook 537

**Auswirkung von Gülleinhaltsstoffen und intensiven
Maisfruchtfolgen auf die Erosionsdisposition von
Böden**

von

Schauder, H.

Einleitung

Es wird befürchtet, daß intensiver Maisanbau und Güllewirtschaft zu Gefügeschäden führt, die sich in einer reduzierten Aggregatstabilität und einer erhöhten Bodenerodierbarkeit zeigen. Deshalb wurde in einem Feldversuch auf einer Parabraunerde aus Löß die Wirkung von Gülle, ihrer Inhaltsstoffe, des Maisanteils einer Fruchtfolge, und der Befahrung untersucht.

Methodik

Die Aggregatstabilität wurde durch die Perkolationsmethode von Becher & Kainz (1983) bestimmt. Als Stabilitätsmaß wurde der Faktor k_{Perk} verwendet, der bei einer Infiltrationsgleichung des Hortontyps (Horton, 1939) den Übergang der Anfangsperkolations-rate (F_0) zur Endperkolationsrate (F_c) mit der Zeit (t) beschreibt. Je größer k_{Perk} , desto instabiler sind die Aggregate.

$$F = F_c + (F_0 - F_c) \cdot e^{-k_{\text{Perk}} \cdot t}$$

Die Erodierbarkeit wurde durch Feldberechnungen mit dem Regner nach Kainz & Eicher (Kainz et al., 1991) bestimmt.

Ergebnisse

k_{Perk} wird durch den Faktor pH / C_{org} mit einem Bestimmtheitsmaß von

* Lehrstuhl für Bodenkunde, TU-München-Weihenstephan, 85350 Freising

80 % beschrieben. Ein Einfluß der Austauschbelegung mit einwertigen, stark hydratisierten Kationen konnte nicht nachgewiesen werden. Es wird deshalb vermutet, daß die Stabilität mit sinkendem pH zunimmt, weil der Anteil der Pilzhyphen an der mikrobiellen Biomasse zunimmt. Sie können Aggregate durchdringen und vernetzen (Tippköter, 1989). pH und C_{org} werden weder durch Gülle noch durch einen hohen Maisanteil in der Fruchtfolge wesentlich beeinflusst.

Die gemessenen Bodenabträge werden entscheidend durch die Aggregatstabilität gesteuert. Mit sinkender Stabilität, also steigendem k_{Perk} , nimmt der Bodenabtrag signifikant zu. Da die Aggregatstabilität weder durch Mais noch Gülle beeinflusst wird, ist auch keine veränderte Bodenerodierbarkeit durch Mais oder Gülle nachweisbar. Dagegen nimmt die Erodierbarkeit mit der Befahrung zu.

Literatur

- Becher, H.H.; Kainz, M.; 1983: Auswirkung einer langjährigen Stallmistdüngung auf das Bodengefüge im Lößgebiet bei Straubing. Z. Acker- und Pflanzenbau 152, 152-158.
- Horton, R.E.; 1939: Analysis of runoff-plot experiments with varying infiltration capacity. Trans. Am. Geophys. Union 693-711.
- Kainz, M.; Auerswald, K.; Vöhringer, R.; 1992: Comparison of german and swiss rainfall simulators - utility, labour demands and costs. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 155, 7-11.
- Tippköter, R.; 1989: Aspekte der Aggregation in A_h -Horizonten von Böden mit unterschiedlicher Genese. Habil. Hannover, 151 p.

Das dieser Veröffentlichung zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (FK 0339331b) gefördert.

**Bodeninformationssystem zur flächenhaften
Quantifizierung und Modellierung der Bodenverwehung
in Norddeutschland - Realisation und Auswertungs-
beispiele**

von

Schmidt, K.

Einleitung

Im Rahmen eines BMFT-Verbundvorhabens zur Quantifizierung der Bodenerosion wurde in den letzten drei Jahren ein entsprechendes Fachinformationssystem (BIS) aufgebaut. Im folgenden werden die Inhalte und Strukturen des Systems - am Beispiel des Modellareals Cloppenburg - kurz dargestellt. In diesem südwestlich von Bremen auf der Cloppenburg Geest gelegenen, 6x4 Km großem und eine Intensivmeßfläche des Vorhabens umfassenden Areal sind auf Basis von 6 Blättern der deutschen Grundkarte die relevanten Datenebenen erhoben und für das BIS aufbereitet worden.

Aufbau und Inhalte des BIS

Die im Modellareal Cloppenburg in das Bodeninformationssystem (BIS) aus einer Vielzahl unterschiedlicher Quellen aufgenommenen Daten bilden zum jetzigen Zeitpunkt insgesamt 12 miteinander verschneidbare Informationsschichten, mit deren Hilfe durch geeignete Parametrisierungen die für externe Modellläufe und Untersuchungen benötigten weiteren Boden- und Feldkenngrößen abgeleitet und extrahiert werden können. Die vorhandenen geometrischen Informationen liegen innerhalb des BIS entweder flächenhaft, linienhaft oder punkthaft vor. Im Einzelnen sind folgende Ebenen aufgenommen:

- * flächenhafte Information
 - Topographie der DGK's 1:5.000
 - Landnutzung aus Kartierung 1991
 - Landnutzung aus Satellitendaten (LANDSAT TM) 1990
 - Landnutzung aus Satellitendaten (LANDSAT TM) 1991
 - Schätzungskarten der Reichsbodenschätzung
 - Bodenreflexionswerte (TM) 1990.

- * linienhafte Information
 - Verkehrswege
 - Hecken (Windhindernisse)

- * punkthafte Information
 - Gräblöcher der Reichsbodenschätzung
 - Boden-Probenahmepunkte
 - Digitale Höhendaten

*) Institut für Geographie, Päd. Hochschule Kiel
Olshausenstr. 75 24118 Kiel

Über ein jeweils vorhandenes Schlüsselfeld ist dabei die Verbindung zu dem Datenbänkteil INFO, der die zugehörigen Flächenattribute verwaltet, hergestellt. Jedem in das BIS aufgenommenen geometrischen Element kann somit eine beliebige Menge an Informationen zugeordnet werden.

Aus den sechs betreffenden Blättern der Deutschen Grundkarte 1:5.000 wurden die Elemente Schlagstruktur, Verkehrswege, Wasserflächen und Siedlungen digitalisiert. Sie wurden - ebenso wie alle weiteren Objekte - zu einer Karte zusammengefaßt, es besteht so die Option der Gesamtdarstellung des Untersuchungsraumes mit dem Bezug der flächenstatistischen Aussagen auf das ganze Untersuchungsgebiet.

Daten der Reichsbodenschätzung

Mit dem Ziel der flächenscharfen Erfassung von Bodenparametern sollten die geometrischen und deskriptiven Daten der Reichsbodenschätzung (RBS) in das BIS integriert werden. Diese Daten konnten trotz der in Niedersachsen weit vorangeschrittenen EDV-Aufnahme (NIBIS) für das Modellareal nur in analoger Form beschafft werden und wurden digitalisiert. Die Grablochpunkte wurden ebenfalls mit ihren genauen Koordinaten in Form einer Punktekarte in das BIS übernommen; damit kann die Feldarbeit für vergleichende Wiederbeprobungen durch Ausgabe entsprechender Karten bzw. Koordinatenwerte erleichtert werden.

Die Daten der Feldschätzbücher der Reichsbodenschätzung wurden vom Finanzamt Cloppenburg zur Verfügung gestellt und nach Einarbeitung in deren Systematik von Mitarbeitern des Projektes in eine entsprechend konfigurierte dBase-Datenbank eingegeben. Nach den nötigen Vorverarbeitungsschritten konnten diese Daten mit einem am Ökosystemforschungszentrum der Kieler Universität entwickelten Rechenprogramm nach den Maßgaben des vom NFLB herausgegebenen Übersetzungsschlüssels in die heutige bodenkundliche Nomenklatur übersetzt werden. Für jede Referenzfläche der Bodenschätzung liegen somit 120 aus der Grablochbeschreibung übersetzte Kennwerte vor. Durch die Entwicklung von Programmen mit geeigneten Auswerte- und Abfragealgorithmen zur strukturierten Verarbeitung dieser Datenmenge konnten flächenstatistische Auswertungen und Ergebniskarten der Bodencharakteristika des Modellareals zur Verfügung gestellt werden.

Satellitendaten

Aus beschafften LANDSAT- und SPOT- Satellitendaten wurde eine das Modellareal abdeckende, pixelgenau überlagerte Komposition der betreffenden drei Szenenausschnitte mit einer Pixelgröße von 20x20 m hergestellt; d.h. für jedes Bodenelement dieser Größe liegen alle vorhandenen Spektralinformationen in Form einer 15-kanaligen Matrix (6x LANDSAT '90, 6x LANDSAT '91 und 3x SPOT '91) lagegetreu in einer Datei vor. Dies gestattete eine genauere Klassifikation über 9 Kanäle für das Jahr 1991; auch können explizite Nutzungsänderungen von '90 nach '91 durch die dann auftretende Spektralwertdifferenz mittels Ratiobildungen direkt ausgewiesen werden.

Für beide Jahre wurde eine Klassifikation der Spektraldaten vorgenommen. Dabei konnten die Klassen Wald, Siedlung, Grünland, Wiese, Mais, Raps, Kartoffeln und Getreide unterschieden werden. Zur weiteren Verarbeitung mit den anderen vorhandenen Informationsschichten und zur Kartenausgabe mußten diese mit dem Bildverarbeitungssystem TERRAMAR erarbeiteten und im Rasterformat vorliegenden Daten in das vektororientierte ARC/INFO-BIS transformiert und eine Flächentopologie entsprechend den systeminternen ARC/INFO-Anforderungen aufgebaut werden. Sämtliche Darstellungs- und Verschneidungsoperationen sind nun durchführbar.

Bodenspektralwerte

Es wurde der Versuch unternommen, die innerhalb der Intensivmeßparzelle von anderen Teil-

projekten erarbeiteten Bodenkennwerte mit der spektralen Signatur der entsprechenden Pixel zu korrelieren und weitergehend die zur Erkennung der Bodenerodierbarkeit relevanten Spektralkombinationen zu erarbeiten.

Mit den für das Jahr 1990 zur Verfügung gestellten Bodendaten der Intensivmeßfläche konnte ein Spektralwertschlüssel für eine Grenzwertklassifikation von Bodenspektralwerten erarbeitet werden. Für die Durchführung der Klassifikation wurden die zum Aufnahmezeitpunkt vegetationsfreien (Bodenbedeckung < 10%) Schläge im Modellareal extrahiert und drei Klassen nach dem in der Intensivmeßfläche typisch ausgeprägten spektralstatistischen Muster festgelegt. Alle Bodenelemente wurden in der Klassifikation der ihren Werten entsprechenden Klasse zugewiesen.

Windhindernisse (Hecken)

Die innerhalb des Modellareals vorhandenen Hecken wurden kartiert; das Kartierergebnis digitalisiert. Sämtliche linienhaften Windhindernisse sind auf Basis der einzelnen DGK's nach einem Bewertungsschlüssel aufgenommen und können nach Bedarf mit den Flächendatenebenen (Nutzung, Bodenart,...) zur Erzeugung neuer, den jeweiligen Windschutzeffekt simulierenden Geometrien verschnitten werden. Dazu wird das Linienelement nach aus Modelllaufergebnissen gewonnenen bzw. aus der Literatur bekannten Erfahrungswerten flächig ausgedehnt ("gebuffert"), um eine entsprechende Lee-Wirkung beispielsweise zur Bestimmung der potentiellen Erosionslänge zu simulieren.

Feldlänge

Ein maßgeblicher Faktor für die Erosion durch Wind ist neben den Boden-, Nutzungs- und Klimaparametern die Feldlänge. Somit galt der Ableitung des Parameters "Feldlänge" ein großes Interesse. Mittlerweile stehen Programmroutinen bereit, die eine richtungsabhängige Extraktion dieses Parameters aus den Datenbankgeometrien erlauben. Prinzipiell ist die Ermittlung der Feldlänge für alle in der Datenbank enthaltenen Flächengeometrien möglich (Nutzungsschläge, Nutzungsareale, RBS-Flächen, Bodenparameter,...); für einen exemplarischen ersten Progammlauf wurden die sich aus der Kartierung 1991 ergebenden Nutzungsflächen gewählt. Gebiete gleicher Nutzung wurden als ein "Feld" betrachtet, mögliche Einflüsse der (nicht erfaßten) Schlagabgrenzung aus der Topographischen Karte vernachlässigt.

Die so erzeugte Geometrie wurde mit Längenvektoren - gerichtet in die Hauptwindrichtungen West-Ost, Nord-Süd, Südwest-Nordost und Nordwest-Südost - überlagert und eine Verschneidung durchgeführt. Das Ergebnis ist eine Längendatei, die alle Längensegmente mit den Informationen Länge und Kennwerte der betreffenden Fläche (Interne Nummer, Größe, Nutzung...) enthält. Nach entsprechender Sortierung kann diese Datei durch eigens entwickelte Auswertalgorithmen zur Zuweisung von mittleren oder - wahlweise - gewichteten etc. Längen an die durchschnittlichen Flächen benutzt werden. Diese Kenngrößen werden für jede Windrichtung berechnet und danach als weitere an die Fläche gebundene Information wieder in das BIS reimplementiert. Durch einen geeigneten Abfragemodus und Klassifizierungsalgorithmen lassen sich Nutzungsflächen - etwa ab einer kritischen Feldlänge, oder zu Längenklassen zusammengefaßt - direkt ausweisen. Innerhalb des Teilprojektes sind dBase-Programmrountinen entwickelt und getestet worden, die eine interaktive Modifizierung der Auswahl- und Zuweisungskriterien bezüglich der Längenberechnung und Klassenzuweisung erlauben und damit eine nutzerorientierte Flächenausweisung bzw. -bewertung erlauben.

Erzeugung von abgeleiteten Daten und Ergebnisdarstellung

Alle in dem BIS enthaltenen Daten können miteinander verknüpft und verarbeitet werden. Dies geht über eine mögliche rein visuelle Überlagerung der in einzelnen Schichten gehaltenen Informationen - Beispielsweise "Nutzung" und "Boden" als Kartenausgabe - weit hinaus: Durch das sog. "Verschneiden" der Informationsschichten entstehen völlig neue Geometrien, die für die dabei gebildeten Flächen auf der Datenbankseite jeweils die Summe der Informationen der verschnittenen Karten enthalten.

Sämtliche angesprochene Datenebenen können sowohl als Kartenplot (Nutzungskarten, Bodenkarten,...) als auch als Datenbankauszug (Flächenstatistiken, Häufigkeits- oder Nutzungsanalysen.....) einzeln oder in beliebiger Verbindung extrahiert und dargestellt werden. Zur Kartenausgabe in den verschiedenen Maßstabsebenen (1:5.000 - DGK bis 1:25.000 - Gesamtareal) wurde eine strukturierte Kartenbibliothek mit den erforderlichen Elementen wie Rahmen, Legenden, Beschriftungen etc. angelegt, die eine sinnvolle, präsentable Darstellung der BIS-Daten und abgeleiteten Ergebnisse erlaubt. Durch dieses "Baukastensystem" ist eine zügige Ausgabe jeder thematischen Kombination der Datenbankinhalte gewährleistet, die je nach dem formulierten Anforderungsprofil dann aus den einzelnen Ebenen des BIS abgefragt und dargestellt wird.

Literatur

AUERSWALD, K. & JUNG, W. (1990): Erstellung hochauflösender Erosionsprognosekarten mit Hilfe der dABAG.-
Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft,
61, 9-12.

BENNE, I. & HEINEKE, H.-J. (1987): Die Übersetzung der Bodenschätzung und ihre digitale Bereitstellung in einem Bodeninformationssystem für den Umwelt- und Bodenschutz.-
Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft,
53, 89-94.

CIERNIEWSKI, J. (1986): Relation between soil moisture tension and spectral reflectance of different soil in visible and near-infrared range.- In: European Space Agency: Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing, 429-432. Noordwijk.

ECKELMANN, W. & MÜLLER, U. (1989): Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS für Auswertungsfragen zum Bodenschutz. I. Das Prinzip.- Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft,
59/II, 873-876.

JÜRGENS, C.; FANDER, M. (1992): Soil Erosion assesment and simulation by means of satelite remote sensing and ancillary digital data.- Geo-Informationssysteme (GIS)
5, H.4.

REICHE, E. W. & SCHLEUSS, U. (1992): Untersuchungen zur Aussagegenauigkeit von Daten der Bodenschätzung anhand der Ergebnisse einer aktuell durchgeführten Bodenkartierung mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS).- Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 67, 249-252.

**Gully-Erosion in Boden-Saprolit-Komplexen auf
Kristallingesteinen in Swaziland (Südliches Afrika)**

von

Scholten, T. und P. Felix-Henningsen

1. Einleitung

Die Einschneidung mächtiger Erosionsgullies infolge von Entwaldung, Überweidung und unangepasster Landnutzung stellt in feuchten subtropischen und tropischen Regionen weltweit ein großes Problem dar. Der resultierende Landverlust und die Off-Site-Schäden durch eine erhöhte Sedimentfracht der Flüsse in Überschwemmungsgebieten und Wasserreservoirien wirken sich sowohl auf den einzelnen Landwirt als auch auf die Volkswirtschaft eines Landes negativ aus.

Das Middleveld, die aufgrund der naturräumlichen Faktoren Klima und Relief am dichtesten besiedelte Region Swazilands, ist extrem stark von Bodenerosion durch Wasser betroffen. Ausgehend von Trittspfaden oder Geländekanten und dem Fehlen einer schützenden Vegetationsdecke sind in verstärktem Maße und ständig zunehmender Zahl in den vergangenen drei Jahrzehnten bis zu 1000 m lange und 15-20 m tiefe Erosionsgullies entstanden. Das Ausmaß der Oberflächenzerschneidung durch Gully-Erosion hat derzeit einen jährlichen Landverlust von 2.000 - 3.000 ha zur Folge (WMS 1992). Die je Gully erodierte Sedimentmenge beläuft sich nach eigenen Messungen in Swaziland auf etwa 5.000 - 30.000 m³. Landesweit fallen hochgerechnet jährlich etwa 10 - 30 Mio. m³ Erosionsmaterial an. Die Gully-Erosion kann hier als sichtbares Kennzeichen einer überlasteten Landschaft infolge starken Bevölkerungswachstums unter Beibehaltung traditioneller Wirtschaftsweisen angesehen werden. Das Ziel der Arbeit ist die bodenphysikalische, -chemische und -mineralogische Untersuchung von Böden und Saproliten hinsichtlich der Bewertung des Erosionsrisikos und der Formulierung geeigneter Vermeidungsstrategien. Nachfolgend werden erste Ergebnisse zur Genese und Erodierbarkeit vorgestellt.

2. Untersuchungsgebiet

Swaziland liegt in der subtropischen Zone des Südlichen Afrikas an der östlichen Abdachung des südafrikanischen Binnenhochlands (Große Randstufe) und dessen Abfall zum Indischen Ozean. Die drei ausgewählten Untersuchungsstandorte befinden sich im Middleveld, zwischen 31° und 31°30' E und 26°15' und 26°45' S. Das Middleveld stellt eine Vorgebirgszone mit welligem Relief und Höhen von 300 - 1.000 m ü.NN dar. Klimatisch ist die Region durch eine ausgeprägte Trockenzeit von April bis September und eine Regenzeit von Oktober bis März mit 910 mm N/a bei 20 °C Jahresmitteltemperatur gekennzeichnet. Der geologische Untergrund wird von 2.500 - 3.500 Mio. Jahre alten archaischen Intrusivgesteinen unterschiedlicher Bildungsbedingungen und metamorpher sowie tektonischer Überprägungen aufgebaut.

¹ Institut für Geographie, Abteilung Landschaftsökologie, Robert-Koch-Str. 26-28, 48149 Münster

3. Verbreitung und Genese der Boden-Saprolit-Komplexe

Die Ausgangsgesteine der Verwitterungsdecke auf den Untersuchungsflächen sind Granit, Granodiorit, Quarz-Diorit und Gabbro. Infolge langandauernder intensiver chemischer Verwitterung wird das Festgestein von einer bis zu 30 m mächtigen Saprolitzone (Zersatzzone) überlagert. Diese Saprolite sind unter feuchttropischen Klimabedingungen bereits in der ausgehenden Kreide und im Alttertiär entstanden und unterlagen im Jungtertiär und Quartär verschiedenen Phasen der Abtragung (FRÄNZLE 1984). Als charakteristische Bodentypen (FAO 1989), der weitgehend waldfreien Grassavanne überwiegen Umbris Ferralsols, Acrisols und Cambisols in Hanglagen und Ebenen sowie Fluvisols in den Tallagen und Leptosols und flachgründige Cambisols auf Kuppen und in steilen Oberhangpositionen. Die mineralogischen und mikromorphologischen Eigenschaften belegen eine polygenetische Entwicklung der Boden-Saprolit-Komplexe (FELIX-HENNINGSEN, SCHOTTE, SCHOLTEN 1993). Eine rezente Saprolitisierung findet unter den gegebenen Klimabedingungen nicht mehr statt. Nach Durchlaufen einer Luvisol-Acrisol-Phase, worauf durch Turbationsprozesse stark verquetschte Tonbeläge im Übergangshorizont zwischen Solum und Saprolit hinweisen, ist die heutige Bodenentwicklung durch Ferralitisierung und Umlagerung von Oberbodenmaterial mit dem Oberflächenabfluß gekennzeichnet.

4. Stabilität und Erodierbarkeit

Die Oberböden aller drei Toposequenzen zeigen eine hohe Stabilität gegen Wassererosion. Generell nimmt sie hangabwärts aufgrund steigender Tongehalte (25-35 % an den Oberhängen, 60 - 75 % an den Unterhängen) zu. Weitere Faktoren, die die Strukturstabilität beeinflussen, sind der Gehalt an organischer Substanz, zementierende Substanzen (z.B. Eisenoxide) und der aggregierende Effekt von Aluminium-Ionen. Der Gehalt an organischer Substanz in den Ah-Horizonten variiert innerhalb der Untersuchungsflächen zwischen 0,8 und 6,0 % und ist in erster Linie mit der Art der Landnutzung und mit dem Grad der Flächenerosion korreliert. Die Gehalte an pedogenem Eisen (2,5 - 10 Gew.-% Fe_d) liegen in den Bodenhorizonten bis zum zwanzigfachen über den Gehalten der Saprolitzonen (0,2 - 2 Gew.-% Fe_d). Die pH-Werte (KCl) sinken von 5,0 - 5,5 in den Saprolitzonen auf 3,5 - 4,5 in den Oberböden. Die damit einhergehende Zunahme der Aluminium-Sättigung des Sorptionskomplexes führt zu einer Gefügestabilisierung durch Mikroaggregation der Feinsubstanz.

Im Gegensatz zu den Horizonten des Solums verfügen die Übergangszonen und die unterlagernden Saprolitzonen über eine nur sehr geringe Strukturstabilität. Massenverluste durch isovolumetrische Verwitterung bis zu 55 % bedingen einen äquivalenten Anstieg der Porosität und damit eine Abnahme der Mineralkontaktflächen. Der Tongehalt aller untersuchten Saprolite beträgt je nach Tiefe bis zu 10 Gew.-%. Zusammen mit dem Fehlen von organischer Substanz und den deutlich geringeren Gehalten an zementierend wirkenden Eisenoxiden und aggregierend wirkenden Aluminium-Ionen resultiert daraus für die Saprolite eine Struktur, die sehr instabil gegen den Abtrag durch Wassererosion ist. Als Summenmaß zur Beschreibung der Kohäsion der Substrate dient die Scherfestigkeit. Mit Werten von 0,1 - 0,3 kg/cm² im Saprolit ist sie um mehr als die Hälfte niedriger als in den Solumhorizonten mit Scherfestigkeiten zwischen 0,5 und 1,0 kg/cm².

Zur Abschätzung des Erosionsrisikos wurde die Erodierbarkeit der Substrate ermittelt, berechnet als K-Faktor nach WISCHMEIER & SMITH (1978). Tab.1 zeigt die über alle

Untersuchungsflächen gemittelten K-Faktoren, untergliedert in verschiedene Bereiche der Verwitterungsdecke. Die in die Berechnung eingehenden Faktoren sind die Korngrößenverteilung, der Gehalt an organischer Substanz, die Aggregatgrößen und die Permeabilität.

Tab. 1: K-Faktoren (WISCHMEIER & SMITH 1978) und Erosionsrisiko (GOLDSMITH 1977) für verschiedene Bereiche der Verwitterungsdecke

Material	K-Faktor	Erosionsrisiko
Oberboden (A-horizon)	0,12 (0,07 - 0,18)	gering
Unterboden (B-horizon)	0,21 (0,11 - 0,33)	mittel
Übergangsbereich	0,53 (0,48 - 0,59)	hoch
Saprolit	0,50 (0,34 - 0,77)	hoch

Die Oberböden zeigen entsprechend ihrer höheren Gehalte an organischer Substanz und Ton eine geringere Erodierbarkeit als die Unterböden. Während die hohen Schwankungsbreiten im Oberboden auf die sehr unterschiedlichen Gehalte an organischer Substanz und die unterschiedliche Textur der Kolluvien zurückzuführen ist, sind die entscheidenden Faktoren im Unterboden die Aggregatstruktur und die Permeabilität. Der Übergangshorizont zwischen Boden und Saprolit zeigt die höchsten K-Faktoren und damit eine relativ hohe Erodierbarkeit. Letzteres gilt ebenso für die Saprolitzonen. Die hohe Spannweite der K-Faktoren liegt hier allerdings in den unterschiedlichen Texturen der Ausgangsgesteine begründet. Durch die verschiedenen Korngrößenzusammensetzungen ergeben sich mittlere K-Faktoren für Saprolite aus Gabbro von 0,56 (0,49 - 0,59), aus Diorit von 0,71 (0,67 - 0,77), aus Quarz-Diorit von 0,39 (0,34 - 0,41) und aus Granodiorit von 0,48 (0,41- 0,64). Zusammengefaßt zeigen die K-Faktoren eine deutliche Zunahme der Erodierbarkeit vom Solum zum Saprolit.

5. **Schlußfolgerungen**

- ▶ In den überweideten Savannen beginnt die Erosion durch Wasser mit der flächenhaften Degradierung der Oberböden durch Oberflächenabfluß. Daraus folgt ein Verlust an organischer Substanz und Nährstoffen, eine Abnahme der Aggregatstabilität sowie die Zunahme der Lagerungsdichte und die Bildung von Krusten durch Verschlämzung an der Oberfläche, was wiederum den Oberflächenabfluß erhöht.

- ▶ Trittpfade von Mensch und Tier, die besonders stark verdichtet, vegetationsfrei und zudem leicht eingetieft sind, stellen den Hauptaussgangspunkt für Rillenerosion dar.
- ▶ Entsprechend der deutlich höheren Stabilität der Oberböden schreitet die Erosion an Orten wo Flächen- und Rillenerosion den Saprolit noch nicht angreifen deutlich langsamer voran. Die Rillen und Gräben weisen eine typische V-Form auf.
- ▶ Bei Erreichen der Übergangsbereiche und der unterlagernden Saprolitzonen geht die Erosion an Unter- und Mittelhängen in eine exzessive, rückschreitende Tiefenerosion mit der Bildung U-förmiger tiefer Erosionsgullies über.
- ▶ Damit stellen die Saprolite eine wesentliche Voraussetzung für die Entstehung tief eingeschnittener Gullies dar, die eine weitere landwirtschaftliche Nutzung dieser Flächen nicht mehr zuläßt.
- ▶ Die Bewertung des Erosionsrisikos muß daher die Genese und die damit einhergehende Stabilität des gesamten Boden-Saprolit-Komplexes berücksichtigen.

Literatur

- FAO (1989): Soil map of the world - revised legend. Reprint of World Soil Resources Report 60, FAO, Rome, 1988. ISRIC, Technical Paper 20. Wageningen.
- FELIX-HENNINGSSEN, P., SCHOTTE, M. und T. SCHOLTEN (1993): Mineralogische Eigenschaften von Boden-Saprolit-Komplexen auf Kristallingesteinen in Swaziland (Südliches Afrika). Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Tagungsband 1993.
- FRÄNZLE, O. (1984): Bodenkunde - Südafrika. Beiheft zu Blatt 4, Serie S, Afrika-Kartenwerk. Gebrüder Bornträger. Berlin und Stuttgart.
- GOLDSMITH, P.F. (1977): A practical guide to the use of the universal soil loss equation, 34 pp. Unpublished BAI Tech Monogr.. In: Landon, J.R. (ed., 1991): Booker tropical soil manual. Longman Scientific & Technical. London.
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. (1978): Predicting rainfall erosion losses. Agricultural Handbook No. 537, United States Department of Agriculture. Washington, D.C.
- WMS (1992): Investigation of the causes and hydrological implications of gully erosion in Swaziland. WMS Associates Ltd., Fredericton, New Brunswick Canada, Ministry of Agriculture and Cooperatives and Ministry of Natural Resources, Land Utilization and Energy, Mbabane, Swaziland.

Nutzungsspezifischer Nitrateintrag in das Grundwasser in einem Wassereinzugsgebiet aus Sandlöß über Geschiebelehm

von

Schültken, H., U. Müller und J. Kues

1 Einleitung

Das Wassereinzugsgebiet (WEG) Schwaförden, in dem überwiegend Bänderparabraunerden und Esche verbreitet sind, liegt im Bereich der Nienburg - Cloppenburger Geest. Das Gebiet ist geprägt durch intensive Ackernutzung in Kombination mit einem hohen Anteil organischer Düngung durch Milchvieh- und Veredlungsbetriebe. In Kooperation mit dem dortigen Wasserversorgungsverband, der mit steigenden NO_3^- -Konzentrationen in den Förderbrunnen konfrontiert ist, führt das Nds. Landesamt für Bodenforschung seit drei Jahren ein Untersuchungsprogramm zum Thema Wasserhaushalt und Stofftransport durch. Einer der Schwerpunkte des Forschungsvorhabens besteht in der Ermittlung der nutzungsspezifischen Grundwasserbelastung mit Nitrat.

2 Methodik

Methodische Vorgehensweise ist in diesem Fall eine Beprobung des oberflächennahen Grundwassers (OGW) mittels einer Saugsonde. Die dreimal pro Jahr durchgeführte Beprobung repräsentativer Bodeneinheiten der jeweiligen Nutzungsform (Acker, Forst, Grünland und Siedlung) liefert wichtige Basisdaten für den nutzungsspezifischen Nitrateintrag in das Grundwasser. Die mittlere Beprobungstiefe liegt bei 4 - 5 m, insgesamt wurden 210 Proben untersucht.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die für die verschiedenen Nutzungsformen ermittelten Nitrateinträge sind in Tab. 1 dargestellt:

Tab. 1: Nutzung, Flächenanteil (Flan), Grundwasserneubildung (GW-Neu) und nutzungsspezifischer Nitrateintrag im WEG Schwaförden

NUTZUNG	FLAN (%)	GW-Neu (mm/a)	NITRAT (mg/l)
Acker	70.0	265	173
Grünland	2.5	235	105
Forst	18.0	170	56
Siedlung	9.5	200	87

Entsprechend ihrem Flächenanteil und der nutzungsspezifischen Grundwasserneubildung läßt sich aus den Nitratgehalten der Ein-

*) Nds. Landesamt für Bodenforschung, Stilleweg 2, 30655 Hannover

zelnutzungen nach einem Ansatz von BÖTTCHER & STREBEL (1985) die mittlere Nitratkonzentration im Grundwasser berechnen. Dieser Gebietswert beträgt für das WEG Schwaförden 142 mg/l.

Die Tatsache, daß das Untersuchungsgebiet hinsichtlich seiner Nitratauswaschungsgefährdung zum überwiegenden Teil als gering bis mittel eingestuft wird (SCHÜLTREN & RAISSI, 1991), legt die Vermutung nahe, daß die dargestellten Ergebnisse in erster Linie eine Konsequenz der intensiven Landbewirtschaftung sind. Die nachfolgenden Ausführungen bieten hierzu einige Anhaltspunkte.

Im überwiegenden Teil des WEG Schwaförden werden seit 1988 Ackererschlagkarteien geführt. Dies ermöglicht die Erstellung von N-Bilanzen für die untersuchten Standorte. Anhand von 3 Beispielen werden N-Überschüsse und N-Defizite für einen Zeitraum von 5 Jahren dargestellt.

Abb. 1: N-Flächenbilanz für verschiedene Ackerstandorte (OGW 6, 2, 13)

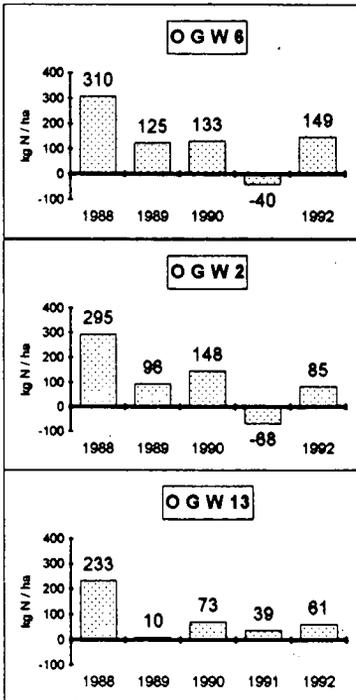


Abb. 1 verdeutlicht, daß, abgesehen von zwei Ausnahmen, auf den drei Standorten z.T. von erheblichen N-Überschüssen auszugehen ist. In den Fällen mit einem Defizit ist infolge starker Sommertrockenheit und damit in Erwartung niedrigerer Erträge auf die Ährengabe verzichtet worden.

Weiterhin erkennbar ist eine Abnahme der N-Überschüsse von OGW-Standort 6 zu OGW-Standort 13. Diese Tendenz spiegelt sich auch in den gemessenen NO_3^- -Konzentrationen im oberflächennahen Grundwasser wider: Aufgrund der 6-maligen Beprobung liegen die mittleren NO_3^- -Konzentrationen bei 185 mg/l (OGW 6), 148 mg/l (OGW 2) und 124 mg/l (OGW 13).

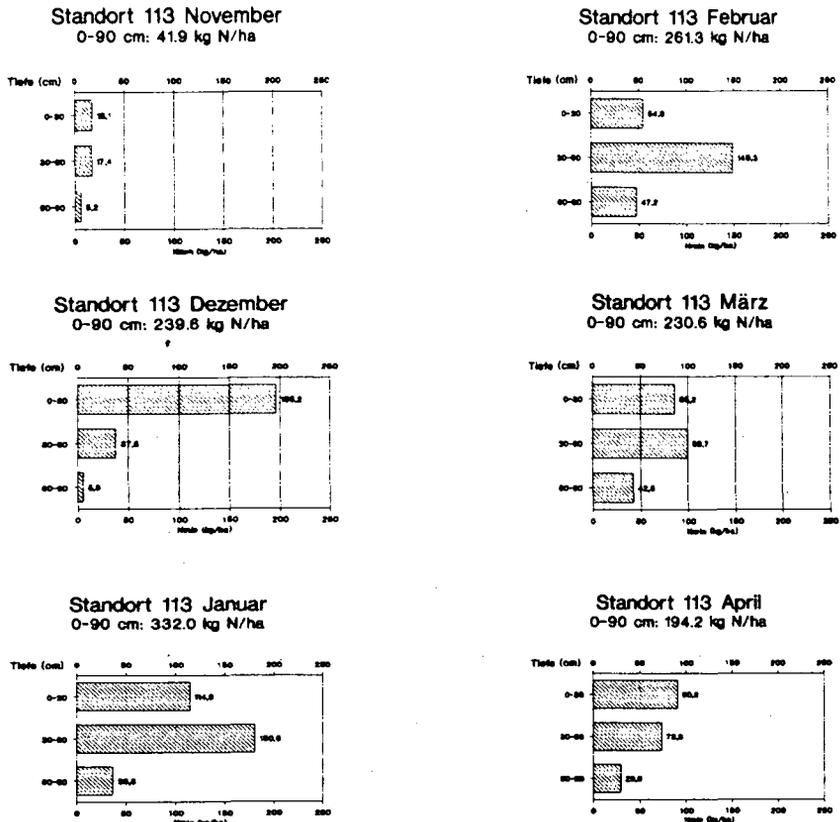
Als Folge eines massiven Grünlandumbruchs zur anschließenden Ackerernutzung haben die noch verbliebenen Grünlandflächen mittlerweile nur noch einen Flächenanteil von 2.5 %. Wenngleich flächenmäßig damit nahezu unbedeutend, so ist der NO_3^- -Eintrag ins Grundwasser doch beträchtlich, wie die gemessenen NO_3^- -Konzentrationen im oberflächennahen Grundwasser von 105 mg NO_3^-/l belegen. Ursache

hierfür ist, wie auch bei der Ackernutzung, eine intensive Bewirtschaftung in Form von Schnitt- und Weidenutzung mit entsprechend hohem Düngungsniveau.

Um die Nitratbelastung im oberflächennahen Grundwasser unter Forst näher zu betrachten werden seit einem Jahr Depositionsmessungen durchgeführt. Für die im Kronentrauf ermittelten NO_3^- - und NH_4^+ -Einträge ergibt sich bei einem Bestandsniederschlag von 408 mm/a ein Gesamt-N-Eintrag von $45 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a}$. Nach dem pflanzlichen Entzug von ca. 10 kg (ULRICH, 1979/80) verbleiben somit $35 \text{ kg N-Überschuß}$, die bei einer Grundwasserneubildung von 170 mm/a zu einer Konzentration im Sickerwasser von $91 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ führen. Die gemessenen NO_3^- -Konzentrationen von $80 - 110 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ unter Forst in 3-4 m Tiefe scheinen diese hohe Sickerwasserfracht zu bestätigen.

Im Siedlungsgebiet Schwaförden wurde von November 1992 bis Mai 1993 eine N_{min} -Beprobung (0 - 90 cm), differenziert nach Rasen und Gemüse, in Hausgärten durchgeführt. Die Ergebnisse für einen Gemüsegarten sind beispielhaft in Abb. 2 zusammengefaßt:

Abb. 2: N_{min} -Gehalte einer Gemüsefläche im WEG Schwaförden



Die gemessenen N_{min}-Werte der Gemüsefläche erreichen, abgesehen vom November (41.9 kg N/ha), ein Niveau von 194 - 332 kg N/ha in 0 - 90 cm Tiefe. Dieser Sachverhalt ist sowohl auf eine intensive Düngung, häufig verbunden mit der Einarbeitung der Gründüngung schon Mitte bis Ende Oktober, als auch auf das hohe Mineralisationspotential dieser Gartenböden mit tiefreichenden Eschhorizonten zurückzuführen. Da über Winter die Gemüseflächen in der Regel ohne Vegetationsdecke verbleiben und somit kein pflanzlicher Entzug stattfindet, unterliegen diese hohen Stickstoffmengen offensichtlich der Auswaschung im Zuge der winterlichen Grundwasserneubildung.

Demgegenüber sind die N_{min}-Werte der untersuchten Rasenflächen für den untersuchten Zeitraum in 0-90 cm Tiefe mit 14 - 24 kg N/ha als vergleichsweise gering zu bezeichnen, sodaß hier nennenswerte N-Verluste nicht zu erwarten sind.

4 Schlußbetrachtung

- Bei den Ackerflächen spiegeln sich die N-Überschüsse je nach deren Höhe im oberflächennahen Grundwasser wider
- Bei den Forstflächen zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen berechneter NO₃-Konzentration im Sickerwasser und gemessener NO₃-Konzentration im oberflächennahen Grundwasser
- Die ermittelten N_{min}-Werte der Rasenflächen im Siedlungsgebiet sind mit 14 - 24 kg N/ha auf einem niedrigen Niveau, daher liegt es nahe, daß die gemessenen NO₃-Konzentrationen im oberflächennahen Grundwasser als Folge hoher Reststickstoffmengen in den Gemüsegärten zu erklären sind

Die Tatsache, daß selbst in Tiefen von 10 - 26 m im Grundwasserleiter NO₃-Konzentrationen von 110 bzw. 58 mg NO₃/l gemessen werden (Grundwassergütemeßnetz), und die Entwicklung der NO₃-Konzentrationen im geförderten Rohwasser, derzeit 17 - 20 mg NO₃/l, steigende Tendenzen aufweisen, läßt mittelfristig deutlich steigende Nitratgehalte im Rohwasser erwarten.

Die vorangegangenen Ausführungen unterstreichen die Notwendigkeit einer grundwasserschonenden Bewirtschaftungsweise i.e. Extensivierung der Landbewirtschaftung, sowohl Acker als auch Grünland, und Flächenumwidmung (Aufforstung), um langfristig die Trinkwasserversorgung in diesem Einzugsgebiet zu gewährleisten.

5 Literatur

- BÖTTCHER J. & STREBEL O., 1985: Die mittlere Nitratkonzentration des Grundwassers in Sandgebieten in Abhängigkeit von der Bodennutzungsverteilung. Wasser und Boden, 37 (8): 383-387.
- SCHÜLTKEN H. & RAISSI F., 1991: Bodenkundliche Untersuchungen zur Beweissicherung und zur Minimierung des Stoffaustrages aus dem durchwurzelten Boden für das Grundwassereinzugsgebiet Schwaförden.
- ULRICH B., 1979/80: Stoffhaushalt von Waldökosystemen. Vorlesungsskript Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Universität Göttingen, Wintersemester 1979/80.

Landschaftsökologische Auswertungen von Flugzeug-scannerdaten des Wasserschutzgebietes Bad Wildungen für ein Informationssystem Bodenschutz

VON

Selige, T.¹, M. Peter¹, P. Reinartz² und T. Vorderbrügge³

Der Boden nimmt mit einer Vielzahl an ökologischen Funktionen eine zentrale Stellung im Naturhaushalt ein. Seine im bisherigen Maße fortgesetzte Belastung und Zerstörung wird eine immer stärker werdende Veränderung und Gefährdung der natürlichen Lebensgrundlagen nach sich ziehen. Einer solchen Entwicklung wird nur entgegenzusteuern sein durch die Einführung eines gesetzlich verankerten Boden- und Ressourcenschutzes, der auf den Prinzipien der Vorsorge und der Nachhaltigkeit beruht (HMLWLPN 1992). Die Umsetzung der damit gestiegenen Anforderungen wird einerseits die Komplexizität von Planungsabläufen und umweltpolitischen Entscheidungsprozessen vergrößern, andererseits sind die zur Verfügung stehenden Mittel immer stärker werdenden Restriktionen unterworfen. Deshalb ist eine verbesserte Nutzung verfügbarer Informationsquellen erforderlich, soll die Qualität umweltrelevanter Entscheidungen nicht hinter den gestiegenen Anforderungen zurückbleiben. Die Einrichtung von Informationssystemen zum Bodenschutz und der Aufbau aktualisierter Datenbanken im Umweltbereich sind Schritte in diese Richtung (BORRIES 1992, SCHALLER 1987). Als Basis für Informationssysteme stehen neben punktuellen fachspezifischen Sachdaten und Kartenwerke auch digitale Fernerkundungsdaten zur Verfügung. Bisher werden diese jedoch nur selten in Informationssystemen genutzt (BACH & MAUSER 1992, HARTMANN & ARNOLD 1991, RASCHKE 1991).

Unter den Aspekten Schutz der mechanischen Filterfunktion (nFK_{Wt}) und Schutz der Bodenfunktion als Pflanzenstandort sollten deshalb in diesem Forschungsprojekt Flugzeugscannerdaten zur Beantwortung von drei Fragen ausgewertet werden (SELIGE 1993):

1. Wie ist die aktuelle Landnutzung im Untersuchungsgebiet ?
2. Wie differenziert kann die Biomassenbildung erfaßt werden (Beispiel Winterweizen) ?
3. Wie differenziert kann das pflanzenverfügbare Bodenwasser und damit das Ertragspotential beurteilt werden (Beispiel Winterweizen) ?

Im Untersuchungsgebiet werden seit einigen Jahren vom Gießener Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung umfangreiche standortkundliche und pflanzenökologische Untersuchungen sowie Kartierungen im Rahmen eines Sanierungskonzeptes zur Verminderung der Nitratbelastung im Grundwasser durchgeführt (PETER & HARRACH 1992, PETER et al. 1990).

Die Fernerkundungsdaten wurden mit einem Flugzeugscanner (AMANN 1986) aufgezeichnet. Bei 1200 m Flughöhe waren zwei Flugstreifen erforderlich, die Daten in 11 Spektralbereichen von 420 nm bis 13 μ m mit einer geometrischen Auflösung der Bildelemente (Pixel) von 3 m lieferten. Die Auswertung der Scannerdaten erfolgte mit dem Bildverarbeitungssystem XDibias des DLR-Institutes für Optoelektronik (MÜLLER et al. 1992).

Begleitend zur Befliegung wurden punktuell terrestrische Referenzdaten zu den Pflanzenbeständen erhoben. Zudem wurde durch eine stichprobenartige Kartierung das Spektrum der Landnutzungen im Untersuchungsgebiet erfaßt. Alle erhobenen Daten werden in einem Geoinformationssystem vorgehalten. Durch die Verfügbarkeit dieser Informationen waren die Voraussetzungen

¹Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, Wiesenstraße 3-5, 35390 Gießen

²Institut für Optoelektronik, DLR-Forschungszentrum Oberpfaffenhofen, Postfach 1116, 82230 Weßling/Obb.

³Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 65193 Wiesbaden

gegeben für dieses Gebiet eine integrierte Auswertung von punktuellen Sachdaten, Kartenwerken und Fernerkundungsdaten vorzunehmen. Für erfolgreiche Auswertungen von Fernerkundungsdaten und deren Einbindung in einem GIS müssen zwei Vorbedingungen erfüllt werden:

System Boden-Pflanze: Fernerkundungsverfahren können nur das von der Oberfläche eines Objektes reflektierte oder emittierte Licht aufzeichnen. In den allermeisten Fällen ist dies eine Vegetationsfläche und nur in wenigen Fällen eine unbewachsene Bodenoberfläche. Deshalb ist es notwendig vor allem die Merkmale von Vegetationsbeständen als Indikatoren für Standorteigenschaften heranzuziehen. Die Kausalzusammenhänge zwischen Boden und Pflanze sind demzufolge für das Anwendungsspektrum von Fernerkundungsdaten von herausragender Bedeutung. Daß Pflanzenbestände tatsächlich gute Bioindikatoren für Bodeneigenschaften sind, ist durch vielfältige und langjährige Untersuchungen belegt (ARKIN & TAYLOR 1981, CARSON 1974, DE WILLINGEN & VAN NOORDWIJK 1987, EHLERS et al. 1981, HARRACH et al. 1987, KUTSCHERA et al. 1992). Dabei wird dem Wasserhaushalt eine besondere Bedeutung beigemessen und dem Pflanzenaufwuchs eine Indikatorfunktion für die nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum (nFK_{Wt}) zugesprochen (HARRACH et al. 1991, KEIL 1991, PETER & HARRACH 1993, SELIGE & VORDERBRÜGGE 1991). In dieser Größe treffen Durchwurzelbarkeit und Wasserspeicherung zusammen. Sie ist deshalb Schnittstelle zwischen Pflanzenwachstum und Bodengüte. Sie ist die zentrale bodenbedingte Regelgröße für das Pflanzenwachstum. Unterschiede in der nFK_{Wt} führen deshalb zu unterschiedlich starkem Pflanzenwachstum, sodaß umgekehrt auch von unterschiedlichem Pflanzenaufwuchs auf Unterschiede in der nFK_{Wt} geschlossen werden kann. Die nFK_{Wt} gibt damit den bodenkundlichen Rahmen der pflanzlichen Entwicklungsmöglichkeiten am Standort vor.

Geometrische Entzerrung: Voraussetzung für die Nutzung von Fernerkundungsdaten in einem GIS ist ihre Überführung in ein geometrisches Bezugssystem. Im vorliegenden Fall wurde die Entzerrung auf der Basis von Paßpunkten realisiert. Mit einem Aufwand von circa 10 Paßpunkten je 100 ha konnte innerhalb des Wasserschutzgebietes eine gute Einpassung in das Gauß-Krüger-Koordinatensystem erreicht werden. Hierbei wurde die Verknüpfung der Rasterdaten mit einer Vektorkarte, hier der Katasterkarte, in einem GIS praktiziert.

Landnutzung: Die mit der geometrischen Entzerrung erhaltene Multispektralkarte wurde nun weiterverwendet, um eine parzellengenaue Karte der aktuellen landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Nutzung zu erarbeiten. Durch geeignete Verknüpfung der Referenzdaten zur Landnutzung und den Spektralkarten läßt sich eine Landnutzungskarte aus den multispektralen Scannerdaten ableiten. Dazu wurde zunächst eine Trennbarkeitsanalyse der Nutzungsklassen durchgeführt, auf deren Basis die Auswahl der Kanäle erfolgte (REINARTZ 1989). Für die sich anschließende Klassifizierung wurde das Maximum-Likelihood-Verfahren angewandt. Damit konnten 25 Nutzungsklassen unterschieden werden. In der Gruppe der vegetationslosen Nutzungen, wie Ziegeldächer, Asphalt, und freie Bodenflächen wurden sehr hohe Trennbarkeitsmaße erzielt. Eine breite Differenzierung im Bereich dieser Klassen war möglich. In der Landnutzungskarte wurden weitere 17 durch die Vegetation geprägte Nutzungen ausgewiesen. Basierend auf den terrestrischen Landnutzungsdaten konnten 94.5 % des Gebietes klassifiziert werden. Die Trennbarkeit der Nutzungen war überwiegend sehr hoch, in den meisten Fällen vollständig. Fehlklassifizierungen traten bei Nutzungen auf, für die keine Referenzdaten vorlagen. Da vor allem im Bereich naturnaher Vegetation keine detaillierten Begleituntersuchungen zur Erfassung der Landnutzung erfolgt waren, ist das Potential des Verfahrens noch nicht vollständig ausgeschöpft. Untersuchungen von KÜBLER & AMMER (1992) zeigen, daß auch im Bereich von naturnahen Biotypen sehr viel weitergehende Klassifizierungen möglich sind.

Biomassenbildung: Als Beispiel für eine quantitative Bestimmung der differenzierten Biomassenbildung wurden die mit Winterweizen bestellten Flächen ausgewählt. Die Klassifizierung erfolgte mittels eines Schwellwertverfahrens. Das Verfahren ist in Abbildung 1 dargestellt. Dafür wurde zunächst eine abgewandelte Berechnung der sogenannten "Normalisierten Differenz" unter Einbeziehung des mittleren Infrarotes durchgeführt und als zusätzlicher, "künstlicher" Kanal (Kanal 12) weiter verwendet. Desweiteren wurden Schwellwerte (Klassengrenzen) der Biomassenklassen festgelegt und dann mittels der Regressionsfunktion auf die Spektralwerte übertragen. Die Funktion

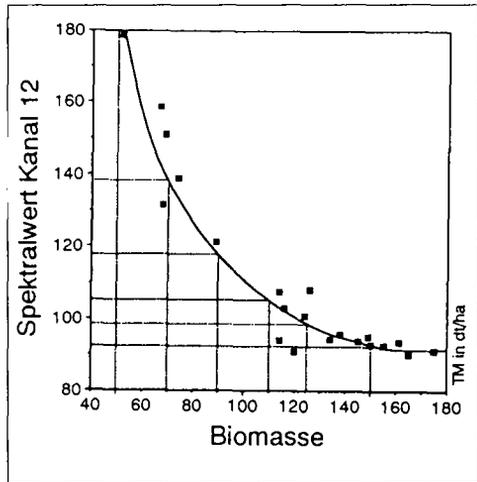


Abbildung 1: Das Auswertungsmodell zur Schwellwertklassifizierung der Biomasse

$Y_{\text{Spektralwert}} = f(X_{\text{Biomasse}})$ diente somit als Eichfunktion mit der die Spektralklassen gebildet und den Biomassenklassen zugeordnet wurden. Bei dem Verfahren ist sicherzustellen, daß die gewählte Klassenbreite statistisch vertretbar ist. Die statistischen Streuungsmaße sind zu berücksichtigen. Entsprechend ist das Verfahren von Umfang und Güte der terrestrischen Referenzdaten abhängig.

Es konnten sieben quantitative Stufen der Biomassenbildung differenziert werden. Die Klassenbreite der Biomasse (Trockenmasse) betrug 20 dt. Das Intervall innerhalb dessen eine Differenzierung der Biomasse möglich war reichte von 50 bis 150 dt.

Nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum: Das pflanzenverfügbare Bodenwasser im Wurzelraum nimmt, wie schon dargelegt, eine wichtige Stellung im Naturhaushalt ein. Seine flächenhafte Erfassung ist von entsprechender Bedeutung für ein Umweltmonitoring.

Zur Quantifizierung der nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum (nFK_{Wt}) wurde eine zusammengesetzte Übertragungsfunktion für die Eichung verwendet, in der sich die Kausalkette $nFK_{Wt} \Rightarrow$ Pflanzenaufwuchs \Rightarrow Spektralwert widerspiegelt. Darin wird die Aufwuchsbonitur als Schätzmethode zur umfassenden Beschreibung und Beurteilung des Zustandes von Pflanzenbeständen eingesetzt. Entsprechend dient die Aufwuchsbonität als Indikator für die nFK_{Wt} und als unabhängige Variable für die Spektralwerte. In Abbildung 2 ist das Verfahren zur Klassifizierung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers dargestellt.

Zunächst wurden die Grenzen der nFK_{Wt} -Klassen festgelegt und dann mittels der Regressionsfunktion auf die Bonität transformiert und von dort auf die Spektralwerte übertragen. Die Funktion $Z_{\text{Spektralwert}} = g(Y_{\text{Bonität}} = f(X_{nFK_{Wt}}))$ diente als Eichfunktion mit der die Spektralklassen gebildet und unter Zwischenschaltung der Bonität den nFK_{Wt} -Klassen zugeordnet wurden. Die im Beispiel der Biomassenbildung gemachten Anmerkungen zur Statistik gelten hier entsprechend.

Die in Winterweizenfeldern deutliche Differenzierung des Pflanzenaufwuchses konnte sowohl flächenhaft erfaßt werden, als auch durch ein multispektrales, auf terrestrischen Referenzdaten aufbauendes Schwellwertverfahren als Differenzierung der nFK_{Wt} gedeutet und quantitativ in fünf Stufen von 50 mm bis 150 mm klassifiziert werden. Standorte mit geringer Biomassenbildung, geringer nFK_{Wt} und demzufolge niedrigem Ertragspotential konnten lagescharf ausgewiesen werden.

Resümee: Die vorgestellten Ergebnisse zeigen, daß mit Flugzeugscannern wesentliche Fragen und Aufgaben des Boden- und Ressourcenschutzes bearbeitet werden können. Das Flugzeug als Aufnahmeplattform ermöglicht dabei eine höchstflexible und anwendungsbezogene Datenakquisition, die in kurzen Zeitabständen und zur optimalen Befliegungszeit erfolgen kann. Denn die Aufzeich-

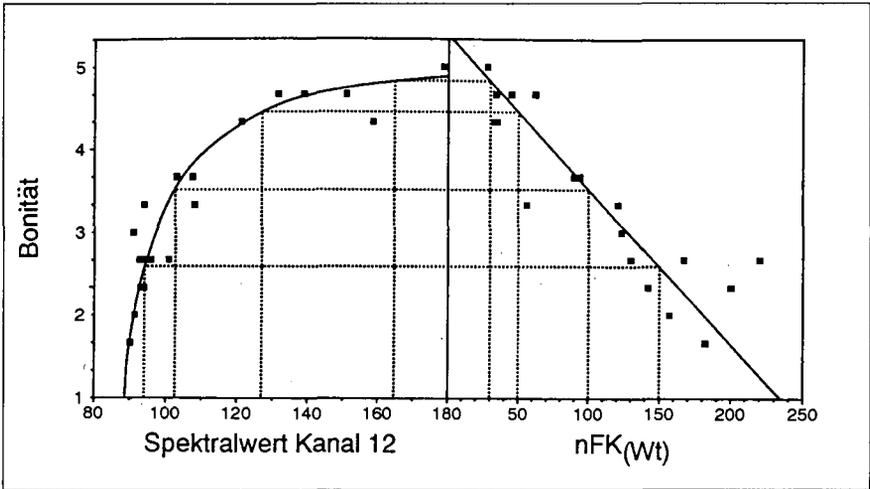


Abbildung 2: Auswertungsmodell zur Schwellwertklassifizierung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers.

nung von Erscheinungen, wie beispielsweise die standortbedingte Abreife von Pflanzenbeständen oder die differenzierte Abtrocknung der Bodenoberfläche ist an enge Zeiträume gebunden.

Die aktuelle Diskussion zum Bodenschutz ist dadurch gekennzeichnet, daß die zu lösenden Probleme vielfältiger werden und die Entscheidungszeiten für die Ergreifung von Maßnahmen immer kürzer werden. Es bedarf zunehmend einer fachübergreifenden Planung, die als Folge davon aber an Komplexizität gewinnt. Die Forderung nach einer neutralen, vom jeweiligen Bearbeiter unabhängigen, fachlichen Bearbeitungsmethodik gewinnt zunehmend an Bedeutung. Zu prüfen ist auch, in wie weit alle existierenden Datengrundlagen der betroffenen Fachdisziplinen in die Planungs- und Kontrollinstrumente des Boden- und Ressourcenschutzes eingebunden werden können. Dabei sollte auch eine Auseinandersetzung mit den Daten der Fernerkundung erfolgen. Denn sie stellt schnell erhebbare und wiederholbare Basisdaten für flächendeckende Aufgaben zur Verfügung, während flächenbezogene Sachdatenerhebungen (Kartierungen) ungleich längere Erhebungszeiträume erfordern. Wenn Fernerkundungsdaten mit punktuellen Sachdaten durch thematische Eichung verknüpft werden können, so lassen sich entsprechende thematische Karten vergleichsweise schnell und mit aktuellem Inhalt erstellen. Die in den letzten Jahren fortgeschrittenen technischen Möglichkeiten der Fernerkundung in Verbindung mit den jetzt im Aufbau befindlichen Informationssystemen Bodenschutz ermöglichen nun Fernerkundungsdaten umfassend und effizient zu nutzen. Der optimale Einsatzbereich der Flugzeugscanner sind lokale und regionale Anwendungen in den Maßstäben 1:50.000 bis 1:2.000. Die digitale, flugzeuggestützte Fernerkundung kann bereits heute im Rahmen eines mittelfristig angelegten regionalen Umweltmonitorings effiziente, flächendifferenzierende, parzellenscharfe und lagetreue Basisdaten für den Boden- und Ressourcenschutz bereitstellen.

Die Literaturliste ist bei den Verfassern erhältlich.

Dieses Forschungsvorhaben wurde im Auftrag des Hess. Landesamtes f. Bodenforschung durchgeführt. Dem Hess. Ministerium für Landwirtschaft sei an dieser Stelle für die Finanzierung der Auswertungsarbeiten gedankt, ebenso dem Inst. f. Optoelektronik der DLR für Durchführung und Finanzierung der Scannerbefliegung sowie die Bereitstellung ihrer Rechenanlagen.

Belastungen von Böden mit As, Pb und PAK in zwei Berliner Bezirken

von

Smattan, U.¹, C. Ehrig² und J. Gerstenberg³

1. Einleitung

Seit zwei Jahren werden von den bezirklichen Umweltämtern in Berlin orientierende Bodenuntersuchungen auf Altlastenverdachtsflächen und auf Flächen mit sensiblen Nutzungen durchgeführt. Mit diesen Untersuchungen soll die aktuelle Schadstoffbelastung erfaßt und hinsichtlich ihrer Wirkungen auf verschiedene Schutzgüter bewertet werden. Schwerpunkt der Untersuchungen sind zur Zeit Spielplätze und Kleingärten.

Ziel unserer Auswertung ist die systematische Erfassung und statistische Berechnung von Gehalten an Schadstoffen im Bauschutt und in humosen Oberböden. Darüber soll zum einen die substratabhängige Belastung mit Schadstoffen und zum anderen die Grundbelastung von Oberböden, die besonders für sensible Nutzungen relevant ist, aufgezeigt werden.

2. Untersuchungsgebiet

Vorge stellt werden die Ergebnisse der Bezirke Wilmersdorf und Steglitz in Berlin, die sowohl die Funktion eines Innenstadtbzirkles erfüllen als auch über ausreichend Flächen im Randbereich verfügen. Geologisch sind die Bezirke überwiegend der Teltowhochfläche aus Geschiebelehm und Geschiebemergel mit Geschiebesanden zuzuordnen. Sandige und moorige Ablagerungen befinden sich in beiden Bezirken im Bereich von Rinnen und Senken, die heute oft aufgefüllt sind. Eine Besonderheit der Stadt Berlin sind die Bauschutt/Trümmerschutt-Böden, die durch die erhebliche Zerstörung der Gebäude durch Kriegseinwirkung entstanden. Auf diesen Baulücken wurden später auch Spielplätze angelegt.

3. Material und Methodik

Die hier vorgestellten Ergebnissen stammen von bisher ca. 40 Standorten mit vor allem sensiblen Nutzungen. Zur Auswertung kamen die Gehalte an Blei, Arsen und PAK (EPA) von über 800 Proben. Flächen, die durch eine ehemalige altlastenverdächtige Nutzung, z. B. Tankstelle oder Bauschuttdeponie, als Altlastenfläche klassifiziert wurden, sind bei dieser Auswertung nicht berücksichtigt. Es handelt sich daher bei den im folgenden dargestellten Ergebnissen um Belastungen, die durch das Ausgangsmaterial bedingt sind und/oder über Niederschläge und Stäube eingebracht wurden.

4. Häufigkeitsverteilung für die Gehalte As, Pb und PAK

Abb. 1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Schadstoffe in dem Substrat Bauschutt/Trümmerschutt sowie in humosen Oberböden. Bei allen Darstellungen sind die Maximalwerte nicht abgebildet (vgl. Tab. 1).

4.1 Arsen

Im Bauschutt liegt eine große Anzahl Proben im Bereich mit geringen Gehalten bis

1) Bezirksamt Wilmersdorf, Umweltamt, Fehrbelliner Platz 4, 10702 Berlin

2) Bezirksamt Steglitz, Umweltamt, Schloßstr. 80, 12154 Berlin

3) Fritschestr. 68, 10585 Berlin

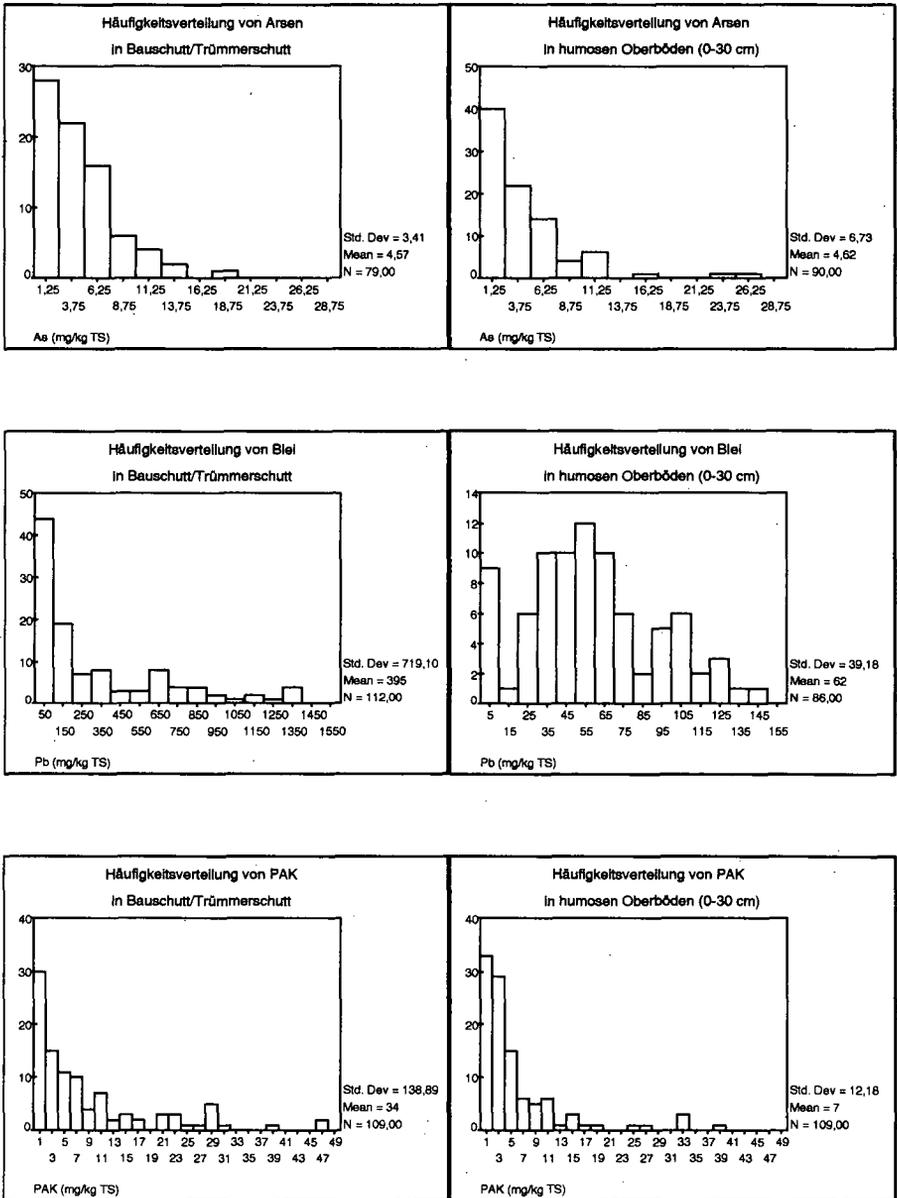


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Schadstoffe As, Pb und PAK im Bauschutt und humosen Oberböden

In Tabelle 1 sind für die Substrate die Belastungen zusammenfassend dargestellt. Zusätzlich wurden für die Substrate Sand mit Bauschutt, Geschiebesand und Geschiebemergel die ermittelten Gehalte angegeben. Die mittleren Gehalte der pleistozänen Sedimenten sind verglichen mit den Bauschuttsubstraten und den Oberböden sehr gering. Die teilweise sehr hohen Maximalwerte sind vermutlich auf Verlagerungsvorgänge aus darüber liegenden Verfüllungen zurückzuführen. Anhand der großen Standardabweichungen der Schadstoffgehalte im Bauschutt und in den humosen Oberböden ist deutlich deren Inhomogenität zu erkennen, so daß Mittelwerte bei diesen Substraten kritisch betrachtet werden müssen.

Der Vergleich der untersuchten Oberböden zu entsprechenden Richtwerten, die zur Zeit für sensible Nutzungen von der Berliner Verwaltung verwendet werden, zeigt, daß sich vor allem die PAK-Gehalte als kritisch erweisen (Tab. 2). Hier liegen 85 % über den Eingreifwerten der Berliner Liste. Deutliche Überschreitungen gibt es auch beim Blei.

Element	N	Eingreifwert BL, Kat. Ib, in mg/kg TS	%
Pb	148	100	22,3
As	116	7	14,7
PAK	141	1	85,8

Tab. 2: Richtwertüberschreitungen der Berliner Liste (BL, 1990), Kategorie Ib, in % von allen untersuchten Böden in den obersten 30 cm.

5. Zusammenfassung

In den Ausgangssedimenten sind die natürlichen Vorkommen von As, Pb und PAK sehr gering oder kommen gar nicht vor.

Die Oberböden im Stadtbereich Berlin zeigen im Vergleich zu den anstehenden Sedimenten erhöhte Gehalte an As, Pb und PAK.

Bei den Oberböden muß für PAK mit einer Grundbelastung bis 6 mg/kg gerechnet werden. Die entsprechenden geltenden Eingreifwerte von 1 mg/kg werden von 85 % aller Oberböden überschritten.

Im Bauschutt ist in der Regel mit hohen Bleigehalten bis 1000 mg/kg und mit PAK-Gehalten bis 30 mg/kg zu rechnen.

Aufgrund dieser Belastungen sollten alle Flächen mit Bauschutt-/Trümmerschuttböden als Altlastenverdachtsflächen klassifiziert und behandelt werden.

6. Literatur

N.N. (1990): Bewertungskriterien für die Beurteilung kontaminierter Standorte in Berlin (Berliner Liste). Veröffentlicht im Amtsblatt von Berlin, Jahrg. 40, Nr. 65, 28.12.1990, Berlin.

4 mg/kg , dennoch kommen häufig Werte bis 12 mg/kg vor. In einzelnen Proben treten auch höhere Gehalte auf. In den Oberböden ist die Belastung zwar nicht so hoch wie im Bauschutt, es gibt jedoch zunehmend Werte bis 7,5 mg/kg (Abb. 1).

4.2 Blei

Im Bauschutt können die Bleigehalte 6700 mg/kg erreichen, die auf der Skala nicht mehr dargestellt sind. Insgesamt zeigt die Verteilung der 112 gemessenen Proben starke Schwankungen. Vor allem Gehalte von 100-400 mg/kg sind relativ häufig und mit Werten bis 1000 mg/kg muß gerechnet werden (Abb. 1). Ursache für diese hohen Gehalte ist vermutlich das Vorkommen von korrodierenden Bleirohren aus dem Trümmerschutt. In den humosen Oberböden tritt eine Häufung bei 20-80 bzw. 140 mg/kg auf. Es kann aber hier nicht differenziert werden, ob Staubeintrag oder das Ausgangsmaterial die Ursache ist.

4.3 PAK

PAKs, die im wesentlichen auf Verbrennungsprozesse zurückzuführen sind, belasten häufig den Bauschutt, der teilweise mit Schlacke und Asche (alte Kachelöfen) durchsetzt ist. Hier können Extremwerte von über 1000 mg/kg auftreten. Gehalte bis 30 mg/kg sind häufig. In den humosen Oberböden zeigt sich eine Grundbelastung bis 6 mg/kg (Abb. 1). Mit Gehalten bis 12 mg/kg muß in den Oberböden im Stadtbereich von Berlin gerechnet werden.

Substrat	Element	N	Min. mg/kg TS	Max. mg/kg TS	Standard abw.	Mittelwert mg/kg TS
Geschiebe- sand	Pb	60	< 3	48	9,7	4,9
	As	57	< 0,05	9,2	2,0	1,6
	PAK	48	< 0,01	5,1	0,3	0,34
Geschiebe- mergel	Pb	33	< 3	81	17	9,8
	As	28	< 0,05	6,8	1,5	2,4
	PAK	32	< 0,01	1,0	0,2	0,05
Bauschutt	Pb	112	< 3	6742	719	395
	As	79	< 0,05	18	3,4	4,6
	PAK	109	< 0,01	1286	139	34
Sand mit Bauschutt	Pb	95	< 3	898	137	91
	As	82	< 0,05	34	5,7	6,3
	PAK	100	< 0,01	65	12	7,6
humose Oberböden	Pb	127	< 3	3080	278	102
	As	90	< 0,05	50	6,7	4,6
	PAK	109	< 0,01	79	12	7,5

Tab. 1: Belastung unterschiedlicher Substrate mit Pb, As und PAK in zwei Berliner Stadtbezirken

Probenahmestrategien für die Nitratfrachtbestimmung aus einem Dräneinzugsgebiet

Von

Starck, H. G.

1 Einleitung

50 - 60% der Nitratbelastung der Gewässer der alten Bundesländer stammen aus diffusen Quellen, wobei die Landwirtschaft als Hauptverursacher erkannt ist (SCHEFFER 1993). Zwei Millionen Hektar sind in den alten Bundesländern gedränt und tragen mit ihrer Dränwasserfracht zur Gewässerbelastung bei.

Am Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie wurden im Rahmen des BMELF-Vorhabens: *Quantifizierung der kurzfristigen Belastungen von Vorflutern durch landwirtschaftliche Dränsysteme* Untersuchungen zum Nährstoffaustag an 3 gedränten Standorten (Marsch, Geest, östliches Hügelland) durchgeführt. Dabei wurde auch geprüft, welche Auswirkung die gewählte Probenahmestrategie für die Parameter *Abfluß* und *Konzentration* auf die Güte der Frachtberechnung hat. Dazu wurden die Ergebnisse von 4 Strategien und Berechnungsverfahren mit den Ergebnissen einer „Referenzstrategie“ verglichen.

2 Der Untersuchungsstandort Sönke-Nissen-Koog

Der Untersuchungsstandort Sönke-Nissen-Koog, als einer von drei Versuchsstandorten in Schleswig-Holstein, liegt im Kreis Nordfriesland und wurde 1927 eingedeicht. Der Bodentyp wird als eine typische Kalkmarsch angesprochen, die Bodenart ist sandig-schluffiger Lehm. Der als Acker genutzte Schlag hat eine Fläche von 5,7 ha und wurde 1979 mit einer Systemdränung (Plastikdräns, 5 cm Saugerdurchmesser) in 87 - 95 cm Tiefe versehen, welche eine alte Betonrohrdränung ablöste. Fünf Sauger wurden zusammengefasst (Einzugsgebiet 1,1 ha) und über einen geschlossenen Sammler zu einer Abflußmeßstation geleitet. Hier wurde der Abfluß über Drucksonde und Pegelschreiber kontinuierlich und die Konzentrationen verschiedener Nährstoffe mit Hilfe eines automatischen Probenehmer zeitlich hoch aufgelöst erfasst. Der Dränabfluß mündet von dort in einen Verbandsvorfluter, der über die Sönke-Nissen-Koog Schleuse in die Nordsee entwässert (siehe dazu auch WICHTMANN und WEGNER 1991)

3 Beziehung zwischen Abfluß und Konzentration

Die Fracht eines Stoffes ist das Produkt aus der Abflußmenge (Q) und der Konzentration des Stoffes (C). Bei der Erhebung dieser zwei Variablen stellt sich die Frage, ob es eine Beziehung zwischen Abfluß und Konzentration gibt. Die in Abbildung 1 dargestellten Verläufe zeigen bestimmte Charakteristika. So verläuft der Abfluß in typischen Wellen, die bei Dränabflüssen

*Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie, Christian Albrecht Universität, 24118 Kiel

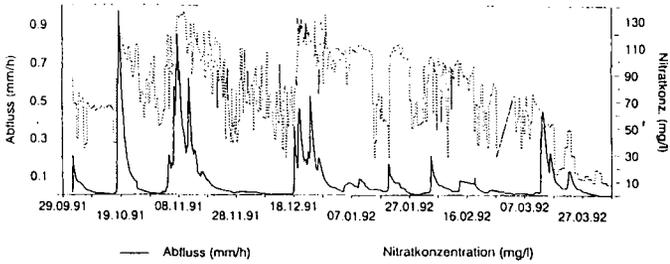


Abbildung 1: Abfluß- und Konzentrationsverlauf (Nitrat), Abflußsaison Sönke-Nissen-Koog 1991/92

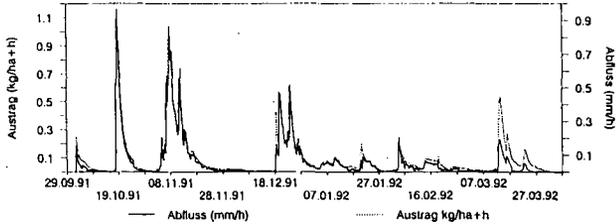


Abbildung 2: Abfluß und Nitrataustrag, Abflußsaison Sönke-Nissen-Koog 1991/92)

sehr stark ausgeprägt sind. Die Nitratkonzentration steigt z.T. mit dem Abfluß sprunghaft an (Verdrängungseffekt), z.T. sinkt sie mit steigendem Abfluß (Verdünnungseffekt). Diese empirisch zu beobachtenden Beziehungen zwischen Abfluß und Nitratkonzentration wurden auch bei ARLOT und ZIMMER (1990) beschrieben.

Aufgrund dieser Zusammenhänge wird deutlich, daß es keine Korrelation zwischen den Variablen Q und C über einen längeren Zeitraum geben kann¹. Die Nitratkonzentration im Abfluß wird durch verschiedene Faktoren bestimmt:

- Pool/Vorrat (Dünger, Ernterückstände, N_2 -Bindung)
- aktueller Witterungsverlauf (Mineralisation)
- Entzug
- Immobilisierung
- Denitrifikation
- Transportprozesse (Verdrängungs- und/oder Mischeffekte)

Damit wird klar, daß die Nitratkonzentration im Abfluß nur z.T. von der Abflußmenge abhängig ist bzw. sogar unabhängig sein kann.

Die Beziehung zwischen Abfluß und Nitrataustrag dagegen ist sehr eng (s. Abb. 2). Noch deutlicher wird dieser Zusammenhang wenn, statistisch nicht korrekt, Abfluß und Austrag miteinander korreliert werden (s. Abb. 3). Es ergibt sich eine Funktion des Austrages, die nur mit der Variablen Abflußmenge linear zu lösen ist.

Die genaue Erfassung der Abflußspitzen ist besonders wichtig, um die Fracht ermitteln zu können, da die Abflußspitzen den Großteil der Nitratfracht austragen² (s. Abb. 4).

¹Eine Korrelation ist aber für Einzelabflußereignisse zu erreichen

²so tragen die ersten 3 Abflußwellen im Herbst 1991 ca. 50% der Gesamtfracht aus

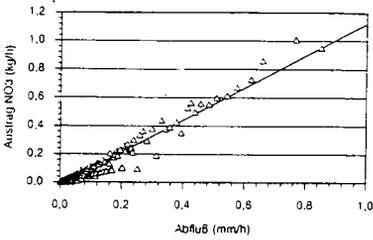


Abbildung 3: Korrelation zwischen Abfluß und Austrag, Abflußsaison Sönke-Nissen-Koog 1991/92

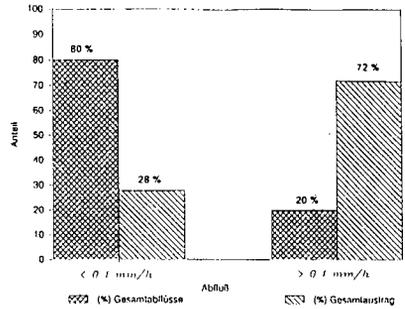


Abbildung 4: Bedeutung der Abflußwellen für die Frachtbestimmung, Abflußsaison Sönke-Nissen-Koog 1991/92

4 Probenahmestrategien

Es stellt sich die Frage, welche Probenahmestrategie bzw. -technik, in Anbetracht der dargestellten Zusammenhänge, geeignet ist, verlässliche Frachtberechnungen zu ermöglichen. Es wurden daher fünf Strategien auf ihre Zuverlässigkeit hin getestet:

1. Kontinuierliche Abflußmessung und automatische Probenahme
2. Kontinuierliche Abflußmessung und diskontinuierliche Konzentrationsmessung
3. Diskontinuierliche Abfluß- und Konzentrationsmessung
4. Frachtermittlung mit klimatischer Wasserbilanz und wöchentlicher Konzentrationsmessung
5. Frachtermittlung mit konstanter Konzentration (z.B. Mittelwert) und kontinuierlicher Abflußmessung

Strategie 1 wurde dabei als „Referenzmethode“ betrachtet, deren Zuverlässigkeit auch LAMMEL (1990) bestätigt³. Bei Strategie 2 wurde angenommen, daß die Konzentration nur wöchentlich gemessen wurde (dazu wurden zwei Wochentage miteinander verglichen), wobei hier zu betonen ist, daß eine ereignisproportionale Probenahme, die die Gewichtung des Konzentrationsniveaus bei Abflußspitzen berücksichtigt, einer zeitproportionalen Probenahme vorzuziehen ist. Bei Strategie 3 wurden sowohl Abfluß als auch Konzentration nur wöchentlich bestimmt (zum Vergleich wurden alle Wochentage als Probenahmeterminale getestet). Strategie 4 lehnt sich an das Verfahren an, welches die LWK Schleswig-Holstein in ihrem Dränwasseruntersuchungsprogramm verwendete (MATTHEY, 1989). Strategie 5 wurde gewählt um zu erfahren, wie groß die Auswirkungen auf die Frachtberechnung sind, wenn ein mittleres Konzentrationsniveau angenommen wird.

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Probenahmestrategien sind in Tabelle 1 dargestellt.

³Versuche am Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie mit einer Nitratelektrode im Dränwasser verliefen unbefriedigend

Tabelle 1: Ergebnisse des Vergleichs verschiedener Probenahmestrategien für die Abflußsaison 1991/92 im Sönke-Nissen-Koog

Strategie	Summe Fracht in kg NO ₃ -N	Abweichung
1	77	-
2	71 für beide Wochentage	-8%
3	53 - 124 Ergebnisse aller getesteten Wochentage	-32% — +61%
4	51	-34%
5	88	+14%

6 Schlußfolgerungen

Folgende Schlußfolgerungen lassen sich ziehen:

- Zur Charakterisierung kurzfristiger Phänomene ist eine kontinuierliche Abflussmessung und eine zeitlich hoch aufgelöste Probenahme unabdingbar
- Zur genaueren Abschätzung des Nitrataustrages eines Standortes kann eine angemessene diskontinuierliche Probenahme bei kontinuierlicher Abflußmessung ausreichend sein
- Eine diskontinuierliche Abflußmessung scheidet als Strategie aus, da kurzfristige Abflußspitzen nur zufällig erfaßt werden
- Mit Hilfe der klimatischen Wasserbilanz und diskontinuierlicher Konzentrationsbestimmung können nur bedingt genaue Frachten berechnet werden

7 Literatur

- Arlot, M.P. und D. Zimmer (1990):** Drainage agricole et lessivage des nitrates. In: R. Calvet (Hrsg.): Nitrates - Agriculture - Eau. International Symposium, Paris-La Défense (France), November 7-8, 1990. Institut National de la Recherche Agronomique, S. 263 - 268
- Lammel, J. (1990):** Nährstoffausträge durch Vorfluter und Dräne. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 386, Landwirtschaftsverlag - Münster-Hiltrup.
- Matthey, J. (1989):** Dränwasseruntersuchungsprogramm der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. 1. Zwischenbericht.
- Scheffer, B. (1993):** Zum Nitrataustrag über Dräne. *Wasserwirtschaft* 83 (6), S. 330 - 333.
- Wichtmann, W. und M. Wegner (1991):** Stoffausträge aus Dränflächen, Stickstoffverluste aus einer intensiv genutzten Kalkmarsch. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges.* 66 II, S. 1043 - 1046.

Untersuchungen zum Stoffaustragsverhalten eines gedrängten Standorts anhand von Tracerversuchen

von

Weber, K. und W. Wichtmann

1. Problemstellung

Die Intensivierung der Landwirtschaft führt zu einer steigenden Belastung der Vorfluter und des Grundwassers mit Nährstoffen und Pestiziden. Mit der Beprobung eines Drän-systems aus einer Ackerfläche sollte der potentielle Stoffaustrag abgeschätzt werden.

2. Material und Methoden

Die beprobte Fläche liegt im östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins und umfaßt 0,501 ha. Pseudogley-Pararendzina bis Pseudogley-Parabraunerde bilden die Bodengesellschaft in Bokhorst. Der A_p -Horizont (0-30 cm) ist ein Subpolyedergefüge aus mittelsandigem

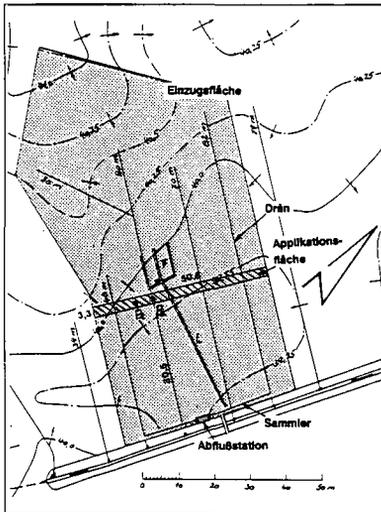


Abb.1 Lage des Dränsystems und der Tracerapplikationsfläche

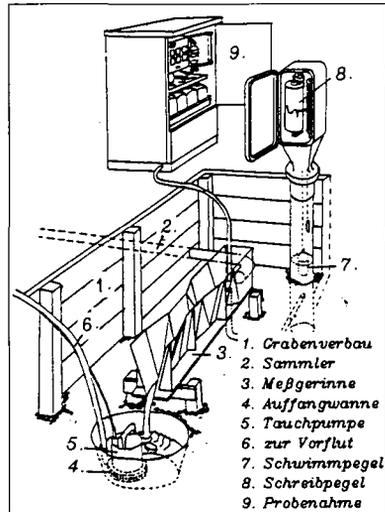


Abb.2 Darstellung der Abflußmeßstation und der automatischen Probenahme

Lehm, während der darunterliegende, weichseleiszeitliche Geschiebelehm (bis 90 cm) ein Polyedergefüge aus schluffig-lehmigem bis schluffigem Sand darstellt. Beide Horizonte sind mit Wurzelgängen durchzogen.

Das 1986 verlegte Dränsystem besteht aus kokosummantelten Plastikdräns (Durchmesser 5 cm), die in 1,1 bis 1,2 m Tiefe liegen und über einen Sammler zusammengefaßt werden (Abb.1). Der Dränabfluß wurde zur Mengenerfassung über ein Venturi-Gerinne geleitet. Stichproben wurden in Intervallen von 6 bis 14 Stunden automatisch aus dem Ablauf gezogen (Abb.2) und ionenchromatographisch analysiert. Am 25.11.91 wurde Kaliumbromid (16,75 kg) auf einem Streifen ausgebracht, der sich über die vier angeschlossenen Dräns erstreckte (Abb.1).

3. Ergebnisse und Diskussion

Der Niederschlag wurde vom Deutschen Wetterdienst (DWD) auf der Wetterstation Ruhwinkel (Entfernung zur Versuchsfläche ca. 5 km) gemessen (Abb.3). Der Abfluß zeigte in der Abflußperiode vom 16.12.91 bis zum 26.05.92 eine schnelle Reaktion auf Niederschläge (Abb.4). Im Winter stiegen die Abflußmengen wenige Stunden nach den Regenereignissen stark an und fielen ebenso rasch wieder ab. Im Frühjahr verzögerte sich der Anstieg um ein bis zwei Tage. Aufgrund der gesunkenen Bodenwassergehalte mußte der Bodenspeicher erst aufgefüllt werden, bevor das frei dränende Wasser abgeleitet werden konnte. Nach dem Regen am 17.12.91 stieg fast zeitgleich mit den Abflußmengen die Bromidkonzentration auf den Höchstwert an (Abb.5). Im folgenden sanken die Konzentrationen mehr oder weniger kontinuierlich auf 3 mg/l bis zum Ende der Abflußperiode ab. Das Abfluß- wie das Stoffaustragsverhalten weisen auf Makroporenfluß hin. Ein früher Durchbruch wird nur möglich, wenn ein großer Teil der Bodenmatrix vom Stofftransport ausgeschlossen ist (Beven & Germann 1982, Bouma 1980). Vergleichbare Ergebnisse erhielten Richard und Steenhuis (1988) auf einer gedränten Fläche. Dort brach der Tracer schon einen Tag nach einem großen Regenereignis durch, statt wie berechnet nach drei bis vier Wochen. Das lange "tailing" der Kurve ist vermutlich auf Diffusion der Lösung in immobilere Bodenbereiche zurückzuführen, aus denen der Tracer allmählich mit den nachfolgenden Niederschlägen ausgewaschen wurde.

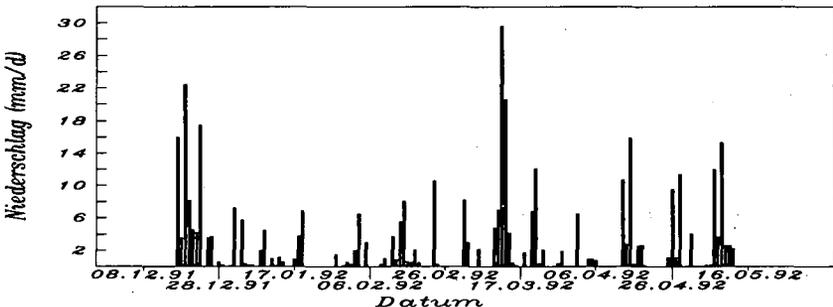


Abb.3: Niederschlag (mm/d) gemessen vom DWD auf der Wetterstation Ruhwinkel

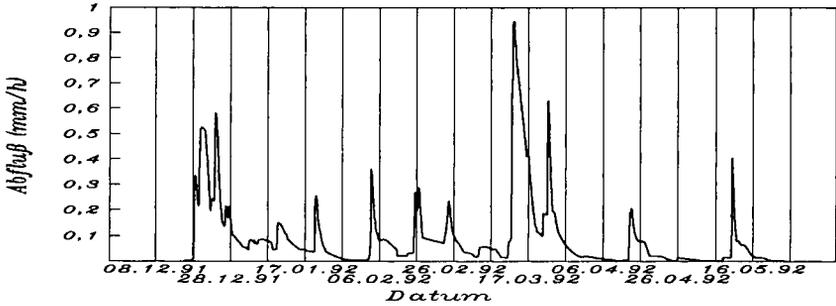


Abb.4: Dränabflußmenge (mm/h) aus der Versuchsfläche

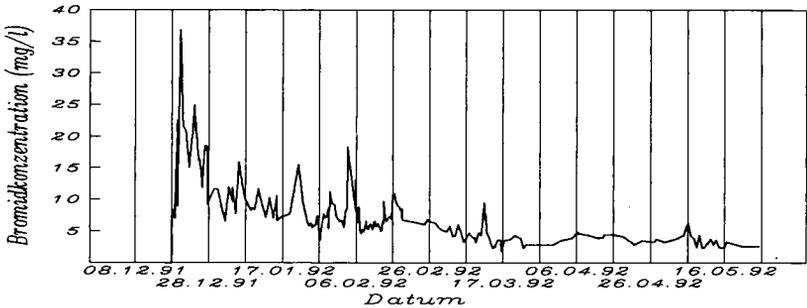


Abb.5: Bromidkonzentration (mg/l) im Dränabfluß, auf Stundenwerte interpoliert

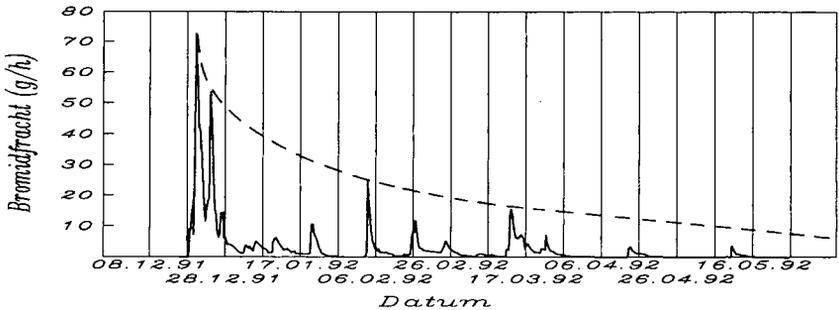


Abb.6: Bromidfracht (g/h) im Dränabfluß

Aus dem Produkt der Abflußmengen und der Bromidkonzentrationen ergibt sich die Frachtkurve, deren Maxima mit denen der Abflußkurve übereinstimmen (Abb.6). Zu Beginn der Auswaschungsperiode wurden die höchsten Frachtmengen festgestellt. Eine Verbindungslinie der Kurvenmaxima weist einen abfallenden, ausschwingenden Verlauf auf. Die

Höchstwerte nach dem ersten Niederschlag bestätigen Edwards' et al. (1992) Aussage, daß das erste Regenereignis nach Applikation eines löslichen Stoffes auf die Bodenoberfläche das Auswaschungspotential für die nachfolgenden Regenfälle verringert.

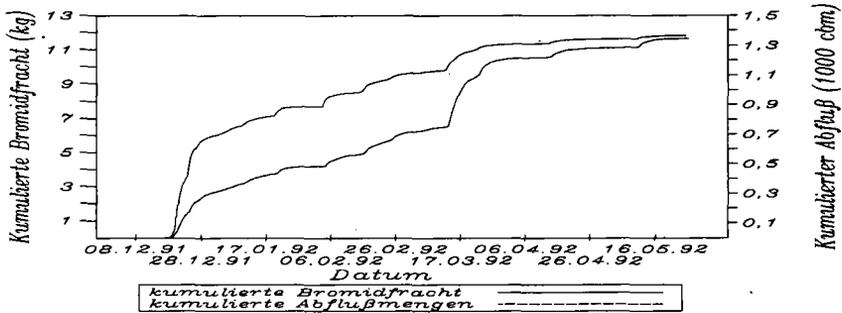


Abb.7 Kumulierte Bromidfracht (kg) und kumulierter Abfluß (1000 m³) aus der Versuchsfläche

Die über den Beobachtungszeitraum kumulierten Abflußmengen und Bromidfrachten verlaufen weitgehend parallel (Abb.7). Innerhalb der ersten Woche wurden knapp 6 kg Bromid ausgetragen, was ungefähr der Hälfte der gesamten Fracht im Abflußzeitraum und 30% der applizierten Tracermenge entspricht. Der jähe Anstieg sowie der anschließend flachere Verlauf der kumulierten Frachtkurve unterstützt die Vermutung verringerter Bromidvorräte. Von den 384 mm Niederschlag, die im Untersuchungszeitraum fielen, sind 269 mm über das Dränsystem in den Vorfluter geleitet worden und ca. 124 mm nach Haude verdunstet. Die klimatische Wasserbilanz stimmt somit mit der gemessenen Abflußmenge gut überein.

4. Schlußfolgerungen

Der schnelle Durchbruch des Tracers aufgrund von Makroporenfluß steht im Widerspruch zur allgemeinen Meinung, daß ein lehmiger Boden im Vergleich zu einem Sandboden einer geringeren Auswaschungsgefährdung unterliegt. Die Ergebnisse der Untersuchung in Bokhorst beweisen, daß ein mit Makroporen durchzogener Lehmboden ein beträchtliches Gefährdungspotential für Grundwasser und Vorfluter in sich birgt.

5. Literatur

BEVEN, K. & P. GERMANN 1982: Macropores and water flow in soils, *Water Res. Res.*, No.5: 1311-1325

BOUMA, J. 1981: Soil morphology and preferential flow along macropores, *Agric. Water Management* 3: 235-250

EDWARDS, W.M., M.J. SHIPITALO, W.A. DICK & L.B. OWENS 1992: Rainfall intensity affects transport of water and chemicals through macropores in no-till soil, *Soil Sci. Am. J.* 56: 52-58

RICHARD, T.L. & T.S. STEENHUIS 1988: Tile drain sampling of preferential flow on a field scale, *J. Contam. Hydr.* 3: 307-325

Die Arbeit wurde unterstützt durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Simulation von Stoffausträgen über Dräns

von

Wichtmann, W. und H.G. Starck

1. Problemstellung

Die Belastung des oberflächennahen Grundwassers über nährstoffbefruchtete Sickerwässer hat in den letzten Jahren zugenommen. Verstärkt treten Probleme bei der Bereitstellung von unbelastetem Trinkwasser auf. Außerdem stellt die Eutrophierung von Oberflächengewässern ein Problem dar, welches zum Teil auf Nährstoffeinträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen zurückzuführen ist. Die Quantifizierung dieser Einträge ist das Thema eines BML-Projektes, aus welchem die hier vorgestellten Ergebnisse stammen. Es stellt sich die Frage, ob mit Schätzverfahren bzw. eindimensionalen Modellansätzen, die sich für grundwasserferne Standorte bewährt haben, N-Austräge über Dräns bestimmt werden können.

2. Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in Bokhorst durchgeführt. Es handelt sich um eine gedränte Fläche im östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins. In den Abflußperioden 1991/92 und 1992/93 wurde die Abflußmenge aus der Dränfläche und deren N-Konzentration bei hochaufgelöster Stichprobenentnahme bestimmt. Eine genauere Beschreibung findet sich bei Weber & Wichtmann (1993). Der Bodentyp der untersuchten Fläche ist als Pseudogley-Pararendzina bis Pseudogley-Kolluvium anzupprechen. Verschiedene Verfahren zur Abfluß- und Austragsabschätzung wurden verglichen:

I. Klimatische Wasserbilanz und Stickstoffbilanz bzw. potentieller N-Austrag nach Bach (1990).

II. Simulation mit LeachN (Hutson & Wagenet 1992). LeachN ist ein eindimensionales Wasser- und Stofftransportmodell und beinhaltet zwei grundsätzlich unterschiedliche Methoden der Wasserbewegung- und Stofftransportberechnung:

a) Lösung der Richardsgleichung mit der Methode der finiten Differenzen (f.D.R.) gekoppelt mit der Konvektions-Dispersionsgleichung.

b) Kapazitätsansatz (Kap.) nach Addiscott (1977).

III. Simulation mit Opus (Smith 1992). Opus ist wie LeachN ein eindimensionales, finite Differenzen Modell mit der Möglichkeit der Berücksichtigung der Grundwasseraufwölbung zwischen zwei Dräns für die Berechnung des Zuflusses zum Drän (quasi zweidimensionale Flußberechnung).

3. Vergleich der Ergebnisse

Im Herbst 1991 wurde Raps gesät, der sich noch vor dem Winter gut entwickelte. Die Konzentrationen (Abb. 1, oben) im Abfluß verliefen auf einem sehr niedrigen Niveau von etwa 2mg N/l. Höhere Konzentrationen konnten erst mit der auf die erste Düngung von 92 kg N (Harnstoff, 29.2.1992) folgenden Abflußwelle (Abb. 1, unten) beobachtet werden. Im Herbst '92 erfolgte die Aussaat von Winterweizen. Dieser konnte die hohen N-Mengen, die vom Raps hinterlassen wurden bzw. durch Mineralisierung noch im Herbst frei wurden, nicht vor dem Winter verwerten. Das Konzentrationsniveau von Nitrat-N im Dränabfluß war ca. dreimal höher als in der vorangegangenen Beobachtungsperiode.

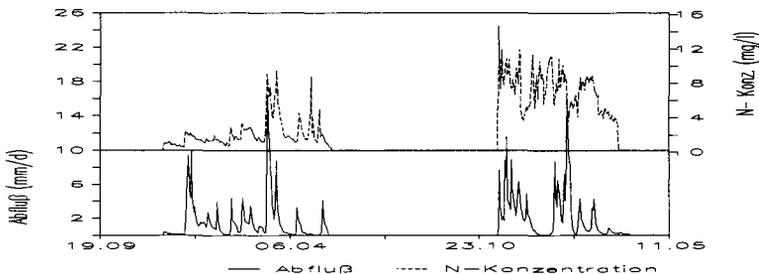


Abb. 1: Abfluß und Nitrat-N-Konzentrationen im Dränabfluß, 1991/92 und 92/93

3.1 Ergebnis Bilanzierung

Die potentielle N-Auswaschunggefährdung für den untersuchten Standort wurde mittels der Bestimmung des Stickstoffbilanzsaldos und der klimatischen Wasserbilanz unter Berücksichtigung der Verdunstung nach Haude berechnet. Für den Betrachtungszeitraum vom 1.7.1991 bis 30.6.1992 ergaben sich eine N-Zufuhr von 207 kg N/ha (175 kg Düngung, 32 kg Deposition) bei einer Abfuhr von 115 kg N/ha mit dem Raps, d.h. ein Saldo von 91,5 kg N/ha. Die klimatische Wasserbilanz für diesen Zeitraum ergab 322 mm. Für den Zeitraum vom 1.7.1992 bis 30.6.1993 ergab sich ein N-Saldo von 79 kg N/ha (mineralische Düngung: 217 kg N/ha, Deposition: 32kg N/ha, Abfuhr: 170 kg N/ha mit dem Weizen) und eine Wasserbilanz von 333 mm.

3.2 Simulation des Abflusses

Zuerst wurde eine Modellanpassung für die Abflußsaison 1991/92 vorgenommen (Kalibrierungsphase, Abb. 2). Daraufhin folgte die Validierung der Modelle (Abb. 3), welche bei Beibehaltung sämtlicher Parameter unter Erweiterung der Witterungsdaten für die Periode bis 31.3.1993 die folgende Abflußsaison 92/93 simulierten. Zunächst war vor allem interessant, inwieweit die an die bodenphysikalischen Parameter angepaßten eindimensionalen Modelle erlauben, bei durchgehenden Witterungsdaten für die folgende Auswaschungsperiode 92/93 die Abflüsse zu simulieren.

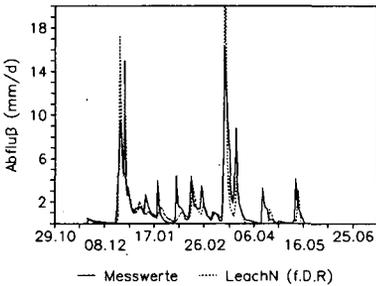


Abb. 2: Abflüsse 1991/92, Meßwerte und simulierte Ergebnisse (Kalibrierung)

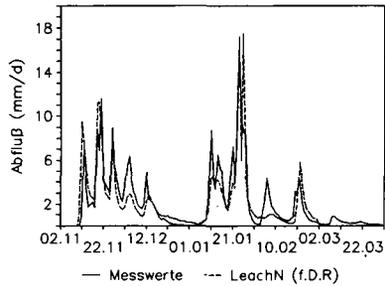


Abb. 3: Abflüsse 1992/93, Meßwerte und simulierte Ergebnisse (Validierung)

Als Beispiel für die Abflußmodellierung wurde LeachN mit dem f.d.R. -Ansatz ausgewählt. Sowohl die Kalibrierungs- (Abb. 2) als auch die Validierungsphase (Abb. 3) zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Meßwerten. Ein Vergleich der gemessenen Abflußsummen für beide Beobachtungszeiträume mit den Simulationsergebnissen aus den drei untersuchten Modellansätzen und der klimatischen Wasserbilanz läßt im Validierungsjahr (92/93) z.T. große Unterschiede erkennen (Tab. 1).

3.3 Simulation der Austräge

Ähnlich wie bei den Abflüssen ist bei den Frachten eine gute zeitliche Übereinstimmung im Einsetzen der Peaks (Abb. 4) festzustellen (Beispiel LeachN, Kapazitätsansatz).

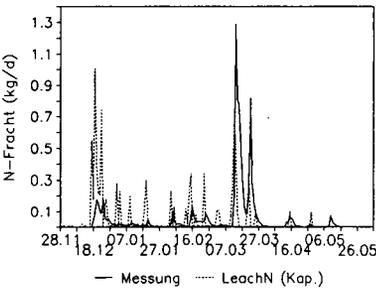


Abb. 4: Modellkalibrierung Fracht 1991/92, Meßwerte und Modellergebnisse (Kap.)

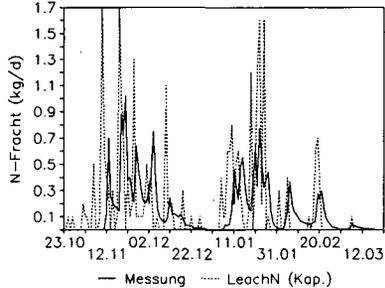


Abb. 5: Modellvalidierung, Fracht 1992/93, Meßwerte und Modellergebnisse (Kap.)

Auffällig ist, daß die Frachten insgesamt überschätzt wurden, besonders bei den Anfangswerten. Der simulierte Austrag setzt beim Kapazitätsansatz in der Validierungsphase früher ein als der gemessene (Abb. 5). Dies entspricht der Abflußsimulation mit demselben Modell.

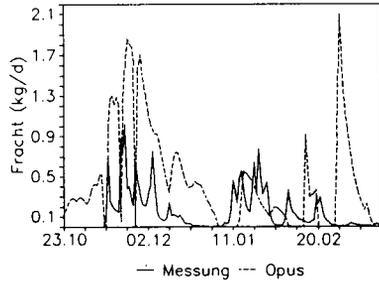
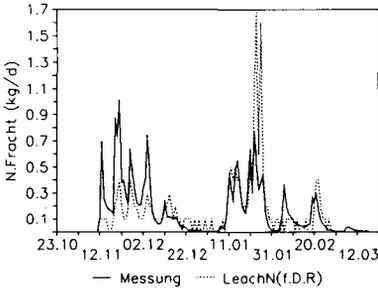


Abb. 6: Modellvalidierung, Fracht 1992/93, Meßwerte und Simulation (LeachN, f.d.R.)

Abb. 7: Modellvalidierung, Fracht 1992/93, Meßwerte und Simulation (Opus)

Im Validierungsjahr wurden die Anfangsausträge mit LeachN (f.d.R.) unterschätzt (Abb. 6). Die Peaks setzten gleichzeitig mit den Meßwerten ein. Dagegen überschätzt Opus die NO_3 -Frachten für dasselbe Jahr stark (Abb. 7). Die Summen für die Austräge in der Kalibrierungs- und der Validierungsphase zeigen deutliche Abweichungen zu den Meßwerten, entsprechend den Abweichungen bei der Abflußabschätzung (Tab. 1).

Tab. 1: Gesamtabfluß (mm) und -austrag (kg N/ha). Bilanz verglichen mit Ergebnissen aus der Simulation mit LeachN (f.d.R. - Kapazitätsansatz), OPUS und gemessenen Werten für die Jahre 1991/92 und 1992/93:

Methode	Abfluß 91/92	Austrag 91/92	Abfluß 92/93	Austrag 92/93
Bilanz	322	91,5	333	79,0
LeachN (f.d.R.)	260	15,0	279	20,1
LeachN (Kap.)	277	11,1	321	27,8
Opus	261	31,2	244	71,9
Messung	268	9,5	304	21,3

3.4 Mögliche Gründe für Fehleinschätzungen der verschiedenen Methoden:

- Je genauer der Abfluß berechnet wurde, desto genauer sind die simulierten Frachten (vergl. Starck 1993).
- Die Bilanz kann Stickstoffumsetzungen nicht berücksichtigen, gibt aber Anhaltspunkte für die potentielle Stickstoffauswaschung (Bach 1990).
- Die starke N-Aufnahme im Herbst 1991 konnte durch keinen Modellansatz realistisch nachvollzogen werden.
- Die Qualität der Simulationsergebnisse mit Opus ist bestimmt dadurch, daß die Ratenkonstanten für Stickstoffumsetzung nicht manipulierbar sind, die Evapotranspiration nicht durch Meßwerte gesteuert werden kann und die Pflanzenaufnahme nicht befriedigend simuliert wird.
- Die Qualität der Simulationsergebnisse mit LeachN ist abhängig von der nicht ausreichend berücksichtigten N-Aufnahme der Vegetation und der nur schwer simulierbaren Herbstmineralisierung.

3.5 Tracerversuch

In Bokhorst wurde zur Klärung der Probleme bei der Austragsabschätzung im Herbst '91 ein Tracerversuch durchgeführt (Weber & Wichtmann 1993). Die gemessenen Tracerkonzentrationen wurden mit den simulierten verglichen. Beide Ansätze aus LeachN wurden verwendet. Die Schwierigkeiten der Modelle, Frachten zu berechnen, sind anhand der Ergebnisse für die Simulation der Tracerkonzentrationen offensichtlich (Abb. 8).

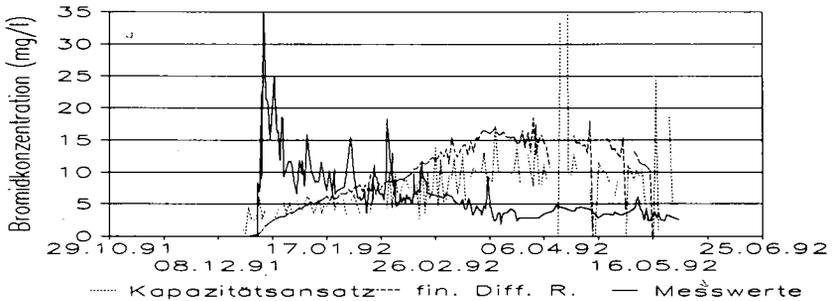


Abb. 8: Tracerkonzentration, Vergleich von Meßwerten mit Ergebnissen aus Modellrechnungen mit LeachN (f.D.R.) und LeachN (Kap.), Abflußsaison 91/92

Die Abweichungen der simulierten Konzentrationen von den Meßwerten sind vermutlich auf das Vorliegen eines stark ausgeprägten präferenziellen Flusses zurückzuführen. Der Kapazitätsansatz kann die unmittelbar mit den ersten Abflüssen einsetzenden hohen Tracerkonzentrationen ansatzweise nachvollziehen. Dieser im LeachN-Paket enthaltene Ansatz ist allerdings nicht als so flexibel einzustufen wie das Originalmodell nach Addiscott (1977). Die Berechnung der Konzentrationen mit der Lösung der Richardsgleichung nach der Methode der finiten Differenzen kann Matrixfluß nachvollziehen. Eine Simulation des präferenziellen Stoffflusses ist dagegen nicht möglich.

4. Schlußfolgerungen

- Der Wasserfluß läßt sich, trotz der eindimensionalen Betrachtungsweise, mit den drei vorgestellten Ansätzen gut simulieren.
- Die Simulation des Wasserflusses mit Opus (quasi zweidimensional) bringt gegenüber LeachN keinen entscheidenden Vorteil.
- Bei strukturierten Böden, die präferenziellen Fluß aufweisen, ist eine Simulation der N- Verlagerung mit den vorgestellten Modellen nur bedingt möglich.
- Bei dem Kapazitätsmodell (LeachN), welches Makroporenfluß berücksichtigen kann, werden bessere Ergebnisse erzielt als mit LeachN (f.D.R.)(vergl. Abb. 8).
- Die Nährstoffaufnahme durch Pflanzen im Herbst kann nicht optimal nachvollzogen werden. Die Ratenkonstanten für N-Umsetzungen (LeachN) sollten für die entsprechenden Zeiträume aktualisiert werden.
- Neben den bodenphysikalischen Parametern müssen Witterungsdaten als Eingabeparameter genau erfasst werden (Niederschläge, Verdunstung).

5 Literatur

Addiscott, T.M. 1977: A simple computer model for leaching in structured soils. J. of Soil Sc. 28, 554 - 563

Bach, M. 1990: Ausmaß und Bilanz der Nitratbelastung durch die Landwirtschaft. In: D. Rosenkranz, G. Einsele, & G. Bachmann 1989: Bodenschutz, E. Schmidt Verlag

Hutson, J. L. & R. J. Wagenet 1992: LEACHM: A process-based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the unsat. zone. Version 3, NY St. Coll. of Agr. and Life Sci., Cornell Univers. Ithaca, Dep. of Soil, Crop and Atm. Sci., Res. Series No. 92-3

Smith, R. E. 1992: OPUS: An integrated simulation model for transport of nonpoint- source pollutants at the field scale. Vol. I, Documentation. USDA, ARS 98

Starck, H.G. 1993: Probenahmestrategien für die Nitratfrachtbestimmung aus einem Dräneinzugsgebiet, Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., dieser Band

Weber, K. & W. Wichtmann 1993: Unters. zum Stoffaustagsverhalten eines gedränten Standortes anhand von Tracerversuchen. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges., dieser Band

Die Arbeit wurde unterstützt durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

KOMMISSION VII

Zum Staubeintrag in landwirtschaftlich genutzte
Standorte Westafrikas - Herkunft und Zusammen-
setzung der Stäube in Süd-Niger

Von

Bleich, K.E., L. Herrmann, K.H. Papentuß und K. Stahr

Die landwirtschaftlich genutzten Flächen des Sahels befinden sich häufig auf Böden, die sich aus Dünen sanden entwickelten (Arenosole). Diese Standorte sind vom Ausgangsgestein her extrem nährstoffarm. Zudem sind sie aufgrund der Landschaftsgeschichte und des Klimas stark verwittert (Ahn, 1970). Da in der landwirtschaftlichen Produktion aufgrund der ökonomischen Rahmenbedingungen der Einsatz von Mineraldüngern selten möglich ist, ist sie auf natürliche Inputs angewiesen. Einen in dieser Hinsicht ökologisch bedeutsamen Input stellt die Deposition von Saharastaub mit dem NO-Passat (Harmattan) während der Trockenzeit dar.

Die bisherigen Untersuchungen (Morales 1977, McTainsh & Walker 1982, Pye 1987) vermuten die Quellregionen im Bereich des Faya-Largeau Gebietes, südlich des Tibesti, im Bereich der Schichtstufe von Bilma oder in der Tschadsee Region. Die vorliegende Arbeit zeigt erste Versuche die Quellregionen aufgrund mineralogischer Untersuchungen zu identifizieren.

Die Hypothese war, daß der Einfluß der Stäube und damit auch seiner typischen Minerale mit der Entfernung von den potentiellen Quellregionen abnehmen müsse, da zu erwarten ist, daß während des Transportes eine Korngrößenfraktionierung und Schwereretrennung hinsichtlich der deponierten und weitertransportierten Stäube eintritt.

Dazu wurden zehn Oberflächenproben aus dem Süd-Niger hinsichtlich der Körnung (kombinierte Sieb- und Pipettanalyse), der Schwermineralzusammensetzung der Feinsandfraktion ($>2.96 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, Polarisationsmikroskop), des Gesamtmineralbestandes (Pulverpräparat, RBA) und des Tonmineralbestandes (Texturpräparat, RBA) untersucht. Bei der Auswahl der Probenahmestandorte wurden diejenigen bevorzugt, die auf eine äolische Beeinflussung schließen ließen, d.h. die Proben wurden in der Regel in Plateauposition gezogen oder entstammen den in dieser Region häufig relativ schluffreichen Oberflächenkrusten der Böden (ca.0-1cm).

Die Korngrößenverteilung der Oberflächenproben (Tab.1) zeigt eine deutliche Heterogenität hinsichtlich der Sandfraktionen zwischen den Standorten. Dagegen weisen die Gehalte an feineren Fraktionen regionale Ähnlichkeiten auf. Nahe den potentiellen Staubquellen im Osten des Landes (Tanout, Zinder) mehr im Bereich der Schlufffraktionen, weiter im Westen (Filingue, Ouallam) bei Feinschluff und Ton. Während

Tab. 1: Regionale Ähnlichkeit hinsichtlich der Schluff bzw. Tongehalte der Oberflächenproben in Ost-West-Richtung in Süd-Niger (% Gew., kalkfreie Proben)

	S	U	T	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
Tanout	85,1	11,3	3,6	0,3	60,4	24,4	7,3	2,3	1,7	3,6
Zinder	81,6	11,4	7,0	8,7	37,7	35,2	8,2	1,9	1,3	7,0
Keita	61,5	23,3	15,2	7,1	27,5	26,9	10,0	9,4	3,9	15,2
Madoua	48,2	23,2	28,6	3,0	20,9	24,3	10,3	8,1	4,8	28,6
Maradi	74,5	19,4	6,1	19,6	35,9	19,0	8,7	7,4	3,3	6,1
Dogon-Doutchi	71,4	18,8	9,8	8,1	35,2	28,1	8,1	7,4	3,3	9,8
Sadoré	76,6	14,1	9,3	7,0	35,4	34,2	7,8	3,5	2,8	9,3
Filingue	17,4	65,0	17,6	0,3	2,0	15,1	27,5	30,2	7,3	17,6
Ouallam1	32,8	52,9	14,3	9,5	9,8	13,5	27,8	20,7	4,4	14,3
Ouallam4	46,2	38,5	15,3	4,5	12,3	29,4	19,1	14,6	4,8	15,3

die Sandfraktionen als lokale Komponente anzusehen sind, weisen die regionalen Ähnlichkeiten der Schluff- und Tonfraktionen auf einen äolischen Eintrag aus Mittel- bis Langstreckentransport hin.

Tab. 2: Schwermineralverteilung in der Feinsandfraktion der Oberflächenproben (in %, Summe der Schwerminerale = 100 %)

	Apatit	Zirkon	Turmalin	Rutil	Anatas	Glimmer	Sonstige
Tanout	31	49	3	7	6	1	3
Zinder	25	54	7	9	4	0	1
Keita	23	54	11	9	2	1	0
Madoua	10	77	5	8	0	0	0
Dogon	21	52	15	8	3	0	1
Sadore	17	57	11	8	5	0	2
Filingue	26	51	9	7	5	1	1
Ouallam 1	32	36	13	17	0	0	2
Ouallam4	19	54	13	13	0	0	1

Die Schwermineralzusammensetzung der Feinsandfraktion (Tab.2) wird beherrscht von den verwitterungsstabilen Mineralen, vor allem Zirkon. Hinzu kommt in größeren Anteilen Apatit. Glimmer und andere weniger verwitterungsresistente Minerale sind selten. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Pfeiffer (1989) aus der selben Region überein. Eine Ähnlichkeit der Schwermineralzusammensetzung zwischen geographisch benachbarten Standorten konnte nicht beobachtet werden. Vielmehr stützen zusätzliche Merkmale

(Erhalt der Kristallflächen, Länge stengeligter Minerale) das schon aus der Korngrößenfraktionierung abgeleitete Ergebnis der Einstufung der Sande als lokale Komponente.

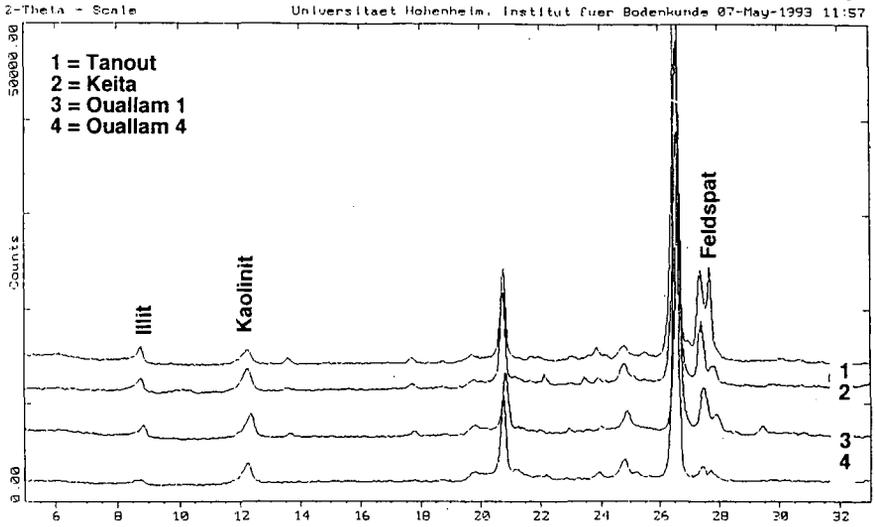


Abb. 1: Röntgenbeugungsdiagramm (Pulverpräparat) der potentiellen Staubfraktion (<63µm) von vier Standorten auf einem Ost-West Transekt im Niger

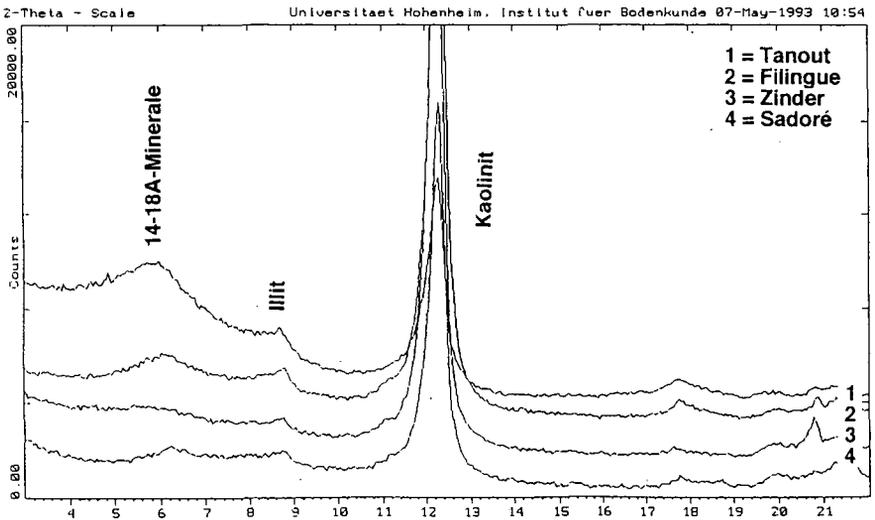


Abb. 2: Röntgenbeugungsdiagramm (Texturpräparat +Mg) der Tonfraktion von vier Standorten im Niger.

Bei der Röntgenbeugung der potentiellen Staubfraktion ($<63\mu\text{m}$) ergibt sich ein insgesamt armes Spektrum aus Quarz und Kaolinit mit Feldspäten und Glimmern / Illiten (Abb. 1). Der

Anteil der leichter verwitterbaren Minerale Feldspat und Illit nimmt mit der Entfernung von den potentiellen Staubquellen von Ost nach West kontinuierlich ab. Dies kann als Hinweis auf eine abnehmende Beeinflussung der Böden durch Staubdeposition in der gleichen Richtung gewertet werden.

Das vorherrschende Tonmineral in den Oberflächenproben ist Kaolinit. (Abb. 2) Hinzu kommen Illit und smectitische Minerale. Illit und Smectit nehmen nach Westen (Filingue) und Süden (Sadoré) - den Ergebnissen aus der Untersuchung der Pulverpräparate entsprechend - ab. Ihr deutlicher Anteil nahe den potentiellen Staubquellen und ihre Abwesenheit in den weit verwitterten Dünenstränden entfernterer Standorte läßt sie als Zeiger für den Staubeinfluß in der untersuchten Bodenregion als geeignet erscheinen.

Fazit:

Der Staubeinfluß konnte in allen untersuchten Bodenproben nachgewiesen werden, aber mit der Entfernung von den potentiellen Liefergebieten abnehmend deutlich. Der Eintrag war nur in der Fraktion $<63\mu\text{m}$ (potentielle Staubfraktion der Böden) erkennbar. Bereits bei sehr grober Betrachtung können für die Stäube Feldspäte, Glimmer / Illite und smectitische Minerale als spezifisch betrachtet werden. Um dies zu bestätigen, sollen weitere Proben nahe den potentiellen Liefergebieten untersucht werden.

Danksagung:

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des SFB 308 'Standortgerechte Landwirtschaft in Westafrika' von der DFG gefördert und in Zusammenarbeit mit dem ICRISAT Sahelian Center, Sadoré, Niger erstellt.

Literatur:

- Ahn, P.M.**, 1970: West african soils. Oxford University Press, Oxford, 322p.
- McTainsh, G.H. & P.H. Walker**, 1982: Nature and distribution of Harmattan dust. Z. Geomorph. NF 26: 417-435.
- Morales, C. (ed.)**, 1977: Sahara dust - mobilization, transport, deposition. Scope 14, J. Wiley & Sons, New York, 297p.
- Pfeiffer, L.**, 1989: Schwermineralanalysen an Dünenstränden aus Trockengebieten mit Beispielen aus Südsahara, Sahel und Sudan sowie der Namib und der Taklamatan. Bonner Geogr. Arb. 83, 234p.
- Pye, K.**, 1989: Aeolian dust and dust deposits. Academic Press, London, 334p.

Zur Glasverwitterung und Tonmineralneubildung in
tertiären Trachyttuffen des Siebengebirges

VON

Bohne, B. und A. Skowronek

Aus verschiedenen Aufschlüssen im Zentralteil des Siebengebirges wurde die Alteration trachytischer Tuffe und Aschen mit unterschiedlicher primärer Verfestigung untersucht. Saprolithisierte und zum Teil umgelagerte Pyroklastite aus Bodenprofilen und Bohrungen im Nordabhang des Siebengebirges sind als stärker zersetzte Endglieder einer Verwitterungsreihe mit einbezogen worden.

Bei dem Untersuchungsmaterial handelt es sich um Ablagerungen aus verschiedenen Stockwerken einer heute noch bis ca. 200 m mächtigen pyroklastischen Decke, mit deren Förderung an der Grenze Oberoligozän/Untermiozän der Siebengebirgsvulkanismus eingeleitet wurde.

Die Trachyttuffe wurden geochemisch, tonmineralogisch, kristalloptisch sowie mit dem Rasterelektronenmikroskop untersucht und hinsichtlich ihres Alterationsgrades klassifiziert.

Mit Hilfe der Sauer- und Wasserstoffisotopie konnten ursprünglich vermutete hydrothermale Prozesse ausgeschlossen werden.

Die Verteilung der Haupt-, Neben- und Spurenelemente wurde mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) erfaßt (Tab.1). Bei einigen Tuffen konnte die Glaskomponente in Form von Bimseinschlüssen weitgehend getrennt analysiert werden.

Das Untersuchungsmaterial liegt überwiegend feinkörnig und vitrisch betont vor. Proben mit größeren Anteilen an komagmatischen Lithoklasten und Xenolithen wurden in die Analysen nicht einbezogen. Neben der Glasphase und Akzessorien sind im primären Mineralbestand hauptsächlich Sanidin, Plagioklas und Biotit vorhanden. Neugebildet wurden Smectit, Kaolinit und ein amorphes Zwischenprodukt.

Tab. 1: Chemische Zusammensetzung (Gew.%) unterschiedlich alterierter Trachyttuffe im Siebengebirge

	1	2	3	4	5
SiO ₂	63,28	64,16	61,99	47,97	48,21
TiO ₂	0,74	0,75	0,99	0,12	3,97
Al ₂ O ₃	18,33	17,02	19,37	11,18	22,77
Fe ₂ O ₃ *	2,80	2,14	4,86	27,14	7,51
MnO	0,03	0,03	0,04	0,02	0,29
MgO	0,65	0,71	0,52	0,47	1,42
CaO	1,19	2,47	2,03	2,57	1,99
Na ₂ O	4,37	2,51	2,63	0,18	0,35
K ₂ O	6,21	2,46	2,92	0,39	0,80
P ₂ O ₅	0,13	0,07	0,10	0,16	0,61
SO ₃	0,01	0,08	< 0	< 0	0,25
Glv.**	2,01	7,37	4,26	9,69	11,53

* Fe₂O₃ als Gesamteisen ** Glv. = Glühverlust;

1) Trachyttuff Froschberg 2) Bims Ofenkaule 3) Trachyttuff Lauterbachtal, Smectit 4) Nontronit Ofenkaule 5) Trachyttuff Rott, Kaolinit

Die Proportionierung der Elemente ist bis auf ca. 3% höhere SiO₂-Gehalte (bedingt durch den höheren Differenzierungsgrad der Gläser) in der unverwitterten Mineral- und Glasphase annähernd gleich.

Erstes geochemisches Alterationszeichen ist eine H₂O-Aufnahme, die mit einer Abfuhr von K⁺ und Na⁺ einhergeht. Ihr folgt mit größerem Schwankungsbereich ein SiO₂-Verlust sowie eine geringfügige residuale Al-, Fe- und Ti-Anreicherung (Ausnahme Probe 4). Die hohen Fe-Gehalte des zu 95% Nontronit alterierten Bimses entstammen einer entsprechenden Zufuhr aus unmittelbar benachbarten, stark klüftigen Basaltgängen. Aus der Rückverfolgung der Hydratisierung ist eine Ausgangszusammensetzung (1-1,5% Glv.) von ca. 11-13 Gew.% Alkalien und 63-68 Gew.% SiO₂, entsprechend einer trachytischen Zusammensetzung, abzuleiten.

+) Inst. f. Bodenkunde, Nußallee 13, 53115 Bonn

Abb.1 Erläuterung s. Text

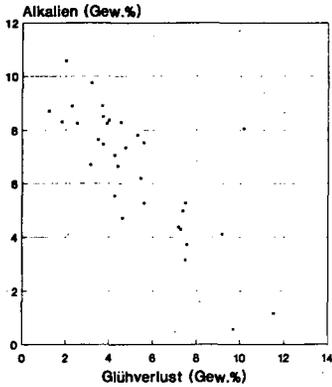
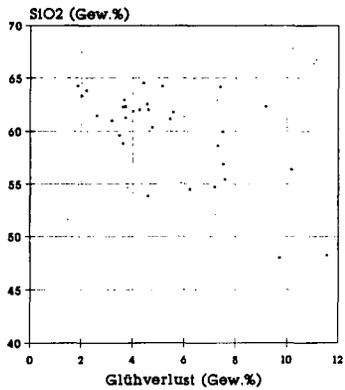


Abb.2 Erläuterung s. Text



Röntgenographisch sind im Tonanteil aller Proben neugebildete Phasen zu erkennen. Bis auf einen rein kaolinisch verwitterten Tuff (P. 5) besteht das Gros der sekundären Minerale aus gut kristallisierten dioktaedrischen Smectiten (65-100%), die auf 17-18,4 Å aufweiten sowie untergeordnet aus Kaolinit (7,16-7,21 Å, 0-35%). Der Illitpeak (9,8-10,2 Å) in einigen Proben reflektiert stets Bruchstücke von Biotit aus den größeren Fraktionen. In mehreren Bimsproben (Bsp. Abb.7, P.1) ist eine erhöhte Untergrundlinie zu verzeichnen. Sie spiegelt die im REM-Bild (Abb.3) erkennbare amorphe bis schwachkristalline Neubildung (gedeutet als Allophan) wider, die durch eine Behandlung mit NaOH auflösbar ist. An der primären Glasphase sind erste kleine Oberflächenveränderungen und Absonderungen erkennbar, die gut mit der durch RFA nachweisbaren Hydratisierung und dem Alkalienverlust korrespondieren.

Mit fortschreitender Alteration kann der Umbau auf zwei unterschiedlichen Wegen in die stabilere Phase Smectit erfolgen.

I. Smectite umkleiden Hohlräume und sitzen der Glassubstanz auf (Abb.4). Nach einer Ultraschallbehandlung lösen sich die Neubildungen von der intakt erscheinenden glatten Glaswandung, die als Edukt für diesen Bereich nicht in Frage kommt. Hier ist eine Zufuhr aus Lösungen stärker alterierter Gläser anzunehmen.

II. Glasblasen (Abb.5, P. 3) sind pseudomorph völlig von Smectiten ersetzt, was auf eine in situ-Verwitterung hindeutet.

Auch in stärker alterierten Tuffen sind im REM-Bild (Abb.6) allophanartige Strukturen in unmittelbarer Nachbarschaft zu Smectiten erkennbar. Die geringen Gehalte an H₂O- und NaOH-löslichem Silizium und Aluminium sind über die Alterationsstufen unsystematisch verteilt und sprechen für migrierende freie Phasen und unterschiedliche Allophangehalte.

Hierauf deutet auch der große Schwankungsbereich der KAKpot der Tonfraktion, selbst bei einheitlicher Tonmineralzusammensetzung (Bsp.95-98%Smectit: 51-73 mval/100g) hin.

Abb. 3 Erläuterung s. Text

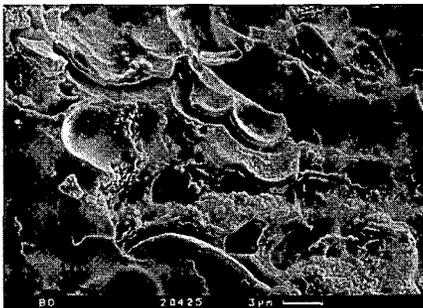


Abb. 4 Erläuterung s. Text

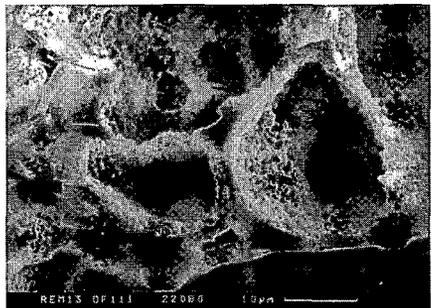


Abb. 5 Erläuterung s. Text

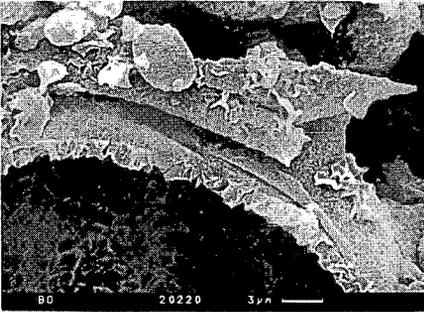


Abb. 6 Erläuterung s. Text

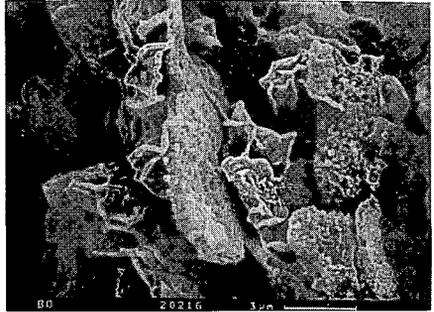
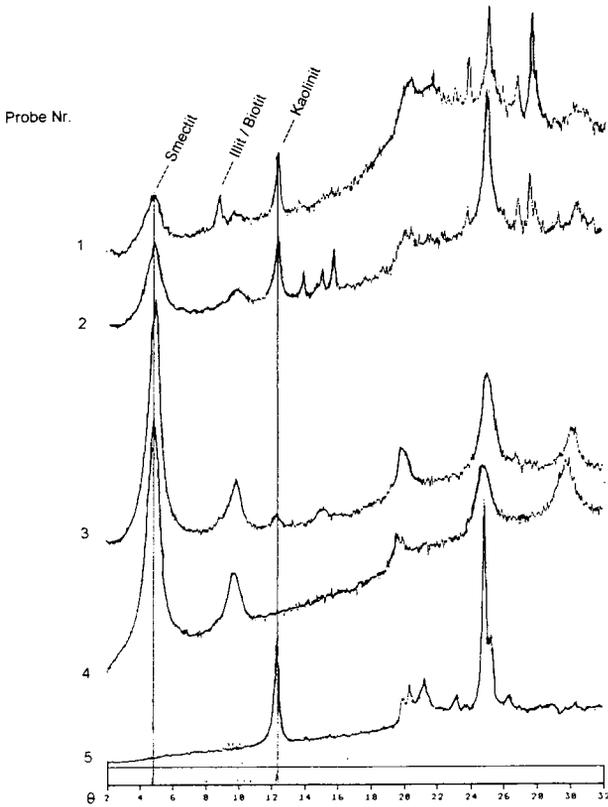


Abb. 7: Diffraktogramme Trachyttuffe Siebengebirge
Texturpräparate (Mg u. Glyz.) der Fraktion < 0,002mm
(Probenbezeichnung wie in Tab. 1)



Das geologische Umfeld läßt bei der Alteration der Trachyttuffe auf eine terrestrische Verwitterung am primären Ablagerungsort schließen. Die geochemische Ausgangszusammensetzung der Tuffe kann als eine trachytische rekonstruiert werden.

Aufgrund des hohen Anteils an amorpher Glasphase handelt es sich bei den Trachyttuffen um thermodynamisch instabile Gesteine.

Die Löslichkeit von Glas steigt sowohl mit der Alkalinität als auch der Salinität der Porenlösung SCHMINCKE(1988). Die thermodynamische Veränderungsrichtung fordert einen Umbau in die stabileren Phasen Smectit, bei neutralem bis schwach alkalischem Milieu und hoher Si- und Mg-Lösungskonzentration, sowie zu Kaolinit bei geringer Si-Konzentration und sauren Verhältnissen.

Durch die Abfuhr von Na^+ und K^+ aus der Glasphase kommt es zu einer Zunahme der Alkalinität der Porenlösung.

Hierzu korrespondiert die hohe Basensättigung in der Ton- und Feinerdefraktion ($\varnothing < 2\text{mm}$) recht gut. Die gemessenen pH-Werte (6.5-4.5 /CaCl₂) geben meist jedoch schwach saure bis saure Verhältnisse an.

Die gleichzeitige Existenz von Smectit und Kaolinit in den unterschiedlich alterierten Tuffen zeigt, daß Gleichgewichtszustände bei der Tonmineralbildung nicht immer erreicht wurden.

Starke Fe-Anreicherungen (Bsp. Probe 4) weisen auf ein weitgehend offenes System mit einer hohen Durchflußrate der Porenlösung hin. Ein Großteil der mobilisierten Elemente wird jedoch unmittelbar in den neugebildeten Tonmineralen fixiert.

Literatur:

SCHMINCKE, H.-U. (1988): Pyroklastische Gesteine.- In: FÜCHTBAUER, H.u. G. Müller, Sedimentpetrologie Teil II, Sedimente und Sedimentgesteine; S. 731-778; Stuttgart (Schweitzerbart)

Naturnahe Biotitumwandlung und die Struktur der entstehenden Minerale

VON

Dreher, P. und E.A. Niederbudde

Einleitung

Die Umwandlungsprodukte von Biotit in Form aufweitbarer 2:1-Minerale tragen wesentlich zum Kationenaustauschverhalten vieler Böden bei. Während der Mineralumwandlung können sich außer der Zwischenschichtbelegung auch der Redoxstatus des Oktaeder-Fe, die Oktaederkationenzahl und die Schichtladung ändern. Diese Strukturveränderungen beeinflussen wiederum das Sorptionsverhalten der Produkte (zusammenfassende Literatur, FANNING et al., 1989). Die Kenntnis dieser Zusammenhänge ist überwiegend der Untersuchung von in vitro verwitterten Biotiten zu verdanken (BARSHAD und KISHK, 1968; GILKES et al., 1973; DREHER und NIEDERBUDDE, 1993), da Bodenvermiculite meist in nicht trennbarem Gemisch mit Biotit und Hydrobiotit vorliegen und dadurch nicht phasenspezifisch untersucht werden können. Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf die Bedingungen in Böden ist nur eingeschränkt möglich, da in den meisten Laborstudien effektive, aber sehr naturferne Umwandlungsbedingungen gewählt wurden.

In der hier gezeigten Untersuchung wurde Biotit durch Perkolation mit Salzlösungen entkalisieret und die Produkte strukturchemisch untersucht. Sowohl das Austauschverfahren (Perkolation) als auch weitere in parallelen Ansätzen variierte Umwandlungsbedingungen waren den Verhältnissen in Böden angenähert. Als Austauschionen wurden Ca oder Mg bei Konzentrationen von 0.005 bis 10 mmol/l verwendet. Die pH-Werte der Perkolutionslösungen

*) Institut für Bodenkunde der TU München-Weihenstephan,
85350 Freising

lagen bei 3, 4 oder 6; das Redoxpotential wurde durch Zugabe von organischer Substanz beeinflusst.

Versuchsanordnung

Je 4 g eines Mg-reichen, niedriggeladenen ($\xi \approx -0.6$) Biotit der Fraktion 2-63 μm wurden in einem offenen System (Abfuhr der Perkolate) in Plexiglassäulen über 360 Tage mit CaCl_2 - oder MgCl_2 -Lösungen (6ml/h) perkoliert. Die pH-Werte der Perkulationslösungen wurden mit HCl eingestellt, die Redoxpotentialabsenkung bei zwei Ansätzen erfolgte durch die Zugabe von organischer Substanz in die Perkulationsssäulen und Verdrängung von O_2 aus den Perkulationslösungen mit N_2 -Gas. Die K-Freisetzung wurde anfangs täglich, dann wöchentlich in den Perkolaten gemessen. Die Kontrolle der Redoxpotentiale erfolgte direkt im Probenraum mit Pt-Elektroden in der Säulenwand.

Ergebnisse

Die Geschwindigkeit der K-Freisetzung während der Umwandlung war überwiegend bestimmt durch die Konzentration des Gegenions in der Perkulationslösung. Mit Lösungen von 5 bis 10 mmol/l wurde der Biotit innerhalb eines Jahres fast vollständig entkalisiiert, Konzentrationen unter 0.5 mmol/l bewirkten eine deutlich langsamere K-Freisetzung. Stark verzögernd auf die Entkalisierung wirkte auch die Zugabe von organischer Substanz. Bei diesen Ansätzen war das Redoxpotential anfangs bei unter -300 mV und stieg innerhalb weniger Tage auf Werte zwischen -100 und +300 mV. In Gegenwart atmosphärischen Sauerstoffs verblieben die Re-

Tabelle: Ladung, FeIII-Anteil und Oktaederkationen pro Formeleinheit:

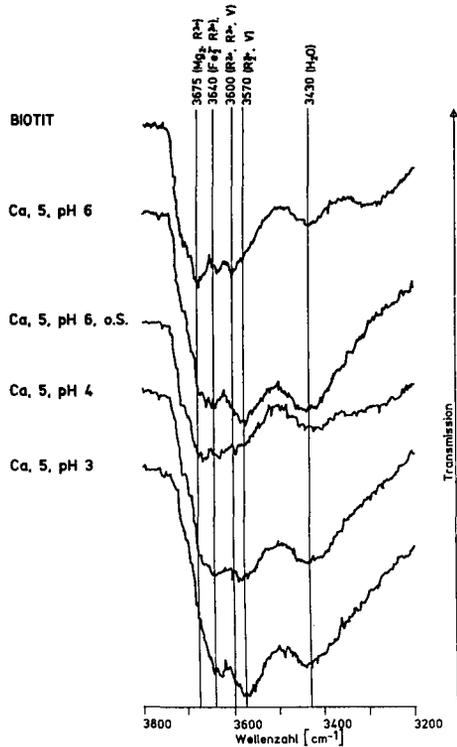
	Biotit	Ca5,pH6	Mg8,pH6	Ca5,pH6 org.S	Mg8,pH6 org.S.	Ca5,pH3	Mg8,pH3
Ladung	-0.57	-0.53	-0.53	-0.55	-0.57	-0.49	-0.49
FeIII	0.08	0.32	0.31	0.25	0.25	0.32	0.45
Okt.kat.	2.83	2.70	2.72	2.74	2.75	2.70	2.66

doxpotentiale während des Perkolationszeitraumes bei 550 ± 50 mV. Die Variation der pH-Werte wirkte sich nicht wesentlich auf die K-Freisetzung aus.

Die Umwandlungsprodukte expandierten nach Ca+Glycerin Sättigung auf 18 Å und nach Mg+Glycerin Sättigung auf 14 Å. Die K-Kontraktion (dreimaliger Austausch mit 0.1 m KCl) war bei Mg-belegten Mineralen behindert, während sie bei vorheriger Ca-Belegung spontan erfolgte.

Während der Entkalisierung wurde bei allen Mineralen Oktaeder-Fe oxidiert (Fe-III-Gehalte, Tabelle). Die Verluste an negativer Ladung durch die Oxidation von FeII zu FeIII wurden teilweise durch die Freisetzung von Oktaederkationen kompensiert, sodaß die Gesamtladung meist nicht oder nur geringfügig verringert wurde. Erst bei relativ starker Oxidation (pH 3) verringerte sich die Ladung deutlich.

Mit Hilfe von IR-Spektren (s. Abbildung) im Wellenzahlbereich der OH-Valenzschwingung konnte die Ausbildung oktaedrischer Vakanzen unabhängig bestätigt werden. Bei den in Gegenwart von atmosphärischem O₂ umgewandelten Proben (2., 4. und 5. von oben) zeigte sich gegenüber dem Biotit eine Verschiebung der Intensitätenverhältnisse von Banden größerer Wellenzahl ($3675, 3640 \text{ cm}^{-1}$), entsprechend trioktaedrischer Struktureinheiten (FARMER, 1974), zu Banden kleinerer Wellenzahl (3600,



IR-Spektren

3570 cm^{-1}), entsprechend dioktaedrischer (teilveranker) Struktureinheiten. Das Spektrum der in Gegenwart von organischer Substanz (o.S.) und N_2 umgewandelten Probe war, übereinstimmend mit den chemischen Daten, nur wenig verändert.

Die Anzahl an Oktaederkationen war hochsignifikant negativ korreliert mit dem Anteil an FeIII in der Struktur. Dieser wiederum stieg in enger Korrelation mit dem Entkalisierungsgrad der Minerale. Die unterschiedlichen pH-Werte und Redoxpotentiale bei der Mineralumwandlung hatten nur mittelbar, über den Grad der Entkalisierung, Einfluß auf das Ausmaß von Fe-Oxidation und der Oktaederentleerung. Die K-Selektivität (AR_0 -Werte) der Umwandlungsprodukte war umso höher (kleiner), je weitergehend die Minerale entkalisziert waren. Ein Einfluß der verringerten Ladung oder Oktaederbesetzung konnte nicht gesichert festgestellt werden.

Literatur

Barshad, I. & F.M. Kishk (1968): Oxidation of ferrous iron in vermiculite and biotite alters fixation and replaceability of potassium. *Science* 162, 1401.

Dreher, P. & E.A. Niederbudde (1993): Potassium release from micas and characterization of the alteration products. *Clay Miner.* (im Druck).

Fanning, D.S., V.Z. Keramidas & M.A. El-Desoky (1989): In: J.W. Dixon & S.B. Weed (eds.), *Minerals in soil environments*. Soil Sci. Soc. Amer. book series, Nr.1, Madison, Wisconsin, USA.

Farmer V.C. (1974): *The infrared spectra of minerals*. Mineral. Society, London.

Gilkes R.J., R.C. Young & J.P. Quirk (1973): Artificial weathering of oxidized biotite: I. Potassium removal by sodium chloride and sodium tetraphenylboron solutions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37, 25-28.

Verwitterung und Pedogenese auf basaltreichen Sedimenten unter hochpolaren Klimabedingungen in Nordwestspitzbergen

von

Eberle, J.¹, R. Jahn², K.H. Papenfuß² und W.D. Blümel¹

Einleitung

Im Rahmen der Geowissenschaftlichen Spitzbergen-Expeditionen 1990-92 (SPE, s. BLÜMEL 1993) wurden auf vulkanischen Ausgangssubstraten in Nordwestspitzbergen (hinterer Bockfjord, 79°25'Br.) Oberflächenböden untersucht, die aufgrund ihrer chemischen und mineralischen Eigenschaften in die Gruppe der Andosols (FAO 1988) gestellt werden müssen. Über die Entstehung solcher Verwitterungsprofile unter den klimatisch ungünstigen Bedingungen der Hocharktis sind bislang keine Untersuchungen bekannt geworden. Die Böden zeigen Ähnlichkeiten mit andischen Bodenbildungen warmer Gebiete.

Für das Arbeitsgebiet sind Jahresmitteltemperaturen von -6 bis -7°C, positive Monatsmittel von Juni bis September und Jahresniederschläge von nur wenig über 200 mm anzusetzen (s. EBERLE et al. 1993). Der innere Bockfjord gilt als Klimaoase Nordspitzbergens und als eines der nördlichsten Tundragebiete der Erde. Der Vulkanismus des Sverrefjell stellt eine lokale, tektonisch bedingte Besonderheit innerhalb paläozoischer Gesteinsserien dar (SKJELKVÅLE et al. 1989).

Die Maximalprofile wurden auf älteren marinen Strandterrassequenzen (20 bis 35 m.ü.M.) im Küstenvorland des Sverre-Vulkans angetroffen. Das Mindestalter dieser Ablagerungen beträgt 8000 bis 9000 y BP (SALVIGSEN & ÖSTERHOLM 1982). Glaziale und marine Formungsphasen im Zuge der postvulkanischen Landschaftsentwicklung hatten zur Folge, daß vulkanisches Material mit allochthonem Kristallin vermischt wurde. Homogene vulkanogene Sedimente sind daher nicht anzutreffen. Die komplexe Genese und Zusammensetzung der Ausgangssubstrate muß bei der Interpretation der Verwitterungsprofile berücksichtigt werden.

Profilbeschreibung

Die andischen Eigenschaften sind besonders deutlich in Böden oberhalb von 20 m.ü.M. ausgebildet (Profil 6/2 und 6/6 in Abb. 1). Unter einer meist lückigen Dryasheide sind inhomogene organische Auflagehorizonte bzw. A/O-Horizonte entwickelt. Die mittel bis stark kiesigen Ah- und Bw-Horizonte weisen Einzelkorn- bis Subpolyedergefüge auf. Die Lagerungsdichte ist durchweg gering (0,8 bis 1,3 g/cm³ bez. Gesamterde), der Tongehalt des Feinbodens liegt unter 15%. Die gelblichbraunen (10YR5/4 bis 10YR4/6) Bw-Horizonte zeigen meist eine scharfe Untergrenze zu den olivgrauen bis graubraunen (2,5Y4/3) C- bzw. Cw-Horizonten. Die Durchwurzelung reicht stellenweise bis in 80 cm Tiefe. Der eisreiche Permafrost wurde im Profil 6/3 bei 60 cm, in den anderen Profilen jedoch erst in 100 bis 200 cm Tiefe angetroffen. Die Böden waren zum Zeitpunkt der Feldaufnahmen (Juli 1991 u. August 1992) trocken bis schwach feucht, erst unmittelbar oberhalb der Permafrosttafel stieg der Feuchtegrad an. Eine stärkere Störung der Profile durch periglaziale Prozesse war nicht zu beobachten.

Chemische Eigenschaften

Nach FAO (1988) zeichnet sich der Feinboden andischer Böden durch Al₂O₃+0,5Fe₂O₃-Gehalte von >0,4% aus (sofern $\Sigma \text{gU} + \text{S} > 30\%$). In Profil 6/6 erreicht dieser Wert in einzelnen Horizonten sogar über 3%, der Al₂O₃-Wert allein liegt bereits zwischen 1,5 und 2,5% (s. Abb. 1). Die Werte des oxalatlöslichen Siliciums (nicht dargestellt) liegen in derselben Größenordnung wie die Fe₂O₃-Werte. Vergleichsuntersuchungen an feldfrischen Proben ergaben sehr viel höhere Oxalatswerte für Eisen und Aluminium. Die in Abb. 1 aufgeführten Daten sind folglich Minimalwerte. Der Anteil des pyrophosphatlöslichen Eisens bzw. Aluminiums ist durchweg gering (< 5% der Oxalatswerte). Eine für "andic" Eigenschaften verlangte P-Sorption von über 85% wird mit Werten zwischen 65 und 75% nicht ganz erreicht.

1)Universität Stuttgart, Geographisches Institut, 70176 Stuttgart

2)Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortlehre, 70593 Stuttgart

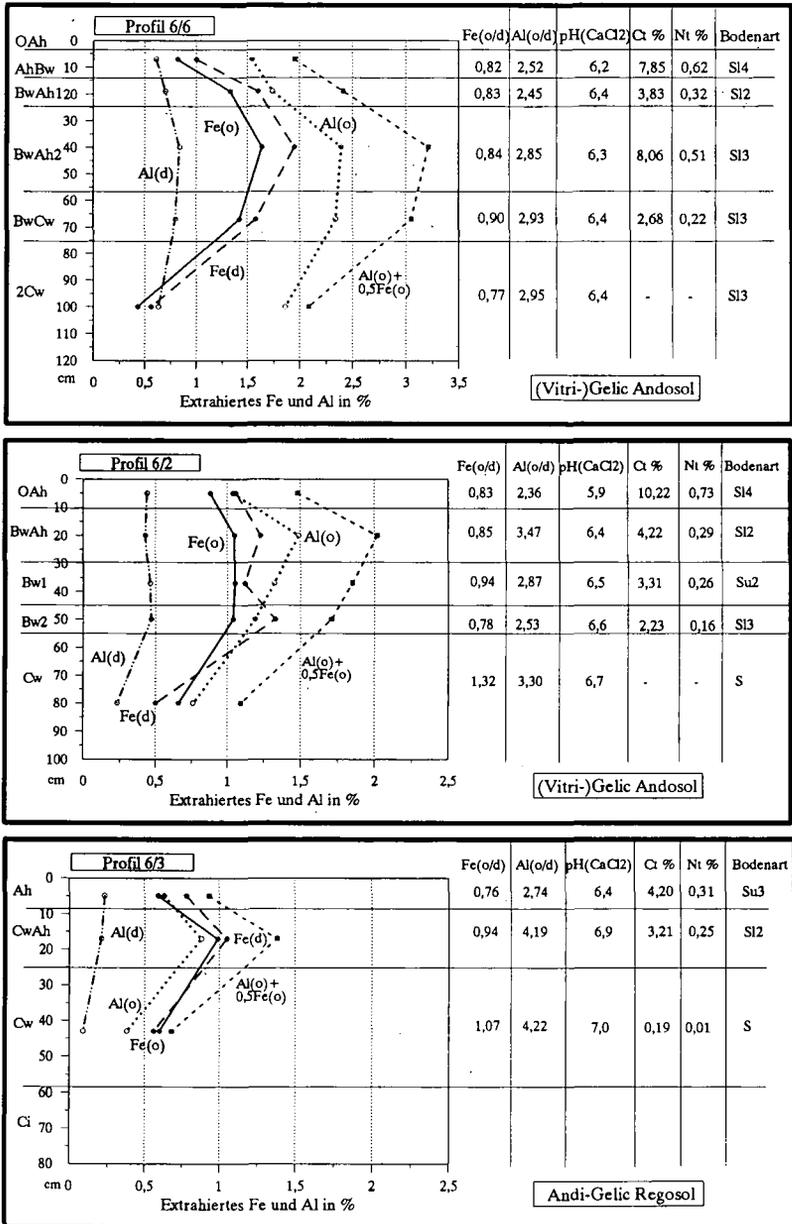


Abb. 1:

Chemische Kennwerte andischer Böden am Sverrefjell. Die Profile liegen auf verschiedenen Terrassenniveaus des marin geprägten Küstenvorlandes. Profil 6/6 (24 m.ü.M.), Profil 6/2 (22 m.ü.M.), Profil 6/3 (2 m.ü.M.). Die Werte wurden an ofentrockenem (80-105°C) Feinboden ermittelt.

Mikromorphologie der Glasverwitterung

In Körnerpräparaten und Dünnschliffen konnte die intensive Verwitterung basaltischer Gläser belegt werden. Während in den C- bzw. Cw-Horizonten hellbraune, scharfbegrenzte und meist nur leicht oxidierte Gläser auftreten, weisen die Bw- und AhBw-Horizonte teilweise vollständig opake und in Auflösung begriffene Glaspartikel auf. Es wird erkennbar, daß die Verwitterung entlang von Rissen ins Zentrum der Gläser vordringt, wobei in der Matrix eingeschlossene Primärminerale (vorw. Plagioklas, Titanaugit, Magnetit) herauswittern. In rastermikroskopischen Aufnahmen wird deutlich, daß die Gläser eine polygonartige Fragmentierung aufweisen, die als Ergebnis thermisch-physikalischer Verwitterung gedeutet wird. Durch die Fragmentierung findet eine enorme Vergrößerung der Oberfläche statt, wodurch lösungsschemische Angriffe erleichtert werden. Fast alle untersuchten Horizonte weisen in der Feinsandfraktion noch Glasanteile von 40-70% auf. Neben den Gläsern unterliegt Olivin einer Umwandlung zu gelb- und rotbraunen oxidischen Neubildungen. An anderen Primärsilikaten waren mikromorphologisch keine lösungsschemischen Veränderungen festzustellen. Das Profil 6/6 ist mehrschichtig, was durch deutlich höhere Anteile nichtvulkanogener Komponenten im 2Cw-Horizont (Schwermineralanalyse, Gesamtgehalte) nachgewiesen werden konnte.

Tonmineralanalyse

Die hohen Al_O -Werte weisen auf allophanartige (i.S.v. nicht oder schlecht kristallisierten wasserhaltigen Aluminiumsilikaten) Neubildungen hin. Im Röntgendiffraktogramm der Tonfraktion (Mg-belegt) des Profils 6/6 sind lediglich im 2Cw-Horizont interpretierbare Reflexe erkennbar (s. Abb. 2). Um den Einfluss der Eisenoxide und/oder amorpher Substanzen zu reduzieren wurde die Tonfraktion des BwAh1-Horizontes (Profil 6/6) einer Dithionit- und parallel dazu einer Oxalatbehandlung unterzogen. Nur im oxalatbehandelten Präparat treten Reflexe auf, deren Position mit denen des 2Cw-Horizontes übereinstimmen (s. Abb. 2). Das Ergebnis zeigt, daß wohl vorwiegend allophanische und weniger oxidische Komponenten für die Unterdrückung der Reflexe verantwortlich sind.

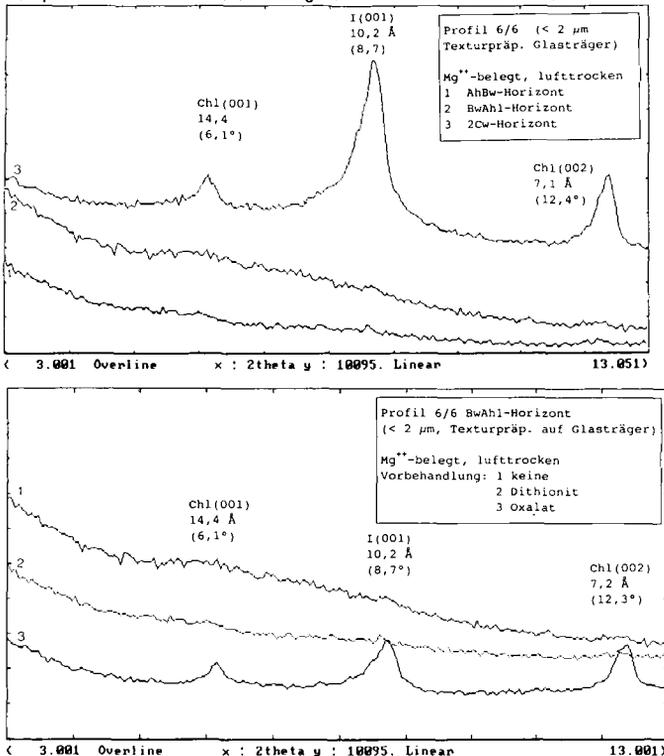


Abb. 2: Röntgendiffraktogramme des Profil 6/6 (2 Theta 3-13°).

Wie die weiteren Analysen (Glycerin-, Hitzebehandlung) ergaben, spiegeln die Interferenzen ein lithogenes Illit/Chlorit-Spektrum wider, das durch Beteiligung allochthoner Komponenten (insbes. devonischer Sedimentgesteine) zu erklären ist. Nach WADA (1985) sind Andosole meist arm an in situ gebildeten Tonmineralen. Smectite, die nach JAHN (1988) und ZAREI (1989) in Andosolen semiarider Gebiete als Neubildungen auftreten, konnten bislang nicht eindeutig nachgewiesen werden. In einzelnen Proben treten zwischen 10 und 14 Å Reflexe auf, die als vermikulitische Wechsellagerungen zu interpretieren sind. Elektronenmikroskopische Analysen weisen auf das Vorhandensein von Imogolit hin.

Fazit

Aufgrund ihrer Eigenschaften sind die älteren Profile als Vitri-Gelic Andosols zu bezeichnen. Während allophanartige Komponenten unter gemäßigten und humiden Bedingungen nur kurze Zeit stabil sind, verhindern die hygrischen und thermischen Verhältnisse des Arbeitsgebietes eine Entwicklung von Tonmineralen höherer Kristallinität (s. WADA 1985). Durch die gute Drainage und dadurch bedingte starke sommerliche Austrocknung der Profile werden chemische Bodenreaktionen reduziert und vorhandene amorphe Substanzen stabilisiert. Wie neuere Untersuchungen zeigen findet Allophanbildung auch unter semiariden Bedingungen statt. Bei den Bodenbildungen am Sverrefjell ist jedoch davon auszugehen, daß ein Großteil der Verwitterungsmerkmale während edaphisch feuchterer Phasen des Postglazials entstanden sind (Merkmalskonstanz!) und gegenwärtig allenfalls eine schwache Weiterbildung der Böden erfolgt. Unabhängig davon zeigen die Ergebnisse, daß die Andosolgenese - unter Berücksichtigung eines anderen Zeitfaktors - auch in hochpolaren Breiten möglich ist.

Literatur

- BLÜMEL, W.D.(1993): Contributions to Polar Geomorphology by the German Spitsbergen expeditions 1990-1992. - Z. Geomorph. N.F., Suppl. Bd. 92: 1-19.
- EBERLE, J.; THANNHEISER, D. & WEBER, L. (1993): Untersuchungen zur Bodenbildung und Vegetation auf basaltischen Ausgangssubstraten in einem hocharktischen Geoökosystem (Bockfjord/Nordwestspitzbergen). - Norden 9: (im Druck).
- FAO-UNESCO (1988): Soil map of the world; revised legend. - Soil researches report 60: 119 S., Rome.
- JAHN, R. (1988): Böden Lanzarotes. Vorkommen, Genese und Eigenschaften von Böden aus Vulkaniten im semiariden Klima Lanzarotes (Kanarische Inseln). - Hohenheimer Arbeiten, 257 S., Stuttgart.
- SALVIGSEN, O. & ÖSTERHOLM, A.C.(1982): Radiocarbon-dated raised beaches and glacial history of the northern coast of Spitsbergen, Svalbard. - Polar Research 1: 97-115.
- SKJELKVÅLE, B.L.; AMUNDSEN, H.E.F.; O'REILLY, S.Y.; GRIFFIN, W.L. & GJELSVIK, T. (1989): A primitive alkali basaltic stratovolcano and associated eruptive centres, northwestern Spitsbergen: Volcanology and tectonic significance. - J. of Volcanology and Geothermal Research 37: 1- 19.
- WADA, K.(1985): The properties of Andosols. - Advances in Soil Science 2: 174-229.
- ZAREI, M. (1989): Verwitterung und Mineralneubildung in Böden aus Vulkaniten auf Lanzarote (Kanarische Inseln). - 255 S., Berlin.

Danksagung

Die Arbeiten in Spitzbergen wurden mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) durchgeführt. Dafür sei an dieser Stelle gedankt.

Mineralogische Eigenschaften von Boden-Saprolit-Komplexen auf Kristallingesteinen in Swaziland (südliches Afrika)

VON

Felix-Henningsen, P., M. Schotte und T. Scholten

1. Einleitung

In dem durch Grassavanne geprägten, hügeligen Middleveld Swazilands bilden reliktsche Saprolite aus tiefgründig verwitterten, plutonischen Kristallingesteinen das Ausgangsgestein der Böden in Hanglagen und Ebenen. Als Folge der anthropogenen Entwaldung und Überweidung der Savanne entstanden in den vergangenen 3 Jahrzehnten bis zu 1000 m lange und 15 - 20 Meter tiefe und breite Erosionsgullys in den Boden-Saprolit-Komplexen, die sich ausgehend von Trittpfaden oder Geländekanten schnell rückschreitend ausdehnen. Gegenüber den Bodenhorizonten erweist sich der unterlagernde Saprolit als besonders erosionsanfällig (s. SCHOLTEN & FELIX-HENNINGSEN 1993). Nach Erosionsphasen stellen diese verwitterten Gesteine wiederum das Ausgangssubstrat für jüngere Böden dar. Um die Genese der Verwitterungsdecke zu erhellen, sowie den Einfluß der Verwitterung, Massenverluste und Mineralneubildungen auf die Erodierbarkeit und Standorteigenschaften der Boden-Saprolit-Komplexe zu kennzeichnen, wurden an bis zu 20 m tiefen Aufschlüssen der Erosionsgullys in Saprolit aus verschiedenen Ausgangsgesteinen die pedochemischen, physikalischen und mineralogischen Eigenschaften der Verwitterungsdecke untersucht.

2. Untersuchungsgebiet

Das Königreich Swaziland (17.400 km²) liegt im südöstlichen Afrika mit Grenzen zu Südafrika und Mozambique. Klimatisch gehört die Region heute zu den sommerfeuchten, winterrockenen Subtropen. Geomorphologisch wird das Land von Berg- und Hügelländern zerschnittener Rumpfstufen (High-, Middle- und Lowveld) der Großen Randstufe Südafrikas geprägt. Die Ausgangsgesteine der Verwitterungsdecke im Highveld und Middleveld Swazilands bestehen aus 2.500 bis 3.500 Mio. Jahre alten archaischen Intrusivgesteinen.

Die Untersuchungsstandorte befinden sich im Hügelland des Middleveld (31° 07' E, 26° 35' S, 500 - 1200 m ü. NN, 600 -1.200 mm NS/a, Regenzeit von Oktober bis März, ausgeprägte Trockenzeit). Als Böden der weitgehend waldfreien Grassavanne überwiegen Umbric Ferralsols, Acrisols und Cambisols in Hanglagen und Ebenen. Sie sind auf Saprolitzonen der Kristallingesteine entwickelt, die unter tropisch humiden Klimabedingungen bereits in der Kreide und dem Altertär entstanden und im Jungtertiär und Quartär verschiedenen Phasen der Abtragung unterlagen (FRÄNZLE 1984). Daher verblieben an den Unterhängen bis zu 30 m mächtige Relikte, die hangaufwärts eine abnehmende Mächtigkeit aufweisen. In den Erosionslagen der Steilhänge und Kuppen fehlt der Saprolit. Hier treten neben freien Felsflächen junge, flachgründige Cambisols und Leptosols zwischen einer dichten Blockstreu (Wollsäcke) auf, die die ehemalige Basis der erodierten Verwitterungsdecke kennzeichnen.

3. Boden-Saprolit-Komplex aus Quarz-Diorit

Als Beispiel wird auf die morphologischen, geochemischen und mineralogischen Merkmale der Verwitterungsdecke aus Quarz-Diorit eingegangen. Im Hinblick auf die Massenverluste des Saprolits und die Art der Mineralumwandlungen nimmt das Profil eine Mittelstellung zwischen den ebenfalls verbreiteten Gesteinskomplexen aus Granit und Gabbro ein.

¹ Institut für Geographie, Abteilung Landschaftsökologie, Robert-Koch-Str. 26-28, 48149 Münster

3.1. Morphologische Gliederung

Das etwa 10 m mächtige Profil wurde an einem Straßenaufschluß im Mittelhangbereich einer mit 5° geneigten Savannenfläche in 800 m ü. NN westlich der Ortschaft Luyengo aufgenommen.

a) Solum:

Bodentypologisch ist nach FAO (1989) ein Umbriferralic Cambisol mit der nachstehenden Horizontfolge auf dem Saprolit ausgebildet:

Ah: 0 - 20 (30) cm, graubraun (7,5 YR 3/4), Ts2, x4, g4, krü

Bw: 20 - 50 cm, d.braunrot (2,5 YR 4/8), Tu3, poly

BwCw: 50 - 150 cm, braunrot (2,5 YR 4/8), Tu3, poly, zungenartiger Übergang in den Saprolit

Mikromorphologisch im BwCw-Horizont nach oben gleitend zunehmende Veränderung der Saprolitstruktur durch Gefügebildung und Zerkleinerung grobkörniger Kaolinitaggregate aus dem Saprolit; kohärente Feinsubstanz im Bw-Horizont ohne Kaolinitaggregate; "boxwork"-Pseudomorphosen nach Amphibol bilden den Kern runder Fe-Konkretionen; im BwCw-Horizont stark verquetschte Tonbeläge durch Turbationsprozesse, rezente Risse und Poren sind dagegen frei von verlagertem Feinton; ungestörte, kräftige Feintonbeläge in ehemaligen Wurzelgängen der Saproliteinschaltungen an der Horizontbasis deuten auf eine ehemalige Luvisol-Acrisol-Phase während der polygenetischen Bodenentwicklung hin.

b) Saprolit:

Der Saprolit ist in einer Mächtigkeit von 8,5 m aufgeschlossen. Er wurde nach dem Grad der Oxidation der mafischen Minerale und damit der Intensität der Verbraunung in 5 Zonen untergliedert, die gleitend ineinander übergehen:

Cw1: 1,5 - 2,3 m, braunrot (2,5 YR 5/8), UI3

Cw2: 2,3 - 3,6 m, rotbraun (5 YR 6/8), UI2

Cw3: 3,6 - 6,3 m, gelbgrau (2,5 Y 7/6), weiß gefleckt, Uls

Cw4: 6,3 - 7,7 m, olivgrau (5 Y 7/3), schwarz-weiß gefleckt, Us2

Cw5: 7,7 - 10 m, schwarz-weiß gefleckt, Us3

R: > 10 m, schwarz-weißer, harter Quarzdiorit

Die wesentlichen Merkmale des Saprolits sind wie folgt zu charakterisieren:

- Übergang vom unverwitterten Gestein in den Saprolit über eine schalenartig strukturierte Absonderungszone im Bereich von wenigen Dezimetern,
- ungestörte Gesteinsstruktur des ehemaligen Diorits in allen Saprolitzonen,
- das Gestein ist vollständig mürbe, grabbar und zwischen den Fingern zu zerreiben,
- in allen Zonen sind die Feldspäte weitgehend bis vollständig zu Pseudomorphosen aus Kaolinit umgewandelt,
- Amphibole mit 2 - 5 mm Durchmesser in Cw4 und Cw5 weitgehend intakt und nur von schmalen ockerbraunen Säumen aus Fe-Oxid umgeben,
- Verwitterung mafischer Minerale, Bildung und diffuse Ausbreitung von Fe-Oxiden sowie Zunahme des Hämatitanteils ab Cw3 nach oben hin fortschreitend.

Mikromorphologisch tritt die starke Kaolinitisierung der Feldspäte mit der Bildung feinkörniger (< 6,3 µm) Kaolinite und großer Buchstapel-Kaolinitaggregate (> 20 µm) hervor. Feldspatrelikte nehmen mit einem steigenden Grad der Korrosion und Auflösung nach oben ab und sind ab der Zone Cw3 nicht mehr erkennbar. Amphibole in den beiden unteren Saprolitzonen sind von grüner Farbe und weisen noch einen deutlichen Pleochroismus auf. Die Minerale werden von glattwandigen Lösungshohlräumen durchzogen, Fe-Oxidsäume fehlen oder sind nur sehr diffus in der umgebenden Kaolinit-Matrix ausgebildet. In der Zone Cw3 treten kräftige Oxidsäume um die Mineralreste auf, während in den oberen beiden, braunroten Saprolitzonen eine vollständige Lösung der Amphibole, verbunden mit einer Bildung von Pseudomorphosen aus gitterartig strukturierten Fe-Oxiden (boxwork-Struktur) stattfand.

3.2 Mineralbestand

Der röntgenographisch ermittelte und quantifizierte **Mineralbestand der Gesamtfraktion** deckt sich mit den morphologischen Befunden. Die Feldspäte unterlagen bereits in den untersten Saprolitzonen einer starken Kaolinitisierung, sie sind in der Zone Cw 3 völlig verwittert. Dagegen sind die Amphibole bei abnehmenden Gehalten auch in den höheren Saprolitzonen (Cw2 und Cw3) noch nachweisbar. Im **Mineralbestand < 2 µm** des Saprolits dominiert Kaolinit neben Illit. Geringe Smectitgehalte in allen Saprolitzonen erreichen ein Maximum in der Zone Cw3, in der auch die Amphibole einer besonders intensiven Verwitterung unterliegen. Gibbsit ist in mit Anteilen von 5 - 10 % nur in den beiden obersten Bodenhorizonten nachweisbar. Er wurde offenbar aus Kaolinit gebildet und kann als Indikator für die jüngere Phase der Ferrallitisierung gewertet werden. Halloysit wurde weder in den Bodenhorizonten noch in den Saprolitzonen nachgewiesen.

Tab. 1: Profil Luyengo - Mineralbestand (röntgenographisch, semiquantitativ in "Gew.%") der Gesamtfraktion und der Tonfraktion < 2 µm (Horizontbez. n. FAO, Fsp. = Feldspäte, Amph. = Amphibole, Kaol. = Kaolinit, Glimm. = Glimmer, Smect. = Smectit, Gibbs. = Gibbsit)

Tiefe (cm)	Hor.	Gesamtfraktion					Tonfraktion			
		Quarz	Fsp.	Amph.	Kaol.	Glimm.	Kaol.	Illit	Smect.	Gibbs.
20	Ah	63	0	0	37	0	85	10	0	5
50	Bw	62	0	0	38	0	80	10	0	10
150	BwCw	57	0	0	40	3	90	10	0	-
230	Cw1	43	0	0	53	4	63	32	5	-
360	Cw2	45	0	14	39	3	65	36	5	-
630	Cw3	41	0	12	45	3	54	25	21	-
770	Cw4	29	18	28	22	3	49	48	3	-
830	Cw5	25	28	29	14	4	57	40	3	-
1000	R	18	49	29	0	4	-	-	-	-

Die durch Hinkley-Indices beschriebene **Kaolinitkristallinität** ist in allen Horizonten schlecht (Hinkley-Index < 0,1). Die Minerale weisen eine ausgeprägte b-Achsen-Fehlordnung auf. Der Anteil der durch Einlagerungs-Fehlordnung geprägten **Fireclay-Minerale** (die durch DMSO nicht aufweitbar sind, vgl. RANGE et al. 1970) an der Summe der 7 Å-Minerale beträgt in den Bodenhorizonten etwa 30 %. Er nimmt in den obersten Saprolitzonen zur Tiefe rasch ab, ab der Zone Cw 3 sind Fireclay-Minerale nicht mehr nachweisbar. Die **Tongehalte** der Saprolitzonen von < 10 - 20 Gew.% steigen in den Bodenhorizonten sprunghaft bis auf 60 Gew. % an. Da der Gesamtmineralbestand der obersten Saprolitzzone und des untersten Bodenhorizonts sich nicht wesentlich unterscheiden, muß die sprunghafte Zunahme des Tongehaltes und auch des Kaolinitgehaltes vorwiegend auf einer Zerkleinerung der Kaolinit-Mineralaggregate und Pseudomorphosen des Saprolits beruhen. Neben der im Zuge der Gefügeumbildung ablaufenden Turbationsprozesse sowie Quellung und Schrumpfung könnte auch eine kongruente Lösung von grobkörnigem Kaolinit des Saprolits und die Bildung sekundärer Feinton-Kaolinite eine Rolle gespielt haben. Darauf deutet die Bildung der Fireclay-Minerale hin (vgl. FELIX-HENNINGSSEN 1990).

3.3 Geochemische Eigenschaften

Ausgehend von einer Dichte des unverwitterten Gesteins von 2,70 g/cm³ beträgt der maximale **Massenverlust** in der untersten, augenscheinlich am schwächsten verwitterten Saprolitzzone Cw5 bereits 43 %, in der am stärksten verwitterten obersten Saprolitzzone Cw1 54 %. Weitere untersuchte Saprolitzonen aus Gabbro (54 %), Diorit (53 %), Quarz-Diorit (41 %) weisen eine ähnliche Größenordnung der Massenverluste auf. An den Massenverlusten hat Si mit 50 - 60 % den größten

Anteil, gefolgt von der Summe der Alkali-, Erdalkalielemente (25 - 30 %), Al (10 - 15 %) und Fe (5 %). Gegenüber den Gehalten im frischen Gestein verarmten in der obersten Saprolitzzone pro Volumeneinheit die Elemente Mg, Na, Ca um 90 - 100 %, K um 75 - 80 %, Si um 50 - 60 %, Al, Fe und Mn um 30 - 40 %.

Ein Bild des Redoxmilieus während der Verwitterung gibt die **Fe-Bilanz**. Bereits in der untersten Saprolitzzone Cw5 hat der Fe₂-Gehalt gegenüber den volumenbezogenen Ausgangsgehalten um 30 % abgenommen, ohne daß ein äquivalenter Anstieg der Fe₃-Gehalte zu verzeichnen ist, was morphologisch auch die fehlende Verbraunung dieser Zone dokumentiert. In den höheren Zonen nehmen die Fe₂-Verluste nicht weiter zu. Durch fortschreitende Mineralverwitterung erfolgte neben der Bildung von freien Fe-Oxiden (Hämatit und Goethit) in den mafischen Mineralen zunehmend von unten nach oben eine innerkristalline Oxidation von Fe²⁺ zu Fe³⁺.

4. Genese des Boden-Saprolit-Komplexes

Die Saprolitisierung verlief polygenetisch unter der sukzessiven Tieferlegung der Verwitterungsbasis und einer darüber befindlichen Reduktionszone. Im reduzierenden Milieu wurde bereits ein großer Teil der primären Silicate gelöst und der größte Teil der Elemente (u.a. Fe) ausgewaschen, welche die Massenverluste des Saprolits bestimmen. Daher sind die Amphibole angelöst, jedoch nicht von Fe-Oxiden umgeben. Dieses weist darauf hin, daß das Grundwasser in Bewegung war und aufgrund des Zusammenwirkens von Klima, Relief und Vorflutverhältnissen ausgetauscht wurde. Die Al-Verluste belegen zudem einen niedrigen pH-Wert und/oder einen hohen Gehalt löslicher organischer Komplexbildner. Die Tieferlegung der Verwitterungsbasis muß relativ rasch erfolgt sein, so daß die Phase der reduzierenden Bedingungen nicht für eine vollständige Lösung der Amphibole ausreichte. Mit einsetzenden oxidierenden Bedingungen in den höheren Saprolitzonen verblieben die Fe-Oxide in der Umgebung der verwitternden Amphibolreste. Obwohl von geringerer Verwitterungsstabilität wurde im oxidierenden Milieu offenbar ihre Verwitterungsrate gegenüber den Feldspäten durch die Bildung von Fe-Oxidbelägen herabgesetzt (vgl. VELBEL 1983). Die kleinsträumige diffuse Umverteilung der pedogenen Oxide in der kaolinitischen Matrix durch Redoxprozesse wurde in den oberen Saprolitzonen durch die Zunahme des Tongehaltes und Vernässung begünstigt.

Durch die quartäre Abtragung des Solums in Erosionsphasen (Steinsohle im Profil und Bodensedimente an Unterhängen) und die Weiterentwicklung in Phasen morphodynamischer Stabilität (humideres Klima) wurde der Saprolit zum Ausgangsgestein der rezenten Böden. Durch fortschreitende Verwitterung von Dreischichtmineralen (Illit, Smectit) und Zerkleinerung der primären, grobkörnigen Kaolinit-Aggregate des Saprolits (Turbationsprozesse, kongruente Kaolinitlösung) wurden sekundäre Kaolinite des tonreichen Solums gebildet. Die Bodenentwicklung begann mit einer Luvisol-Acrisol-Phase unter tiefwurzelnder Vegetation (Wald?). Ungestörte Tonbeläge in Wurzelgängen im Grenzbereich zum Saprolit sprechen dafür. Die Phase wurde durch eine Ferralsol-Phase abgelöst, die zur Neubildung von Gibbsit im Oberboden und einer weitgehenden Sorption von Al am Sorptionskomplex des Unterbodens führte. Die stark sauren Bedingungen im Boden (Al-Pufferbereich) und die heute nur mäßig sauren Bedingungen (pH 5,5 - 6,5, BS 50 - 70 %) im Saprolit kennzeichnen eine genetische Divergenz zwischen Solum- und Saprolit. Sie belegt, daß oberflächennahe ferrallitische Verwitterung nicht unbedingt mit einer Weiterentwicklung des Saprolits durch rezente Tiefenverwitterung einhergehen muß.

5. Literatur

- FELIX-HENNINGSSEN, P. (1990): Die mesozoisch-tertiäre Verwitterungsdecke (MTV) im Rheinischen Schiefergebirge - Aufbau, Genese und quartäre Überprägung. - Relief, Boden, Paläoklima, Bd. 6: 192 S., Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- FRÄNZLE, O. (1984): Bodenkunde - Südafrika. - Afrika-Kartenwerk, Beiheft S 4, Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- RANGE, K.J., RANGE, A. & WEISS, A. (1970): Fire-clay type kaolinite or fireclay mineral? Experimental classification for kaolinite-halloysite minerals. - Proc. Int. Clay Conf. Tokyo, 1: 3 - 13.
- SCHOLTEN, Th. & FELIX-HENNINGSSEN, P. (1993): Gully-Erosion in Boden-Saprolit-Komplexen auf Kristallgesteinen in Swaziland (südliches Afrika). - Mittg. Deutsche Bodenkundl. Ges., Tagungsband 1993.
- VELBEL, M.A. (1984): Natural weathering mechanisms of almadine garnet. - Geology, 12: 631-634.

Tonmineralogie zweier Böden auf Granitgestein

von

Fichter, J., M.P. Turpault und J. Ranger

Einleitung

Erhöhter Säureeintrag aus anthropogenen Quellen verursacht auf dem extrem basenarmen "Granite de Brézouard" ein Ungleichgewicht in der Nährelementversorgung von Waldbeständen. Vergilbung und Nadelverlust sind hier auffallende Symptome von Magnesiummangel an Fichten aller Altersklassen. Der aus der Verwitterung resultierende Elementfluß basischer Kationen wirkt dem Nährelementmangel entgegen. Vorliegende Arbeit ist Teil einer Mineralinventur der Feinerde zweier Böden des Wassereinzugsgebietes Aubure (Vogesen). Tonminerale wurden mittels Röntgendiffraktometrie und verschiedenen Vorbehandlungen analysiert.

Material und Methoden

Zerstörung der organischen Substanz, Korngrößenfraktionierung, und Kationenbelegung der Tonproben erfolgte nach den bei ROBERT und TESSIER (1974) beschriebenen Verfahren. Es wurde sowohl die von MEHRA und JACKSON (1960) vorgeschlagene Dithionit-Citrat-Extraktion (CBD), als auch die bei TAMURA (1957) geschilderte dreifache Extraktion bei höherer Temperatur und ohne Dithionit angewandt. Ein Siemens D5000 Diffraktometer mit $\text{CuK}\alpha$ Strahlung wurde eingesetzt. Die semi-quantitative Auswertung erfolgte an vorbehandelten (TAMURA, 1957), Mg- und ethylenglycolbelegten Proben nach dem Flächenanteil unter Berücksichtigung spezifischer Faktoren (TRIBUTH, 1991).

Profilbeschreibung

Das Profil PP (plaques profondes), eine saure Braunerde, liegt am südostexponierten Hang in einem 90-jährigen Fichtenbestand. Die $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ Werte steigen von 4,0 im Oberboden auf 4,6 im mittleren und unteren Profilbereich. Die Basensättigung bewegt sich im gesamten Profil zwischen 3 und 5 %. Das Profil HP (hêtraie plaque), eine podsolige Braunerde, liegt am Gegenhang unter 80-jähriger Buche. Im Unterboden finden sich $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ -Werte von 4,9 und eine Basensättigung von bis zu 15 %.

* INRA Nancy, Centre des Recherches Forestières, 54280 Champenoux, France.

Beide Profile haben sich aus Deckschichten des extrem basenarmen "Granite de Brézouards" bis in 2 m Tiefe entwickelt. Das Gestein aus dem Profil PP ist hydrothermal beeinflusst, grobkörnig, mit geringem Feldspat, hohem Quarz und Muskovitanteil. Der Fazies des Profils HP ist zum Vergleich feinkörniger und auf Kosten der übrigen Minerale albit- und orthoklasreicher. Die Tongehalte nehmen im Profil PP von 20 % im obersten Horizont auf 5 % im Unterboden ab. Im Profil HP liegen diese Werte jeweils um die Hälfte niedriger.

Ergebnisse und Diskussion

Das Profil HP verfügt über einen wesentlich höheren Anteil an extrahierbarem Fe und Al als das Profil PP (Abbildungen 1 und 2). Jeweils geringe Anteile an Si lassen vermuten, daß bei der Extraktion nach TAMURA (1957) bereits silikatische Strukturen angegriffen wurden.

Wesentlicher Bestandteil ist in beiden Profilen und allen Horizonten dioctaedrischer Illit (Tabelle 1 und Abbildung 3). Im Oberboden haben sich Wechsellagerungsminerale (Illit-Vermikulit, Illit-Smektit) und besonders im Profil HP, Vermikulit gebildet. Smektit nimmt in beiden Profilen von oben nach unten zu. Kaolinit überwiegt in oberen Horizonten vor allem im Profil HP. Ein gewisser Anteil labiler Minerale TRIBUTH (1991) läßt sich in oberen Horizonten errechnen. Zusätzlich treten in allen Horizonten Quarz und vor allem im Profil HP Feldspäte auf.

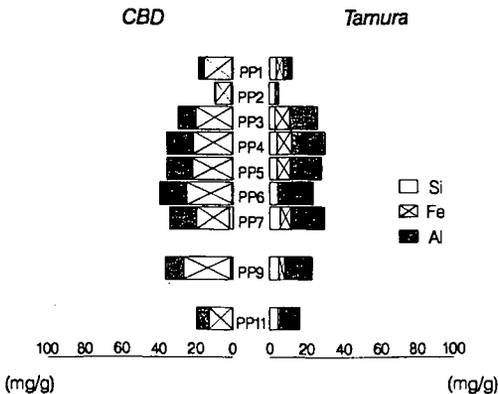


Abbildung 1: Si, Fe und Al durch Dithionit-Citrat-Extraktion sowie durch Extraktion nach TAMURA (1957) für das Profil PP (plaques profondes).

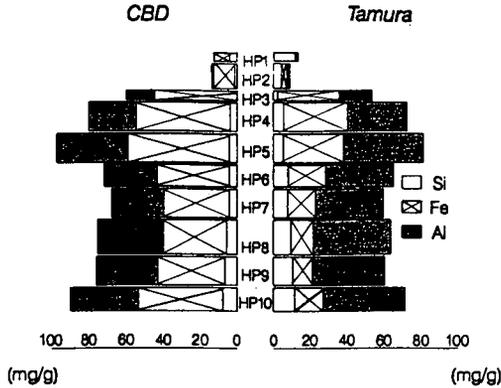


Abbildung 2: Si, Fe und Al durch Dithionit-Citrat-Extraktion sowie durch Extraktion nach TAMURA (1957) für das Profil HP (hêtraie plaque).

Zwischenschichteinlagerungen verhindern im Profil HP jegliche Aufweitung von Smektit ohne Vorbehandlung (TAMURA 1957). Im Profil PP hingegen kommt es bereits ohne Vorbehandlung im oberen Bereich zur teilweisen Aufweitung, die bis in die tiefsten Horizonte fast vollständig wird. Die Einlagerung von überwiegend Al-Polymeren stabilisiert die Smektitminerale trotz niedriger pH-Werte und ausgeprägter Drainage auch in den oberen Horizonten. Die Stabilität dieser Minerale zeigt sich daran, daß auch nach Extraktion (TAMURA 1957) erst bei Erhitzung auf 330 °C ein bis dahin noch deutlicher Wulst zwischen 10-12 Å vollständig verschwindet.

Tabelle 1 : Semiquantitative Auswertung der Minerale in der Fraktion 0-2 µm für die Profile PP (plaques profondes) und HP (hêtraie plaque).

	Q	K	I	ÜM	V	S+L		Q	K	I	ÜM	V	S	L
PP1	1	0	3	3	0	3	HP1	1	1	4	0	1	2	2
PP2	1	0	3	3	1	3	HP2	1	1	3	2	3	2	1
PP3	0	0	4	3	0	3	HP3	1	1	3	2	3	1	1
PP4	0	0	4	2	0	3	HP4	1	1	4	2	3	2	0
PP5	0	0	4	2	0	3	HP5	1	1	4	2	2	2	1
PP6	0	0	4	2	0	3	HP6	1	1	4	2	0	3	0
PP7	0	0	4	2	0	3	HP7	0	1	4	0	0	3	0
							HP8	1	0	4	0	0	3	0
PP9	0	0	4	2	0	3	HP9	1	1	4	1	0	3	0
PP11	0	0	3	0	0	4	HP10	1	1	4	1	0	2	0

Q = Quarz; K = Kaolonit; I = Illit; ÜM = Übergangsminaler; V = Vermiculit ; S = Smektit; L = Labile Minerale. 0 = 0-2 %; 1 = 2-5 %; 2 = 5-20 %; 3 = 20-50 %; 4 = 50-100 %.

PP (plaques profondes)

HP (hetraie plaques)

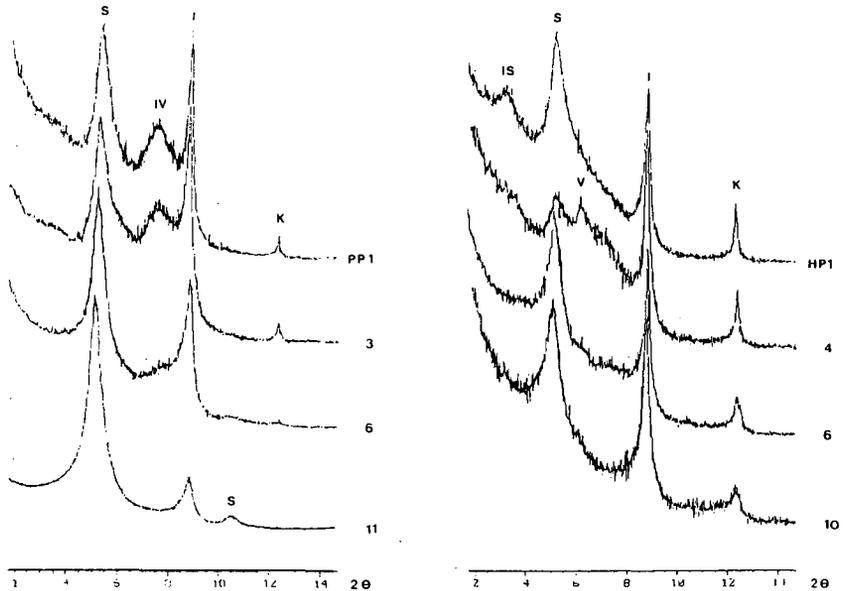


Abbildung 3: Diffraktogramme einiger Tonproben nach Vorbehandlung (TAMURA, 1957), Mg- und Ethylenglycol-Belegung.

Literaturangaben

- MEHRA O.P. und JACKSON M.L. (1960): Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.*, 7, 317-327.
- ROBERT M. und TESSIER D., (1974): Méthode de préparation des argiles des sols pour des études minéralogiques. *Ann. Agron.* 25 (6), 859-882.
- TAMURA T., (1957): Identification of the 14 Å clay mineral component. *Amer. Min.*, 42, 107-110.
- TRIBUTH H., (1991): Qualitative und quantitative Bestimmung der Tonminerale in Bodentonen. *Berichte der Deutschen Ton- und Tonmineralgruppe e.V.* 1991, 37-85.

Danksagung

Für die finanzielle Unterstützung der Forschungsarbeit danken wir der Gottlieb Daimler- und Carl Benz-Stiftung sowie der Europäischen Gemeinschaft, Programme "STEP" und "Raw Materials and Recycling".

Andosolentwicklung in mediterranen bis semiariden Gebieten

von

Jahn, R.¹, U. Weller¹, A. Singer² und K. Stahr¹

In der Literatur sind Andosole vor allem aus den humiden Bereichen bekannt (ICOMAND 9, 1987). Eigene Arbeiten weisen auf relativ kurze andische Bildungsphasen im semiariden Klima hin (JAHN, 1988; ZAREI, 1989). Über Verlauf und Intensität der Bodenbildung aus Vulkanaschen im mediterranen Klimaraum ist nur wenig bekannt.

Von Israel aus erstreckt sich nach SE ein weitläufiges Basaltgebiet, welches auf den Golanhöhen bis ins Quartär hinein vulkanisch aktiv war. Die Vulkane entlang der israelisch/syrischen Waffenstillstandslinie weisen ein Alter zwischen 14 000 und ca. 100 000 Jahren auf. Das Gebiet ist ausgesprochen sommertrocken mit (winterlichen) Jahresniederschlägen zwischen 700 und 1000 mm, bei einer Jahresmitteltemperatur von 15 bis 16°C. Es wurde von den Vulkanen Tel Baron, Tel Bental, Tel Shipon und Tel Peres jeweils eine Catena von der Kuppe, dem Mittel- bis Unterhang und am Unterhang bebodet. Die Andosole aus Lanzarote, welche zum Vergleich herangezogen werden, haben sich aus ca. 6000 Jahre alten basaltischen Pyroklastika bei ca. 150-200 mm N und 16°C entwickelt (ausführliche Beschreibung bei JAHN, 1988 und ZAREI, 1989).

Die Golan-Böden sind relativ einheitlich auf den Kuppenlagen als Ah-Cw- (Regosole, Vitric-Andosole), an den Hängen als Ah-Bw-Cw- (Cambisole) und am Hangfuß als Ah-(Bw)-Bt-Cw-Böden (Luvisole) mit lehmiger Bodenart entwickelt, während die Andosole Lanzarotes als Ah-Cw-Böden mit sandiger Bodenart entwickelt sind.

Amorphe und oxidische Verwitterungsprodukte

Die Al_0 -Gehalte sind mit Werten um 1% in den meisten Böden relativ gering. Ausnahmen bilden mit Gehalten um 3% der Unterboden von Bental (oben) und der Andosol 605 aus Lanzarote. Die Al_0/Si_0 -Quotienten nehmen unterschiedliche Werte zwischen 1 und 3 ein, wobei die höchsten Werte (stärkere Si-Abfuhr) in den Kuppenböden von Baron und Shipon erreicht werden (Fig.1). Ausgehend von Al_0 und unter Berücksichtigung organisch gebundenem Al lassen sich theoretische Allophangehalte in Anlehnung an PARFITT & WILSON (1985) für die meisten Golan-Böden auf 2-3% der Feinerde (Ausnahme Bental-oben mit >5%), für die Lanzarote-Böden mit 3 bis maximal 10% berechnen.

Fe_0 beträgt in den Golan-Böden meist das 3 bis 5-fache von Al_0 (in Bental mitte bis 6-fach), in den Lanzarote-Böden nur das 1 bis 2-fache. $Fe_{0/d}$ ist in den Golan-Böden überall dort nahe 1, wo auch erhöhte Al_0 und Si_0 -Gehalte auftreten (Baron mitte und unten, Bental oben und mitte). In den Lanzarote-Böden beträgt $Fe_{0/d}$ meist 0,6 bis 0,8. Höhere Gehalte an Al_0 , Si_0 und Fe_0 in den Böden von Baron und Bental können entweder mit einem jüngeren Alter dieser Vulkane, wahrscheinlicher jedoch mit einer Verjüngung der Böden durch Erosion erklärt werden. $Fe_{0/d}$ nimmt meist Werte um 0,3 ein, Ausnahmen bilden Lanzarote-605 mit höherem Quotienten, sowie die Kuppenböden von Bental und Shipon mit geringeren Quotienten. Letztere haben sich aus hämatitfarbenen Vulkaniten entwickelt, welche auch nach Dithionit-Behandlung noch kräftig rot gefärbt waren.

Während in den Lanzarote-Böden die Kationenaustauschkapazität (KAK) in ihrer Tiefenfunktion in etwa parallel zum Gehalt an organischer Substanz (und auch Tongehalt) verläuft, ist dies bei den Golan-Böden nicht der Fall (Fig.1). Offensichtlich beinhalten jedoch beide Bodengruppen Substanzen hoher Austauschkapazität, welche sich mit der Oxalatextraktion beschreiben läßt. Fig.2 zeigt die Korrelation von Al_0 mit der KAK mit einer steileren Regressionsgeraden für die Lanzarote-Böden und einer flacheren Geraden für die Golan-Böden. Berechnet man Al_0 auf Allophan ($Al_0 \cdot 5$) ergeben sich Austauschkapazitäten von ca. 7000 meq/kg für die Lanzarote-Böden und ca. 3000 meq/kg für die Golan-Böden. Dies sind wesentlich höhere Werte als sie in der Literatur für Allophan angegeben werden (z. B. 200-1350 meq/kg, WADA, 1982). Zwischen Fe_0 und der KAK besteht kein Zusammenhang, obwohl TEM-Aufnahmen das Vorkommen von Fisingerit erbrachten (scheibenförmige Partikel ohne innere Strukturen mit einem \varnothing von 20-50nm). Fe_0 scheint deshalb größtenteils Ferrihydrat zu entstammen, wobei die Ferrihydrat-Bildung in den Golan-Böden intensiver oder länger verlaufen ist als in den Lanzarote Böden.

1) Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

2) Faculty of Agriculture, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot 76-100, Israel

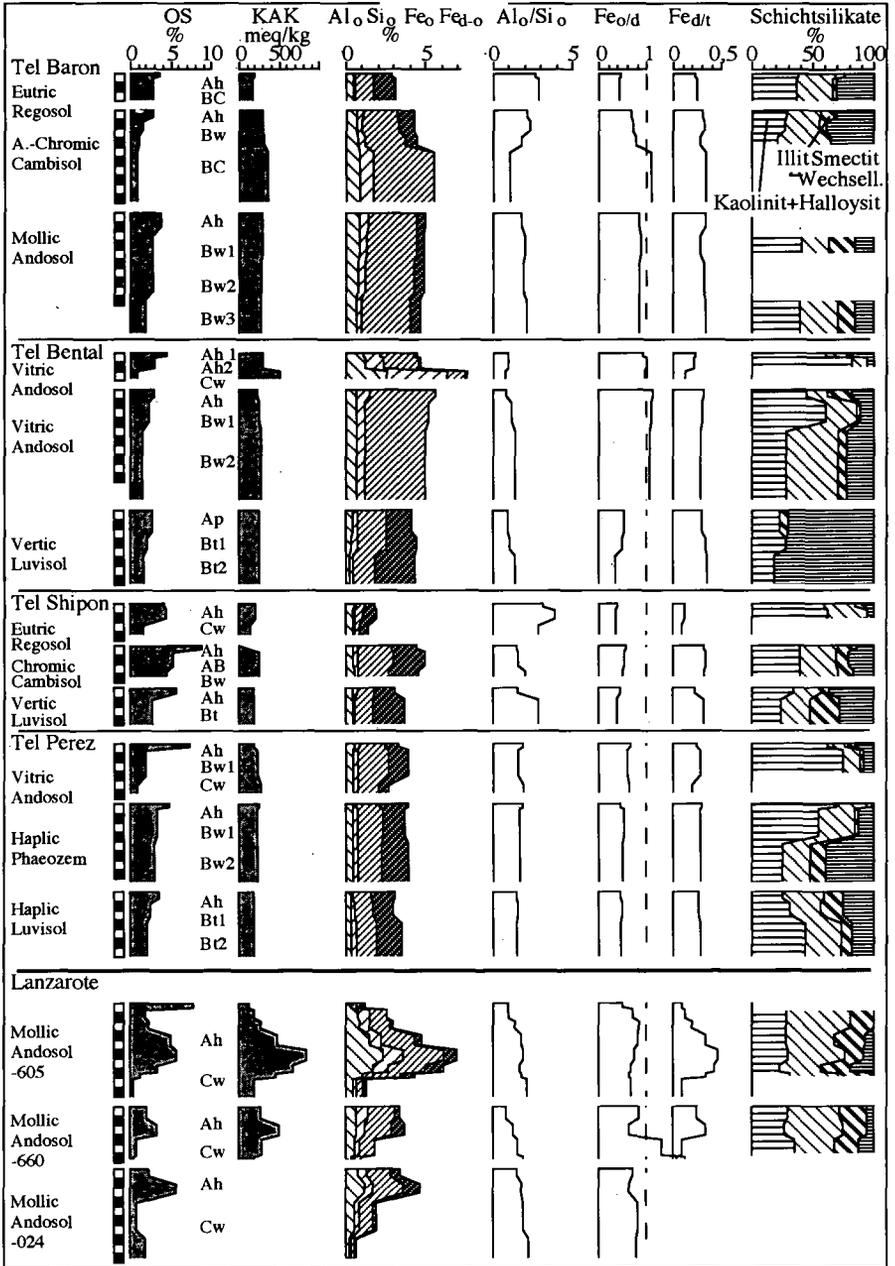


Fig. 1: Tiefenfunktionen von organischer Substanz (OS), Kationenaustauschkapazität (KAK), oxalatlöslichem Al (Al₀), Si (Si₀), Fe (Fe₀), Quotienten von Al₀/Si₀, Fe₀/dithionitlöslichem Fe (Fe_d), Quotienten von Fe_d/Gesamt-Fe (Fe_t) und Zusammensetzung der Schichtsilikate

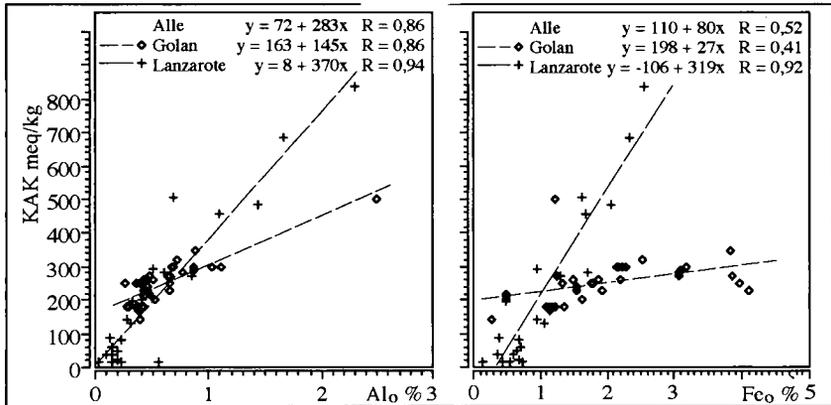


Fig.2: Beziehung von Kationenaustauschkapazität (KAK) zu oxalatlöslichem Al (Al_o) und Fe (Fe_o)

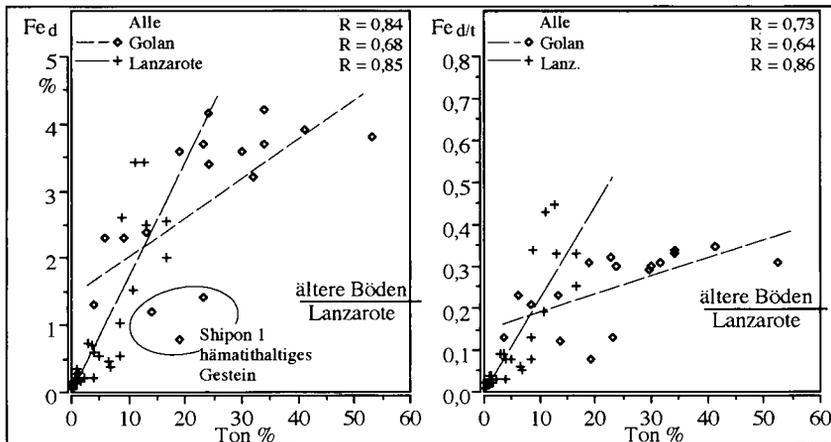


Fig.3: Beziehung von Ton zu dithionitlöslichem Fe (Fe_d) und zum Quotienten von Fe_d zu Gesamt-Fe (Fe_d/t)

Im Verhältnis zur Tonbildung verläuft die Fe-Oxid-Bildung in beiden Boden-Gruppen ähnlich und erreicht in Horizonten mit 10-20% Ton ein Maximum an Fe_d zwischen 3 und 4% (Fig.3). Da in den Andosolen Lanzarotes Fe_d/t-Werte nahe 0,5 erreicht werden die in älteren (nontronithaltigen) Böden nur noch bei 0,2 liegen, wird für diese Böden angenommen, daß oxidisches Fe zum Tonmineral-aufbau verwendet wird. Dies scheint in den Golan-Böden im gegenwärtigen Stadium kaum der Fall zu sein, da hier die Fe_d/t-Werte kontinuierlich einem Wert um 0,3 entgegenstreben (Fig.3). In älteren Basalt-Böden des Golan fand SINGER (1978) jedoch mit dem Niederschlag zunehmend Fe-haltige Smectite.

Schichtsilikate

Alle Böden weisen 1:1-Mineralen, Illit, Smectit und in geringerem Ausmaß 1,0-1,4nm Wechsellagerungsminerale auf. Tendenziell ist in den Golan-Böden der Anteil an 1:1-Mineralen und Smectit höher. Der Anteil an 1:1-Mineralen nimmt an den Vulkanen Bentat, Shipon und Perez deutlich von den Kuppenböden zu den Hangfußböden ab (Fig.1). Die 0,7nm-Linie der Golan-Böden zeigt bei der Röntgenbeugung eine starke Asymmetrie mit einer breiten Flanke zu 1nm hin, die sich bei Erhitzung nur wenig verändert, so daß hier auf Metalloxyd geschlossen werden kann. Die größten Asymmetrien sind wiederum bei den Böden der Vulkane Barón und Bentat feststellbar. TEM-Aufnahmen zeigten gestreckte Röhren (teilweise perfekt, häufig jedoch mit eingerollten Rändern), Schei-

ben bis 100nm Ø mit spiralförmigen Strukturen und am häufigsten bananenförmige Gebilde mit eingerollten Rändern (Dicke bis 50nm und Länge bis 100nm). In den Lanzarote -Böden war Halloysit nur in sehr geringen Mengen (elektronenmikroskopisch) feststellbar.

Alle Böden enthalten vor allem in der Schluff-Fraktion Quarz, so daß in unterschiedlichem Ausmaß der Schichtsilikatbestand auch äolisch beeinflußt sein muß. Die gesamte Quarzmenge beträgt in den Böden 605 und 660 Lanzarotes 14 und 17kg/m², in einem zusätzlich beprobtem Cambisol des Tel Shipon 8kg/m². Berücksichtigt man amorphe Bestandteile in der Tonfraktion, sowie die unterschiedliche Staubzusammensetzung in Lanzarote und Israel (für Israel nach GANOR & MAMANE, 1982: Quarz/Kaolinit =17, Quarz/Illit =34, Quarz/Smectit =9, für Lanzarote nach eigenen Schätzungen : Quarz/Kaolinit =4, Quarz/Illit =3, Quarz/Smectit =11) können die Schichtsilikate der Golan-Böden nur zu weniger als 10%, die der Andosole Lanzarotes dagegen weitgehend äolischem Ursprungs sein.

Für die Golan-Böden muß damit die Bildung aller vorkommenden Schichtsilikate als weitgehend autochthon mit der Abfolge amorphe Zwischenprodukte → (Halloysit) → Metahalloysit, sowie die Bildung von Kaolinit und Smectit, letztere teilweise mit Illitisierung angenommen werden. In den Andosolen Lanzarotes dagegen ist neben der Bildung allophanischen Materiales nur von der Bildung von Smectit (vor allem in den Unterböden) auszugehen, wobei die (nontronitische) Smectitbildung erst nach Überwindung des Andosol-Stadiums, verbunden mit Illitisierung, ein größeres Ausmaß einnimmt.

Fazit

Die Vulkan-Böden des Golan sind insgesamt weiterentwickelt als die Andosole Lanzarotes, was wahrscheinlich nicht alleine einem humideren Klima, sondern auch dem etwas älteren Ausgangsgestein zuschreiben ist. Die Golan-Böden sind vor allem in Kuppenlage stark durch Erosion verjüngt. Hierbei gelangte offensichtlich palagonisiertes (SINGER, 1974) Material an die Oberfläche, was in der Kombination mit einer stärkeren Si-Abfuhr erhöhte Anteile von 1:1-Schichtsilikaten zur Folge hat. Dieser Prozeß geht nicht notwendigerweise mit einer erneuten Forcierung der Bildung von allophanischem Material einher (Ausnahme Bental). In den meisten Golan-Böden geht die Dehydratisierung von Halloysit zu Metahalloysit auch mit einer höheren Kristallinität der Fe-Oxide (kleinere Fe_{ox}-Quotienten) einher. Am Tel Bental dagegen dominieren am Ober- und Mittelhang nach wie vor hydratisierte Fe-Oxide. Grundsätzlich scheint die hydrolitische Verwitterung Fe-haltiger Primärminerale und der Bildung von Ferrihydrat (in wesentlich geringerem Ausmaß auch von Hisingerit) im semiariden wie auch im mediterranen Klima sehr rasch möglich zu sein. Die Alterung (dehydration) zu Hämatit, wie auch eine erneute Lösung des Ferrihydrat (SCHWERTMANN, 1982) ist offensichtlich begrenzt, so daß Ferrihydrat eine relative Stabilität aufweist. Die klimatischen Unterschiede zwischen dem Golan und Lanzarote sind hierbei offensichtlich durch eine ganzjährig hohe Luftfeuchtigkeit in Lanzarote etwas eingeebnet. Dies führt zwar einerseits zu einem weniger starken Austrocknen der Böden in Lanzarote (wie dies die geringen Niederschläge vermuten ließen), andererseits ist eine Si- (und Basen-) Abfuhr in den Golan-Böden durch die hohen winterlichen Niederschläge mit der Bildung von 1:1-Silikaten ohne weiteres gegeben. Im Gegensatz zu den Andosolen aus Lanzarote ist in den Golan-Böden das Andosolstadium bereits überschritten und die Bodenentwicklung wird von der Bildung von kristallinen Fe-Oxiden und Schichtsilikaten dominiert.

Literatur

- GANOR, E. & MAMANE, Y. (1982): Transport of Saharan dust across the eastern Mediterranean. *Atmospheric Environment*, Vol. 16, S. 581-587.
- ICOMAND, LEAMY, M.L. (1987): Circular letter No 9. New Zealand Soil Bureau, DSIR, 57 S.
- JAHN, R. (1988): Böden Lanzarotes - Vorkommen, Genese und Eigenschaften von Böden aus Vulkaniten im semiariden Klima Lanzarotes (Kanarische Inseln). Hohenheimer Arbeiten. Ulmer, Stuttgart, 257 S.
- PARFITT, R. L. & WILSON, A. D. (1985): Estimation of alphanes and halloysite in three sequences of volcanic soils, New Zealand. *CATENA SUPPLEMENT 7*, Braunschweig, S.1-8.
- SCHWERTMANN, U. (1982): Iron Oxides. In: DIXON, J. B. & WEED, S.B. (editors): *Minerals in Soil environments*. SSSA, Madison, Wisconsin, 603-638.
- SINGER, A. (1974): Mineralogy of palagonitic material from the Golan heights, Israel. *Clays and Clay Minerals* 22, 231-240.
- SINGER, A. (1978): The nature of Basalt weathering in Israel. *Soil Sci.* 125, 217-225.
- ZAREI, M. (1989): *Verwitterung und Mineralneubildung in Böden aus Vulkaniten auf Lanzarote (Kanarische Inseln)*: Verlag B. Schulz, Berlin, 255 S.

Grund- und Relativverteilungen von Gefügemerkmalen in Anschliffen

von

Krebs, M.¹, A. Kretzschmar², J. Chadoeuf³ und U. Babel¹

1.) Einleitung und Fragestellung:

Heterogenität ist eine der wichtigsten Eigenschaften von Böden, die sich bei verschiedenartigsten Untersuchungen und Messungen z.B. in der Standardabweichung von Merkmalen äußert. Sie existiert in allen Skalenbereichen und trägt zur Stabilisierung von Ökosystemen bei (KIKKAWA, 1986, zit. nach BELOTTI & BABEL, 1993).

Heterogenität bedeutet Wechsel von Merkmalen und Merkmalsausprägungen im Raum. Die Untersuchung der Verteilung dieser Merkmale ist eine folgerichtige Möglichkeit, Heterogenität zu beurteilen. Um sie in Form von Verteilungsmustern sichtbar zu machen, kann man sich repräsentativer Schnitte (Anschliffe), also 2-dimensionaler Bilder bedienen. Während Grundverteilungsmuster (BREWER, 1964) Aufschluß über Regelmäßigkeit oder Häufung diskreter Einheiten einer Phase* geben (also Teilgefüge, SANDER, 1948), können durch Relativverteilungsmuster (Kombination der Grundverteilungsmuster zweier Teilgefüge) Interdependenzen visualisiert werden (KREBS et al., 1993).

Die folgenden Untersuchungen zeigen, wie Relativverteilungen quantifizierbar sind. Am Beispiel zweier pflanzenartspezifischer Oberbodengefüge (BABEL & KREBS, 1991) werden Grund- und Relativverteilungsmuster zweier Teilgefüge (der Wurzeln und der Risse) dargestellt. Durch Vergleich dieser realen Verteilungen mit mathematischen Zufallsprozessen (Poisson-Verteilung) wird untersucht, ob beide Teilgefüge unter beiden Pflanzenarten unabhängig voneinander verteilt sind.

2.) Material und Methoden:

UNTERSUCHUNGSOBJEKT:

Je 3 Anschliffe (6 x 8 cm²) aus einer intensiv genutzten Wiese bei Hohenheim, die aus 0-8 cm Tiefe unter *Poa trivialis* und *Rumex obtusifolius* präpariert wurden. Bodentyp Vega; stark lehmiger Schluff (4,4% S, 74,8% U, 21,0% T); C_{Org} 5,3 %. Details siehe in KREBS et al., (1993).

MESSUNG:

Unter dem Fluoreszenzmikroskop wurden Anschliff-Meßfelder à 4,5 x 3,5 cm² aus einer Tiefe von 2-5,5 cm (Abb. 1) flächendeckend abgerastert, wobei die Koordinaten diskreter Gefügeeinheiten der Teilgefüge "Wurzeln < 200 µm" und "Risse" bei 25-facher Vergrößerung als Punkt bzw. Reihe von Punkten

¹) Institut für Bodenkunde & Standortslehre, Universität Hohenheim, D-70593 Stuttgart

²) INRA, Zoologie, Laboratoire de Physique et Biologie des Sols, BP91, F-84140 Montfavet

³) INRA, Station de Biométrie, BP91, F-84140 Montfavet

* Nach SANDER (1948, 1950) bilden gleichartige Bildkomponenten eine Phase. Die Verteilung der Phase auf die Raumkoordinaten (Flächenkoordinaten) ergibt ein Teilgefüge des Raumes (der Fläche).

in einem PC gespeichert wurden. Die Apparative Lösung - Einspiegelung des PC-Bildschirms in den Mikroskopstrahlengang, computergesteuertes Bewegen des Anschliffs auf dem Mikroskoptisch durch Schrittmotoren - ist in VOGEL et al. (1993) und KREBS et al. (1993) beschrieben. Zum sicheren Erkennen der Wurzeln wurden die Anschliffe mit Acridinorange fluoreschromiert (ALTEMÜLLER, 1990).

AUSWERTUNGEN:

- ◆ Umsetzung der gespeicherten Koordinaten in Grund- und Relativverteilungsmuster (Abb. 2).
- ◆ Berechnung lokaler Dichten für einzelne Teilgefüge und Umsetzung in Grauwertbilder (Abb. 3).
- ◆ Zur Untersuchung, ob beide Teilgefüge unabhängig voneinander verteilt sind, wird vom Teilgefüge "Risse" (1. Prozeß) ausgegangen und für jede seiner diskreten Einheiten die Dichte der Einheiten des Teilgefüges "Wurzeln < 200 µm" (2. Prozeß) in seiner Nachbarschaft nach Abstandsklassen ermittelt (durchgezogene Linien in Abb. 5). Voraussetzung dafür ist, in mathematischer Ausdrucksweise, die Stationarität des 1. Prozesses, die jedoch nicht für das gesamte Meßfeld gegeben ist (Abb. 2 + 3, Tiefenabhängigkeit der Dichte). Sie wird näherungsweise in horizontalen Bändern (Breite 4,0 mm) erreicht, innerhalb derer man Tiefengradienten vernachlässigen kann. In diesen Bändern (9 pro Meßfeld) wird die Unabhängigkeit beider Prozesse geprüft. Mit der für das jeweilige Band ermittelten Gesamtdichte des 2. Prozesses "Wurzeln < 200 µm" werden 95 Poissonverteilungen (Zufallsverteilungen) simuliert und über das reale Verteilungsmuster des 1. Prozesses "Risse" gelegt. Von jedem Riß ausgehend wird die Dichte jeder der 95 Wurzel-Simulationen in Rißnachbarschaft (Abstandsklassen) bestimmt. Dabei ergeben die minimale und die maximale Dichte die Grenzen des 99%-Konfidenzintervalls (unterbrochene Linien in Abb. 5), innerhalb dessen von einer unabhängigen Verteilung beider Teilgefüge ausgegangen werden muß. Liegt die reale Dichte der "Wurzeln < 200 µm" in der Rißnachbarschaft oberhalb (unterhalb) des Konfidenzintervalls, so ist sie höher (niedriger) als bei unabhängiger Verteilung zu erwarten wäre, d.h. Risse und kleine Wurzeln "ziehen sich an" ("stoßen sich ab"). Zum mathematischen Hintergrund siehe CHADOEUF et al. (1993).

3.) Ergebnisse:

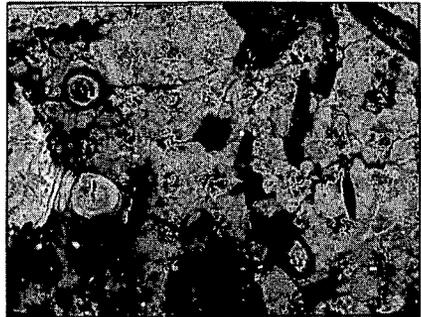
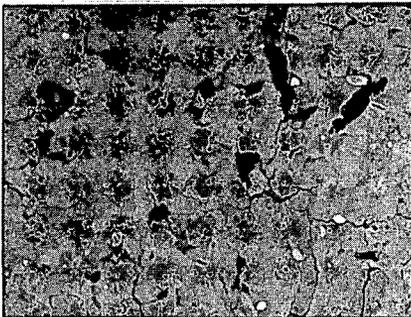


Abb. 1: Meßfeld im Anschliff, Beispiel für *Poa trivialis* (links) und *Rumex obtusifolius* (rechts). In ihm wurden die Koordinaten der diskreten Einheiten der Teilgefüge "Risse" (z.T. im Foto sichtbar) und "Wurzeln < 200 µm" (unter dem Fluoreszenzmikroskop vollständig sichtbar) aufgenommen. Anschliffentiefe 0-8 cm, Meßfeldtiefe 2,0-5,5 cm, Meßfeldfläche 4,5 x 3,5cm².

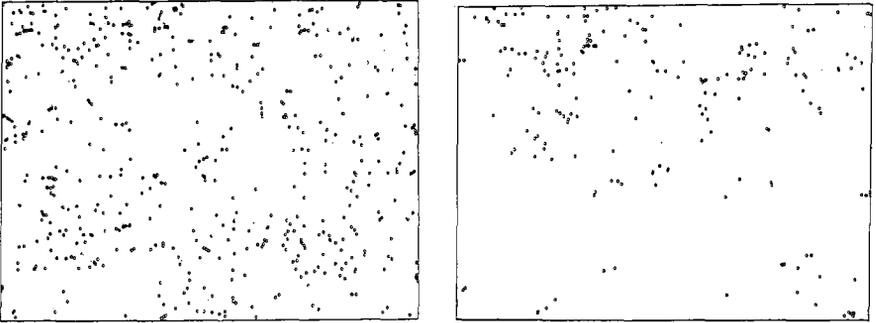


Abb. 2: Grundverteilungsmuster des Teilgefüges "Wurzeln $< 200 \mu\text{m}$ " aus den in Abb. 1 dargestellten Meßfeldern für *Poa trivialis* (links) und *Rumex obtusifolius* (rechts). Die Wurzeln unter *Poa* sind, von einer leichten Häufung in der linken oberen Ecke abgesehen, relativ gleichmäßig verteilt. Die Wurzeln unter *Rumex* verteilen sich v.a. auf die obere Meßfeldhälfte (deutlicher Tiefengradient der Dichte).

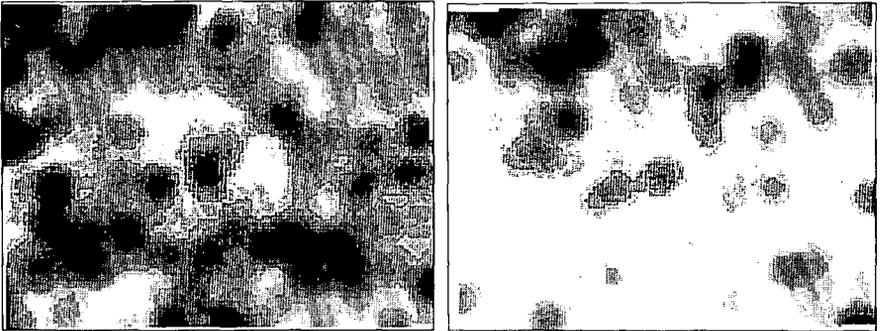


Abb. 3: Normierung der Grundverteilung des Teilgefüges "Wurzeln $< 200 \mu\text{m}$ " aus Abb. 2 durch Berechnung lokaler Dichten und Darstellung als Grauwertbild für *Poa trivialis* (links) und *Rumex obtusifolius* (rechts). Die in Abb. 2 beschriebenen Verteilungscharakteristika werden durch die Grauwertbilder deutlicher. Legende: 0 Wurzeln/ mm^2 5 Wurzeln/ mm^2

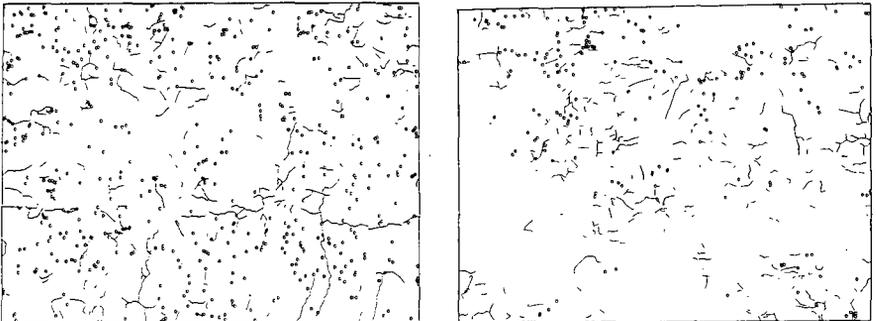


Abb. 4: Kombination der "Wurzeln $< 200 \mu\text{m}$ " (Abb. 2) und der "Risse" ergibt das Relativverteilungsmuster beider Teilgefüge für *Poa trivialis* (links) und *Rumex obtusifolius* (rechts). Unabhängigkeit oder Abhängigkeit beider Teilgefüge voneinander ist hier visuell nicht erkennbar.

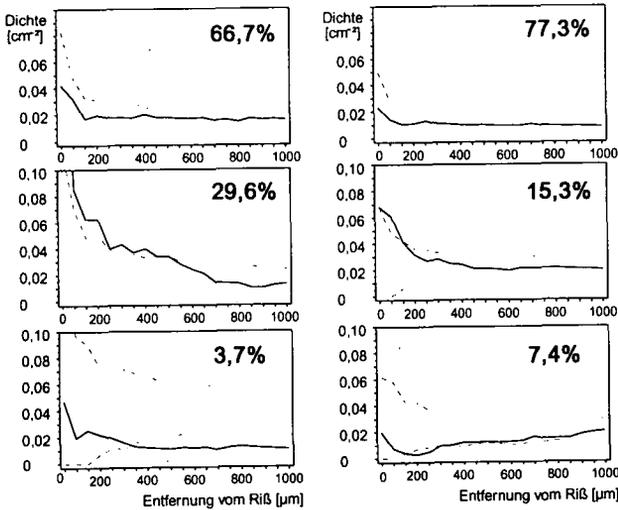


Abb. 5: Quantifizierung der Relativverteilungen für *Poa trivialis* (links) und *Rumex obtusifolius* (rechts). Unabhängige (oben), gehäufte (Mitte) und ausgedünnte Verteilung (unten) von "Wurzeln < 200 µm" in Rißnachbarschaft (bis 1000 µm). Dargestellt sind je 3 Beispiele einzelner Bänder. Die Prozentangaben (Mittelwerte für alle 3 Anschliffe pro Pflanzenart) bezeichnen den Anteil der Bänder im Meßfeld, in denen die jeweilige Verteilungsart auftritt.

4.) Diskussion:

Das vorgestellte Verfahren ist geeignet, durch Darstellung von Grund- und Relativverteilungsmustern Heterogenitäten im Boden objektiv erkennbar zu machen. Durch Simulation von Zufallsverteilungen eines Teilgefüges (2. Prozeß) bei gegebener Verteilung eines anderen Teilgefüges (1. Prozeß) kann geprüft werden, ob beide unabhängig voneinander verteilt sind. Ist dies nicht der Fall (häufen sich z.B. Wurzeln in der Nachbarschaft von Rissen), lassen sich Hypothesen über Ursachen der Heterogenität eines der Teilgefüge und über gefügegenetische Prozesse aufstellen. Das Verfahren ist im Prinzip allgemein auf 2-dimensionale Bilder anwendbar. Das gilt sowohl für andere Phasen im mikromorphologischen Skalensbereich (Anschliffe, Dünnschliffe) als auch für andere Größenordnungen und andere Untersuchungsobjekte (z.B. die Phasen in Landschaftsbildern).

Literaturnachweis:

- Altemüller, H.-J. & van Vliet-Lanoe, B., 1990. Soil thin section fluorescence microscopy. In: L.A. Douglas (Editor), Soil Micromorphology: A Basic and Applied Science. Proceedings of the 8th International Working Meeting of Soil Micromorphology. Elsevier, Amsterdam: 565-579.
- Babel, U. & Krebs, M., 1991. Pflanzenartspezifische Mikrogefüge in Oberböden. Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 66/II: 597-600.
- Belotti, E. and Babel, U., 1993. Variability in space and time and redundancy as stabilizing principles of forest humus profiles. Eur. J. Soil. Biol., 29, 17-27.
- Brewer, R., 1964. Fabric and mineral analysis of soils. J. Wiley & Sons, New York, 470 pp.
- Chadoeuf, J., Kretzschmar, A., Goulard, M. et Smettem, K., 1993. Analyse de la liaison entre un processus de galeries et la fissuration d'un sol. Biometrics, sous presse.
- Kikkawa J., 1986. Complexity, diversity and stability. In: J. Kikkawa & D.J. Anderson (Eds.): Community Ecology: Pattern and Process. Blackwell, Melbourne, 41-62.
- Krebs, M., Kretzschmar, A., Babel, U., Chadoeuf, J. and Goulard, M., 1993. Investigations on distribution patterns in soil: Basic and relative distributions of roots, channels and cracks. In: A.J. Ringrose-Voase and G.S. Humphreys (Eds.): Proc. of the 9th Int. Working Meeting on Soil Micromorphology, Townsville, Australia. (Elsevier, in press).
- Sander, B., 1948 und 1950. Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. Band I und II, Springer-Verlag, Wien und Innsbruck, 215 bzw. 409. S.
- Vogel, H.-J., Weller, U. and Babel, U., 1993. Estimating orientation and width of channels and cracks at soil polished blocks - a stereological approach. Geoderma, 56, 301-316.

Distribution of ferromagnetics in forest soils of some Polish and German regions in relation to their origin.

VON

Strzyszcz, Z. und T. Magiera

Introduction.

Mother rock of volcanic origin containing magnetite as well as a conversion in the soil-forming process of iron oxides and hydroxides into ferromagnetics may be pointed out as a sources of natural ferromagnetics in particular genetic levels of soils /Mullins 1977/.

The possibility of ferromagnetic formation under influence of bacteria was recently experimentally confirmed /Fassbinder et al.1990/. However, this source plays rather secondary role in the quantitative terms. Markedly higher influence on formation and migration of ferromagnetics into soil have anthropogenic processes like:

- forests fires,
- use of ash after hard and brown coal burning for melioration of soils and grounds after the brown coal mining activity,
- industrial emissions from power plants, steel works, and cement plants.

These three last sources led to increase in amount of ferromagnetics in forest soils in Poland and Germany.

Methods.

The amount of ferromagnetic minerals in soils has been defined on the ground of measurements of their magnetic susceptibility. Laboratory tests have shown a direct dependence of the magnetic susceptibility upon the content of magnetite in soil samples /Strzyszcz 1989/ what allows and approximate evaluation of the content of magnetite in the tested soil.

An instrument to measured ferromagnetism is now commercially available (Analysator FMA 5000, Forgenta,Berlin).

Results.

An increased magnetic susceptibility of forest soils has been stated in villages Gracze, St. Anna Hill (Upper Silesia), Wysoka Stróża and Sulików (Lower Silesia). The vertical distribution of the magnetic susceptibility in those profiles is shown on figure.1.

It appears from these data that the presence of basalt is not always connected with a high magnetic susceptibility of soils. Therefore, samples of basalts taken in several regions of south-west Poland were tested /Tab.1/. A fairly differentiated content of ferromagnetic minerals in it decreases. In Fichtelgebirge (Germany), in a region where basalts rose in the Tertiary as the results of volcanic activity /Zech et al.1991/, soils show a high natural magnetic susceptibility.

* Institute of Environmental Engineering, Polish Academy of Sciences, Zabrze, Poland.

Soils created on other rocks (gneisses, granites) have a lower magnetic susceptibility and a different distribution of ferromagnetic minerals in respective soil levels. In the profile 4 and 5 the impact of anthropogenic factors (industrial emissions from Czech) on vertical distribution of ferromagnetic minerals is visible (Fig. 2).

Industrial emissions are also the source of ferromagnetic minerals in forest soils in the area of Upper and Lower Silesia (Fig. 3). A high magnetic susceptibility of such sublevels as: Or, Oh and Ah indicates it. This phenomenon occurs in Germany mainly in the Ruhrgebiet (Bottrop) and also eastern from the town Lübbenau (Fig. 3). The increased magnetic susceptibility in areas reclaimed after brown coal mining in the region of Finsterwalde is the result of applying ashes after brown coal burning for land reclamation (Fig. 4).

To sum up it should be stated that litho, pedo, bio and anthropogenic ferromagnetic minerals can occur. It is possible to separate areas where soils with increased natural magnetic susceptibility occur from areas where the increased magnetic susceptibility is connected of the soil profile.

If the mother-rock is the source of ferromagnetic minerals, then they are distributed on the entire profile. The impact of industrial emission appears in accumulating the ferromagnetic minerals in the litter level mainly in Or and Oh. Applying ashes for land reclaiming has the effect that ferromagnetic minerals heap up in the entire being reclaimed ground layer.

The distribution of ferromagnetics in the tested soils in dependence of origin is shown on table 2.

Conclusion.

The origin of ferromagnetics in soil may be pedogenic, lithogenic or anthropogenic. The pedogenic ferromagnetics are formed during soil formation, the lithogenic are due to the underlying rocks, the anthropogenic is a result of emissions from steel industries, power and cement plants. Of pedogenic ferromagnetics the highest value is commonly found in the E and B horizon (Singer, Fine 1989), of the pedogenic in the unweathered C horizon with values decreasing towards the surface. The highest concentration of anthropogenic ferromagnetics are found in the Or and Oh horizons.

References.

- Fassbinder J.W.E., Stanjek H., Vali H. 1990. Occurrence of magnetic bacteria in soil. *Nature* 343, 161-163.
- Mullins C.E. 1977. Magnetic susceptibility of the soil and significance in soil science. *J. Soil Sci.* 28, 223-246.
- Singer M.J., Fine P. 1989. Pedogenic Factors Affecting Magnetic Susceptibility of Northern California Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53; no. 4; 1119-1127
- Strzyszczyk Z. 1989. Anwesenheit des ferromagnetischen Eisen in oberflächlichen Waldböden und deren Ursachen. *Mitt. Deut. Bodenk. Ges.* 59, 1197-1202.
- Zech W., Ziegler F., Kögel-Knaber I., Kaupenjohann M. 1991. Genetische und ökologische Eigenschaften von Böden des Fichtelgebirges und der Selb-Wunsiedler Bucht unter besonderer Berücksichtigung von Humifizierung, Versauerung. *Bayreuther Bodenk. Ber.* 17, 187-221.

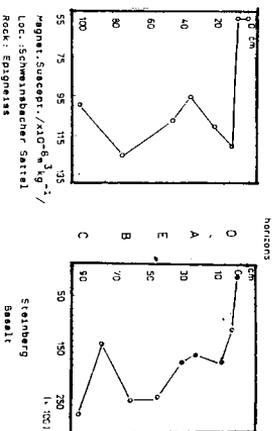
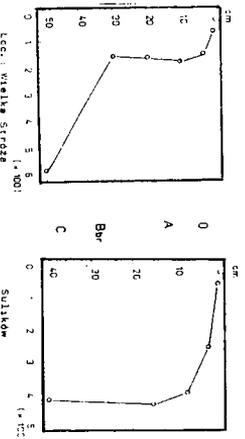
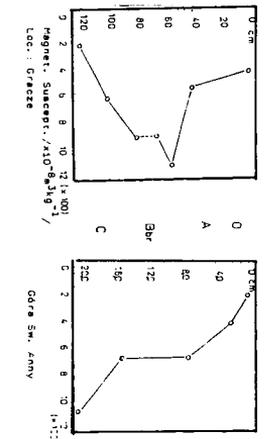


Fig. 2. Vertical distribution of magnetic susceptibility in soils reclaimed with the help of brown coal ashes in the area of Steinberg.

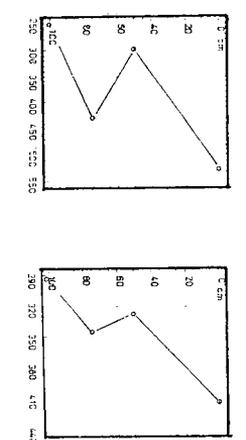
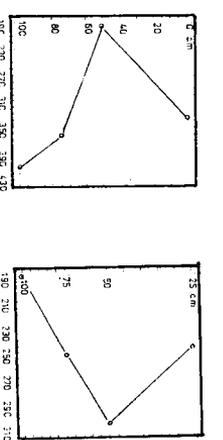
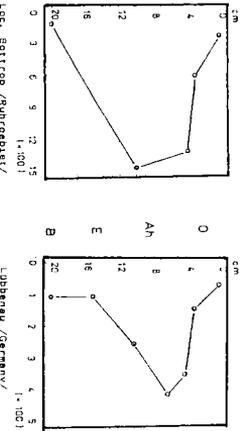
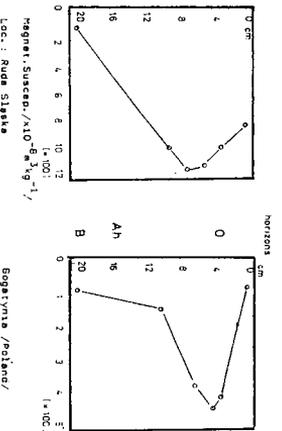
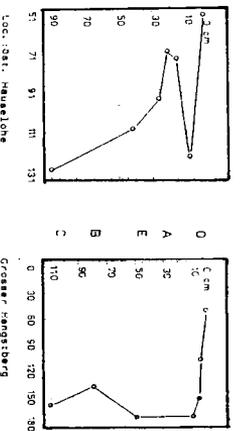


Fig. 3. Vertical distribution of magnetic susceptibility in forest soils in areas under the influence of industrial emissions. Soil: Podzol.

Fig. 4. Vertical distribution of magnetic susceptibility in soils reclaimed with the help of brown coal ashes in the area of Steinberg.

Table 1

Magnetic susceptibility of basalt rocks from Poland.

Locality	$10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$	Locality	$10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$
Łądek Zdrój	873	Janowiczki	508
Łądek Zdrój	948	Krzeniów	698
Wilków Złotoryjski	513	Targowica	1324
Dębowiec	1840	Wilcza Góra	281
Gracze	1077	Wysoka Stróża	688
Gracze	278		

Table 2

Vertical distribution of ferromagnetics in various soils.

Lithogenic ferromagnetics		Anthropogenic ferromagnetics			
Horizon	FesO ₄ %	Industr. imissions		Use of ashes	
		Horizon	FesO ₄ %	Depth cm	FesO ₄ %
Gracze (PL)		Ruda Śląska (PL)		Finsterwalde (FRG)	
Ap	0.32	Ol	0.71	0 - 25	0.34
Bs	0.45	Of ₁	0.87	25 - 50	0.25
Bz	1.43	Of ₂	1.10	50 - 75	0.26
B/C	0.93	Of ₃	1.14	75 - 100	0.21
C ₁	1.09	Of ₄	0.88	Finsterwalde (FRG)	
C ₂	0.87	Ah	0.01	0 - 25	0.46
C ₃	0.23	Bogatynia (PL)		25 - 50	0.21
St. Anna Hill (PL)		Ol	0.01	50 - 75	0.35
Ol	0.15	Of	0.35	75 - 100	0.17
Of	0.33	Of/Oh	0.41	Finsterwalde (FRG)	
Oh/Ah	0.81	Oh	0.31	0 - 25	0.25
Ah/C	0.83	Ah/B	0.06	25 - 50	0.11
C	1.09	B	0.03	50 - 75	0.28
Wysoka Stróża (PL)		Bottröp (FRG)		75 - 100	0.33
Ol	0.01	Ol	0.15		
Of/Oh	0.05	Of	0.54		
Ah ₁	0.06	Oh	1.30		
Ah ₂	0.05	Ah	1.46		
B	0.05	E	0.02		
C	0.50	Lübbenau (FRG)			
Steinberg (FRG)		Ol	0.01		
Of/Oh	0.01	Of	0.05		
Oh	0.88	Oh ₁	0.27		
Ah	1.41	Oh ₂	0.31		
(Sv)At	1.29	Ah	0.02		
II(Sv)At	1.42	Ah/E	0.01		
IIISdB ₁ /B ₂	1.98	B	0.01		
IIICv	1.15	Tropitz (FRG)			
Basalt	2.04	Ol	0.02		
		Of ₁	0.01		
		Of ₂	0.18		
		Oh	0.30		
		Ah	0.25		
		C ₁	0.06		
		C ₂	0.05		
		C ₃	0.05		

Bestimmung der mobilen Fraktionen ausgewählter Elemente (Cd, Ni, Co, Cr, As) in Oberböden durch CaCl_2 - und NH_4NO_3 -Extraktion

von

Thiele, S. und G.W. Brümmer

1 Einleitung

Chemische Extraktionen zur Bestimmung der mobilen Elementgehalte in Böden erfassen grundsätzlich nur operationell definierte Fraktionen. Eine Zuordnung der extrahierten Gehalte zu Mobilitätsstufen ist erst im Vergleich mit anderen Untersuchungsverfahren und unter Berücksichtigung des Elementchemismus und Boden-Stoffbestandes möglich. Daher bedarf die Interpretation der Ergebnisse chemischer Extraktionen sowohl der Kenntnis des Verhaltens der Elemente als auch der Wirkungsweise des Extraktionsmittels unter den jeweils vorliegenden Bodenbedingungen.

Ziel der durchgeführten Untersuchungen ist es, einen Vergleich der Extraktionsmittel 0,1M CaCl_2 und 1M NH_4NO_3 und deren Eignung zur Erfassung und Charakterisierung mobiler Fraktionen der Schwermetalle Cd, Ni, Co und Cr sowie des Halbmetalls As vorzunehmen. Außerdem soll der besondere Einfluß des pH-Wertes und der Gesamtgehalte auf die Mobilität und Festlegung der genannten Elemente in vier Oberböden unterschiedlichen Stoffbestandes ermittelt werden.

2 Material und Methoden

Verwendet wurden Mischproben aus den A-Horizonten folgender vier Böden: Pararendzina (Z) aus Löß, Ap (Vinxel/Bonn); Braunerde (B) aus Geschiebesand, Ap (Neersen); Plaggenesch (E) aus Hauptterrassematerial, Ap (Bünningesch); Parabraunerde (L) aus Löß unter Fichtenwald, Ah (Vinxel/Bonn). Die Werte ausgewählter Bodenparameter sind in Tab. 1 zusammengefaßt.

Tab. 1 Analysendaten der verwendeten Oberbodenproben

Probe	pH CaCl_2	Corg (%)	Textur (%)			Fe-d (g/kg)	Fe-o (g/kg)	Grundgehalt total (mg/kg)				
			S	U	T			Cd	Ni	Co	Cr	As
Z-Ap	7,5	1,03	9,1	72,5	18,4	9,25	1,60	0,771	25,6	9,60	37,4	7,82
B-Ap	5,9	1,41	79,1	14,2	6,7	8,92	5,95	0,861	5,71	3,56	85,5	5,17
E-Ap	4,9	2,74	82,3	12,0	5,7	3,15	1,78	0,298	3,69	1,07	13,5	3,62
L-Ah	3,4	3,27	6,1	71,1	22,8	12,0	3,29	0,660	25,9	11,1	37,3	11,5

Parallelen dieser vier Bodenproben wurden mit Salzlösungen der Elemente Cd, Ni, Co, Cr(III) und As(V) (Arsenat) in vier Konzentrationen versetzt, so daß neben den Grundgehalten vier weitere Gehaltsstufen für jedes Element und von jeder Bodenprobe vorlagen (s. Legende Abb. 1). Um in Menge und Eigenschaften möglichst naturnahe Bindungsformen und Gleichgewichte einzustellen wurden die Bodenproben 10 Wochen inkubiert, wobei sie mehrfach befeuchtet und getrocknet wurden.

¹⁾Institut für Bodenkunde der Rheinischen Friedrich-Wilhelms Universität Bonn, Nußallee 13, 53115 Bonn

Anschließend erfolgte die Bestimmung der Element-Gesamtgehalte (Königswasser-Aufschluß) sowie der mit 0,1M CaCl₂ (50ml auf 20g Boden, 2h Überkopfschütteln) und 1M NH₄NO₃ (50ml auf 2g Boden, 24h Überkopfschütteln) extrahierbaren Gehalte. Durch die Extraktion mit diesen ungepufferten Salzlösungen werden im wesentlichen die mobilen, für Pflanzen verfügbaren und mit dem Sickerwasser verlagerbaren Fraktionen erfaßt (HORNBURG und BRÜMMER 1989, ZEIN und BRÜMMER 1989).

3 Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 sind die pH-abhängigen Mobilitätsfunktionen der untersuchten Elemente exemplarisch für Cd, Cr und As dargestellt. Das unterschiedliche Ausmaß der Bodenbelastung bewirkt bei allen Elementen über den pH-Bereich der Oberbodenproben einen Anstieg der mobilen Anteile (in Prozent des jeweiligen Gesamtgehaltes) mit zunehmenden Gesamtgehalten.

Der CaCl₂-extrahierbare Cd-Anteil steigt mit abnehmendem pH nahezu linear an (Abb. 1a). Dagegen weist der mit 1M NH₄NO₃ extrahierbare Cd-Anteil einen asymptotischen Kurvenverlauf auf (Abb. 1b). Über pH 5,9 bleiben die mobilen Cd-Anteile nahezu konstant. Bei pH 7,5 extrahiert NH₄NO₃ mehr Cd als CaCl₂. Bei tieferen pH-Werten werden dagegen durch CaCl₂ infolge einer Chloro-Cd-Komplexbildung höhere Cd-Anteile freigesetzt (HERMS und BRÜMMER 1984).

Im Gegensatz zu Cd wird Ni durch NH₄NO₃ stärker extrahiert als durch CaCl₂. Dieses ist auch für Co, Cr und As festzustellen. Bei diesen Elementen ist nur ein geringer oder kein Einfluß der Chloro-Komplexbildung vorhanden. Daher wirkt NH₄NO₃ insbesondere durch seine höhere Konzentration und das weitere Boden-Lösungsverhältnis stärker extrahierend.

Trotz der Unterschiede in den Extraktionseigenschaften beider Lösungsmittel sind die Gehalte von Cd, Ni und Co im CaCl₂- und NH₄NO₃-Extrakt sehr hoch signifikant und eng miteinander korreliert ($r \geq 0,931^{***}$).

Für die Extraktion des kationischen Cr(III) erwies sich CaCl₂ als unbrauchbar; die Cr-Gehalte lagen in der Regel unter der Nachweisgrenze der ICP-AES. Durch NH₄NO₃ extrahiertes Cr (Abb. 1c) liegt wahrscheinlich - neben einem geringen gelösten Anteil - vor allem in leicht austauschbarer Form an mineralischen und organischen Oberflächen gebunden vor. Unterhalb pH 4,9 bis pH 3,4 steigt der mobile Cr(III)-Anteil deutlich an. Die starke Cr-Festlegung bei pH 5-6 beruht vermutlich auf einer Bildung schwerlöslicher organischer Cr(III)-Komplexe (SCHNITZER und KERNDORFF 1981) sowie einer starken Adsorption durch Fe-Oxide und Tonminerale (KANIG et al. 1990, FISCHER und BRÜMMER 1993). Die Ergebnisse deuten nicht auf eine Ausfällung von Cr(OH)₃ hin. Die bei pH 7,5 erhöhten Anteile der mobilen Cr-Fraktion können auf eine Bildung löslicher Carbonat-Cr-Komplexe zurückgeführt werden (STICHER et al. 1987).

Wie bei der Extraktion von Cr(III) erwies sich CaCl₂ auch für die Extraktion von As(V) (Arsenat) als ungeeignet. Bei der Bodenprobe L (pH 3,4) mit der höchsten As(V)-Bindungskapazität treten widersprüchlicherweise die höchsten Anteile an mobilem As-CaCl₂ auf (Abb. 2), während bei den Bodenproben B (pH 5,9) und Z (pH 7,5) mit den niedrigsten As(V)-Bindungskapazitäten die niedrigsten Anteile an mobilem As-CaCl₂ gemessen wurden. Die mit dem CaCl₂ zugesetzten Ca²⁺-Ionen bewirken u.a. eine erhöhte Arsenat-Adsorption und verändern dadurch das As-Löslichkeitsverhalten in starkem Maße. Dagegen geben die Ergebnisse der NH₄NO₃-Extraktion das Mobilitätsverhalten von Arsenat in Böden entsprechend den Gesetzmäßigkeiten der Anionen-Ad/Desorption wieder und zeigen einen Anstieg der As-Extrahierbarkeit vom sauren zum basischen pH-Bereich (Abb. 1d und 2). Die bei pH 4,9 und 5,9 von einem linearen Kurvenverlauf abweichende As-Mobilität (Abb. 1d) beruht u.a. auf einer unterschiedlichen Bindungskapazität der Proben E und B für Arsenat, die vor allem durch einen deutlich unterschiedlichen Fe-o-Gehalt und höheren Corg-Gehalt der Probe E bedingt ist.

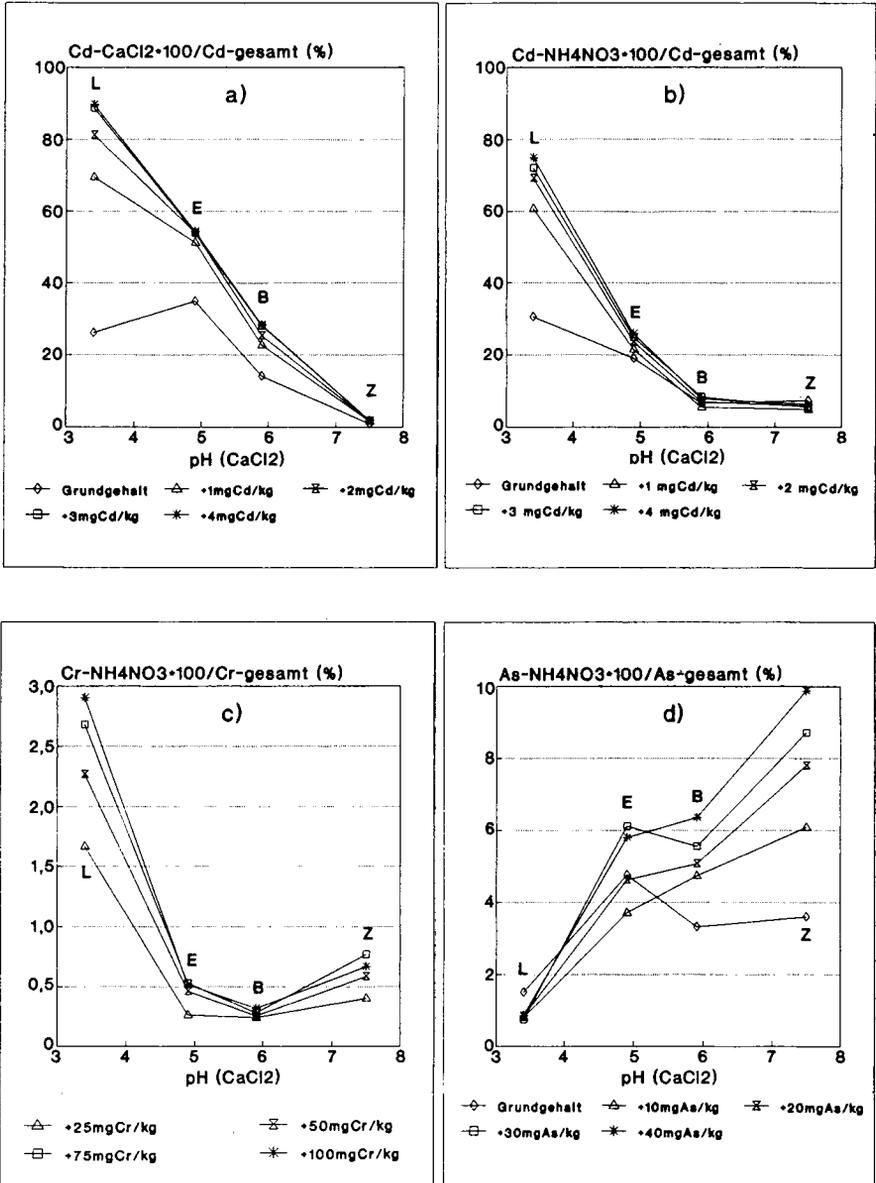


Abb. 1: Mit 1M NH₄NO₃ bzw. 0,1M CaCl₂ extrahierbare Elementanteile (in Prozent vom Gesamtgehalt) von Cd (a,b), Cr (c) und As (d) in Abhängigkeit vom pH-Wert der Oberbodenproben (L, E, B, Z)

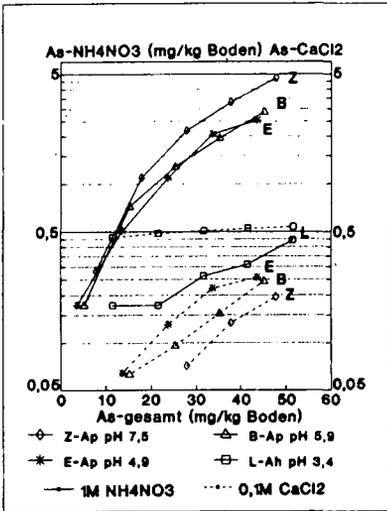


Abb. 2: Mit 1M NH_4NO_3 und 0,1M CaCl_2 extrahierbare As-Gehalte der Oberbodenproben (L, E, B, Z) in Abhängigkeit vom Gesamtgehalt

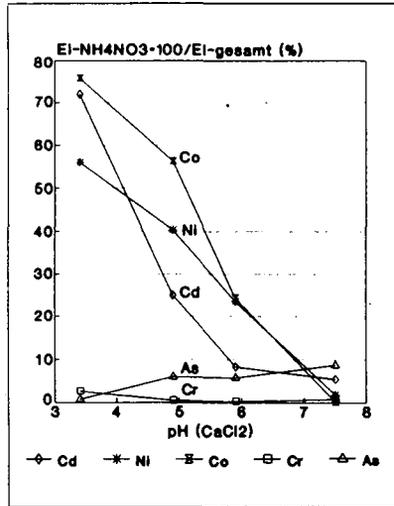


Abb. 3: Mit 1M NH_4NO_3 extrahierbare Elementgehalte (EI) (in % vom Gesamtgehalt) der Oberbodenproben (L, E, B, Z) in Abhängigkeit vom pH (3. Zugabe)

4 Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Zur Erfassung der mobilen Gehalte an Cd, Ni, Co, Cr(III) und As(V) von Oberbodenproben unterschiedlichen Stoffbestandes und variierender Belastung wurden Extraktionen mit 0,1M CaCl_2 und 1M NH_4NO_3 durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, daß CaCl_2 infolge Chloro-Cd-Komplexbildung höhere Cd-Anteile und durch unterschiedliche Ca^{2+} -Effekte wesentlich niedrigere Cr(III)- und As(V)-Anteile extrahiert als NH_4NO_3 . Außerdem bewirkt CaCl_2 teilweise starke Störungen bei Messungen mit der flammenlosen AAS. Dagegen erwies sich 1M NH_4NO_3 als ein für die Extraktion mobiler Elementfraktionen gut geeignetes Lösungsmittel, welches das Mobilitätsverhalten der untersuchten Elemente in Böden kaum durch Lösungsmittelleffekte verändert und eine weitgehend störungsfreie Elementanalyse ermöglicht.

Während die Mobilität der Schwermetalle in Element-spezifischer Weise mit abnehmendem pH ansteigt (Co > Ni > Cd), nimmt die Mobilität von As(V) mit steigendem pH zu (Abb. 3). Von den untersuchten Elementen weist Cr(III) die niedrigsten mobilen Anteile auf. Bei allen Elementen steigt die Mobilität im gesamten pH-Bereich der Böden mit zunehmendem Gesamtgehalt an.

5 Literatur

- FISCHER, L. & BRÜMMER, G.W. (1993): Schwermetallbindung durch Goethit: Adsorption, Diffusion und Festlegung verschiedener Schwermetalle.-Mittelgn.Dt.Bodenkundl.Gesellsch., in diesem Band.
 HERMS, U. & BRÜMMER, G. (1984): Einflußgrößen der Schwermetalllöslichkeit und -bindung in Böden.-Z.Pflanzenernähr.Bodenk., **147**, 400-424.
 HORNBURG, V. & BRÜMMER, G.W. (1989): Untersuchungen zur Mobilität und Verfügbarkeit von Schwermetallen in Böden.-Mittelgn.Dt.Bodenkundl. Gesellsch., **59/II**, 727-731.
 KANIG, M., SOEPRAPTO, T. & FRIEDRICH, G. (1990): Die Bindungsformen von Si, Mg, Fe, Al, Mn, Cr, Ni und Co in Saprolit und Laterit über Serpentin, Insel Gebe, Indonesien.-Z.Pflanzenernähr. Bodenk., **153**, 425-431.
 SCHNITZER, M. & KERNDORFF, H. (1981): Reactions of fulvic acid with metal ions.-Water, Air, and Soil Pollution, **15**, 97-108.
 STICHER, H., JUCHLER, S. & GASSER, U. (1987): Speziation von Chrom und Nickel in Serpentinböden.-Mittelgn.Dt.Bodenkundl. Gesellsch., **55/1**, 433-438.
 ZEINI, H. & BRÜMMER, G.W. (1989): Chemische Extraktion zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Böden.-Mittelgn.Dt.Bodenkundl.Gesellsch., **59/1**, 505-510.

**Verhalten von Bärhaldegranit und Buntsandstein im
Verwitterungsexperiment**

von

Zarei, M., K. Stahr und K.H. Papenfuß

Seit mehr als 20 Jahren werden nun bereits erhöhte Säureeinträge in den Waldökosystemen Mitteleuropas beobachtet (ULRICH et al. 1979, FEGER 1993). Da sich im gleichen Zeitraum die Meßmethodik von Zuständen und Flüssen in Ökosystemen wesentlich verändert hat, gibt es kaum die Möglichkeit, über eine kontinuierliche Meßreihe die Veränderungen in den Waldökosystemen zurückzuverfolgen. Der Mineralbestand der Böden dagegen stellt ein sehr konservatives Element dar. Er reagiert langsam auf Veränderungen, bewahrt aber erworbene Änderungen häufig über lange Zeit. Eine Möglichkeit, solche Veränderungen aus den letzten 20 Jahren zu erfassen, stellt der Vergleich archivierter und aktueller Bodenproben dar (FRANK & GEBHARDT 1990). Da die archivierten Proben selten zu diesem Zweck entnommen wurden und schon deshalb kaum statistisch signifikante Unterschiede gefunden werden, bleibt das Ausmaß hypothetisch.

Um zu überprüfen, ob die Vermutung, daß Verwitterungsraten und Verwitterungsformen sich bei zunehmender Versauerung verändern, tatsächlich zutrifft, lassen sich Verwitterungsexperimente heranziehen (ZAREI et al. 1992). Damit der Ausgangszustand definiert ist, wurden in diesem Falle völlig unverwitterte Proben von Bärhaldegranit und Sandstein aus dem Inneren größerer Blöcke herausgesägt. Diese Proben wurden in ihrer Morphologie und an Parallelproben auch Mineral- und Elementbestand untersucht. Um die Verwitterung zu simulieren, wurden Würfel (ca. 0,8 cm Kantenlänge) kontinuierlich von verdünnter Schwefelsäure der pH-Werte 5, 4, und 3 umspült. Die Verwitterungslösung wurde tropfenweise zugegeben und mindestens 4 mal pro Tag über eine Hebevorrichtung ausgetauscht. Ebenso wurde Gesteinsmaterial mit destilliertem Wasser in einer Soxhlett-Apparatur (pH ca. 6,5) verwittert. Die Proben wurden regelmäßig beobachtet und die pH-Werte der Lösungen kontrolliert. Die Versuche wurden so angesetzt, da auch bei natürlichen Verwitterungsverläufen keine stationären Zustände erreicht werden. Im vorliegenden Fall versickern 1.000 bis 1.500 Liter \cdot m⁻² jedes Jahr, so daß man davon ausgehen kann (STAHR et al. 1983), daß die Böden in jedem Zeitpunkt feucht sind. Trotzdem läuft die Versickerung eher stoßweise ab, z.B. nach Niederschlagsereignissen

*) Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortlehre, 70593 Stuttgart

oder bei Schneeschmelze. Weiterhin sollte beobachtet werden, ob die Unterschiede in den Verwitterungsformen (STAHR et al. 1993, VEERHOFF 1992), die bei der horizontweisen Beobachtung der Minerale festgestellt wurden, auf unterschiedliche pH-Werte der Verwitterungslösung zurückgehen. Die Experimente mit Granit und oberem Buntsandstein wurden in mindestens 3 Parallelen über 6 Monate durchgeführt.

Morphologische Veränderungen:

Makromorphologisch sahen die Proben, welche bei pH 3 verwitterten, während der ganzen Zeit gleichmäßig frisch aus. Beobachtungen unter dem Binokular und Elektronenmikroskop zeigten aber, daß sich oft Lösungskrater auf Flächen und Kanten erkennen ließen. Die Hohlformen wurden aus den bestehenden Mineralen herausgelöst, ohne daß sich Reste oder gar Neubildungen feststellen ließen. Dies war bei den höheren pH-Werten vollständig verschieden. Es ließen sich Oxide und Tonminerale als Überzüge besonders in Hohlräumen feststellen. Bei pH 5 und 6,5 erkannte man eine leuchtend braune Hülle aus Eisenoxiden, insbesondere über biotitischen Glimmern. In Hohlräumen wurden Neubildungen kaolinitischer und illitisch-smektitischer Tonminerale, sowie Eisen- und Titanoxide beobachtet.

Säurepufferung:

Eine abschätzende Berechnung der Säurepufferung aus der Freisetzung der gemessenen Elemente (ohne Si) zeigt, daß der H-Ionenverbrauch zwar mit sinkendem pH-Wert sehr stark ansteigt, jedoch deutlich unterproportional gegenüber dem H-Angebot ist (Tab. 1). Dies legt nahe, daß bei pH-Werten um und über 5 die H-Pufferung nicht mehr der dominierende Prozeß der Verwitterung sondern die klassische Hydrolyse darstellt. Eine Titration der verbrauchten Säure hätte zu einer besseren Beschreibung des Pufferungsverhaltens geführt unter der Annahme, daß sämtliche herausgelösten Elemente in der Lösung verbleiben. Da aber Oxid- und Tonminerale Neubildungen bei ihrer Entstehung wieder H-Ionen freisetzen, wäre auch dieses Verfahren nur eine Näherung (VAN DE SAND 1993). Der Versuchsansatz wurde so gewählt, weil er am besten den Verhältnissen im Freiland entspricht.

Zeitlicher Verlauf:

Bei einigen Elementen verläuft die Freisetzung während der gesamten Zeit des Verwitterungsexperiments mit gleichbleibender Geschwindigkeit: Natrium und Kalium beim Granit und Kalium beim Buntsandstein (Reaktion nullter Ordnung). Bei den mildereren Verwitterungsbedingungen von pH 5 gilt diese Beobachtung für alle Elemente. Bei intensiver Verwitterung von pH 3 kommt es aber früher oder später zu einer Begrenzung der Anlieferung, wobei Sättigungskurven (Reaktion erster Ordnung; ZAREI et al., 1992) entstehen, so z.B. bei Calcium und Magnesium im Granit und bei Natrium, Calcium und Magnesium bei Buntsandstein. Diese Unterschiede lassen sich aus schlechter werdender

räumlicher Zugänglichkeit entsprechender Elemente oder durch Erschöpfung des Vorrats erklären. Letzteres trifft für Calcium aus Plagioklasen beim Granit zu.

	(1) pH	(2) Säure- angebot	(3) Kationen- verlust	(3) % von (2) Puffer- rate
BÄRHALDE - GRANIT				
	5	16	64	400
	4	288	211	73
	3	4740	860	18
BUNTSANDSTEIN				
	5	29	60	207
	4	239	103	43
	3	2485	188	8

Tab. 1: Kationenabfuhr und "Säurebilanz" im "Säuretropfen"-Verwitterungsexperiment ($\text{mmol}_c \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{x a}^{-1}$); ZAREI et al., 1992.

pH	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Al	Si	Na/Ca Mol-Vh.
Granit									
6,5	13	2	6	2	0,2	0,4	5	260	2,16
5	17	5	8	0,1	0,3	0,4	0,2	115	2,12
4	35	9	30	7	1,4	2	2	430	1,17
3	109	21	65	29	3,8	20	195	1570	1,68
Gestein	1130	1076	110	108	7,3	318	7889	53000	10,27
Sandstein									
6,5	0,9	5	20	0,4	0,05	0,03	6	240	0,04
5	0,6	13	40	1,5	0,1	0,4	4	140	0,01
4	1,6	12	70	5	0,2	0,8	13	215	0,02
3	10	25	77	8	0,8	3,1	64	360	0,12
Gestein	35	815	160	148	3,6	584	5450	53200	0,21

Tab. 2: Elementverluste aus Gesteinswürfeln im Verwitterungsexperiment nach 6 Monaten bei unterschiedlichem pH ($\text{mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) im Vergleich mit Ausgangsgehalten der Gesteine.

Elementfreisetzung:

Die Zunahme der freigesetzten Elemente (Tab. 2) mit zunehmender Versauerung läßt sich für beide Gesteine gut erkennen. Entsprechend den geringeren Vorräten und weil beim Buntsandstein bereits schlechter verwitterbare Minerale vorselektiert waren, ist die Freisetzung bei letzterem wesentlich geringer als beim Bärhaldegranit. Es läßt sich auch erkennen, daß Kaliumminerale als Säurepuffer beim Buntsandstein eine größere Rolle spielen als beim Granit. Auffällig ist in beiden Fällen, daß die Freisetzung von Natrium und Calcium nicht dem Verhältnis in den Feldspäte entspricht. Das Na/Ca-Verhältnis wird zur Lösungsphase deutlich enger, d.h. Calcium wird selektiv gelöst. Diese Herauslösung ist stärker als man durch Auflösung anorthitreicher Lamellen erwarten würde. Man kann davon ausgehen, daß Calcium solange aus den Plagioklassen bevorzugt herausgelöst wird, bis keines mehr vorhanden ist, da bereits 65 % des vorhandenen Calciums nach einem halben Jahr aus den Plagioklassen herausgelöst waren. Durch Auswertung der Mineralneubildungen, Vergleich mit Lösungsverhältnissen im Freiland und weitere Verwitterungsexperimente sollen die Vorgänge noch intensiver untersucht werden.

LITERATUR

- FEGER, K.-H. (1993): Bedeutung von ökosysteminternen Umsätzen und Nutzungseingriffen für den Stoffhaushalt von Waldlandschaften. Freiburger Bodenkdl. Abhandlungen, 31, 237 S.
- FRANK, U. & GEBHARDT, H. (1990): Weathering of Silicates and Destruction of Clay Minerals a Consequens of Severe Soil Acidification in Selected Forest Locations of Northern Germany. 14th Intern. Congr. of Soil Science, Vol. VII, p. 60-65, Kyoto, Japan.
- STAHR, K. & M. ZAREI (1992): Veränderung des Mineralbestandes von Böden des Schwarzwaldes durch junge Versauerung. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 68, S. 289-292.
- STAHR, K., Fr. HÄDRICH u. J. GAUER (1983): Wasser- und Elementtransport in einem Stagnogley am Hang der Bärhalde (Schwarzwald, Deutschland). Z. Pflanzenern. Bodenk., 146, S. 23-37, Weinheim.
- STAHR, K., M. ZAREI u. K.-H. PAPENFUSS (1993): Beziehungen zwischen Verwitterungsmilieu und Morphologie von Feldspäten in sauren Waldböden des Schwarzwaldes. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 72.
- ULRICH, B., R. MAYER u. P. K. KHANNA (1979): Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen im Solling. Schriften aus der Forstl. Fak. d. Uni. Göttingen u. d. Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt, 58: 290 S.; Frankfurt/M.
- VAN DE SAND, M. (1993): Quantifizierung der wichtigsten Mechanismen zur Säurepufferung carbonatfreier Böden. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 72.
- VEERHOFF, M. (1992): Silicatverwitterung und Veränderung des Tonmineralbestandes in Waldböden als Folge von Versauerungsvorgängen. Bonner Bodenkdl. Abhandlungen, 8, 249 S.
- ZAREI, M., K. STAHR u. K.-H. PAPENFUSS (1992): Die Verwitterung von Granit im sauren Milieu: Ein Modellexperiment mit Modifikationen. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 68, S. 309-312.

BODENBELASTUNG, – SCHUTZ

Qualitative Beschreibung des Gefüges in Bodenschliffen

von

Babel, U.

Problemstellung

In der klassischen Bodenmikromorphologie besteht der Wunsch nach möglichst vollständiger und standardisierter Dünnschliff-Beschreibung (Brewer 1964, Bullock et al. 1985). Das ist kaum zu erreichen (Murphy et al. 1985). Die wirklichen Anforderungen an eine Bearbeitung sind, daß sie für die gegebene Frage nützliche Informationen enthält, und daß diese Informationen zuverlässig sind. Das Problem des Bearbeiters ist nun, daß das Schliffbild eine Fülle von Informationen enthält, die aber schwer zu fassen sind, in ihrer Mehrzahl von unsicherem Wert und für seine Fragen nichts als Untergrund-Rauschen.

Der hier vorgeschlagene Ansatz baut auf auf der Gliederung des Eildes in verschiedene Bereiche, die sich nach Ähnlichkeiten in Gruppen ordnen lassen. Diese Gruppen sind die Phasen nach Sander (1948, 1950), dem man nun weiter folgen kann: Die Verteilung verschiedener Phasen auf die Flächen- oder Raumkoordinaten ergibt das Gefüge; eine Phase ist die Gesamtheit in bestimmten Merkmalen gleicher oder ähnlicher Flächen- oder Raumbestandteile.

Prinzipien:

- 1.) Es werden Phasen in ihrer Verteilung über die 2-dimensionale Schliff-Fläche beschrieben.
- 2.) Die Phasen müssen rein morphologisch, ohne Rücksicht auf ihre Inhalte definierbar sein.
- 3.) Die Inhalte der Phasen - ihre stoffliche Zusammensetzung, ihre Raumgeometrie, ihre Entstehung und Funktion - brauchen nicht bekannt zu sein.

Der Arbeit nach diesen Prinzipien liegen Annahmen zugrunde:

- 1.) Die Prozesse im Boden stehen in gewissem Umfang in Beziehung zu morphologisch erkennbaren Phasen.
- 2.) Die Plätze im Bodenraum, an denen eine Phase auftritt, haben Bedeutung für die Entstehung und Wirkung der Phase; die Grenzen zwischen den Phasen haben Bedeutung für Wechselwirkungen zwischen ihnen; zusammenhängende Bereiche einer Phase sind Wege für Bewegungen (Babel et al. 1993).
- 3.) Die Plätze, Grenzen und Wege im 2-dimensionalen Bodenschnitt sind ein, wenn auch verzerrtes, Abbild der Plätze, Grenzen und Wege im 3-dimensionalen Bodenraum.

Merkmale

Phasen: Z a h l der Phasen im 2-dimensionalen Bild, die morphologisch unterschieden werden sollen und können; F l ä c h e n - a n t e i l e der Phasen; V e r t e i l u n g der Phasen. (Die Verteilung - verstanden als Verteilung auf die Flächenkoordinaten - läßt sich in zahlreiche Teilmerkmale unterteilen. Allgemein und immer von Interesse sind die Aufteilung einer Phase in Bereiche - sicher gegen die Umgebung abgrenzbare Bereiche heißen E i n - h e i t e n , andere Bereiche heißen Z o n e n - ; G r u n d -

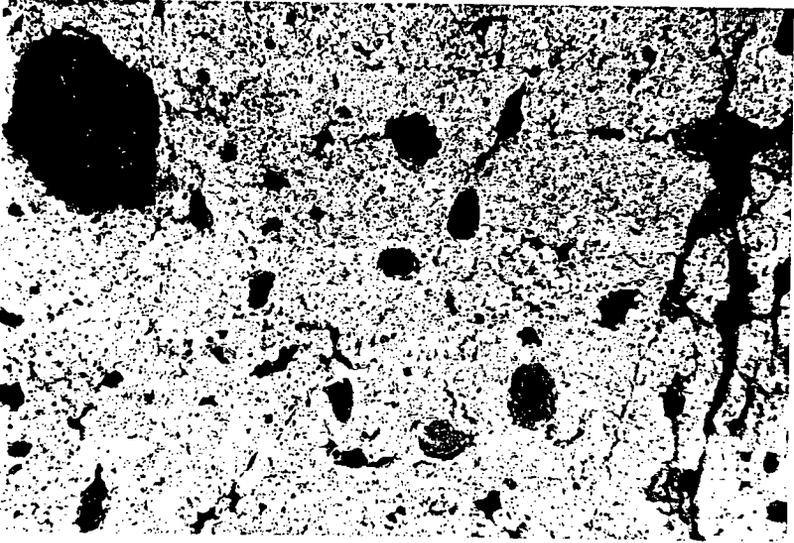


Abb.1: Wald Webicht bei Weimar, Eichen-Hainbuchen-Bestand, Griserde (Parabraunerde-Tschernosem), Bt3-Horizont, 95 cm - vertikaler Dünnschliff, Dunkelfeld, nat. Bildbreite 7,5 mm.

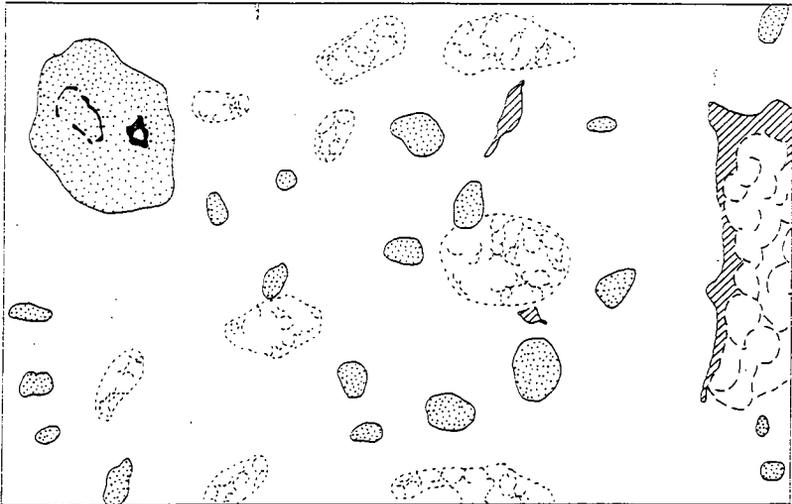


Abb.2: Gefüge unter besonderer Beachtung biogener Merkmale. - 2.a (Wurzelröhren) punktiert - 2.b (Zonen mit Losungen von Enchyträen oder Collembolen) kurz gestrichelt - 2.c (Zone mit Regenwurmlosungen) lang gestrichelt - 2.d (Wurzelrindenreste) schwarz (oben links) - 2.e (Hohlräume außerhalb von 2.a,b,c) schräg schraffiert.

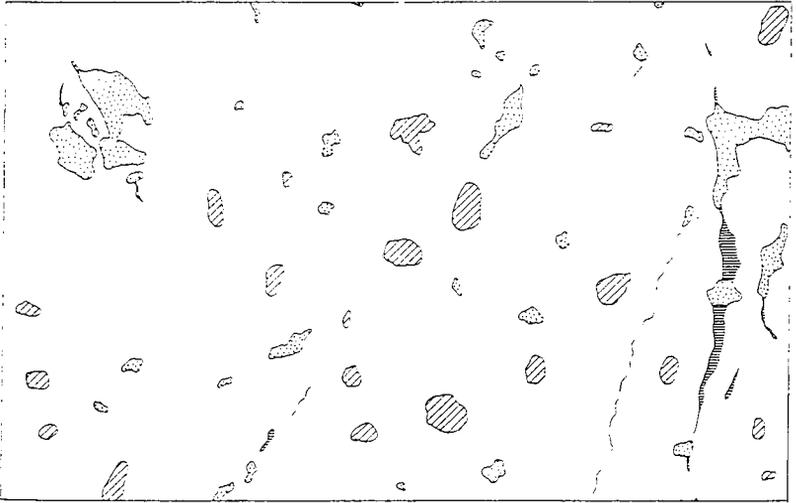


Abb.3: Gefüge unter ausschließlicher Beachtung von Hohlräumen >ca 30µm. - 3.a (Röhren) schräg schraffiert - 3.b (Risse) horizontal schraffiert und einfache Linien - 3.c (Höhlungen) punktiert.

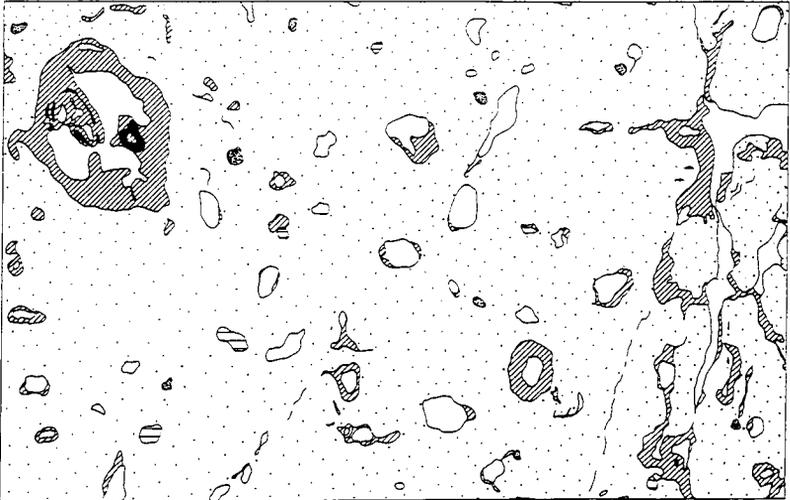


Abb.4: Gefüge unter besonderer Beachtung der Festschubstanz. - 4.a (humose Tonorientierungszonen) schräg schraffiert - 4.b (organische Partikel) schwarz (oben links) - 4.c (Quarz-Feinsandkörner) horizontal schraffiert - 4.d dunkelbraune bis opake Einheiten und Zonen: eng punktiert - 4.e (Festschubstanzmatrix) weit punktiert.

v e r t e i l u n g ist die Verteilung einer Phase auf die Flächenkoordinaten; R e l a t i v v e r t e i l u n g ist die Verteilung einer Phase zu anderen Phasen. Speziellere Teilmerkmale der Verteilung sind Grundorientierung - die Orientierungen der Bereiche einer Phase zueinander; Relativorientierung - die Orientierungen der Bereiche einer Phase zu den Bereichen anderer Phasen; Form der Phasen-Bereiche; Zahl der Phasen-Bereiche; Größe der Phasen-Bereiche.)

Grenzen zwischen den Phasen: A r t e n der Grenzen (welche Phase grenzt an welche?); L ä n g e der Grenzen; V e r t e i l u n g der Grenzen. (Unterteilung in Teilmerkmale der Verteilung genau wie bei den Phasen. Rauheit der Grenzen entspricht Form der Phasen-Bereiche; Unschärfe einer Grenze ist ein Spezialfall: die Rauheit der Grenze und Verinselungen vor der Grenze liegen im fuzzy-Bereich.)

Vorgehen

Die Phasen werden nach Wissen und vor allem nach I n t e r e s s e n ausgeschieden. (Das Prinzip, daß Vorwissen nicht grundsätzlich erforderlich ist, wird dadurch nicht außer Kraft gesetzt - siehe z.B. Phase 4d.) Die ausgeschiedenen Phasen werden mit Worten, mindestens aber mit Objektbild (Abb.1) und schematischer Zeichnung zu diesem Bild (Abb.2,3,4) definiert. Die Merkmale der Phasen und die Merkmale der Grenzen, die tatsächlich bestimmt werden, werden ebenfalls nach Interesse ausgewählt. (Das gilt einschließlich der Genauigkeit ihrer Bestimmung bis hin zur Quantifizierung, die grundsätzlich für sämtliche Merkmale möglich ist.) Es ist zweckmäßig den Schliff oder einen Ausschnitt von ihm durch eine Zeichnung und zusätzlich durch Formulierung weniger Sätze auf Basis der ausgeschiedenen Phasen zu beschreiben (letzteres unterbleibt hier wegen Platzmangel).

Grundsätzliche Probleme

- 1.) Die meisten Phasen können absteigend in Phasen niedrigerer Ordnung untergliedert werden und aufsteigend an der Bildung von Phasen höherer Ordnung beteiligt sein (Babel 1978).
- 2.) In der Nähe der morphologischen Auflösung erscheinen fast immer Strukturen, die undeutlich, "fuzzy", sind. Das ist unabhängig von der Skala (Serra 1981).
- 3.) Manche Eigenschaften der 3-dimensionalen Phasen lassen sich aus ihrem 2-dimensionalen Abbild zuverlässig schätzen. Andere Eigenschaften lassen sich kaum angenähert beurteilen - besonders die Kontinuität und die Tortuosität von Wegen (Vogel, Babel 1991).

Die Beispiele zeigen unter anderem:

Phasen, die nach verschiedenen Interessen ausgewählt sind, können einander überlappen. Die Abbildungen 2,3,4 entsprechen verschiedenen thematischen Karten einer Landschaft. - Ohne Kenntnis der Inhalte der Phasen kann z.B. gesagt werden: Die Phase 3.b zeigt durch ihre Häufung entweder morphographisch nicht erkannte Inhomogenitäten von Bedingungen durch die sie gefördert werden, oder sie fördern, einmal in gewissem Umfang vorhanden, ihr eigenes Auftreten.

Literatur: Publikation (Geoderma) in Vorbereitung.

Die Erfassung von Schadstoffbelastungen des Bodens
mit Hilfe bodenbiologischer Parameter

von

Bachmann, U.^{1,2}, C. Matejko¹ und E.-M. Klimanek¹

Zielstellung

Ziel der Untersuchungen war es, zu prüfen, in welchem Maße bodenbiologische Parameter durch Schadstoffe beeinflusst werden und inwieweit Methoden der Bioindikation (Leuchtbakterientest) geeignet sind, diese Veränderungen im Boden widerzuspiegeln und aktuelle Belastungssituationen beurteilen zu können. Von verschiedenen Bodenenzymen (Dehydrogenase, Phosphatase) ist bekannt, daß sie in unterschiedlichem Maße auf organische Schadstoffe und Schwermetalle reagieren (BITTON u. KOOPMAN 1991). Bei dem Leuchtbakterientest ist die Stärke der Hemmung der Leuchtintensität der Bakterien (*Vibrio fischeri*) ein indirektes Maß für die Schadstoffbelastung einer untersuchten Probe. Dieser Test wurde ursprünglich für die Untersuchung von Wasserproben entwickelt. In letzter Zeit wird in zunehmendem Maße versucht, ihn auch auf Bodenproben anzuwenden, wobei allerdings erst wenig vergleichende Untersuchungen mit verschiedenen bodenbiologischen Parametern vorliegen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen eines Gefäßversuches mit zwei verschiedenen Bodenarten (Lößschwarzerde und Sandboden; Bodenmenge: 5,5 bzw. 6 kg), bei dem verschiedenen Schadstoffbelastungen (Schwermetall, Pestizid, Heizöl) simuliert wurden: 500 mg Cu/kg TS, 20 mg RIPCARD 10/kg TS (Insektizid; Wirkstoff: Cypermethrin) und 5000 mg Heizöl/kg TS (Konzentrationen in Anlehnung an Kategorie C der "Holländischen Liste"). Die Probenahme (Mischproben aus 3 Gefäßen) erfolgte zu 4 verschiedenen Terminen nach Versuchsbeginn (14.4.92).

Die Bestimmung der alkalischen Phosphatase (p-Nitrophenylphosphatetest), der Dehydrogenase (TTC-Methode) und des Dimethylsulfoxid(DMSO)-Reduktionsvermögens wurde, wie bei ALEF (1990) beschrieben, durchgeführt. Die Enzymaktivitäten wurden in % der Kontrolle des jeweiligen Termins angegeben.

Der Leuchtbakterientest wurde mit *Vibrio fischeri* (LUMISTox[®]; Fa. Dr. Lange) durchgeführt und in "% Hemmung" nach 15 min ausgedrückt. (Hemmung < 20 %: keine schadstoffbedingte Beeinträchtigung der Bakterien).

Die Keimzahlen (Bakterien, Pilze, Actinomyceten, Kohlenwasserstoffmetabolisierer) wurden nach dem Koch'schen Plattengußverfahren bestimmt.

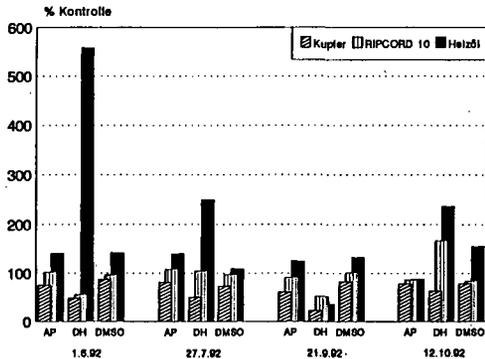
Ergebnisse und Diskussion

Die einzelnen Enzymaktivitäten reagierten sehr unterschiedlich auf die verschiedenen Belastungen in Abhängigkeit vom Bewuchs. Die Versuchsreihe ohne Bewuchs (Abb. 1) zeigte, daß am deutlichsten die Heizölkontamination in Form einer drastischen Abweichung vom Kontrollwert widerspiegelt wird, besonders bei der Dehydrogenase (DH).

1) Umweltforschungszentrum, Sekt. Bodenforschung, Hallesche Str. 44, 06246 Bad Lauchstädt
2) gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück

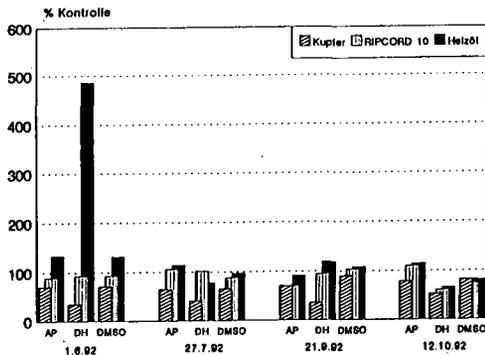
Dabei läßt die Wirkung über den Versuchszeltraum deutlich nach (offensichtlich in dem Maße, wie die Heizölkomponenten metabolisiert werden). Der Zusatz von Kupfer führte auf Grund seiner bekanntermaßen bakteriziden Wirkung zu einer signifikanten Verringerung der geprüften Enzymaktivitäten, deren Ausmaß sich im Untersuchungszeitraum kaum veränderte (keine Veränderung der Verfügbarkeit des Kupfers). Das eingesetzte Pestizid zeigte mit Ausnahme der DH keine wesentliche Beeinflussung der untersuchten Enzyme, was möglicherweise an der hohen Selektivität des pyrethroiden Wirkstoffs Cypermethrin lag (TU 1991).

Abb. 1: Enzymaktivitäten in einer Schwarzerde mit Schadstoffen ohne Bewuchs
 AP: alkal. Phosphatase
 DH: Dehydrogenase
 DMSO: DMSO-"Reduktase"



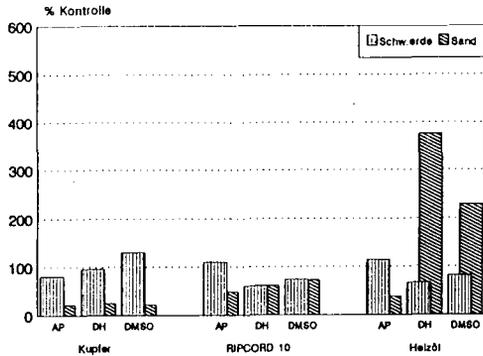
Die Versuchsreihen unter Mais (Abb. 2) zeigten eine ähnliche Tendenz bei Pestizid- bzw. Kupferzugabe wie die Varianten ohne Bewuchs. Bei den Heizölvarianten konnte allerdings schon beim 2. Termin (3 Monate nach Versuchsansatz) ein gewisser Einfluß der Pflanze beobachtet werden. Bereits zu diesem Zeitpunkt erreichten die Enzymaktivitäten annähernd wieder die Kontrollwerte und sanken im weiteren Verlauf noch darunter ab.

Abb. 2: Enzymaktivitäten in einer Schwarzerde mit Schadstoffen unter Mais



Aus der Abbildung 3 zum Einfluß der Bodenart auf die Wirkung der einzelnen Belastungsvarianten geht hervor, daß die hemmende Wirkung des Kupfers bei Sandboden deutlich größer ist (größere Verfügbarkeit durch fehlende Möglichkeiten der Immobilisierung durch Sorption an organische Bodensubstanz). Auch die Heizölkontamination beeinflußt die untersuchten Parameter noch viel stärker, als es im Schwarzerdeboden zu diesem Zeitpunkt der Fall ist.

Abb. 3: Enzymaktivitäten in Abhängigkeit von Belastung und Bodenart (unter Mais; 12.10.92)



Beim Leuchtbakterientest zeigte sich bei den unbewachsenen Varianten der Schwarzerdeböden (Tab. 1) lediglich bei den mit organischen Schadstoffen (Pestizid, Heizöl) belasteten Proben zum 1. Untersuchungstermin (1.6.92) eine Hemmung der Leuchtintensität der Bakterien (*Vibrio fischeri*). Unter Mais wurde die Leuchtkraft nur in den mit Heizöl kontaminierten Proben beeinträchtigt. Zu allen weiteren Terminen lag die Hemmung auch bei diesen Proben unter 20 %.

Tab. 1: Einfluß der Schadstoffbelastung auf den Leuchtbakterientest (Varianten ohne Bewuchs bzw. mit Mais)

	1.6.92		27.7.92		21.9.92		12.10.92	
	ohne Bew.	Mais	ohne Bew.	Mais	ohne Bew.	Mais	ohne Bew.	Mais
ohne Belastg.	9 %	15 %	6 %	17 %	8 %	8 %	10 %	11 %
Kupfer	12 %	9 %	10 %	16 %	10 %	10 %	7 %	7 %
RIPCORDER 10	26 %	14 %	9 %	15 %	13 %	13 %	12 %	10 %
Heizöl	39 %	38 %	12 %	17 %	9 %	10 %	16 %	14 %

Im Gegensatz zu den deutlichen Unterschieden zwischen Schwarzerde und Sandboden hinsichtlich der Enzymaktivitäten zeigte der Leuchtbakterientest mit Ausnahme der pestizidbelasteten Sandbodenvariante keine Schädigung an. Allerdings konnte der Vergleich der Bodenarten nur zu einem Termin durchgeführt werden, so daß eine endgültige Aussage noch nicht möglich ist.

Tab. 2: Verhalten der Bodenart im Leuchtbakterientest (unter Mais; 12.10.92)

	Schwarzerde	Sandboden
ohne Belastung	11 %	18 %
Kupfer	7 %	13 %
RIPCORDER 10	10 %	22 %
Heizöl	14 %	13 %

Die verschiedenen untersuchten Mikroorganismengruppen reagierten sehr uneinheitlich, so daß es schwer ist, eine Tendenzaussage zu treffen. Aus diesem Grunde wurde auf die Darstellung dieser Ergebnisse verzichtet. Eine deutliche Abhängigkeit der Keimzahlen von Schadstoffbelastungen konnte nur im Fall der Kohlenwasserstoffmetabolisierer festgestellt werden (Anstieg in mit Heizöl kontaminierten Böden bei den letzten beiden Terminen).

Die Versuche haben gezeigt, daß alle 3 untersuchten Enzyme geeignet sind, durch Schadstoffkontamination hervorgerufene Veränderungen im Boden anzudeuten, wobei die DH die deutlichste Reaktion zeigte. Einen wesentlichen Einfluß hatte hierbei die Bodenart, weniger der Pflanzenbesatz. Während die Unterschiede hinsichtlich Bodenart durchweg bei allen 3 untersuchten Enzymaktivitäten signifikant waren, konnten Unterschiede, die auf den Pflanzenbewuchs zurückzuführen sind, nur bei den Heizölvarianten gefunden werden. (Unter Mais nahm die Heizölwirkung auf die DH mit der Versuchsdauer stärker ab.) Obwohl z. B. die Dehydrogenase als sensibler Indikator weniger für organische als für Schwermetallkontaminationen beschrieben wurde (ROGERS u. LI 1985), zeigte sie bei den Versuchen eine stärkere Beeinflussung in Anwesenheit organischer Schadstoffe (Kohlenwasserstoffe).

Die von verschiedenen Autoren (GRÄFE u. LANGE 1992; KARSTEN 1990; MEIER 1990) angegebene toxische Wirkung von Schadstoffen (chlororganische Substanzen, Pestizide, Mineralöle, Schwermetalle, PAHs) auf Leuchtbakterien im Bodeneluat konnte im Gefäßversuch nur für die mit Heizöl belasteten Proben bestätigt werden. Es ist anzunehmen, daß auf Grund des hohen Anteils an organischer Substanz und der bei Schwarzerden deutlich ausgeprägten Ton-Humus-Komplexe der überwiegende Teil der Schadstoffe gebunden (HERMS 1987) und deshalb im Eluat nicht wirksam wird. (Die Elution erfolgte lt. Vorschrift mit Wasser, da in erster Linie der bloßverfügbare Anteil der Schadstoffe im Hinblick auf eine nutzungsbezogene Sanierung von Interesse ist.) Obwohl diese Ergebnisse noch durch die Untersuchung entsprechender "Praxisböden" ergänzt werden müssen, zeichnet sich schon ab, daß der Leuchtbakterientest auch geeignet ist, Kontaminationen mit organischen Schadstoffen im Boden anzudeuten. Im Gegensatz zum Microtox®-Test, der *Pseudomonas fluorescens* verwendet und sehr sensibel auf Schwermetalle reagieren soll (CODINA et al. 1993), ist der LUMISTox®-Test für die Schwermetalldetektion in humusreichen Böden problematisch.

Literatur

- ALEF K. (1990): Methodenhandbuch Bodenmikrobiologie. ecomed, 1991
- BITTON G., KOOPMAN B. (1992): Bacterial and enzymatic bioassay for toxicity testing in the environment. *Rev. Environ. Contamin. Toxicol.* 125, 1-22
- CODINA J. C., PÉREZ-GARCÍA A., ROMERO P. DE VICENTE A. (1993): A comparison of microbial bioassay for the detection of metal toxicity. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 25, 250-254
- GRÄFE F., LANGE K. P. (1992): Toxikologische Bewertung von Altlasten im Zusammenhang mit chemischen Analysen. Altlasten-Symposium, Braunschweig
- HERMS U. (1987): Wirkungen von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Böden. *Korr. Abwasser* 34, 828-832
- KARSTEN G. (1990): Anwendbarkeit des Biolumineszenz-Hemm- und des AMES-Mutagenitätstests zur Schadstoffabschätzung von Kohlenwasserstoff-belasteten Böden. Diplomarbeit, Dortmund
- MEIER P. (1990): Anwendung von Leuchtbakterien- und Atmungshemmtests auf Eluate von ölkontaminierten Böden. Diplomarbeit, Emden
- ROGERS J. E., LI S. W. (1985): Effects of metals and other inorganic ions on soil microbial activity. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 34, 858-865
- TU C. M. (1991): Effect of some technical and formulated insecticides on microbial activities in soil. *J. Environ. Sci. Health B26*, 557-573

Auswirkungen eines geregelten forstlichen Eingriffs auf den Stoffumsatz von Kleineinzugsgebieten im Flysch (Tegernseer Alpen)

von

Bäumler, R. und W. Zech

1 Forschungsgegenstand und Zielsetzung

In der vorliegenden Arbeit werden Ergebnisse der Auswirkungen eines Katastrophenszenarios, simuliert durch einen forstlichen Eingriff, auf die Stabilität von alpinen Kleineinzugsgebieten (4,2 und 6,3 ha) vorgestellt. Die Untersuchungen werden im Rahmen des BMFT-Verbundprojektes "Bodenforschung im Deutschen Alpenraum" durchgeführt.

2 Untersuchungsgebiete und Versuchsaufbau

Untersuchungsgebiete und Versuchsaufbau sind ausführlich im Forschungsbericht des o.g. Projekts (Nationalpark Berchtesgaden 1991) und bei Bäumler & Zech (1992 und 1993) beschrieben. Der forstliche Eingriff wurde im Oktober 1992 durchgeführt. 50 % des hiebreifen Bestandes wurden plenterartig eingeschlagen. Das Stammholz wurde über ein spezielles Seilzugverfahren zur Vermeidung von Rückeschäden aus dem Einzugsgebiet (Fläche 1) geholt, Ast- und Laubwerk blieben auf der Fläche. Ein benachbartes Einzugsgebiet mit identischen Standortverhältnissen, in dem kein Eingriff durchgeführt wurde, dient als Kontrolle (Fläche 2).

3 Ergebnisse und Diskussion

Input

Die Aufflichtung des Bestandes bzw. des Kronenraumes um 50 % führte zu starken Veränderungen des Inputverhaltens im Vergleich zur Kontrolle bzw. zur Vorlaufphase (11/89-10/92). Vor dem forstlichen Eingriff lagen die Interzeptionsverluste in beiden Gebieten bei 30 % des Freilandniederschlags (FNS). Die Aufflichtung führte zu einer Abnahme auf 17 %, die Interzeptionsverluste der Kontrollfläche blieben dagegen unverändert bei 30 %.

In Abb. 1 oben ist die stoffliche Zusammensetzung der Niederschläge für die Meßphasen vor (11/89-10/92) und nach dem Eingriff (11/92-06/93) dargestellt. Die vergleichsweise hohen Niederschläge im Sommer 93 führen insgesamt zu einer Reduktion der Gesamtmenge an eingetragenen Ionen im Vergleich zur Vorlaufphase. Mit Ausnahme der Protonen, deren Konzentration direkt von der Niederschlagshöhe abhängt, unterliegen alle Ionen einem Verdünnungseffekt. Die Passage durch den Kronenraum führt generell zu einem Konzentrationsanstieg aller Ionen im Vergleich zum FNS.

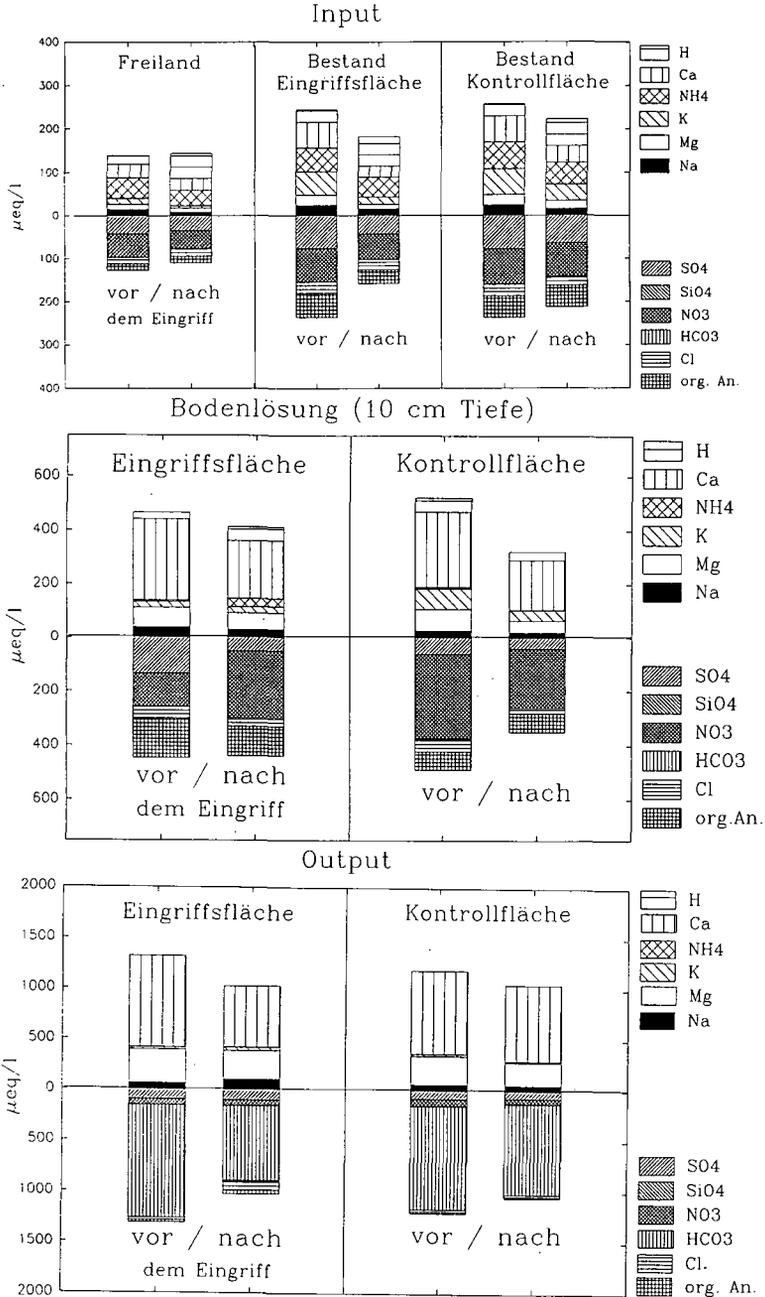
Der forstliche Eingriff verursacht starke Veränderungen in der Zusammensetzung des Bestandesniederschlags (BNS) auf der Eingriffsfläche infolge der Aufflichtung des Kronenraumes, und damit einer Reduktion der dort ablaufenden Prozesse (nasse und trockene Deposition, Kationenleaching). Dies führt besonders bei Ca, Mg, K, SO₄ und organischen Anionen zu einer starken Abnahme der Konzentrationen, während NH₄-N und NO₃-N nicht oder nur geringfügig reduziert werden. Die Zusammensetzung des BNS der Kontrollfläche zeigt dagegen, mit Ausnahme des Protoneneintrags, vor und nach den Eingriff keine wesentlichen Veränderungen.

Bodenlösung

In beiden Einzugsgebieten dominieren pseudovergleyte Böden und Gleye. Die pH-Werte liegen überwiegend im Austauscher-Pufferbereich, am Kationensorptionskomplex dominiert Ca. Säureinträge und intern

¹ Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie, Universität Bayreuth, 95440 Bayreuth.

Abb. 1: Ladungsbilanz der Kompartimente Input (Freiland- und Bestandesniederschlag), Bodenlösung (10 cm Tiefe) und Output (Vorfluter) für die Meßperioden vor (11/89-10/92) und nach (11/92-06/93) dem forstlichen Eingriff.



produzierte Protonen werden sehr rasch über Kationenaustausch gepuffert. So dominiert in beiden Einzugsgebieten bei den Kationen Ca in der Bodenlösung in 10 cm Tiefe (Abb. 1, Mitte). Bei den Anionen zeigen sich allerdings bereits in der Vorlaufphase größere Unterschiede zwischen beiden Gebieten. Während in der Eingriffsfläche SO_4 , NO_3 und organische Anionen zu etwa gleichen Anteilen dominieren, ist die Situation an den Entnahmestellen in Fläche 2 durch höhere Nitrifikationsraten und Nitratverlagerung in größere Tiefen gekennzeichnet. Die Reduktion der Gesamtionenkonzentration aufgrund der hohen Niederschläge nach dem Eingriff ist auch in der Bodenlösung nachweisbar. Dieser Verdünnungseffekt ist auf der Kontrollfläche stärker ausgeprägt, in der Zusammensetzung der Bodenlösung ergeben sich allerdings im Vergleich zur Vorlaufphase keine wesentlichen Verschiebungen.

Der forstliche Eingriff dagegen führt zu einem sehr starken Anstieg der Konzentrationen an Protonen, NH_4 und NO_3 bei gleichzeitiger Abnahme von Sulfat. Es erfolgt ein Mineralisierungsschub, der unmittelbar nach dem forstlichen Eingriff einsetzt und in den Sommermonaten noch verstärkt wurde (Abb.2). Die damit einhergehende Freisetzung von Protonen führt an den Entnahmestellen zu einer Protonierung des Anionensorptionskomplexes mit nachfolgender Sulfatsorption. Der Mineralisierungsschub und die damit verbundene Veränderung der Zusammensetzung der Bodenlösung ist auch in 30 cm und 50 cm Tiefe nachweisbar. Mit zunehmender Bodentiefe steigen in beiden Gebieten die Konzentrationen an Silikat und Hydrogencarbonat.

Abb. 2 zeigt den Verlauf der Konzentrationen an NH_4 und NO_3 in der Bodenlösung in 10 cm, 30 cm und 50 cm Tiefe. Ammonium zeigt vor dem forstlichen Eingriff identisches Verhalten in beiden Einzugsgebieten mit nur geringen Unterschieden zwischen den drei Entnahmetiefen. Nach der Auflichtung (ab 11/92) erfolgt ein sehr starker Anstieg in 10 cm Tiefe als unmittelbare Reaktion auf den Eingriff (Fläche 1) mit nachfolgendem kontinuierlichen Rückgang auf ein erhöhtes Niveau im Vergleich zur Vorlaufphase. In 30 cm und 50 cm Tiefe, sowie auf der Kontrollfläche ist dieser Anstieg nicht nachweisbar. Der Eingriff führt zu einer sofortigen Reduktion der Stickstoffaufnahme in Form von NH_4 über die Wurzeln. Das über die Niederschläge eingetragene NH_4 wird der Bodenlösung nicht mehr entzogen, bis in 30 cm Tiefe erfolgt allerdings eine vollständige Umsetzung.

Nitrat (Abb. 2b) zeigt dagegen nach dem forstlichen Eingriff in der Bodenlösung der Eingriffsfläche ein umgekehrtes Verhalten. Die Konzentration steigt nach den Wintermonaten mit Beginn der Vegetationsperiode und steigender Temperatur in 10 cm und 30 cm Tiefe an mit weiter ansteigender Tendenz. Auf der Kontrollfläche konnte eine entsprechende Reaktion ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Das gegenläufige Verhalten von NH_4 und NO_3 nach dem forstlichen Eingriff deutet außerdem auf einen direkten Zusammenhang zwischen beiden Fraktionen hin.

Output

Der Austrag bildet das Integral über die Einzugsgebiete. Wie Abb. 1 (unten) zeigt, erfolgt ein starker Export der basisch wirkenden Kationen Ca und Mg. Das korrespondierende Anion ist Hydrogencarbonat. Die Abnahme der Gesamtionenkonzentration nach dem forstlichen Eingriff setzt sich im Output fort. Auf der Kontrollfläche sind alle Ionen gleichermaßen davon betroffen.

Nach dem Eingriff werden K, Na, Cl, org. Anionen und SO_4 verstärkt aus der Eingriffsfläche ausgetragen. Im Vergleich zur Bodenlösung werden die Auswirkungen des forstlichen Eingriffs im Output allerdings nivelliert. Der Austrag an einwertigen Kationen ist neben der reduzierten Aufnahme von Ionen aus der Bodenlösung über die Wurzeln mit dem Transpirationsstrom auch auf Leaching aus den auf der Fläche verbliebenen Nadeln und Zweigen der gefällten Bäume zurückzuführen. Bei den Anionen führt bezogen auf das Gesamtgebiet die starke Nitratfreisetzung im Boden zu einem Austausch gegen Sulfat und Chlorid am Anionensorptionskomplex.

Abb. 2a: Verlauf der Konzentration von Ammonium in der Bodenlösung in 10 cm, 30 cm und 50 cm Tiefe (08/91-06/93) in Eingriffs- (Fl. 1) und Kontrollfläche (Fl. 2).

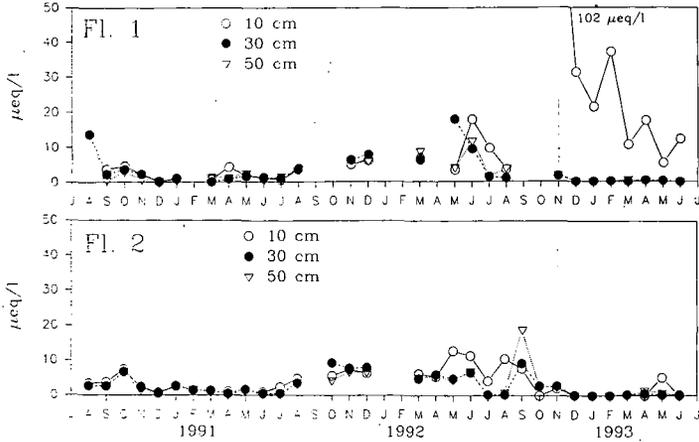
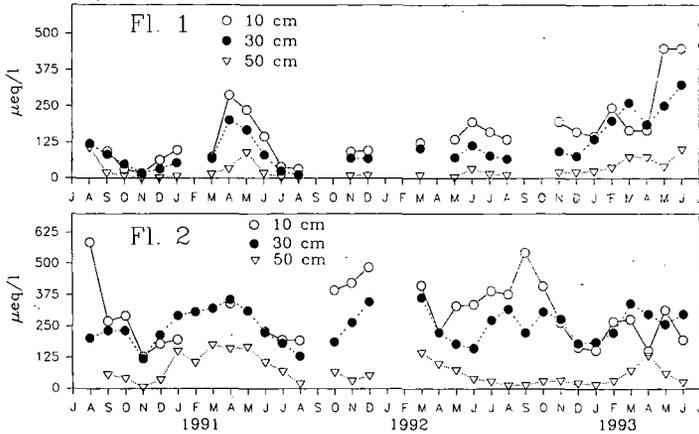


Abb. 2b: Verlauf der Konzentration von Nitrat in der Bodenlösung in 10 cm, 30 cm und 50 cm Tiefe (08/91-06/93) in Eingriffs- (Fl. 1) und Kontrollfläche (Fl. 2).



5 Danksagung

Die Autoren sind dem Bundesministerium für Forschung und Technologie für die finanzielle Unterstützung zu Dank verpflichtet.

6 Literatur

Bäumler, R. und Zech, W. (1992): Stoffhaushalt und Stoffbilanz zweier Kleinzugsgebiete im Flysch bei Marienstein (Tegernseer Alpen). Mitteilungen d. Dt. Bodenk. Ges., 68, 149-152.

Bäumler, R. und Zech, W. (1993): Stoffeinträge und Stoffdynamik zweier Kleinzugsgebiete (Tegernseer Alpen). Internationales Symposium "Stoffeinträge aus der Atmosphäre und Waldbodenbelastung in den Ländern von ARGE ALP und ALPEN ADRIA". Proceedings (GSF München), im Druck.

Nationalpark Berchtesgaden (1991): Bodenforschung im Deutschen Alpenraum - Zwischenbericht 1991. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden.

Bodenverdichtungen infolge unvollständiger
Beachtung der DIN 18300 und DIN 18230

von

Becher, H.H.

Die Klage des Lehrstuhls für Gemüsebau der TU München über Vernässung und mangelnde Tragfähigkeit ihrer Ende 1991 terrassierten Versuchsfelder veranlaßte eine bodenphysikalische Untersuchung dieser Terrassenfelder. Die vorgefundenen Böden sind Braunerden bis Braunerde-Pseudogley auf Löß über Flinz oder auf Flinz. Nach Abräumen des Oberbodens wurde der hangseitige Unterboden ab- und auf der Böschungseite aufgetragen. Anschließend wurde der Oberboden wieder aufgebracht. Alle damit verbundenen Arbeiten wurden unter nichtoptimalen Boden- und Witterungsverhältnissen durchgeführt.

Nach der Entnahme von ungestörten 365cm^3 Proben für k_f , PGV, ρ_b und gestörten Proben im Juni 1992 wurde mit einem Handpenetrometer horizontal der Eindringwiderstand an der Profilwand gemessen.

Ab ca. 25–30cm, insbesondere in 30–50cm, wurde ein deutliches bis ausgeprägtes Plattengefüge angetroffen. Die in Abb. 1 wiedergegebenen Werte des Eindringwiderstandes (einschließlich der Entnahmefeuchte) zeigen hohe Eindringwiderstände in 30–50cm Tiefe, die mit den (nicht dargestellten) Werten der Lagerungsdichte übereinstimmen. Deren Werte waren (auch PGV und k_f) genau so ungünstig wie nach einer schlechten Rekultivierung (Becher, 1985; 1991).

Die Baubetreuer waren sich keiner Schuld bewußt. Denn zur Stabilisierung des bewegten Bodens, insbesondere der Böschungen, wurde auftragsgemäß der Boden gemäß DIN 18300 3.7.3 (*Geeigneter Füllboden ist so zu verdichten, daß er möglichst so dicht liegt wie der anstehende Boden.*) verdichtet. Dabei wurde nach DIN 18300 3.7.6, Absatz 2 (*Das Schüttgut ist lagenweise einzubauen und zu verdichten.*) und Absatz 3 (*Schütthöhe und Anzahl der Arbeitsgänge beim Verdichten sind nach Art und Größe der Verdichtungsgeräte und der Bodenart so festzulegen, daß*

⁺Lehrstuhl für Bodenkunde, TU München, D-8050 Freising-Weihenstephan

der geforderte Verdichtungsgrad des Bodens erreicht wird.) verfahren. Bekannt war jedoch den Baubetreuern, daß die terrassierten Flächen für vegetationstechnische Zwecke (weil Versuchsfläche) verwendet werden, also bei allen Arbeiten mit den Böden nach DIN 18230 3.2 (Bodenarbeiten für vegetationstechnische Zwecke sind nach DIN 18915 Teil 3 "Landschaftsbauten; Bodenarbeiten für vegetationstechnische Zwecke, Bodenbearbeitungsverfahren" auszuführen.) vorgegangen werden mußte, was aufgrund der Ergebnisse offenkundig unterblieb. Diese DIN 18915 legt in Teil 3 unter 2.2 und 3.2 fest: *Soll Unterboden für Vegetationszwecke verwendet werden, ist er beim Abtrag wie Oberboden zu behandeln bzw. zu lagern.* Da Gemüse angebaut wird, dessen Durchwurzelungstiefe mit $\geq 60\text{cm}$ anzusetzen ist, ist 4.3.1, Absatz 1 (Die Dicke der Vegetationsschicht ist auf die Ansprüche der vorgesehenen Vegetation und auf die örtlichen Verhältnisse ... abzustimmen.) einzuhalten. Außerdem schreibt 4.1.1 vor: *Zur Verwendung in Vegetationsschichten bestimmter Oberboden muß für die vorgesehene Vegetation und Art der Nutzung geeignet sein. Dies gilt auch für für Vegetationsschichten vorgesehenen Unterboden, ...* Selbst wenn es in 4.3.1, Absatz 2 heißt: *In der Regel ist bei Rasen eine Schichtdicke von 5-15cm ausreichend, bei Gehölz- und Staudenflächen von 25-40cm.,* muß berücksichtigt werden, daß gerade für Versuchsflächen keine bodenkundlich-bodentechnologische Beeinflussung der Versuchsergebnisse erfolgen darf, also die Schichtdicke $\geq 40\text{cm}$ sein muß.

Selbstverständlich muß im vorliegenden Fall die Böschung durch entsprechende Verdichtung stabilisiert werden. Das darf aber nicht heißen, daß der Boden — außer einer Krumschicht von 20cm — auf der gesamten Fläche genau so stark verdichtet wird wie der Böschungsbereich.

Außerdem fördert eine nach DIN 18300 durchgeführte Verdichtung die Bodenerosion infolge mangelnder Infiltration.

Literatur:

- Becher, H.H. (1985): Compaction of arable soils due to reclamation or off-road military traffic.- Reclam. Reveg. Res. 4,155-164
Becher, H.H. (1991): Soil structure on poorly-reclaimed disturbed sites in Bavaria.- Soil Tech. 4,363-371

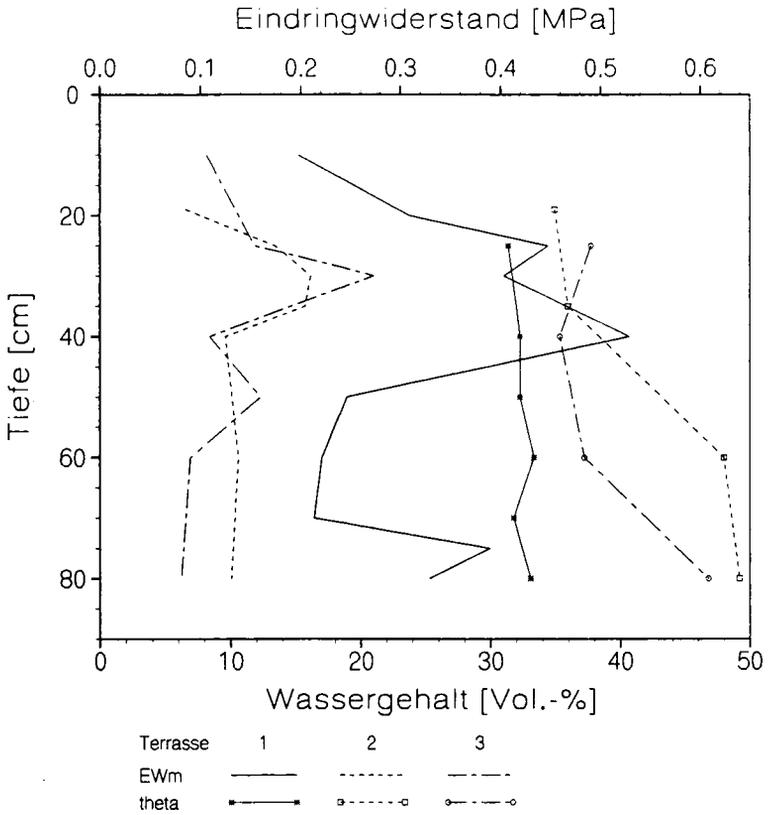


Abb. 1: Eindringwiderstände und Wassergehalte der untersuchten Terrassen zum Zeitpunkt der Probenahme

Auswirkungen einer Brachlegung auf die Aggregat- und Humusstabilität unterschiedlicher Standortstypen

VON

Billen, N., A. Lehmann, R. Jahn und K. Stahr

Die Brache bzw. Stilllegung von Äckern hat in den letzten Jahren aufgrund marktpolitischer Regelungen der europäischen Gemeinschaften zunehmend an Bedeutung gewonnen. Der in diesem Zusammenhang auftretenden Frage von Veränderungen im Boden wurde zwar schon in früheren Arbeiten nachgegangen (MARSCHNER & STAHR, 1992), einer umfassenden Quantifizierung des Beitrages dieser Form der Flächennutzungsänderung zum Bodenschutz allerdings nicht. Weiterhin ist zu klären, ob das Ausmaß eines solchen Beitrages schon nach einer 3 1/2-jährigen Brachezeit in Abhängigkeit von ausgewählten Merkmalen wie der Begrünungsform (Ansaat mit Klee oder ohne Klee="Gras"), einigen Bodeneigenschaften (Textur, pH, organische Substanz (C_{org}) und Gesamt-N (N_t)) sowie Niederschlags- und Temperaturverhältnissen, in der Vegetationsperiode bewertet werden kann. Im Vordergrund der vorliegenden Untersuchungen standen als Teilaspekte des Bodenschutzes Erosions- und Grundwasserschutz.

Ausgewählt wurden 30 ackerbaulich repräsentative Stilllegungsflächen in Baden-Württemberg (s. Tab. 1). Die Textur der Oberböden reichte von I'S bis IT. Zum Zeitpunkt der ersten **Probenahme** waren die Flächen 1 1/2 Jahre stillgelegt, die zweite Probenahme erfolgte 2 Jahre später im Frühjahr 1992. Die Beprobung fand im oberen Teilhorizont (bis 10 cm) der ehemaligen Ackerkrume statt.

Tab. 1: Das Spektrum der 30 untersuchten Stilllegungsflächen in Baden-Württemberg

Parameter	Minimum		Maximum	
Standort - Kennwerte				
Meereshöhe ü. NN [m]	108		770	
mittl. Jahrestemperatur [° C]	6,5		10,1	
mittl. Jahresniederschlag [mm]	678		1309	
Oberboden - Kennwerte				
pH - Wert [CaCl ₂]	4,1		7,4	
C _{org} - Gehalt [%]	0,59		14,4	
Gesamt - N - Gehalt [%]	0,05		1,23	
Bodentypen				
Braunerde Rendzina Terra fusca	Pelosol Pararendzina Parabraunerde	Pseudogley Gley (anmoorig) Vega	Kolluvium	

Zur Abschätzung der Erosionsanfälligkeit der Stilllegungsflächen wurde die Aggregatstabilität **untersucht** mit einem modifizierten Perkolationsverfahren (n. SEKERA & BRUNNER, 1943). Das Erosionsgeschehen wurde exemplarisch mit einem ERTI-Feldberechner simuliert. Mit der

*) Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, D-70593 Stuttgart

Bestimmung der organischen Substanz (C_{org}) und der potentiell zersetzbaren organischen Substanz (C_z ; Brutversuch n. ISERMEYER, 1952) wurde eine Veränderung der Humusqualität überprüft. Nimmt die Menge an organischer Substanz zu (= positiver Effekt für die Filter- und Puffereignung von Humus) und/oder gleichzeitig die Menge an potentiell zersetzbarer organischer Substanz ab (= positiver Effekt für die Humusstabilität), kommt es zu einer Vergrößerung des Quotienten C_{org}/C_z . Dies kann zur verringerten Verlagerungsgefahr oberflächlich eingetragener Schadstoffe ins Grundwasser führen. Mit Brutversuchen (n. ZÖTTL, 1958) wurde eine Verringerung der potentiellen N-Nettomineralisierung (N_z) überprüft, was eine verminderte Gefahr der Nitrat-Auswaschung ins Grundwasser bedeuten kann. Ebenfalls positiv zu beurteilen ist eine verringerte N-Nettomineralisierung im Feld, was auf vier Standorten überprüft wurde (n. RAISON et al., 1987).

Mit einer Zunahme der **Aggregatstabilität** reagierten auf die Stilllegung insgesamt 70 % aller Standorte. Bei niedriger Aggregatstabilität zu Untersuchungsbeginn kam es meistens zu einer Stabilisierung, bei höheren Ausgangswerten war die Veränderung eher negativ. Die mittleren Veränderungen der Aggregatstabilität waren in Abhängigkeit von den eingangs erwähnten Merkmalsgruppen positiv zu bewerten, lediglich bei sandigen Böden kam es zu einer Abnahme der Aggregatstabilität (s. Abb. 1). Beim Beregnungsversuch zum **Erosionsgeschehen** ergab sich eine Reduktion des Bodenabtrages von der Dauerbrache von über 99 % gegenüber dem des Ackers (s. Tab. 1). Den Ergebnissen zufolge kann also eine Stabilisierung der Aggregate im Zusammenhang mit einem hohem Deckungsgrad der Vegetation zu einer extremen Reduktion der Erosionsanfälligkeit führen. Aus Sicht des Erosionsschutzes ist die Flächenstilllegung mithin positiv zu beurteilen. Allerdings lassen sich die gleichen Effekte auch mit einer konventionellen oder extensiven Grünlandbewirtschaftung erzielen (ROBINSON & JACQUES, 1958).

Tab. 2: Vergleich der Aggregatstabilität und Erodierbarkeit zwischen Acker und Dauerbrache am Beispiel einer Löß-Pararendzina im Kraichgau mit 9° Hangneigung

Variante	Vegetation	Deckungsgrad [%]	Aggregatstabilität [rel.]	Beregnung mit 85 mm·h ⁻¹		
				Abfluß [l·m ⁻²]	Infiltration [l·m ⁻²]	Bodenabtrag [t·ha ⁻¹]
Acker	Sonnenblumen	60	0,87	64	21	6,4
Dauerbrache	Gras	100	1,17	48	37	0,014
% v. Acker	-	-	134	75	176	0,2

Die **Humusqualität**, d.h. der C_{org}/C_z -Quotienten, nahm in 63 % aller Fälle nach 2 Beobachtungsjahren ab. Das Verhältnis nahm umso stärker ab, je größer es zu Beginn der Untersuchungen war. Die mittleren Veränderungen der Humusqualität waren in Abhängigkeit von den eingangs genannten Merkmalsgruppen immer negativ zu bewerten, insbesondere bei feuchtkühlen Witterungsverhältnissen. Als einzige Merkmalsgruppe zeigten die Standorte mit "Klee-Begrünung" keine nennenswerten Veränderungen (s. Abb. 1). Demnach versprechen Kleeansaat auf lehmigen und tonigen Böden bei trocken-warmer Witterung am ehesten keine negativen Effekte auf die Humusstabilität (s.a. GISI et al., 1979; BROLL & SCHREIBER, 1985).

Die im Brutversuch ermittelte **potentielle N-Nettomineralisierungsrate** hat sich während der zweijährigen Beobachtungssphase bei 50 % aller Standorte erniedrigt. Bei Mineralisierungsraten über 1,4 mg N/kg·d zu Beobachtungsbeginn kam es immer zu einer Abnahme der potentiellen N-Mineralisierung, bei kleineren Ausgangswerten kam es eher zu einer Zunahme.

Merkmal	Aggregatstabilität		Humusqualität		pot. N-Nettomineralisierung	
	Ausprägung	Veränderung gegenüber Beobachtungsbeginn [%] Bewertung	Ausprägung	Veränderung gegenüber Beobachtungsbeginn [%] Bewertung	Ausprägung	Veränderung gegenüber Beobachtungsbeginn [%] Bewertung
Begrünung	Klee	13	Klee	-1	Klee	87
	Gras	13	Gras	-25	Gras	-19
Bodenart	Sand	-59	Sand	-17	Sand	99
	Schluff	8	Schluff	-28	Schluff	-48
	Lehm	22	Lehm	-14	Lehm	22
	Ton	22	Ton	-15	Ton	120
pH	<6,5	22	<5,5	-26	<5 u. >6,5	-44
C/N-Verhältnis	<9,5	18			<9,3	-75
					>9,3	71
R/T-Verhältnis	>45 (f.-k.)	25	>52 (f.-k.)	-48	<35 (f.-w.)	-50
					>45(f.-k.)	76

Abb. 1: Relative Veränderungen von drei Bodenparametern nach 2 Beobachtungsjahren auf 3 1/2-jährigen Brachen in Abhängigkeit ausgewählter Merkmale. Bei Nicht-Nennung waren keine Abhängigkeiten feststellbar. R/T=Niederschlagssumme/mittlere Temperatur in der Vegetationsperiode, f.-k. =feucht-kühl, t.-w. =trocken-warm

Insbesondere kam es unter Klee, bei sandigen und tonigen Böden, C/N-Verhältnissen über 9,3 bzw. feucht-kühler Witterung zu einer negativ zu bewertenden Zunahme von N_z (s. Abb. 1). Die Untersuchungen zum N-Nettomineralisierungsverhalten im Feld ergaben, daß die mineralisierten N-Mengen auf Stilllegungsflächen mit Grasansaat durchschnittlich 20-40% von denen der Vergleichsäcker betragen (s. Abb. 2). Die absoluten N-Mineralisierungsmengen sind allerdings wie bei einer Ackerbewirtschaftung entscheidend von den Gesamt-N und Humusgehalten des Bodens abhängig.

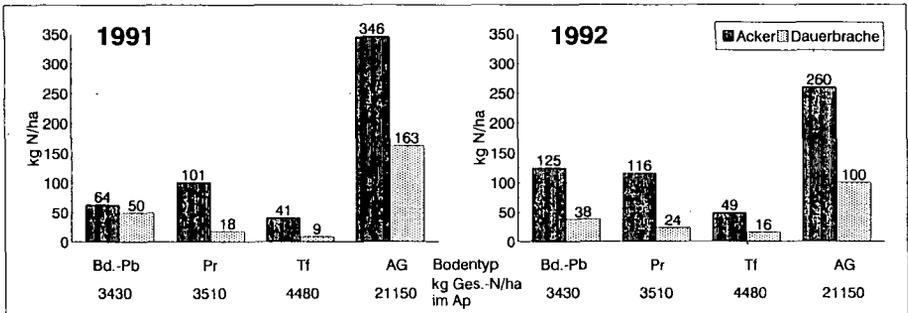


Abb. 2: Vergleich der N-Nettomineralisierung zwischen Acker und Dauerbrache (Gras) im Feld. Bd.-Pb=Bänder-Parabraunerde, Pr=Pararendzina, Tf=Terra fusca, AG=Anmoorgley

Insgesamt ist also bei Kleeansaat auf sandigen und tonigen Böden am ehesten mit einer Anreicherung von leicht zersetzbaren N-haltigen Verbindungen zu rechnen. Dies kann nach einem Bracheumbruch zu einer Gefahr für das Grundwasser durch NO₃-Ausstrag führen (WEYERS & SCHRÖDER, 1988). Bei Stilllegung mit Gras kann dagegen mit einer über 50%igen Reduktion der kontinuierlichen N-Nettomineralisierung im Feld und einer 20%igen Reduktion der potentiellen N-Nettomineralisierung gerechnet werden (s.a. SCHIEFER, 1981), so daß diese Nutzungsform bei dauerhafter Anwendung positiv im Hinblick auf einen reduzierten N-Umsatz zu bewerten ist.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die Wirkung von Standort- und Bodenmerkmalen auf eine Verbesserung der Standortstabilität und mithin dem Bodenschutz nach 3 1/2 Brachejahren je nach der Zielsetzung unterschiedlich zu bewerten ist. Dies bedeutet, daß die verschiedenen Ziele nicht gleichzeitig erreicht werden können:

Ziel:

Verbesserte Aggregat- und/oder Humusstabilität

Ziel:

Stabilisierung der aktuellen und potentiellen N-Nettomineralisierung

Bestmögliche Erreichbarkeit bei:

- Begrünung mit Klee
- lehmigen und tonigen Böden
- niedriger Stabilität zu Brachebeginn
- C/N-Verhältnis > 9 - 10
- "feucht-kühler" Witterung (R/T > 35 - 45)

Bestmögliche Erreichbarkeit bei:

- Begrünung ohne Klee ("Gras")
- lehmigen und schluffigen Böden
- hoher potentieller N-Nettomineralisierung zu Brachebeginn
- C/N-Verhältnis < 9,5
- "trocken-warmer" Witterung (R/T < 40)

Insbesondere auf den lehmigen Standorttypen, die in der Regel auch die produktivsten sind, hatten sich bereits nach 3 1/2-jähriger Brache z.T. merkliche Veränderungen bei den hier untersuchten Parametern eingestellt. Deshalb sind bei Vorliegen der o.g. Standortmerkmale folgende Landnutzungssysteme bei Berücksichtigung des Bodenschutzes und Aufrechterhaltung der landwirtschaftlichen Produktion sinnvoll (vgl. auch LEHMANN et al., 1993):

- pflanzenbauliche Produktion mit reduzierter Bodenbearbeitung und fast ganzjährig bodenbedeckenden Feldfrüchten
- Fruchtfolge mit Feldfutterbau und/oder Rotationsbrache.

Bei verstärkter Abweichung von den o.g. Merkmalen, z.B. zunehmend sandigen oder tonigen Böden, sind demgegenüber folgende Nutzungsformen empfehlenswert:

- extensive Grünlandwirtschaft
- Dauerbrache (mehrjährig)
- Dauerbrache (unbefristet) oder natürlicher Sukzession belassen.

Literatur

- BROLL, G. & K. - F. SCHREIBER (1985): Die mikrobielle Aktivität von Brachflächen unterschiedlicher Bewirtschaftung. - Landw. Forsch. **38**, 28-33
- GISI, U., P. O. FROSSARD & J. J. OERTLI (1979): Bodenkundlicher Vergleich von Kultur- und Brachland im Schweizer Jura. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. **142**, 639-654
- ISERMEYER, H. (1952): Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Carbonate im Boden. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk. **56**, 26-38
- LEHMANN, A., N. BILLEN, K. STAHR & R. JAHN (1993): Dynamik von Ackerböden unter Brache als Kriterium für standortsgerechte Nutzung. - Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. **72** (dieser Band)
- MARSCHNER, B. & K. STAHR (1992): Auswirkungen von Flächenstilllegungen auf Bodeneigenschaften (Literaturübersicht). - In: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (Hrsg.): Informationen zur Raumentwicklung - Flächenstilllegung, Heft 7, 579-600
- RAISON, R. J., M. J. CONNELL & P. K. KHANNA (1987): Methodology for studying Fluxes of Soil Mineral-N in situ. - Soil Biol. Biochem. **19**, 521-530
- ROBINSON, G. S. & W. A. JACQUES (1958): Root development in some common New Zealand pasture plants. X. Effect of pure sowings of some grasses and clovers on the structure of a Tokomaru silt loam. - New Zealand Journal Agricultural Research, Wellington **1**, 199-216
- SCHIEFER, J. (1981): Bracheversuche in Baden-Württemberg. Vegetations- und Standortentwicklung auf 16 verschiedenen Versuchsflächen mit unterschiedlichen Behandlungen. - Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Würt., Beiheft **22**, 1-325
- SEKERA, F. & A. BRUNNER (1943): Beiträge zur Methodik der Gareforschung. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk. **29**, 169-212
- WEYERS, M. & D. SCHRÖDER (1988): Nitrataustrag im Wasserschutzgebiet Dockendorf in Abhängigkeit von Bodenform und Nutzung. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. **57**, 125-130
- ZÖTTL, H. (1958): Die Bestimmung der Stickstoffnachlieferung im Waldhumus durch den Brutversuch. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk. **81**, 35-48

Bodenverhältnisse und Bodenschutzprobleme in Mecklenburg-Vorpommern

von

Billwitz, K.⁺ und R. Diemann⁺⁺

1. Einführung

Mecklenburg-Vorpommern besitzt als pleistozäner Akkumulationsraum mit periglaziärer und holozäner Überprägung sowie ständigen Veränderungen an der Küstenlinie durch die regionale und lokale Differenzierung der Bodenbildungsfaktoren Böden, die das für Norddeutschland mögliche Spektrum weitgehend abdecken dürfte.

Die intensive landwirtschaftliche Bodennutzung und die großflächigen hydromeliorativen Eingriffe insbesondere in den letzten Jahrzehnten beeinflussen die Intensität der Bodenprozesse. In diesem Zusammenhang sind zu nennen: Nährstoffbereitstellung, -bindung und -verlagerung, Humifizierung und Verlagerung organischer Substanz, Gefügeumbildung einschließlich Bodenverdichtung, Schwermetallakkumulation und -migration und nicht zuletzt die Bodenerosion.

Die bodentypologische Ausprägung und die areale Verteilung der Böden M.-V. unterliegen bestimmten regionalen Gesetzmäßigkeiten, die nachfolgend aufgezeigt seien.

2. Bodenbildungsfaktoren und regionale Differenzierung der Böden

Die **quartärgeologischen Bedingungen** für die Verbreitung der Bodensubstrate werden in Südwestmecklenburg noch von saalekaltzeitlichen Sedimenten bestimmt, die z.T. von weichselkaltzeitlichen Schmelzwasserbildungen im Vorland der Brandenburger Eisrandlage überschüttet wurden. Diese Eisrandlage fällt westlich des Plauer Sees im Prinzip mit der Frankfurter Eisrandlage zusammen. Die Pommersche Eisrandlage durchzieht das Land als wichtige Leitlinie vom Raum Neustrelitz bis westlich von Grevesmühlen. Für ihr Rückland bis zur Küste sind die ackerbaulich genutzten Grundmoränenplatten bestimmend, deren Ertragspotential ein mittleres Niveau erreicht, was Ackerzahlen zwischen 36 und 55 verdeutlichen.

+) E.-M.-Arndt-Universität Greifswald,
Institut für Geographie, Lehrstuhl Geoökologie,
Ludwig-Jahn-Straße 16, D-17489 Greifswald

++) M.-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Standortkunde
und Agrarraumgestaltung - Agrargeographie und Raumordnung -,
Adam-Kuckhoff-Str. 15, D-06108 Halle

Die Ergebnisse der geologischen Kartierung 1:100 000 faßt SCHULZ (1967) zusammen. Bezüglich der spätweichselkaltzeitlichen Entwicklung sind sie durch die Arbeiten von KLIEWE u.a. zu ergänzen (s. BRAMER ... 1991). Die Moortypen und ihre regionale Bindung stellt SUCCOW (1983) dar.

Die periglaziäre Überprägung und die Ausbildung der **periglaziären Decken** folgt der aufgezeigten räumlichen Gliederung im Alt-moränengebiet (südlicher Gürtel der periglaziären Sand-Deckserie), älteres Jungmoränengebiet (nördlicher Gürtel der periglaziären Sand-Deckserie) und jüngeres Jungmoränengebiet (Pommerscher periglaziärer Gürtel), letzteres mit wesentlich abgeschwächter Intensität flächenhafter periglaziärer Prozesse.

Selbst in einem klimatisch scheinbar wenig differenzierten Land wie M.-V. bestimmt das **Klima** die großräumige Differenzierung der Böden. Die Gliederung in Klimaregionen spiegelt sich z.B. in der mittleren potentiellen Tagesverdunstung für den Juli als dem trockensten Monat und in der Tendenz der öko-klimatischen Wasserbilanz als Maß für die Dauer der Durchfeuchtung wider.

Aus der NW-SO gerichteten Anordnung der Endmoränen und damit der glazialen Serien und der periglaziären Einwirkung einerseits und der NO-SW orientierten Tendenz des klimatischen Wandels andererseits resultiert für M.-V. ein **Interferenzgefüge**, das für die regionale Differenzierung das Grundmuster bildet.

Die Ausformung des **Reliefs** reicht von Hügelgruppen im Endmoränenbereich und ihrem unmittelbaren Hinterland bis zu ebenen Platten und Niederungen sowie speziellen morphogenetischen Einheiten an der Küste. Die umfangreichen Geländearbeiten der letzten Jahrzehnte haben den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Reliefausprägung, Bodenwasserhaushalt und Bodenausbildung herausgestellt. Sie führten zur Aufstellung von Toposequenztypen mit unterschiedlichen Hydromorphieabfolgen und von Catenatypen mit unterschiedlicher Relation der hydrologischen Positionen.

Lithologie, Klima, Relief und Hydrologie mit unterschiedlicher Wichtung bestimmen die regionale Ausprägung der Böden, wie sie in den **Bodenregionen** zusammengefaßt wird . BILLWITZ und MEHNERT (1992) bilden die Klima-Boden-Beziehungen in einem Modell ab . Offensichtlich auf die Leewirkung der Pommerschen Hauptendmoräne ist eine klimatische Konstellation zurückzuführen, die bei Böden an der Wismarer Bucht die Humusakkumulation förderte. Lokal ist diese Tendenz bis Rügen festzustellen, wobei auch Substrateigenschaften eine wesentliche Rolle spielten (vgl. SCHMIDT 1982).

3. Bodenveränderungen und -belastungen

Die Gesamtheit der **Bodenveränderungen** durch Abbau von Rohstoffen und hierbei insbesondere von Torf und durch das Ausbringen von Aushub usw. lassen sich heute kaum noch rekonstruieren. Trotz der in den letzten Jahrzehnten beträchtlichen extensiven

Erweiterung der Siedlungs- und auch der Industrieflächen vor allem um die größeren Städte und den oft recht großzügigen Entzug landwirtschaftlicher Nutzfläche für Landwirtschaftsbauten und trotz des z.T. bedeutenden Kiessandabbaus in einigen Landesteilen blieb der **Bodenverbrauch** im Vergleich zu anderen, vor allem alten Bundesländern doch bescheiden. Von Bedeutung ist die Tatsache, daß der bisherige Flächenverlust vorrangig produktive Standorte betraf. So sind die großen Wohnkomplexe meist auf ebenen Grundmoränen gebaut worden. Gegenwärtig vollzieht sich in M.-V. eine im großen und ganzen spontane **Umwidmung** vorrangig für Gewerbegebiete, aber auch zunehmend für Wohn- sowie Erholungszwecke. Der aktuelle Konflikt zwischen Wirtschafts- und Umwelt- bzw. Naturschutzinteressen wird besonders am Beispiel der Insel Rügen deutlich.

Die weite Verbreitung verdichtungsanfälliger Böden in M.-V. fördert **Bodenverdichtungen**, so daß etwa 60 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche davon betroffen sind. Dies gilt vor allem für die texturdifferenzierten Böden der Grundmoränenplatten und die entwässerten Niedermoore, bei denen dadurch Staunässeeffekte auftreten.

Bodenerosion durch Wasser wirkt besonders im Bereich der kuppigen bis welligen End- und Grundmoräne. Die Bewirtschaftung der Großschläge fördert den Bodenabtrag, da die Ausbildung der Erosionseinzugsgebiete nutzungsseitig einheitliche Bedingungen vorfindet. Auf die Arbeiten zur Adaption der "Universellen Bodenabtragsgleichung" für das Jungmoränengebiet sei hingewiesen. Die **Bodenerosion durch Wind** spielt insbesondere in der Küstenregion eine große Rolle (kritische Windstärke 4). Darüber hinaus sind Böden mit humusarmem Mittel- und Feinsand in der Ackerkrume und vermüllte Niedermoore bei Umbruch gefährdet. Insgesamt können etwa 50 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche als winderosionsgefährdet gelten.

Bezüglich der **Kontamination** der Böden M.-V. mit anorganischen Schadstoffen gilt folgende Einschätzung: Während selbst bei Verdachtsflächen i.d.R. keine außerordentliche oder gefährdende Kontamination mit Schwermetallen festgestellt wurde, liegen nach dem Untersuchungsbericht 1991 der LUFA Rostock für das Überflutungsgebiet der Elbe die Gehalte weit über den Normalwerten und überschreiten auch die Grenzwerte beträchtlich.

Bei den pflanzenverfügbaren Nährstoffen besteht i.d.R. Unbedenklichkeit bei Chloriden, Sulfaten und Salzen. Dagegen liegen die Werte bei Mg, P und K im oberen Normalbereich und überschreiten sogar die zulässigen Grenzwerte. Nitratstickstoff überschreitet den für eine qualitativ einwandfreie Grundwasserneubildung vorgegebenen Schwellenwert von 60 kg/ha in den oberen 6 dm des Bodens z.T. beträchtlich. Die Gülleproblematik betrifft vorrangig Standorte mit besonders hohen Konzentrationen der Viehbestände, wie im Raum Dorf Mecklenburg/Kr. Wismar, Hohen Wangelin/Kr. Waren, Ferdinandshof/Kr. Ueckermünde.

4. Handlungsbedarf für den Bodenschutz

Aus den Ausführungen dürfte der Handlungsbedarf für einen umfassenden und landesspezifischen, d.h. für einen regional differenzierten Bodenschutz deutlich geworden sein. M.-V. ist in einem besonderen Maß gefordert, seine Länderkompetenz voll auszuschöpfen. Da Bodenbelastungen nur mittel- und langfristig abzubauen sind, müssen alle Instrumentarien, die der Gesetzgeber vorsieht, eingesetzt und für eine Neuordnung des ländlichen Raumes gebündelt werden, um eine positive ökologische und wirtschaftliche Gesamtentwicklung des Landes zu erreichen.

5. Literatur (s. auch Beitrag Diemann)

ATLAS DDR, 2. Lieferung. - Gotha 1972

BILLWITZ, K.; A. MEHNERT: Morphoskulptur und landschaftsökologische Differenzierung am Beispiel des Jungmoränengebietes in Vorpommern. - Bonner Geogr. Abh. (1992)85, S.15-30

BRAMER, H.; M. HENDLI; J. MARCINEK ...: Physische Geographie Mecklenburg-Vorpommern ... - Gotha 1991

FRIELINGHAUS, Mo; H. PETELKAU; R. SCHMIDT: Wassererosion im norddeutschen Jungmoränengebiet. - Z.f.Kulturtechnik u. Landentwickl. 33(1992), S.22-33

HAASE, G.; R. SCHMIDT: Struktur und Gliederung der Bodendecke der DDR. - Petermanns Geogr. Mitt. 119(1975)4, S.279-300

MENNING, P.: Zur hydrologischen Gliederung der grundwasserfreien hydromorphen Böden des Bezirkes Rostock. - Vorträge u. Exkursionsmat. Tag. Rostock, S.133-139. - Bodenkdl. Ges. DDR. - Berlin 1970

SCHULZ, W.: Abriß der Quartärstratigraphie Mecklenburgs. - Archiv Freunde Naturgesch. Mecklenb. XIII(1967), S.99-119

SUCCOW, M.: Moorbildungstypen des südbaltischen Raumes. - In: KLIEWE, H. ... (Hrsg.): Das Jungquartär und seine Nutzung, S. 86-107. - Gotha 1983

THIERE, J.: Ergebnisse geländebodenkundlicher Untersuchungen an Staigley - Toposequenzen im Jungmoränengebiet der DDR. - A.-Thaer-Archiv 14(1970)8, S.701-712

**Verwitterung von Feldspat und deren Bedeutung für
die Elementfreisetzung in Waldböden**

von

Dultz, S. und H. Graf v. Reichenbach

Einleitung

In Böden aus Geschiebedecksand und Geschiebemergel ist Feldspat das häufigste Silikat. Der Anteil an Feldspat an der Zusammensetzung des carbonatfreien Mineralbodens beträgt für Böden aus Geschiebedecksand ca. 10 und für Böden aus Geschiebemergel ca. 15 %. Zu den chemischen Elementen, die bei der Verwitterung von Feldspat freigesetzt werden, gehören Natrium, Kalium, Calcium und Aluminium. Die Freisetzung dieser Elemente führt zur Pufferung von Protonen. Wegen der hohen Gehalte an Feldspat im Vergleich zu denen der leichter verwitterbaren Silikate kann Feldspatverwitterung ein großes Ausmaß annehmen.

Kalium ist außer in Feldspat auch in Glimmer bzw. Illit enthalten, die hauptsächlich in den Schluff- bzw. Tonfraktionen vorkommen. Auf sandreichen und tonarmen Ausgangsgesteinen der Bodenbildung wie Geschiebedecksand sind deshalb die Kaliumgehalte in Feldspat von besonderer Bedeutung.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden die verschiedenen Horizonte von Bodenprofilen aus Geschiebedecksand und Geschiebemergel beprobt. Die Sandfraktion, die an den untersuchten Böden den größten Anteil hat, wurde in sieben und die Schlufffraktion in drei Unterfraktionen gewonnen.

Die Bestimmung der mineralogischen Zusammensetzung der Korngrößenfraktionen erfolgte nach Mineralfärbemethoden, Auszählung, der chemischen Zusammensetzung der Korngrößenfraktionen, IR-Spektroskopie und der Wasserfreisetzung ab einer bestimmten Temperatur. Letztere wurde mit Hilfe der temperaturgesteuerten Karl Fischer-Titration (DULTZ und REICHENBACH, 1990) erfaßt. Feldspat wurde in den drei Phasen An ($\text{CaAlSi}_2\text{O}_8$), Ab ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) und Or (KAlSi_3O_8) bestimmt. Die Bezeichnung der Phasen erfolgte mit der für normative Mineralbestimmungsverfahren üblichen Symbolik (KRETZ et al., 1983). Die absoluten Verluste an Feldspat wurden mit Hilfe einer Massenbilanz, die Veränderung der Größe der Oberfläche mit Hilfe einer Oberflächenbilanz unter der Annahme, daß Feldspat in Kugelform vorliegt, berechnet. Zur Erfassung des Ausmaßes der Verwitterung von Feldspat der verschiedenen Korngrößenfraktionen und Horizonte wurden Extraktionen mit 1m Salzsäure durchgeführt (SCHACHTSCHABEL, 1961) und die Elemente Natrium, Kalium und Calcium bestimmt.

*) Inst. f. Bodenkunde, Universität Hannover, Herrenhäuserstr. 2, 30419 Hannover

Ergebnisse und Diskussion

Die An-Phase stellt bei dem Bodenprofil aus Geschiebedecksand den kleinsten Anteil der verschiedenen Phasen des Feldspats (Abb. 1).

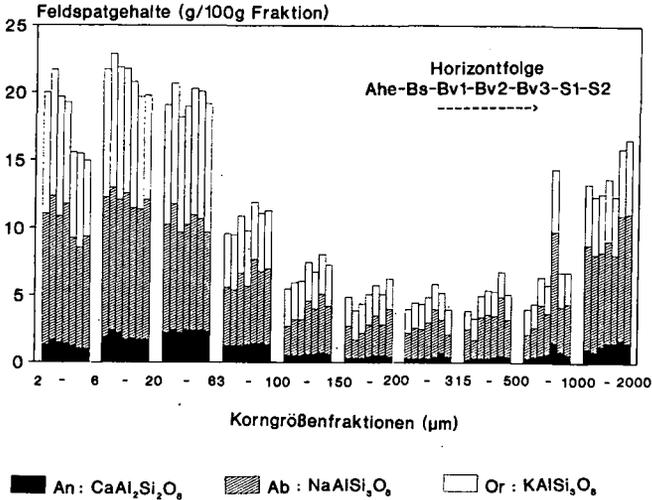


Abb. 1: Profil Bahrdorf (Geschiebedecksand), Feldspatgehalte der Korngrößenfraktionen in der Horizontabfolge.

In der Sandfraktion übertrifft der Anteil der Ab-Phase den der Or-Phase. In der Grobschlufffraktion dagegen weist die verwitterungsresistenteste Or-Phase größere Anteile als die Ab-Phase auf. Bereits im Ausgangsmaterial der Bodenbildung ist ein Minimum an Feldspat in der Korngrößenfraktionen des Fein- bis Mittelsandes vorhanden. Im Laufe der Bodenentwicklung kommt es in den oberen Bodenhorizonten zu Abnahmen an Feldspat in den Sandfraktionen und zu Zunahmen in den Schlufffraktionen. Dies zeigt, daß die bereits im Ausgangsgestein vorhandene ungleichmäßige Verteilung dieser Mineralgruppen auf die Korngrößenfraktionen durch die Bodenentwicklung weiter ausgeprägt wird.

Die Feldspatgehalte der Korngrößenfraktionen werden durch die Umsetzungen anderer Minerale, in den Schlufffraktionen insbesondere der Glimmer, beeinflusst. Die diesbezüglich bereinigten Umsetzungen des Feldspats gehen aus seiner Massenbilanz hervor (DULTZ und REICHENBACH, 1991). Diese bestätigt die in der Tendenz schon an den Gehalten der Korngrößenfraktionen ablesbaren Veränderungen (Abb. 1). Bei absoluten Verlusten an Feldspat in Höhe von über 15 % der ursprünglichen Menge liegt eine Überführung von Feldspat aus den Sandfraktionen in die Schlufffraktionen vor. Teilchenzerkleinerung bewirkt eine Vergrößerung der Oberfläche, die einen bedeutenden Einfluß auf die Verwitterbarkeit von Feldspat hat. Wie die Oberflächenbilanz für Feldspat zeigt, liegt eine absolute Vergrößerung der Oberfläche um über 10 % im Vergleich zum ursprünglichen Zustand vor (Abb. 2).

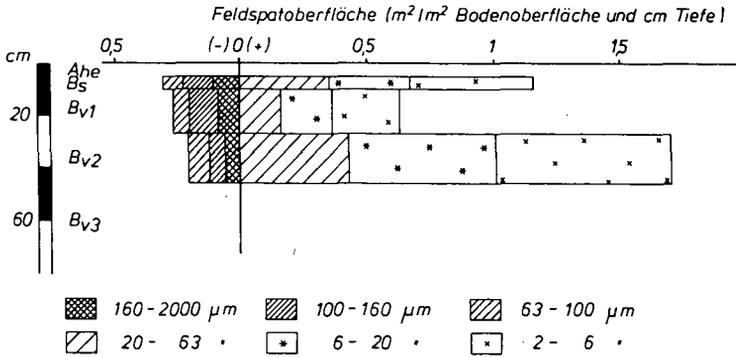


Abb. 2: Oberflächenbilanz für Feldspat, Darstellung der Verluste und Gewinne, Bezugshorizont: Bv3, Indexsubstanz: Quarz der Fraktion 2-2000 μm .

Das Ausmaß der Verwitterung von Feldspat ist mit Hilfe von HCl-Extraktionen am Beispiel des Profils Siggen dargestellt. Durch die kalkhaltigen Ct- und C-Horizonte und die stark versauerten A- und B-Horizonte sind innerhalb dieses Profils Bereiche intensiver und geringer Silikatverwitterung vorhanden. Die Unterschiede zwischen den HCl-löslichen Elementmengen des Unterbodens und denen des Oberbodens sind für Calcium besonders ausgeprägt. Die Gehalte der Extrakte der AB-Horizonte liegen für alle Fraktionen unter denen der C-Horizonte. Die An-Phase zeigt gegenüber der Ab- und Or-Phase die größte Löslichkeit (Abb. 3).

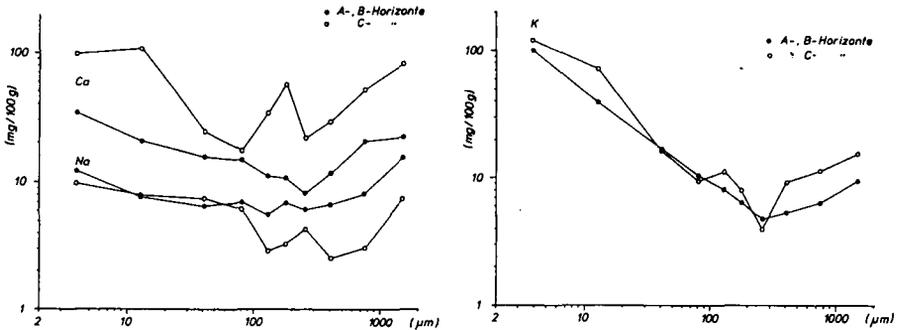


Abb. 3: Profil Siggen (Geschiebemergel), Beziehung zwischen HCl-löslichen Elementmengen und der Korngröße in den Ober- und Unterbodenhorizonten (carbonatfreie Proben).

Die Natriumgehalte der Sandfraktionen liegen in den Extrakten der AB-Horizonte immer über denen der C-Horizonte. Durch die Bodenentwicklung kommt es zu einer Erhöhung der Löslichkeit für Natrium, was auf eine selektive Vergrößerung der Oberfläche der Ab-Phase des Feldspats zu-

rückgeführt werden kann. Dies kann durch Lösungshohlformen (INSKEEP et al., 1993) bedingt sein, die für Feldspat überwiegend in den Sandfraktionen und seltener in den Schlufffraktionen beobachtet werden. Durch die Glimmeranteile besonders in den Schlufffraktionen bestehen Einschränkungen hinsichtlich der Zuordnung des extrahierten Kaliums zu Feldspat. Bei sieben von zehn Korngrößenfraktionen liegen die Werte für Kalium der C-Horizonte über denen der AB-Horizonte, sodaß insgesamt von einer Verringerung der Löslichkeit für Kalium durch die Bodenentwicklung ausgegangen werden kann.

Die Beziehung zwischen den HCl-löslichen Elementmengen und der Korngröße ist durch Abnahme der Elementgehalte von den Schluff- zu den Mittelsandfraktionen gekennzeichnet. Zu den Grobsandfraktionen kehrt sich diese Tendenz wieder um. Dies ist auf die höheren Gehalte an Feldspat dieser Fraktionen gegenüber den Mittelsandfraktionen zurückzuführen.

Zusammenfassung

Der Anteil von Feldspat an der Zusammensetzung der Korngrößenfraktionen weist in der Fein- und Mittelsandfraktion ein Minimum auf. Diese bereits im Ausgangsgestein vorhandene ungleichmäßige Verteilung wird durch die holozäne Bodenentwicklung weiter ausgeprägt. Bei absolutem Verlust an Feldspat durch Silikatverwitterung von mindestens 15 % kommt es durch Teilchenzerkleinerung während der Pedogenese zu einer absoluten Vergrößerung der Feldspatoberfläche. Darüberhinaus ist mit einer Oberflächenvergrößerung durch das Entstehen von Lösungshohlformen zu rechnen. Die Verwitterung von Feldspat führt bei den mit HCl extrahierbaren Elementen zu einem Absinken der Löslichkeit für Kalium und Calcium und zu einer Erhöhung der Löslichkeit für Natrium. Zwischen den untersuchten Korngrößenfraktionen bestehen deutliche Unterschiede in den HCl-löslichen Elementmengen.

Literatur

- Dultz, S., Graf v. Reichenbach, H., 1990: Die Mineralbestimmung in der Schlufffraktion von Böden mit Hilfe der temperaturgesteuerten Karl Fischer-Titration. Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch., 62, 105-108.
- Dultz, S., Graf v. Reichenbach, H., 1991: Quantitative Veränderung des Mineralbestandes in Waldböden durch Bodenversauerung. Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch., 66, 1077-1080.
- Inskeep, W.P., Clayton, J.L., Mogk, D.W., 1993: Naturally weathered plagioclase grains from the Idaho Batholith: Observations using scanning electron microscopy. Soil Sci. Soc. Am. J., 57, 851-860.
- Kretz, R., 1983: Symbols for rock-forming minerals. Am. Mineralogist, 68, 277-279.
- Schachtschabel, P., 1961: Fixierung und Nachlieferung von Kalium- und Ammonium-Ionen - Beurteilung und Bestimmung des Kalium-Versorgungsgrades von Böden. Landw. Forsch., Sonderheft 15, 29, 29-47.

Der Oberösterreichische Bodenkataster - Schwermetallbelastungen

von

Hofer, G.F.

Einleitung

Das O.ö. Bodenschutzgesetz 1991 verpflichtet die Landesregierung, Bodenzustandsuntersuchungen zu veranlassen und deren Ergebnisse in einem Bodenkataster zusammenzufassen. Ziel der Bodenzustandsinventur ist somit die Erfassung und Bewertung des derzeitigen Bodenzustandes und die Schaffung von Grundlagen für die Beurteilung der Bodengesundheit. Einen Teil dieses Untersuchungsprogrammes stellt die Erfassung und Bewertung der Schwermetalle dar. Der vorliegende Beitrag berichtet auszugsweise über die Ergebnisse (HOFER u. AICHBERGER, 1993).

Material und Methoden

Über die landwirtschaftlich genutzten Böden Oberösterreichs wurde ein Raster von 4 x 4 km gelegt. Daraus ergaben sich 453 sogenannte Basispunkte. Die Beprobung erfolgte bei Ackerstandorten in 3, bei Grünlandstandorten in 4 Tiefenstufen. Zusätzlich kam im Diagonalschnittpunkt von 4 benachbarten Basispunkten eine Beprobung ausschließlich des Oberbodens (= 427 Zusatzpunkte) zur Durchführung. Zusammen ergaben sich damit 880 Untersuchungsstandorte (439 Acker, 441 Grünland), die auf die Schwermetalle Kupfer, Zink, Blei, Cadmium, Nickel, Chrom, Cobalt und Mangan untersucht wurden. Bei einer qualitativen Auswahl dieser Probenahmestellen (236 Oberböden, Acker 0-20 cm, Grünland 0-5 cm) wurden zusätzlich die Elemente Quecksilber, Arsen, Selen, Molybdän, Thallium und Vanadium analysiert. Der Probenaufschluß erfolgte mit HNO₃/HCl, die Bestimmung mittels Atomabsorptionsspektrometrie.

Ergebnisse und Diskussion

Die Tabelle 1 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Schwermetallgehalte der Oberböden in Oberösterreich:

Element	n	Median [mg/kg] aller Oberböden	häufiger Gehaltsbereich	
			Acker [mg/kg] (0-20 cm)	Grünland [mg/kg] (0-5 cm)
Kupfer	880	18	10-28	11-29
Zink	880	76	55-100	60-132
Mangan	880	740	460-1310	430-1370
Cobalt	880	10	6-14	5-13
Chrom	880	34	18-50	19-55
Nickel	880	21	7-33	7-34
Blei	880	23	14-30	17-50
Cadmium	880	0,26	0,16-0,38	0,19-0,78
Quecksilber	236	0,10	0,06-0,17	0,08-0,28
Arsen	236	8,2	2,8-11,7	3,7-17,6
Selen	236	0,24	0,14-0,32	0,18-0,54
Molybdän	236	0,40	0,19-0,61	0,25-0,97
Thallium	236	0,29	0,19-0,65	0,2-0,78
Vanadium	236	42	25-55	29-79

Tab. 1: Schwermetallgehalte der Oberböden von O.ö.; Median und häufiger Gehaltsbereich (= zwischen 10 und 90-Perzentil bzw. die mittleren 80 % der Datengruppe) von Acker und Grünland.

"Obergrenze des geogenen Anteils"

Für 7 Schwermetalle wurde ein Modell entwickelt, welches die zahlenmäßige Abgrenzung des Bereiches der geogenen Hintergrundwerte eines einheitlichen Landschaftsraumes nach oben zum Ziel hat. Dafür wurden die Geoformationen Oberösterreichs zu 7 größeren Einheiten zusammengefaßt (Tab. 2).

Das Modell basiert für *einen einheitlichen* Landschaftsraum auf folgenden statistischen Voraussetzungen: Unter der Annahme, daß maßgebliche Einflüsse von außen in weniger als der Hälfte der beprobten Standorte auftreten, ist der Medianwert von tieferliegenden Bodenhorizonten ein guter Schätzwert für den mittleren Wert des geogenen Anteils. Die untere Hälfte der Meßwerte wird dann als ausschließlich geogen beeinflusst und annähernd normal verteilt angesehen, mit dem Median der Gesamtdaten als Mittelwert. Die untere Datenhälfte dient auch der Schätzung der Streuung. Durch Angabe eines 95 % Vertrauensintervalls für den geogenen Schwermetallanteil sollten jene Standorte herausgefunden werden können, bei denen die Analysenwerte signifikanten zusätzlichen, nicht geogenen Einflüssen unterliegen. Dieser Wert wird als "Obergrenze des geogenen Anteils" definiert, der die geogen bedingten Hintergrundwerte nach oben hin abgrenzt. Dadurch können mit einer bestimmten Sicherheit Verdachtsstandorte anthropogener Belastungen ermittelt werden.

Mit dieser Ableitung kann auch der Gültigkeitsbereich der Bewertungsstufe "Belastungsverdacht" der ÖNORM L 1075 überprüft werden, und zwar, ob die dort genannten Richtwerte für oberösterreichische Verhältnisse auf alle Standorte bzw. für alle Schwermetalle anwendbar sind.

Als Berechnungsbasis für die ermittelten geogenen Hintergrundwerte diente bei Cu, Zn, Co, Cr und Ni die Bodenschicht 20-40 cm, bei Blei und Cadmium 40-60 cm.

Geoformation	n	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg
Böhmische Masse	126	25	122	17	43	25	15	0,13
Schlierhügelland	94	23	90	17	53	40	20	0,20
Eiszeitl. Terrassen	107	25	81	17	40	32	23	0,20
Moränenbereich	50	31	89	16	42	38	17	0,26
Aubereich	22	28	82	17	55	38	17	0,32
Flysch	18	32	97	21	53	35	--	--
Kalkalpin	13	34	144	35	106	81	--	--
Belastungsverdacht*)		50	150	20	50	40	50	0,50

*) nach ÖNORM L 1075

Tab. 2: Obergrenzen des geogenen Anteils an Schwermetallen für Oberböden von 7 einheitlichen Landschaftsräumen Oberösterreichs

Obwohl der Rahmenbereich für den "Belastungsverdacht" nach ÖNORM L 1075 sehr niedrig erscheint, machen aufgrund der bodenbildenden Ausgangsmaterialien in Oberösterreich die geogen bedingten Gehalte bei den Elementen Kupfer, Blei und Cadmium nur etwa 50%, bei den Elementen Zink und Cobalt etwa 50-100 % des Belastungsverdachtswertes aus. Bei den Elementen Chrom und Nickel liegen die Obergrenzen des geogenen Anteils (mit Ausnahme des Kristallins der Böhmischen Masse und der Eiszeitlichen Terrassen) knapp am oder über dem "Belastungsverdacht", im Kalkalpin werden sie sogar bei weitem überschritten (Tab. 2).

Tiefenstufenvergleich

Ein weiterer Versuch, zwischen anthropogen und geogen bedingten Schwermetallanteilen zu unterscheiden, wurde über den Vergleich (absolute Differenz) der jeweils untersten untersuchten Tiefenstufe zum Oberboden unternommen. Aus der absoluten Zunahme des jeweiligen Schwermetalles im Oberboden wurde ein vermutlicher anthropogener Einfluß abgeleitet. Als Maß für einen vermuteten deutlichen anthropogenen Einfluß wurde ein Absolutwert festgelegt, dessen Höhe bei den meisten Elementen 10% des

Grenzwertes der O.ö. Klärschlammverordnung (ANONYM, 1993) beträgt. Als Einfluß wird eine Erhöhung um die Hälfte dieses Wertes bezeichnet (Tab. 3).

Element	pos. Differenz zw. oberster- und unterster Bodenschicht	Probenanteil mit deutlichem Einfluß	Probenanteil mit Einfluß
Kupfer	>10 mg/kg	5 %	15 %
Zink	>25 mg/kg	14 %	38 %
Chrom	>10 mg/kg	7 %	15 %
Nickel	>10 mg/kg	1 %	5 %
Blei	>10 mg/kg	40 %	77 %
Cadmium	> 0,1 mg/kg	71 %	94 %

Tab. 3: Vermuteter anthropogener Einfluß auf den Schwermetallgehalt in Prozent der Gesamtproben (Oberboden)

Tabelle 3 zeigt, daß z. B. bei Kupfer bei 5 % der Standorte ein deutlicher, bei 15 % ein analytisch noch erfaßbarer anthropogener Einfluß vermutet werden kann. Weiters geht hervor, daß bei Nickel und Chrom ein anthropogener Einfluß auf wenigen Standorten gegeben ist, während bei Blei und Cadmium der Anteil mit 40 bzw. 71 % der 440 untersuchten Standorte sehr hoch liegt. Bewertet man den analytisch noch erfaßbaren Einfluß erhöhen sich die Prozentanteile deutlich (Spalte 4 in Tab. 3).

Bewertungsversuch für Cadmium

Der säurelösliche Cadmiumgehalt im Boden gibt wenig Auskunft über die Verfügbarkeit und den möglichen Transfer in andere Medien (Nahrungsmittel, Grundwasser). Als gutes Maß für den "verfügbaren Cadmiumanteil" wird in der Literatur der 1 + 2,5 Auszug mit 0,1 molarer CaCl₂-Lösung betrachtet.

Eine Überprüfung der Anwendbarkeit des Modelles von HORNBURG und BRÜMMER (1989) zur Berechnung des verfügbaren Cadmiumanteils aus pH-Wert und säurelöslichem Gehalt auf unsere Proben (Vergleich mit 50 eigenen Analysenwerten) zeigt, daß auch für O.ö. Böden eine sehr gute Korrelation zwischen gemessenen und errechneten Werten vorliegt. Darum wurden die verfügbaren Cadmiumanteile für alle Standorte nach folgender Gleichung ermittelt (s. Abb. 1):

$$Cd_{CaCl_2} = 10 (3,740 - 0,447 \cdot pH) \cdot Cd \cdot 100^{-1}$$

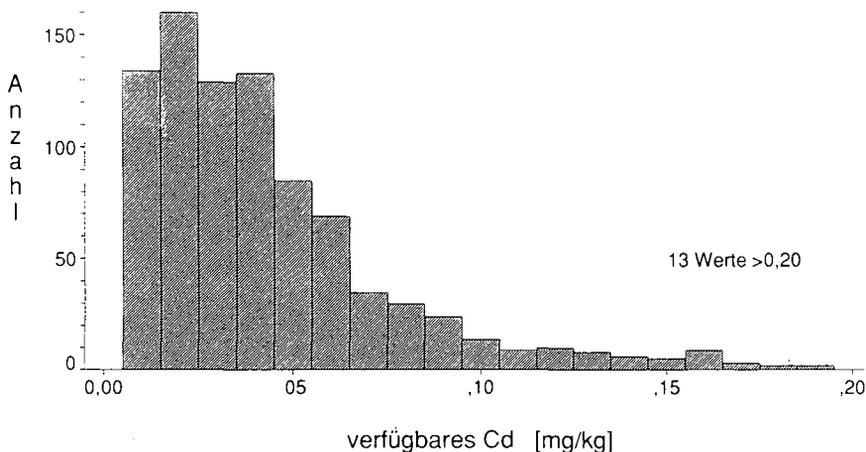


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der verfügbaren Cadmiumanteile der Oberböden Oberöstereichs (CaCl₂-Löslichkeit-berechnet)

SAUERBECK u. LÜBBEN (1991) schlagen für mit Siedlungsabfall gedüngte Böden einen Orientierungswert für verfügbares Cadmium (löslich in 0,1 molarem CaCl_2) von 0,13 (Bereich 0,1-0,2) mg Cadmium pro Kilogramm Boden vor. 5 % der untersuchten Oberböden Oberösterreichs überschreiten diesen Orientierungswert. Der untere Bereichswert von 0,1 mg/kg wird von 9% der Oberböden überschritten.

Die beiden Autoren führen dazu aus: "Selbst bei Einhaltung dieser Orientierungswerte für extrahierbares Boden-Cadmium werden die doppelten ZEBS-Richtwerte von auf diesen Böden angebauten und untersuchten Nahrungspflanzen mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 10 % überschritten".

Diese ZEBS-Richtwerte finden sich auch beinahe in gleicher Höhe im österreichischen Lebensmittelbuch als Richtwerte wieder. Der Codex sagt dazu: "Wird der Richtwert um 100 % oder mehr überschritten, so ist davon auszugehen, daß bei Kenntnis dieses Umstandes der Genuß dieser Ware von der Mehrzahl der Verbraucher abgelehnt würde. Eine solche Probe ist daher nach den allgemeinen Beurteilungsgrundsätzen des österreichischen Lebensmittelbuches als verdorben zu beurteilen." Die Folge wäre, daß bei einer Kontrolle eine derartig Probe aus dem Verkehr gezogen werden muß. Werden diese Beurteilungsmaßstäbe auf die Untersuchungsergebnisse umgelegt, bedeutet dies, daß etwa 9 % der Oberböden über dem Orientierungswert von 0,1 mg/kg liegen und daher eine Überprüfung dieser landwirtschaftlichen Produkte angebracht wäre (s. Abb. 1).

Literatur

- ANONYM: Verordnung der O.ö. Landesregierung vom 22. Februar 1993 über die Ausbringung von Klärschlamm, Müll- und Klärschlammkompost auf Böden. Landesgesetzblatt für Oberösterreich Nr. 21; Linz, 1993
- HOFER G. u. K. AICHBERGER: Schwermetalle. In: Oberösterreichischer Bodenkataster - Bodenzustandsinventur. Hrsg.: Amt der o.ö. Landesregierung, Linz, 1993. p 111-197.
- HORNBURG V. und G. BRÜMMER: Untersuchungen zur Mobilität und Verfügbarkeit von Schwermetallen in Böden. Mit.: Deutsch. Bodenkdl. Ges., 59/II, p 727-732, 1989.
- ÖNORM L 1075: Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. Ausgewählte Richtwerte. Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 1993
- SAUERBECK D. u. S. LÜBBEN: Auswirkungen von Siedlungsabfällen auf Böden, Bodenorganismen und Pflanzen. Berichte aus der Ökologischen Forschung. Band 6/91; Forschungszentrum Jülich GmbH., 1991.

Das Adsorptions- und Löslichkeitsverhalten von
Methabenzthiazuron und Terbutylazin in Böden mit
und ohne Mulch

von

Klimsa, K. und G.W. Brümmer

Einleitung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes des Ministeriums für Umwelt, Raumplanung und Landwirtschaft, NRW, wurde das Adsorptions- und Löslichkeitsverhalten von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in Böden mit und ohne Mulch untersucht. Ziel des Projektes war es zu überprüfen, inwieweit die Etablierung von Mulchlagen die Adsorption von PSM in Böden erhöhen und die Verlagerung in Richtung des Grundwassers vermindern kann. Für diese Untersuchungen wurden Herbizide unterschiedlicher Wirkstoffklassen (s-Triazine, Harnstoffderivate) und physikalisch-chemischer Eigenschaften (Löslichkeit, Polarität) herangezogen. Beispielhaft werden im folgenden die Ergebnisse aus Laborstudien mit den Wirkstoffen Methabenzthiazuron und Terbutylazin dargestellt.

Material und Methoden

Für die Laborstudien wurden Bodenproben aus A_p-Horizonten von drei ackerbaulich genutzten Standorten ausgewählt. Die wichtigsten bodenkundlichen Kenndaten sind der Tab.1 zu entnehmen.

Tab.1: Kennwerte der für die Sorptionsversuche herangezogenen Bodenproben

Bodentyp, -horizont	pH (CaCl ₂)	C _{org.} [%]	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]
L-A _p	6,9	1,1	13	84	3
B1-A _p	5,5	0,9	4	23	73
B2-A _p	4,7	1,6	7	13	80

Als Mulchsubstrate dienten Phaceliaheu bzw. Weizenstroh. Zur Erstellung der Mulchlagen wurden die auf 2 mm Partikelgröße gemahlene Mulchsubstrate mit den Bodenproben vermischt und bei 40% WK_{max} und 18°C unter Lichtabschluß einer vierwöchigen Rottephase unterzogen. Die Aufwandmenge entsprach etwa dem doppelten Ernteertrag bezogen auf 5 cm Bearbeitungstiefe.

Zur Untersuchung der Adsorption und Löslichkeit der PSM in den Mulchlagen wurden Schüttel- und Säulenperkolationsversuche durchgeführt. Die Schüttelversuche erfolgten in Anlehnung an die OECD-Guideline Nr.106 (1981) mit 0,01M CaCl₂-Lösung und einem BLV von 1:5. Zur Erstellung von Sorptionsisothermen wurde eine Anpassung an die Freundlich-Gleichung vorgenommen. Da K_F-Werte von Isothermen unterschiedlicher Steigung (1/n) nur bedingt miteinander vergleichbar sind, wurden K(10)-Werte (Verteilungskoeffizienten bei einer Lösungskonzentration von 10 µg/l) ermittelt, deren Wertepaare im mittleren Meßbereich der Isothermen lagen. Die Säulenperkolationsversuche mit geschütteten Bodensäulen (φ x h = 5 x 30 cm) entsprachen den BBA-Richtlinien für die amtliche Prüfung von PSM (Teil VI, 4-2) (1986). Die Beregnungsrate betrug 300 mm in 72 h nach Applikation der praxisüblichen PSM-Aufwandmenge. Das Sickerwasser wurde in drei Fraktionen aufgefangen. Die Quantifizierung der in den Säulenversuchen verwendeten ¹⁴C-markierten PSM erfolgte über Flüssigszintillationsmessung. Bei den Mulchvarianten wurden die obersten 5 cm der Bodensäulen durch Mulchlagen ersetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt die K(10)-Werte sowie deren Konfidenzintervalle von Methabenzthiazuron für die drei Bodenproben mit und ohne Mulch. Die K(10)-Werte der Adsorption betragen 19,2 (L), 13,3 (B1) bzw. 17,0 l/kg (B2). Mit der Anzahl der Desorptionsschritte nahmen die K(10)-Werte deutlich zu, so daß auf eine nicht vollständig reversible Adsorption geschlossen werden kann. Ein signifikanter Mulcheffekt konnte nur bei der Probe B1, die den geringsten Gehalt an nativer organischer Substanz aufweist, festgestellt werden. Dabei fielen die Adsorptionssteigerungen in der Stroh-Mulch-Variante am größten aus.

*Institut f. Bodenkunde der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nußallee 13, 53115 Bonn

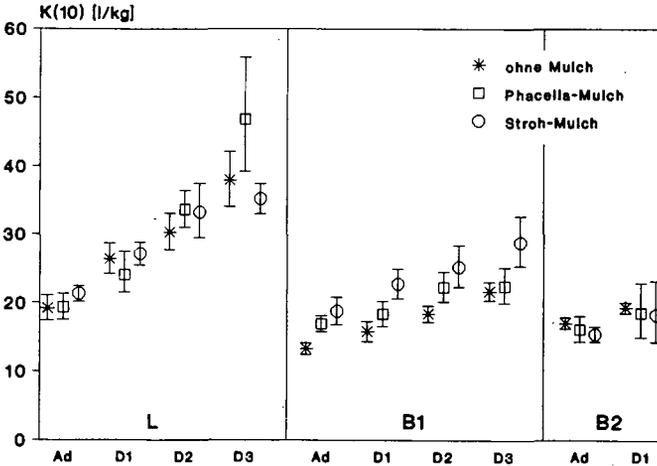


Abb. 1: Aus batch-Versuchen errechnete K(10)-Werte und deren Konfidenzintervalle ($\alpha = 1,67$) von Methabenzthiazuron für die Bodenproben L, B1 und B2 mit und ohne Mulch (Ad = Adsorptions-; D1 - D3 = 1.- 3. Desorptionschritt)

Die Säulenperkolationsversuche mit Methabenzthiazuron bestätigten die Ergebnisse der Schüttelversuche (Abb.2). Die Stroh-Mulch-Variante führte zu einer deutlich stärkeren Retardation von Methabenzthiazuron als die mulchfreie Variante. So wurden z.B. in der Stroh-Mulch-Variante mehr als 50% der wiedergefundenen Aktivität im obersten Bodensegment gemessen. Für die Phacelia-Mulch-Variante waren dies 38,5 und für die Kontrolle 21,3 %.

Für die Bodenproben L und B2 zeigten die Perkolationsversuche ebenfalls Adsorptionssteigerungen infolge einer Mulchsubstratzufuhr. Allerdings fielen diese Effekte deutlich geringer aus. Die aus den Verlagerungsprofilen errechneten K_D -Werte ($K_D = (R-1) \cdot \theta / p$) ergaben folgende Sequenzen für L: Stroh-Mulch (18 l/kg) > Phacelia-Mulch (16 l/kg) > Kontrolle (12 l/kg); bzw. für B2: Stroh-Mulch (16 l/kg) > Phacelia-Mulch (10 l/kg) \geq Kontrolle (9 l/kg).

Die K(10)-Werte von Terbutylazin zeigten einen deutlichen Einfluß des pH-Wertes der Bodenproben auf das Ausmaß der Adsorption. So stiegen die K(10)-Werte ohne Mulch von 3,9 l/kg für die Probe L über 6,6 (B1) auf 14,0 l/kg für die Probe B2. Einen entsprechenden Einfluß des pH-Wertes auf die Adsorption in Böden konnte z.B. auch KUKOWSKI (1989) für Atrazin nachweisen. Auch Terbutylazin wies in den Schüttelversuchen keine vollständig reversible Adsorption auf. Diese Eigenschaft war jedoch mit Ausnahme der Probe B2 bei Terbutylazin deutlich geringer ausgeprägt als bei Methabenzthiazuron.

Vergleichbar mit Methabenzthiazuron konnten auch für Terbutylazin signifikante Steigerungen der Adsorption infolge einer Mulchsubstratzugabe nur für die humusarme Probe B1 ermittelt werden. Dabei traten wiederum die deutlichsten Differenzen zwischen der Stroh- und der mulchfreien Variante auf.

Die Säulenperkolationsversuche mit Terbutylazin zeigten jedoch mit den Schüttelversuchen nur bedingt übereinstimmende Ergebnisse. Entsprechend der Zunahme der K(10)-Werte mit sinkendem pH-Wert der Bodenproben ergaben die Säulenversuche ohne Mulch ebenfalls eine zunehmende Retardation des Wirkstoffes mit sinkendem pH-Wert. Die aus den Tiefenverteilungen der mulchfreien Varianten errechneten K_D -Werte [l/kg] ergaben folgende Sequenz: L (1,8) < B1 (7,0) < B2 (7,8). Dagegen wiesen die in den Sickerwässern gemessenen ^{14}C -Aktivitäten [% der wiedergefundenen Aktivität] eine in der Reihenfolge L (0,45) < B2 (0,6) < B1 (0,9) ansteigenden Anteil auf. Die in den Sickerwässern gemessene Aktivität war dabei auf den Transport in Grobporen zurückzuführen, deren Anteil in den geschüttelten Bodensäulen mit zunehmenden Sand- und abnehmenden Tongehalten der Bodenproben anstieg und damit zu der o.g. Sequenz führte.

Gegenüber den Schüttelversuchen führten die Perkolationsversuche mit Terbutylazin zu deutlich divergierenden Ergebnissen, wenn Mulchsubstrate den Böden zudotiert wurden. Für die Probe L zeigte sich eine sehr deutliche Zunahme der Retardation von Terbutylazin infolge einer Mulchsubstratanwendung

(Abb. 3a). Die Stärke der Adsorption stieg in folgender Reihenfolge: ohne Mulch < Phacelia-Mulch < Stroh-Mulch. Die unterschiedlichen Ergebnisse der Schüttel- und Säulenversuche sind wahrscheinlich auf Unterschiede in der Adsorptionskinetik und im Einfluß von gelösten organischen Substanzen (DOC) zurückzuführen.

Die Säulenversuche mit der Probe B1 ergaben sogar den Schüttelversuchen entgegengesetzte Resultate. So konnte bei beiden Mulchvarianten eine signifikant höhere Verlagerung der ¹⁴C-Aktivität bis in 6-8 bzw. 8-10 cm Tiefe gemessen werden als bei den Kontrollvarianten (Abb. 3b).

Eine Mobilisierung des relativ unpolaren Terbutylazins infolge eines Zusatzes von Mulchsubstraten kann auf die Wirkung von gelösten organischen Substanzen, die Carrierfunktionen ausüben, zurückgeführt werden. So wird in der Literatur ein Cotransport von stark unpolaren Stoffen (z.B. PAK) mit DOC beschrieben (KÖGEL-KNABNER, 1993). HUBER et al. (1992) fanden, daß gelöste organische Substanzen zur teilweise irreversiblen Bindung u.a. von Terbutylazin befähigt sind. Tab.2 zeigt die DOC-Konzentrationen in den Ausschüttellösungen der Adsorptionsversuche sowie in den Perkolaten von Mulchlagen der Säulenversuche. In beiden Testverfahren führte eine Mulchsubstratzugabe zu einer Erhöhung der DOC-Konzentration. Während jedoch die in den Ausschüttellösungen geringen DOC-Zunahmen kaum zu einer meßbaren Mobilisierung beitrugen, führten die sehr hohen DOC-Konzentrationen in den Perkolaten der Säulenversuche mit Mulch im Vergleich zu den Varianten ohne Mulch zu einer erhöhten Solubilisierung des Terbutylazins.

Tab. 2: DOC-Konzentrationen [mg/l] in den Ausschüttellösungen der Schüttelversuche (Adsorptionsschritt) sowie in den Perkolaten von Mulchlagen der Säulenversuche

Probe	Schüttelversuche		Säulenversuche	
	ohne Mulch	Stroh-Mulch	ohne Mulch	Stroh-Mulch
L	16	23	81	135
B1	12	25	97	236
B2	11	17	54	127

Entsprechend der Probe B1 zeigten auch die Säulenversuche mit der Probe B2 Mobilisierungseffekte infolge einer Mulchsubstratanwendung. So konnte in den Perkolaten der Mulchvarianten eine deutlich höhere ¹⁴C-Aktivität im Vergleich zur Kontrolle gemessen werden. Die Äquivalent-Konzentrationen an Terbutylazin in den dritten Perkolatfraktionen (zwei Parallelen) stiegen in folgender Reihenfolge: ohne Mulch (2,37 und 2,23 µg/l) < Stroh-Mulch (3,24 und 3,37 µg/l) < Phacelia-Mulch (3,73 und 3,94 µg/l).

Für den Cotransport von Terbutylazin und DOC sprechen auch einige RP-HPLC-Chromatogramme von Perkolaten, die vorher über C₁₈-Kartuschen eingeeengt wurden. Diese zeigen nicht zuzuordnende Peaks (¹⁴C-Signale) im stark polaren Bereich, die dafür sprechen, daß es sich hier um cotransportierten Wirkstoff handelt. Dabei sind die Bindungen so stark, daß sie sogar während des HPLC-Trennvorganges nicht gelöst werden.

Das Ausmaß des Cotransportes von Terbutylazin durch DOC nimmt bei den drei Bodenproben offenbar mit sinkendem pH-Wert zu. Unter der Prämisse, daß es sich bei dem Anteil des DOC, der den Cotransport ermöglicht, um niedermolekulare Säuren handelt, führt ein sinkender pH-Wert zu einer Zunahme undissozierter funktioneller Gruppen bei den Carriern und somit zu einer erhöhten Sorptionskapazität. Da bei niedermolekularen Säuren das Verhältnis z.B. von Carboxyl-C zu Gesamt-C größer ist als bei der unlöslichen Huminstofffraktion, nimmt die Konkurrenzkraft des DOC als Sorbent gegenüber der nicht-löslichen, organischen Substanz mit sinkendem pH-Wert zu.

Zusammenfassung

Mit Hilfe von Schüttel- und Säulenperkolationsversuchen wurde der Effekt verschiedener Mulchsubstrate (Phacelia-, Stroh-Mulch) auf die Adsorption und Verlagerung von Methabenzthiazuron und Terbutylazin untersucht. Die Zufuhr von Mulchsubstraten führte nur bei einem humusarmen Boden zu einer Adsorptionssteigerung und verminderter Verlagerung von Methabenzthiazuron. Für Terbutylazin ergaben sich durch Mulch sowohl die Adsorption als auch die Löslichkeit steigernde Effekte. Mobilisierungen wurden auf den Cotransport mit DOC, dessen Konzentrationen in den Mulch-Varianten deutlich erhöht waren, zurückgeführt.

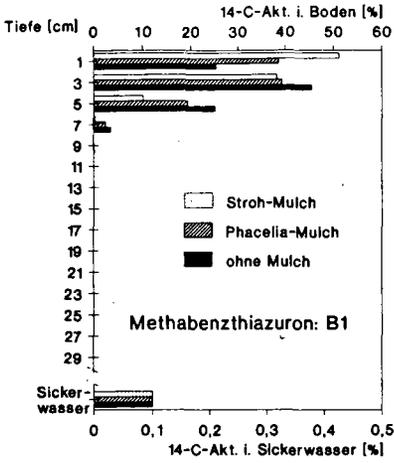


Abb. 2:
 Tiefenverteilung von Methabenzthiazuron in geschütteten Bodensäulen mit und ohne Mulchlagen nach einer Beregnung von 300 mm/72 h; [%] = % der wiedergefundenen ¹⁴C-Aktivität

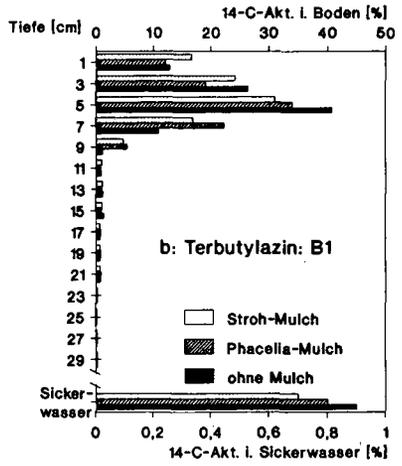
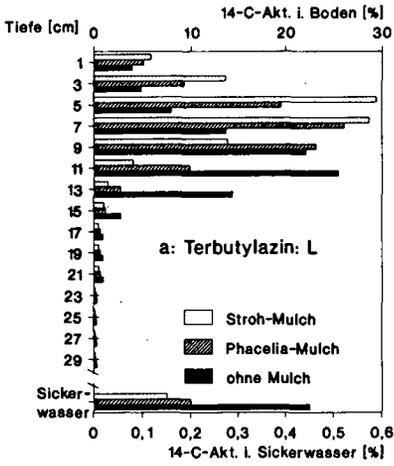


Abb. 3 a, b:
 Tiefenverteilung von Terbutylazin in geschütteten Bodensäulen mit und ohne Mulchlagen nach einer Beregnung von 300 mm/72 h; [%] = % der wiedergefundenen ¹⁴C-Aktivität

Literatur:

BBA (Hrsg.) (1986): Richtlinien für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln, Teil IV, 4-2, 1-9
 Huber, S. A.; Scheunert, I.; Dörfler, U. und F. H. Frimmel (1992): Zum Einfluß des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC) auf das Mobilitätsverhalten einiger Pestizide. Acta hydrochim. hydrobiol. 20, 74-81
 Kögel-Knabner, I.; Maxin, C.; Totsche, K. und J. Danzer (1993): Co-Transport und Co-Sorption von PAK im Boden. Mitteln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 71, 253-256
 Kukowski, H. (1989): Untersuchungen zur Ad- und Desorption ausgewählter Chemikalien in Böden. Diss., Kiel, 194 S.
 OECD (Ed.) (1981): OECD Guidelines For Testing Of Chemicals, Nr. 106: Adsorption/Desorption, 1-23

Anwendungsorientierte kommunale Bodenschutzkonzepte

von

Kneib, W.D.

Die folgenden Ausführungen stellen eine kurze Zusammenfassung des obigen Vortrags dar, die ausführliche Behandlung der grundsätzlichen Überlegungen zum Thema finden sich in KNEIB (1993).

Trotz vielfältiger Aktivitäten in Sachen Bodenschutz gibt es bislang noch kein eindeutiges anwendungsorientiertes Bodenschutzkonzept in der vorsorgenden Planung des ökologischen Bodenschutzes. Eine solche Ableitung ist in der **Abb. 1** (nächste Seite) gegeben.

Der Boden als belebter Teil der Erdoberfläche unter Einbeziehung der ungesättigten Zone (als Übergangsraum zu den Nachbardisziplinen Geologie, Hydrogeologie und Hydrologie) ist als Ergebnis faktorieller Auswirkungen mit einer Vielzahl von Eigenschaften, Fähigkeiten und Potentialen ausgestattet.

Bei einer Inanspruchnahme der Potentiale werden Bodenfunktionen ausgeschöpft von angrenzenden Medien (Substrat, Wasser, Luft) und Populationen (Pflanze, Tier, Mensch). Potentiale und Funktionen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Potentiale und Funktionen

- Informationsträger (natur- und kulturhistorisch)
- Regulator des Kleinklimas
- Regulator des oberflächennahen Wasserhaushaltes
- Lebensraum von Pflanzen und Tieren
- Standort von Pflanzen und Tieren
- Nutzfläche (Siedlung, Verkehr, Entsorgung)
- Mobilität (Rohstoff, Füllmaterial, Hilfsstoff)
- Immobilie (Eigentum, Anlageobjekt)

Mit den Funktionen sind in der Regel die Eingriffe verbunden, die positive und negative Veränderungen verursachen. Als Verschlechterungen kommen in Betracht:

Verlust

Zerstörung von besonderen, multi- oder monofunktionalen, vielfältigen oder einzigartigen Böden und regional wichtigen (bezüglich Größe, Geschlossenheit und Vernetzung) Bodenqualitäten.

Degradation des Bodens

Erosion, Akkumulation, Humuszehrung, Versauerung, Vernässung, Problemstoffanreicherung, Verschlammung, Verhärtung, Verdichtung, Strukturverlust, Versalzung, Austrocknung, Verlust des biotischen Besatzes

Risiken für Populationen

(Mensch, Tier, Pflanze)

Kontakt, Ingestion, Inhalation, Verzehr, Aufnahme

*)büro für bodenbewertung/Bodenschutzdienst (BSD) für Städte und Gemeinden, Kiel

Risiken für angrenzende Medien

Austrag ins Wasser, Abgabe an die Luft, Eintrag ins Substrat oder benachbarte Böden

Sie können sich auf alle Teilaspekte auswirken und definieren die Schutzgüter und Schutzziele (Abb. 1).

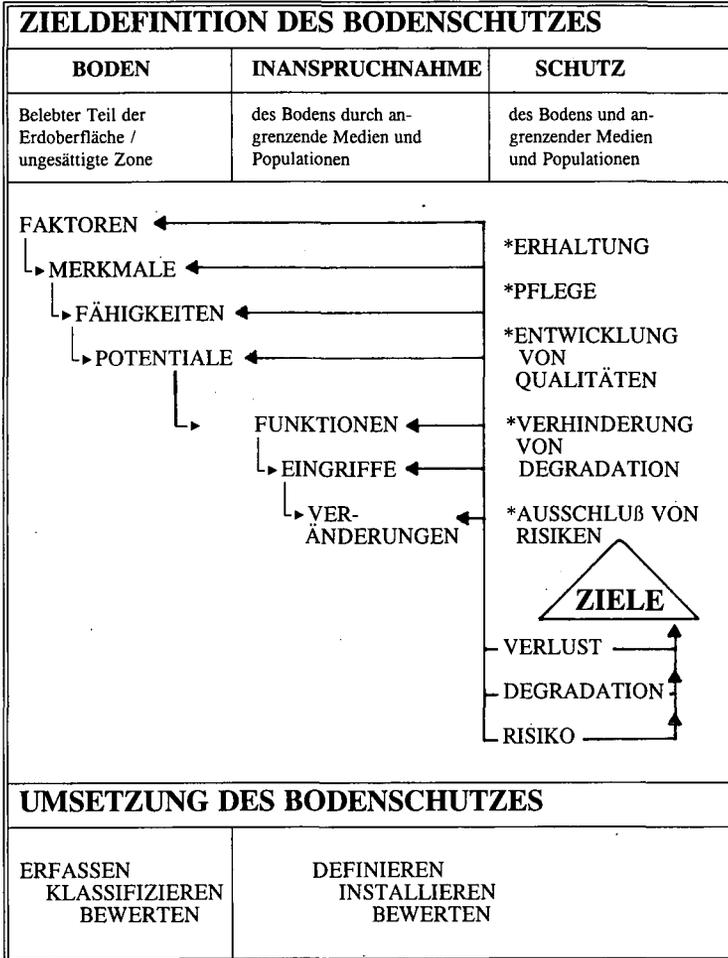


Abb. 1: Zieldefinition und Umsetzung des Bodenschutzes

Die Umsetzung des so definierten Bodenschutzes verlangt das folgende Anforderungsprofil:

Umsetzung	
flächenscharf, flächendeckend	ERFASSEN
reproduzierbar, anwendungsorientiert	KLASSIFIZIEREN
praxisnah	BEWERTEN
derzeitige und zukünftige Inanspruchnahme und Schutzziele	DEFINIEREN
Inanspruchnahme bodenfreundlich sowie Schutz nachhaltig	INSTALLIEREN
Folgen und Erfolg langfristig	KONTROLLIEREN

Zur Erfüllung dieser Anforderungen kann nicht erwartet werden, daß erst alle Flächen in entsprechenden Maßstäben kartiert sind, bis die Umsetzung des Bodenschutzes erfolgt. Prinzipiell bestehen Defizite in folgenden Teilaufgaben:

- Erfassung	Informationsgewinnung zum Boden
- Regionalisierung	von der Punktinformation zur Flächenbeschreibung
- Funktionalisierung Bewertung	von der Flächenbeschreibung zur funktionalen Bewertung
- Umsetzung Vollzug	von der funktionalen Bewertung zu Planung und

und insbesondere immer noch in der Rechtssetzung und Rechtsumsetzung.

Bereits weitgehend ausreichende Standardisierungen gibt es im Bereich der Erfassung und Funktionalisierung. Besonders problematisch ist die Regionalisierung und wenig konkret die anwendungsorientierte Umsetzung auf der Grundlage bestehender gesetzlicher und untergesetzlicher Regelungen.

Als Lösungsansatz hat es sich in zahlreichen Projekten des büro für bodenbewertung und des Bodenschutzdienstes bewährt eine Bodenökologische Konzeptkarte zu erstellen, die aus vorhandenen Unterlagen zu entwerfen ist und gleichermaßen als Basis einer ersten kommunalen Bodenschutzmaßnahmenkarte sowie der gezielten Kartierung zur bodenkundlichen Inwertsetzung der regionalen Einheiten der Konzeptkarte dient. Den prinzipiellen Ablauf zeigt das Schema in **Abb. 2** (nächste Seite).

Die drei Teilkarten der Bodenökologischen Konzeptkarte gestatten wesentliche Aussagen zur Prognose (aus den Informationen zur Genese) zur Dynamik des oberflächennahen Bodenwasserhaushaltes als wichtigstes Transportmedium von Schad- und Nährstoffen und zum Überformungsgrad als Auswirkung der Eingriffe durch Nutzung.

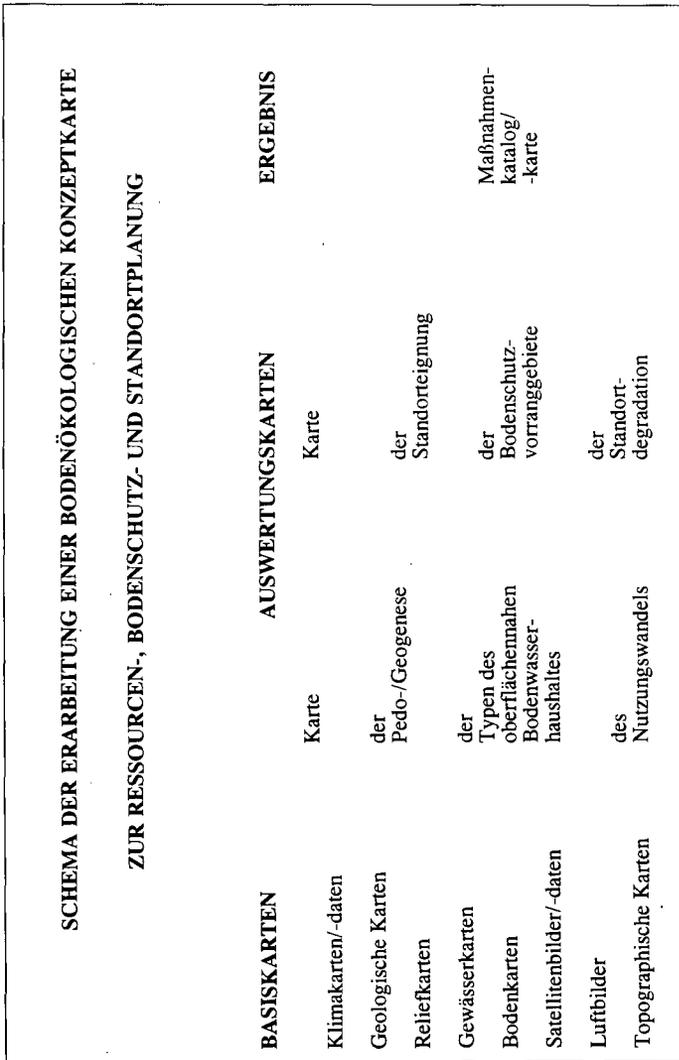


Abb. 2: Schema der Erarbeitung einer bodenökologischen Konzeptkarte

Anwendungsbeispiele finden sich in diesem Band bei:

Bongard, B. und A. Schnaudt: Flächennutzungsplan und Bodenschutz am Beispiel der Landeshauptstadt Kiel.

Lalubie, C., W.D. Kneib und B. Schemschat: Bie Bodenschutzmaßnahmenkarte der Ruhrgebiets.

Speetzen, F. und B. Schemschat: Geographisches Informationssystem zur Erstellung eines Bodennutzungsplans für das Departamento de Santa Cruz/Bolivien.

Literatur:

Kneib, W. D. (1993): Anlage von Bodenmeßnetzen zur Bodenschutzplanung und Beweissicherung. Empfehlungen für die Praxis. In: Rosenkranz, D. et al. (Hrsg.): Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, Berlin, Kap. 3200, 10/93.

**Bodenschutz und Umweltverträglichkeitsprüfung -
Praxis, Probleme und Chancen der Umsetzung des UVP-
Gesetzes für den Bodenschutz**

von

Kohl, A.

1. Einleitung

Mit der Umsetzung der EG-Richtlinie über die Umweltverträglichkeitsprüfung vom 27. Juni 1985 in bundesdeutsches Recht wurde 1990 die Möglichkeit geschaffen, die Umweltauswirkungen bestimmter Maßnahmen und Vorhaben bereits im Planungsstadium zu erfassen, zu bewerten und in der Entscheidung über die Realisierung verstärkt zu berücksichtigen.

Ziel des hier auszugsweise vorgestellten Forschungsvorhabens zum Thema "Bodenschutz in der Umweltverträglichkeitsprüfung bei Landinanspruchnahme und/oder bodenbelastenden Einzelprojekten"² war unter anderem die Schaffung verbesserter fachlicher und methodischer Grundlagen für die Ermittlung und Bewertung der Auswirkungen umweltrelevanter Vorhaben auf die verschiedenen Bodenfunktionen im Rahmen der UVP, um somit die Belange des Bodenschutzes frühzeitig und angemessen berücksichtigen zu können.

2. Verfahrensstand, Defizite und Lösungsansätze bei der Bewertung des Schutzgutes Boden in der UVP

Ansatzpunkt ist dabei die sog. UVS (Umweltverträglichkeitsstudie), d.h. der "Untersuchungsbericht über die Umweltauswirkungen", der die für das Ergebnis der gesamten UVP relevanten Daten, Fakten und Analysen enthält [vgl. BUNGE, 1988].

Wie für alle anderen Schutzgüter sind auch für den Boden im Verlauf der UVP sowohl der gegenwärtige Zustand und die voraussichtliche weitere Entwicklung (Prognose) ohne die geplante Maßnahmen als auch die Auswirkungen der geplanten Maßnahme bzw. ihrer Alternativen zu bewerten.

Die laut UVP-Gesetz vorgeschriebene Gesamtbewertung aller Umweltwirkungen einschließlich der Wechselwirkungen stellt dabei ein besonders schwieriges zu lösendes Problem dar.

Die wesentlichen Ursachen einer oft unzulänglichen Berücksichtigung des Bodenschutzes in der UVP lassen sich unter den folgenden Themenkomplexen zusammenfassen

- methodische Fragen (Unsicherheiten)
- inhaltliche Defizite hinsichtlich der
 - Beachtung der Inhomogenität und Multifunktionalität von Böden
 - Bewertung der Empfindlichkeit und Beeinträchtigung von Böden
 - Bewertungsverfahren/Bewertungsmaßstäbe
 - Datengrundlagen

Das UVP-Gesetz läßt die Frage nach dem Bewertungsverfahren offen, mit der Folge, daß es dem Gutachter freigestellt ist, aus der Vielzahl möglicher methodischer Vorgehensweisen die aus seiner Sicht

¹ Gesellschaft für Landeskultur GmbH, Schloßstraße 23, 56068 Koblenz

² Diese Arbeit wurde vom Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg aus Mitteln des Dritten Untersuchungs- und Forschungsprogramms Baden-Württemberg gefördert (Abschlußbericht Oktober 1991).

geeignetste auszuwählen. Als Folge kann es zur Anwendung einer beliebigen Methodik ohne fachliche Begründung bzw. der Anwendung nicht angemessener methodischer Vorgehensweisen kommen. Uneinheitliche Umweltverträglichkeitsstudien durch verschiedene Bearbeiter können u.U. zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Inhomogenität und Multifunktionalität von Böden

Die Beachtung der unterschiedlichen Bodenfunktionen ist bis heute in der UVP als defizitär zu betrachten und wird i.d.R. nur unzureichend realisiert.

In Hinsicht auf das Ziel eines vorsorgenden Bodenschutzes und der Erhaltung der nachhaltigen Leistungsfähigkeit der Böden sollten die folgenden vier Bodenfunktionen berücksichtigt werden (Tab. 1).

Tabelle 1: Bodenfunktionen im Rahmen der UVS

Bodenfunktion	Teilfunktionen
Naturschutzfunktion	1. Lebensraumfunktion 2. Dokumentationsfunktion (Archiv der Erd-, Natur- und Kulturgeschichte)
Regelungsfunktion	1. Mechanische Filterfunktion 2. Physiko-chemische und chemische Filterfunktion 3. Transformationsfunktion 4. Speicher- und Quellungsfunktion
Wasserhaushaltsfunktion	1. Regulator des Wasserhaushaltes (Grundwasser) 2. Speicher für Niederschlagswasser (Hochwasserschutz)
Produktionsfunktion	1. Anbaufläche für Nahrungs- und Futtermittel 2. Anbaufläche für pflanzliche Rohstoffe

Andere Funktionen, wie z.B. die "Flächenfunktion" und die Rohstofflagerfunktion sind den Bodenschutzzielen der UVS, nämlich der Erhaltung der "ökologischen Funktionalität" genau entgegengesetzt.

Im Rahmen des o.g. Forschungsvorhabens wurden für die Naturschutz-, Regelungs-, Wasserhaushalts- und Produktionsfunktion anhand einer umfangreichen Literaturanalyse geeignete Kriterien und Indikatoren für ihre Bewertung ausgewählt. Der Schwerpunkt wurde hierbei auf für die planerische Praxis relativ unproblematisch handhabbare Methoden gelegt.

Neben der Beachtung der variablen Leistungsfähigkeit von Böden, charakterisiert durch die o.g. Bodenfunktionen, ist in der UVS deren ebenfalls unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber Eingriffen zu bewerten.

Im Forschungsbericht wurden die unterschiedlichen Empfindlichkeiten der Bodenfunktionen gegenüber den wesentlichen Belastungsarten (Bodenverluste, physikalische Veränderungen der Bodenstruktur, chemische Bodenbelastungen) und die jeweiligen Wirkungsweisen eingehend erläutert. Die Bewertung der Empfindlichkeit von Böden gegenüber den o.g. Bodenbelastungsarten erfolgte wie bei der Bewertung der Leistungsfähigkeit der Bodenfunktionen durch die Auswahl geeigneter Kriterien und Indikatoren.

Mit Hilfe der somit vorliegenden Informationen über die mit einem geplanten Vorhaben verbundenen Belastungsarten und deren Auswirkungen auf die Bodenfunktionen ist es möglich, für den konkreten Einzelfall die zu erwartende Belastungssituation des jeweiligen Bodens darzustellen.

Die Phase der Bewertung bildet das Kernstück der UVS. Unverzichtbare Vorbedingung eines jeden Bewertungsverfahrens ist das Vorhandensein geeigneter Bewertungsmaßstäbe.

Nach § 1 UVPG ist in der Bewertungsphase der Vorsorgemaßstab anzulegen, allerdings wird der unmittelbare Zugriff auf den Vorsorgemaßstab durch § 12 relativiert, der die Bewertung "nach Maßgabe der geltenden Gesetze" vorschreibt. Darüber hinaus ist mit § 12 UVPG auf lange Zeit eine starke Diskre-

panz zwischen der Gesetzes- und Vollzugslage festgeschrieben, die darin begründet liegt, daß die im UVP-Gesetz unterstellten voll entwickelten Umweltstandards in der Realität nicht existieren.

Im Rahmen einer UVS kann in der Regel meist nur eine qualitative Einschätzung der mit dem geplanten Vorhaben verbundenen Gefährdungen und der tolerierbaren Belastbarkeit der betroffenen Böden erfolgen. Existierende Standards können je nach Sachlage bei sorgfältiger Interpretation durchaus brauchbare Anhaltspunkte geben, müssen dabei jedoch sorgfältig hinsichtlich ihrer Aussagekraft und des definierten Anwendungsbereiches überprüft werden. Sie dürfen nicht pauschal dazu verwendet werden, bodenverträgliche oder bodenunverträgliche Nutzungen zu qualifizieren.

Die Beschaffung der notwendigen und geeigneten Daten für die Erstellung der UVS erweist sich gerade im Bereich des Schutzgutes Boden in der Regel als sehr problematisch. Speziell hinsichtlich des Bearbeitungsstandes der flächendeckenden Bodenkartierung bestehen gravierende Unterschiede zwischen den Bundesländern, die nicht zuletzt auch qualitative Unterschiede der Umweltverträglichkeitsstudien zur Folge haben können.

Wenn ausreichende Daten nicht zur Verfügung stehen, eine gezielte Erhebung im erforderlichen Maßstab unumgänglich ist. Während dies z.B. im Bereich des Biotop- und Artenschutzes selbstverständlich ist, sind Bodenkartierungen im Rahmen von UVS noch eine große Ausnahme.

Der notwendigerweise hiermit verbundene erhöhte zeitliche und finanzielle Aufwand muß zukünftig sowohl von den Gutachtern als auch den Vorhabenträgern kalkuliert werden.

3. Handlungsanleitung/Fallbeispiel

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde ein Verfahrenskonzept für die Ermittlung des Risikos der Neubelastung von Böden vorgeschlagen.

Ziel des Verfahrenskonzeptes ist eine verbesserte Bewertung der Schädwirkungen bodengefährdender Maßnahmen durch die Beachtung der Multifunktionalität der Böden.

Abb. 1 zeigt die erforderlichen Bearbeitungsschritte und die zeitliche Vorgehensweise.

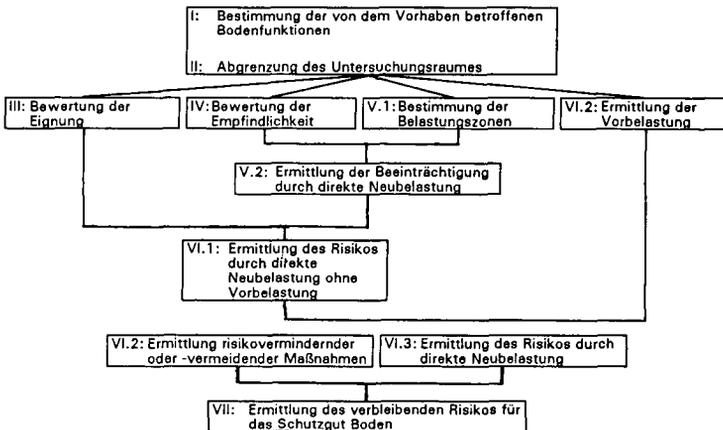


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Arbeitsschritte zur Bewertung des ökologischen Risikos für das Schutzgut Boden

Auf eine ausführliche Erläuterung der jeweils vorzunehmenden Teilschritte und des im Rahmen des Forschungsvorhabens ausgeführten Fallbeispiels erfolgte bereits an anderer Stelle [KOHL, 1992].

Wesentlich bei der entwickelten Methodik ist vor allem die Erfassung der Teilfunktionen der Böden und die Ermittlung deren jeweiliger Eignung zur Funktionserfüllung, so daß in der abschließenden Risikoanalyse bestimmte Schutzziele mit Priorität behandelt und Flächen mit unterschiedlichen Risiken genauer differenziert werden können.

Hierdurch wird deutlicher als bisher offenbar, in welchem starkem Maße der Boden als "Querschnittsmedium" alle anderen Bereiche des Naturhaushaltes tangiert bzw. die Grundlage für deren Funktionserfüllung darstellt.

Gleichzeitig bedeutet dies, daß auch im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen allenfalls die "relativ umweltverträglichste", niemals aber eine "vollständig umweltverträgliche" Lösung gefunden werden kann, da die jeweiligen Schutzgüter häufig miteinander konkurrieren.

Für die Regelungsfunktion wird deutlich, daß die Umweltmedien Boden, Wasser und Luft nicht am gleichen Ort und zu gleicher Zeit schützbar sind. Als wesentliche Erkenntnis der Beachtung der Teilfunktionen der Böden ist jedoch festzuhalten, daß hierdurch die Möglichkeit einer gleichwertigen Betrachtung der Umweltmedien gegeben wird. Andernfalls besteht die Gefahr, durch Nichterfassung empfindlicher Teilbereiche die unvermeidbaren Belastungen stets unkontrolliert und unerkannt auf den Boden zu verschieben. Diese Verfahrensweise dürfte in starkem Maße für die in der Vergangenheit erfolgten Bodenbelastungen z.T. noch unbekanntes Ausmaßes verantwortlich sein.

Konkurrierende Schutzgüter müssen in der abschließenden Beurteilung einander gegenübergestellt und zur Vorbereitung des Abwägungsprozesses beurteilt werden. Im Einzelfall ist dann zu entscheiden, welchem der Schutzgüter Vorrang eingeräumt werden sollte.

4. Ausblick

Die Verwirklichung der im UVP-Gesetz gestellten Anforderungen gerade für den Bereich des Bodenschutzes ist sehr problematisch, so daß fertige Konzepte zur umfassenden Bewertung der Böden zur Zeit noch nicht erwartet werden können.

Trotz des in vielen Bereichen immer noch mangelhaften Wissensstandes erlauben die bislang vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse jedoch auch heute bereits eine wesentliche Verbesserung der Prognose zu erwartender Bodenschädigungen im Rahmen der UVP. Die teilweise vor allem aus administrativer Sicht geforderte Vereinfachung und Standardisierung der Bewertungsverfahren ist bei der Beurteilung des äußerst komplexen Systems Boden jedoch weitgehend auszuschließen.

Die bodenschutzgerechte Abschätzung der zu erwartenden Auswirkungen eines Vorhabens stellt hohe Anforderungen an die eine UVS durchführenden Gutachter und Behörden. Der damit teilweise verbundene erhöhte finanzielle Aufwand ist angesichts der zunehmenden Bodengefährdung und -zerstörung mehr als gerechtfertigt.

5. Literatur

- BUNGE, T. (1988): Zweck, Inhalt und Verfahren von Umweltverträglichkeitsprüfungen. in: Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung
- KOHL, A. (1993): in BARZ, W. et al.: Bodenschutz, Symposium am 29. und 30. Juni 1992 in Münster, Zentrum für Umweltforschung (ZUFÖ) der Westfälischen Wilhelms-Universität
- OTTO-ZIMMERMANN, K. (1989): Bewertung der Umweltverträglichkeit - Einführung. in: Bewertung der Umweltverträglichkeit, Hrsg. K.-H. Hübler und K. Otto-Zimmermann, Eberhard Blottner Verlag

**Eine Methode zur Erfassung von spannungsinduzierten
Verformungen im Boden unter fahrenden Traktoren**

von

Kühner, S.

Einleitung:

In der Landwirtschaft kommt es durch den Einsatz moderner, leistungsstarker Landtechnik häufig zu schädlichen Bodenverdichtungen. Für den Einzelbetrieb wirken sich Bodenverdichtungen negativ auf den Deckungsbeitrag aus. Gesamtgesellschaftlich ist die daraus resultierende Umweltbelastung relevant.

Bei der Entstehung von Bodenverdichtungen durch Landmaschinen spielen zwei Faktorengruppen eine Rolle: bodenexogene Faktoren (maschinenspezifische Parameter wie Radlast, Reifeninnendruck, Reifen/Laufwerksbauart, dynamische Effekte) und bodenendogene Faktoren (maßgebend für die Bodenstabilität wie Textur, Wassergehalt, Strukturierung und Lagerungsdichte).

Die bodenexogenen Faktoren stellen dabei die potentielle Belastung des Bodens dar, während erst die bodenendogenen Faktoren das Ausmaß der tatsächlichen Bodenbeanspruchung (Bodendeformation) bestimmen.

Spannungsmessungen:

Jede mechanische Belastung verursacht Spannungen im Boden. Es kommt dabei immer zu einer räumlichen Spannungsausbreitung. Neben der vertikalen und den horizontalen Hauptspannungen treten auch Scherspannungen auf. Mit Hilfe des von NICHOLS et al. (1987) entwickelten "Stress State Transducer" (SST) lassen sich im Boden sechs richtungsdefinierte Normalspannungen (Drücke) messen. Aus den gemessenen Spannungsverläufen werden die Spannungsanteile ermittelt, sowie die Parameter "mittlere Normalspannung" (MNS) und "mittlere Scherspannung" (OCTSS) errechnet. Damit läßt sich der Spannungszustand des Boden erfassen (JOHNSON & BURT, 1990).

Alleinige Spannungsmessungen erlauben nur Aussagen zu der aktuellen Belastungssituation, nicht jedoch zur tatsächlichen Bodenbeanspruchung (Bodenverdichtung), da diese vom Spannungszustand und von den Stabilitätseigenschaften des Bodens abhängig ist (GRISSE et al. 1987).

Deformationsmessungen:

Ist die Belastung größer als die Bodenstabilität, kommt es zu einer Bodendeformation, wobei sich die Bodenpartikel theoretisch entlang von Spannungsgradienten bewegen.

* CAU Kiel, Inst. f. Pflanzenern. u. Bodenkunde, 24118 Kiel, Olshausenstr. 40

Neben einer volumenkonstanten Deformation findet eine Setzung des Bodens statt, die die ökologischen Eigenschaften des Standortes verändert.

Zur direkten Quantifizierung von Bodendeformationen wurde im Rahmen des SFB 192 der DFG ein Meßsystem entwickelt, das in der Lage ist, Bodendeformationen während einer dynamischen Belastung zu erfassen und darzustellen. Die Bodenbewegung wird mechanisch auf einen festen Bezugspunkt außerhalb des Bodens übertragen. Dort erfolgt eine getrennte Messung linearer Bewegungen, die mit Hilfe der Elektronik und der Software zu einer zweidimensionalen Darstellung zusammengefügt werden. Voraussetzung dafür ist eine zeitgleiche Messung der Linearbewegungen.

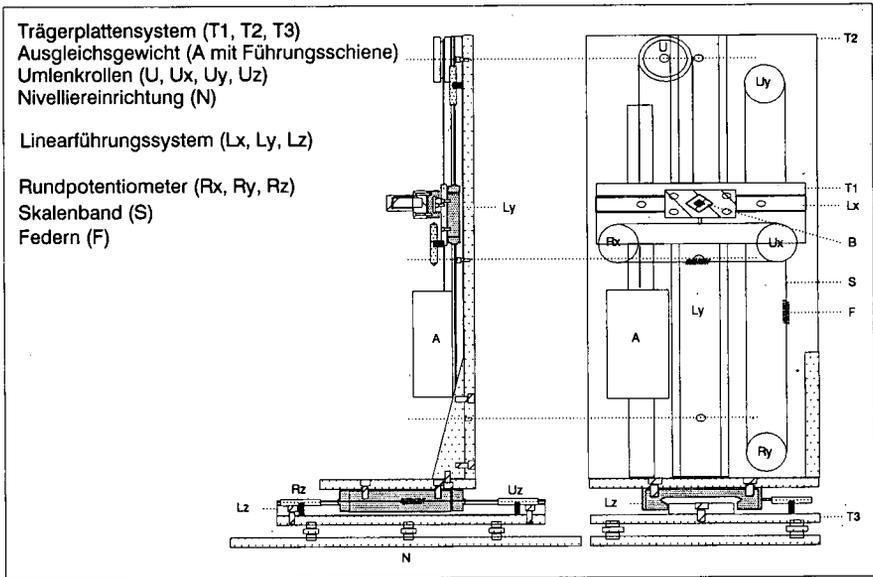


Abb. 1: Prinzipskizze des Wegaufnehmersystems (nicht maßstabgetreu)

Abb. 1 zeigt die Draufsicht (rechts) und die Seitenansicht (links) des Gerätes. Auf drei Trägerplatten (T1,T2,T3) wurden Linearführungssysteme (Lx,Ly,Lz), bestehend aus Schienen und Schlitten (NIPPON THOMPSON), angebracht. Das Gewicht des Schlittens Ly, sowie das der darauf angebrachten Trägerplatte T1 und des Linearführungsystems Lx werden dabei von einem geführten Ausgleichsgewicht A gehalten, das über eine Umlenkrolle U an dem Schlitten Ly angeleitet ist. Jeder Schlitten kann auf seiner Schiene linear in zwei Richtungen bewegt werden. Die Bewegung des Schlittens wird über ein Skalenband S, das durch eine Feder F gespannt wird, auf ein Rundpotentiometer (Rx,Ry,Rz) übertragen. Das entsprechende Rundpotentiometer liefert ein der Schlittenstellung entsprechendes Spannungssignal. Der Aufbau des Gerätes ähnelt damit einem Kreuztisch, wie er im Maschinenbau bekannt ist. Im Punkt B können, über ausschließlich lineare Bewegungen in X,Y,Z-Richtung, Bewegungen im Raum erzeugt werden. In der Grundkonfiguration sind Wege von max ± 100 mm möglich. Der Prototyp hat die Ausmaße von 600x330x370 mm und wiegt ca. 20 kg. Als Materialien kamen Aluminium (T2,T3), PVC (T1,U,Ux,Uy,Uz) und V2A Stahl (A,Lx,Ly,Lz) zum Einsatz.

Simultane Spannungs- und Deformationsmessung:

In Zonen größerer Bodendeformationen ist die Vergleichbarkeit von Spannungsmessungen erschwert. Durch die unkontrollierte Bewegung des Sensors im Boden treten dort unzureichende Wiederholungsgenauigkeiten bei parallelen Messungen auf. Zur Verifikation der gemessenen Spannungen und zum Nachweis der Kausalkette Belastung ---> Bodenbeanspruchung ist hier eine simultane Messung von Spannung und Deformation erforderlich. Dazu wurde das Spannungsmeißsystem (SST) mit dem oben beschriebenen Wegaufnehmersystem kombiniert. Das kombinierte Meßverfahren konnte in einer Bodenrinne der TU München (Inst. f. Landmaschinen) erstmals unter definierten Bedingungen getestet werden. Nachfolgend werden Ergebnisse aus einem Teilversuch vorgestellt.

Material und Methoden:

Bodentyp: ehemals Parabraunerde aus Löß, Bodenart: schwach lehmiger Schluff, Struktur: stabile Rollaggregate, dB: ca. 1.23 g/cm^3 , Wassergehalt: 14 - 15 Gew.-%, Bearbeitung nach jeder Befahrung: Fahrspur gegrubbert, Bodenrinne ca. 40 cm tief gefräst, Oberfläche eingeebnet.

Reifen: 7.0 V 64 6PR profillos, Reifeninnendruck 80 kPa, Fahrgeschwindigkeit: 0.1 m/s, variiert wurden ausschließlich die Radlasten: 769, 892, 947, 949, 1500, 2046, 2922, 2958, 3272 N, Einbau des Sensors: gestört, Sensormitte 10 cm unter der Bodenoberfläche.

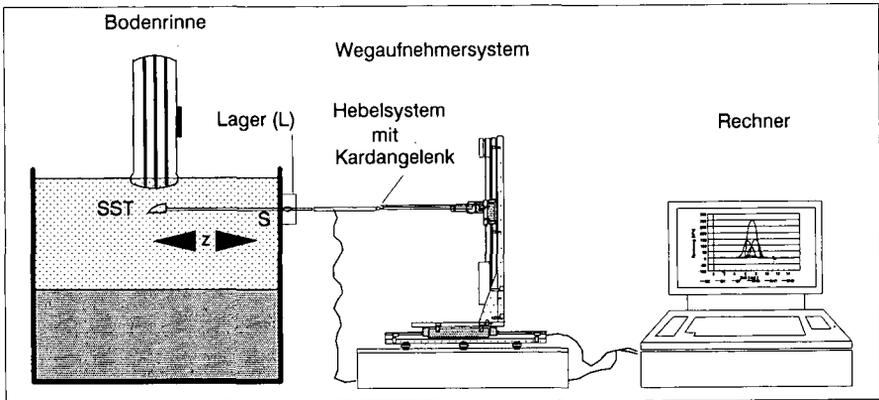


Abb. 2: Versuchsaufbau

Das Funktionsprinzip der Messung läßt sich anhand des Versuchsaufbaues verdeutlichen. Der SST befindet sich unter der Reifenmitte. Die Übertragung der Bodenbewegung erfolgt über ein Hebelssystem, das durch einen Lagerblock mit einem Pendellager umgelenkt wird. Die Verbindung mit dem Wegaufnehmersystem wird durch den Einsatz eines Kardangelenkes realisiert. Bei dieser Versuchsanordnung muß jedoch die Stange S gegen ein Verschieben in Richtung Z durch Fixierung im Lager L gesichert werden, da sich sonst die Hebelverhältnisse ändern und die gemessenen Wege X und Y nicht mehr der Kalibrierung in der Ausgangsstellung entsprechen würden. Diese Versuchsanordnung erlaubt also nur eine Messung der Bodendeformation in X- (horizontaler) und Y- (vertikaler) Richtung. Trotzdem ist eine Beweglichkeit des Gerätes in Z-Richtung erforderlich, da durch den Drehpunkt in K eine Verkürzung des Hebelsystems bei einer Bewegung in X,Y - Richtung auftritt. Die Verkürzung wird durch die Bewegung des Gerätes in Z - Richtung ausgeglichen.

Ergebnisse:

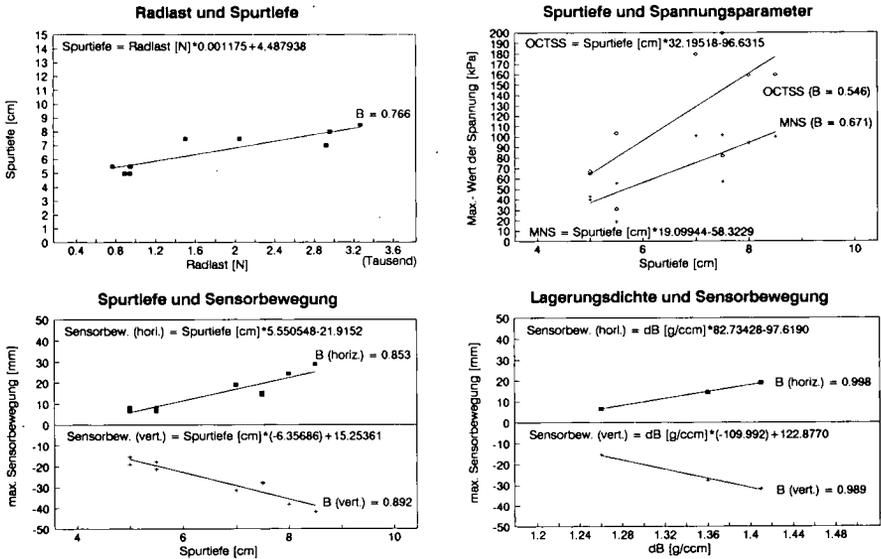


Abb. 3 : Ergebnismfunktionen der ermittelten Parameter (für oben definierte Randbedingungen)

Die Ergebnisse in Abb. 3 beruhen auf neun nicht wiederholten Messungen. In diesem Teilversuch stand die Untersuchung von Beziehungen zwischen den gemessenen Parametern im Vordergrund: steigende Radlasten führen bei sonst gleichbleibenden Randbedingungen zu steigenden Spurtiefen. Da die Spurtiefe ein (auch im Hinblick auf spätere Modellierungen) einfach zu erfassender Parameter ist, wurde sie mit den anderen Kennwerten korreliert. Der Zusammenhang zwischen der Spurtiefe und der Spannungsverteilung ist hier nicht sehr eng, da Spannungsmessungen in der Praxis deutliche Schwankungen aufweisen und daher einer größeren Wiederholungszahl bedürfen. Engere Beziehungen lassen sich für die max. horizontale und vertikale Sensorbewegung nachweisen. Mit steigenden Spurtiefen (Radlasten) wird der SST im lockeren Boden stärker bewegt. Die Bewegungen des Sensors im Boden deuten eine Bodenbeanspruchung an. Dies wird durch die sich ändernde Lagerungsdichte, die nach drei Befahrungen durch Stechzylinderbeprobung ermittelt wurde, bestätigt.

Schlussfolgerung:

Spannungsmessungen erlauben nur Aussagen zur aktuellen Belastungssituation. Deformationsmessungen ermöglichen Abschätzungen der tatsächlichen Bodenbeanspruchung. Belastungs-/Beanspruchungsmodelle für den Bodenschutz sind denkbar, wenn diesen simultane Spannungs- und Deformationsmessungen in ausreichender Anzahl zugrunde liegen.

Literatur:

GRISSO, R.D., C.E. JOHNSON and A.C. BAILEY (1987): Soil compaction by continuous deviatoric stress. Trans., ASAE, Vol. 30, No. 5, pp 1293 - 1301
 JOHNSON, C.E. and E.C. BURT (1990): A method of predicting soil stress state under tires. Trans., ASAE, Vol. 33, No. 3, pp 713 - 717
 NICHOLS, T.A., A.C. BAILEY, C.E. JOHNSON and R.D. GRISSO (1987): A stress state transducer for soil. Trans., ASAE, Vol. 30, No. 5, pp 1237 - 1241B

**Sickerwasserqualität gedüngter und ungedüngter
Kippsubstrate des Braunkohlenbergbaus**

von

Laves, D.⁺ und J. Thum⁺⁺

1. Einleitung

Der Braunkohlenbergbau in den neuen Bundesländern hat 1260 km² Fläche in Anspruch genommen. Dieser Eingriff in die Landschaft führte in den betroffenen Gebieten zu einem angespannten Wasserhaushalt. Durch intensive landwirtschaftliche Nutzung kamen weitere Belastungen hinzu. Gülleentsorgungsprobleme auf Kippenflächen durch die Betreibung einer industriemäßigen Schweineproduktionsanlage südlich von Leipzig waren der Anlaß, die Bodenwasserqualität von ungedüngten und güllebehandelten Kippsubstraten mit Hilfe von Lysimetern zu untersuchen.

2. Material und Methoden

Die Lysimeteranlage besteht aus Schwerkraft-Lysimetern, die aus geeigneten Betonfertigteilen zusammengesetzt und auf Ortbeton-Fundamenten montiert worden sind (Tiefe: 2 m, Oberfläche: 0,785 m²/Gefäß). Über einer Kiessohle wurden repräsentative Kippsubstrate eingeschichtet

- tertiärer Kohlesand, neutralisiert durch Einmischung von Braunkohlenfilterasche bis 1 m Tiefe
- pleistozäner Kalklehm der Saaleeiszeit über 1 m tertiärem Kohlelehm

Behandlung:

- Güllegaben (kg Gesamt-N · ha⁻¹ · a⁻¹) : 0, 400, 800, 1200 (davon ≈ 70 % NH₄-N);
Gaben geteilt (Mai, September)
- Fruchtfolge: Futterroggen-Silomais

Alle 2 x 4 = 8 Kombinationen (Bodensubstrate, Behandlung) sind 4fach wiederholt (32 Gefäße) und vollständig randomisiert. Das Sickerwasser wurde vierteljährlich analysiert.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Elementgehalte des Sickerwassers

Gülle zu Kohlesand hat den Nitrat-, Kalium-, Kalzium-, Natrium- und Chlorid-Gehalt des Sickerwassers signifikant erhöht, insbesondere bei Gaben von > 400 kg · ha⁻¹ · a⁻¹ N (Tab. 1). Der an natürlichen Böden nachgewiesene progressive Zusammenhang zwischen der Gülle-N-Gabe und dem NO₃-N-Gehalt des Sickerwassers besteht auch für die beiden untersuchten Kippsubstrate (Kohlesand: $y = 8 - 0,0027x + 0,000075x^2$, n = 16, B = 0,964⁺, Kalklehm: $y = 7 + 0,06224x + 0,000028x^2$, n = 16, B = 0,916⁺)

Die Verwitterung des Eisen(II)disulfids in den Kohlebeimengungen hat weit über dem Trinkwasser-Grenzwert liegende Sulfat-Gehalte zur Folge.

Die Kontamination des Sickerwassers von gleichbehandeltem Kalklehm unterschied sich mit Ausnahme niedrigerer Mg- und SO₄-Gehalte wenig von der Beschaffenheit der Kohlesand-Durchläufe.

⁺) Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig

⁺⁺) Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten, Albertstr. 10, 01097 Dresden

3.2. Elementfracht des Sickerwassers und Bilanzen

Verbessertes Pflanzenwachstum infolge der Düngung hat die Sickerwassermenge signifikant verringert. Kalklehm liefert erwartungsgemäß weniger Sickerwasser als Kohlesand, im Mittel der Güllegaben und Behandlungsdauer $75 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ (Tab. 2). Dadurch ergeben sich z.T. beträchtliche substratbedingte Unterschiede bei den Elementfrachten. Nach Abzug der Grundlast sind bei Kohlesand 8...20 %, bei Kalklehm 4...11 % der N-Gabe als $\text{NO}_3\text{-N}$ ausgewaschen worden. In der Gesamtbilanz fehlen bei den Prüfgliedern mit größerem Stickstoff-Überhang (= 800...1200 kg Gülle-N) $1/3$... $1/2$ der N-Gabe (Tab. 3). Nicht erfaßte gasförmige N-Verluste sowie eine > 20 cm tiefe reichende N-Akkumulation sind dafür mögliche Erklärungen. Kohlesand weist gegenüber Kalklehm stärkere N-Defizite auf (Tab. 3). Gülleapplikation hat auf den Phosphoraustrag keinen nachweisbaren Einfluß gehabt. Dennoch fehlen $1/3$ bis $> 1/2$ der P-Gabe in der Bilanz. Mögliche Ursachen der Bilanzdifferenz sind

- P-Fixierung (unlöslich im Ammoniumlaktat-Essigsäure-Extrakt)
- P-Verlagerung in Bodenschichten unterhalb 20 cm Tiefe.

In der K-Bilanz sind die Defizite mit $< 1/3$ der K-Gabe relativ gering, was auf den Luxusverbrauch der Pflanzen zurückgeht.

4. Folgerungen

N-Auswaschung bei mehr oder weniger kohlehaltigen Kippsubstraten ist in den ersten Anwendungsjahren bei hohen Güllegaben niedriger als bei vergleichbaren Ackerböden (KRAMER 1982, MUELLER 1988). Kippenstandorte sind zu Beginn ihrer Bodenentwicklung "N-Senken" (STEYER 1988). $\text{NH}_4\text{-N}$ wird in beträchtlichem Umfang von Kohlepartikeln sorbiert (SCHULZ u.a. 1985, LAVES u.a. 1988). Sobald die standörtlichen Bedingungen eine biologische Oxidation zulassen, ist mit zügiger Nitratbildung und -auswaschung zu rechnen (REEDER 1988). Die Möglichkeiten einer Denitrifikation in und unterhalb der Aerationzone kohlehaltiger Kippen sind vorläufig ungeklärt. An Kohle gebundener Sulfid-Schwefel muß jedoch als Denitrifikationsquelle in Betracht gezogen werden.

5. Literatur

- KRAMER, D.: Richtlinien zum Schutz der Wasserressourcen beim Gülleinsatz in der Pflanzenproduktion. - Inst. f. Wasserwirtschaft, Abt. Grundwasserschutz. - Berlin, 1982
- LAVES, D. ; THUM, J.: Nährstoff-Akkumulation und - Löslichkeit bei Behandlung von Kippsubstraten mit Gülle.
In: Archiv Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. - Berlin 32(1988)11. - S. 713-720
- MUELLER, K.: Untersuchungen zum Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumeintrag in das Grundwasser nach Gülledüngung. In: Acta hydrochim. hydrobiol. - Berlin 16(1988)4. - S. 397-405
- REEDER, J.D.: Transformations of nitrogen - 15-label fertilizer nitrogen and carbon mineralization in incubated coal mine spoils and disturbed soil. In: Journal of Environment Quality. - Madison 17(1988)2. - S. 291-299
- SCHULZ, F.: Untersuchungen zum Migrationsverhalten von $\text{NH}_4\text{-N}$ in der Aerationzone tertiärer Kippböden bei differenzierten Abwasserbelastungen und Ascheanteilen im Bodensubstrat. - Inst. f. Wasserwirtschaft. - Berlin, 1985
- STEYER, D.: Schätzungen der Stickstoffauswaschung aus oberflächennahen Bodenschichten unter differenzierten Boden- und Nutzungsarten im Lockergesteinsbereich. WWD Obere Elbe-Neiße. Lauchhammer-West 1988.

Tabelle 1: Elementgehalte des Sickerwassers ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) im Verlauf 4jähriger
Güllebehandlung von Kipp-Kohlesand

Merkmale	Gülle - N - Gabe [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$]				GD
	0	400	800	1200	
NO ₃ -N	6	23	51	116	13
NH ₄ -N	3,1	9,2	8,8	9,0	n.s.
PO ₄ -P	1,2	1,7	1,7	1,4	0,5
K	119	152	182	210	86
Ca	425	434	463	511	66
Mg	148	163	160	166	n.s.
Na	34	56	62	64	15
Cl	20	41	44	65	15
SO ₄ -S	886	1069	1085	824	n.s.

Tabelle 2: Sickerwassermenge im Verlauf 4jähriger Güllebehandlung

	Kohlesand						Kalklehm					
	Gülle - N - Gabe [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$]											
	0	400	800	1200	x	GD	0	400	800	1200	x	GD
Hydraulische Belastung ($\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$)	649	659	673	680			649	660	676	684		
Durchlauf ($\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$)	252	209	200	222	<u>221</u>	19	213	119	132	122	<u>146</u>	29

Tabelle 3: N-Bilanz nach 4jähriger Güllebehandlung ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 4\text{a}^{-1}$) (Bodenakkumulation, Pflanzenentzug und Auswaschung als Nettoangabe, "behandelt" minus "unbehandelt")

	Kohlesand					Kalklehm				
	Gülle-N-Gabe [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$]									
	0	400	800	1200	GD	0	400	800	1200	GD
N - G a b e	0	1600	3200	4800		0	1600	3200	4800	
- Bodenakkumulation ¹⁾	(1200) ²⁾	360	750	1110	420	(1860)	600	840	1440	420
- Pflanzenentzug	(120)	265	531	598	456	(199)	641	985	1221	297
- Auswaschung ³⁾	(64)	133	345	968	94	(60)	58	299	516	95
- Bilanzdifferenz		-842	-1574	-2124			-301	-1076	-1623	

1) 0...20 cm Bodentiefe

2) Bruttoangabe in Klammern, "unbehandelt"

3) $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\text{NH}_4\text{-N}$ unberücksichtigt, Prüfgliedeffekt $< 40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 4\text{a}^{-1}$)

Tiefenverteilung von Schwermetallen in zwei verschiedenen Böden als Folge langjähriger Klärschlammgaben

von

Lübben, S.⁺, E. Rietz⁺⁺ und D. Sauerbeck⁺⁺⁺

Klärschlammdüngung in der Landwirtschaft hat zwar den Vorteil, Nährstoffe im Kreislauf zu führen und Deponiekapazitäten einzusparen, bringt jedoch das Problem der möglichen Schadstoffanreicherungen in Böden und ggfs. Pflanzen sowie die Gefahr der Schadstoffverlagerung in den Untergrund oder ins Grundwasser mit sich (EL BASSAM und TIETJEN 1977, 1980, LUX 1986, FIEDLER und RÖSLER 1988, MCGRATH 1983). Um eine Schwermetallverlagerung unter Feldversuchsflächen mit langjähriger Klärschlammdüngung feststellen zu können, wurden die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen angestellt.

Material und Methoden

Zwei in Braunschweig seit 1971 laufende Klärschlammdüngungsversuche wurden von 1980 bis 1991 jährlich mit 5 bzw. 15 t Klärschlamm, zum einen schwermetallarm, zum anderen mit Schwermetallgehalten, die etwa die doppelten der nach alter Klärschlammverordnung (KSVO 1982) zulässigen Gehalte aufwiesen gedüngt.

Die saure Braunerde weist einen pH-Wert von ca. 5,5 und ein C/N-Verhältnis von ca. 18 auf und wird erst seit ca. 40 Jahren als Ackerland genutzt (davor Buchenwald). Die Parabraunerde hat einen pH-Wert um 6,5, ein C/N-Verhältnis von ca. 10 und wird seit Jahrhunderten als Acker genutzt. Bis zu einer Tiefe von 45cm kann die Korngrößenverteilung beider Böden wie folgt charakterisiert werden: 8 % T, 3 % fU, 10 % mU, 34 % gU, 17 % fS, 23 % mS und 4 % gS. In größerer Tiefe steigt der Sandanteil auf 73 % und der Tonanteil auf 10 % an.

Die normale Grundbodenbearbeitung erfolgte bis 15cm Tiefe mit der Fräse, es wurde jedoch auch einmal bis 22cm Tiefe gepflügt. In den ersten Versuchsjahren wurde auf der sauren Braunerde eine 30cm tief arbeitende Spatenmaschine eingesetzt. Die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge liegt bei 628mm, die potentielle Verdunstung bei 567mm. Den Parzellen wurden per Pürkhauer Bodenproben bis 90cm Tiefe entnommen. Jedem hier dargestellten Wert liegt eine Mischprobe von 20 Einschlägen zugrunde. Die Schwermetallbestimmung erfolgte im Königswasseraufschluß, die Cd-Messung atomabsorptionsspektrometrisch, die der anderen Metalle und des Phosphors plasmaemissionsspektrometrisch. Der statistische Vergleich erfolgte mittels t-Test bei P = 5%.

Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 und 2 sind die Schwermetallgehalte der untersuchten Schichten beider Böden wiedergegeben. Auf die Darstellung der Variante "5t belasteter Klärschlamm pro Jahr" wurde wegen der besseren Übersichtlichkeit verzichtet, sie würde etwa der Variante "15t gering belasteter Klärschlamm" entsprechen. Aus dem gleichen Grunde wurde auch auf die Angabe signifikanter Unterschiede in den oberen beiden Schichten verzichtet. In allen Fällen liegen die Schwermetallgehalte der beiden Varianten mit 15t Klärschlamm in den Tiefen 0-15cm und 15-30cm signifikant über denen der entsprechenden Kontrollvarianten (einzige Ausnahme Pb in Variante "15t unbelasteter Schlamm" in Tiefe 15-30cm).

⁺) Umweltbehörde Hamburg, LB-HSR, Bullerdeich 19, 20537 Hamburg - ⁺⁺) FAL, Inst. f. Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig - ⁺⁺⁺) Bonhoeffer Weg 6, 38116 Braunschweig (chem. Leiter des Inst. f. Bodenkunde und Pflanzenernährung)

Durch die Verwendung größerer Mengen schwermetallbelasteten Klärschlammes wurden die Schwermetallgrenzwerte für Böden (KSVO 1992) in der Krume (0-15cm) bei den Elementen Cd, Zn, Cu, Pb und Cr erreicht und zumeist deutlich überschritten. Auch in der nächsttieferen Schicht (15-30cm), in welche durch tiefere Bearbeitung gelegentlich Schwermetalle eingemischt wurden, wurden in einigen Fällen die Cd-, Zn- und Cu-Grenzwerte für Böden überschritten. Auch beim Einsatz von nicht künstlich mit Schwermetallen angereicherem Klärschlamm in großen Mengen wurde der Cd- und Zn-Grenzwert für Böden auf der sauren Braunerde in den oberen beiden Schichten überschritten. Nur bei Aufbringung von 5 t/a wenig belastetem Klärschlamm wird auch nach etlichen Jahren noch keiner der Grenzwerte erreicht.

Hierbei ist darauf hinzuweisen, daß diese Menge immer noch dreimal höher ist, als die laut Klärschlammverordnung (KSVO 1992) maximal zulässige Menge. Bei Einhaltung der zulässigen Mengen wäre die Schwermetallanreicherung in der Krume nochmals um den Faktor drei geringer.

Der Vergleich der Schwermetallgehalte der Kontrollvarianten beider Böden zeigt, daß die Parabraunerde eine tendentiell höhere Ausgangsbelastung aufweist. Ob dieses auf die jahrhundertelange Nutzung der Fläche als Ackerland im Vergleich zur Waldnutzung der sauren Braunerde zurückzuführen ist, kann nicht geklärt werden.

Wie die Abbildungen 1 und 2 zeigen, wiesen beide Böden bei beiden Varianten mit 15 t Klärschlamm, also belasteter und wenig belasteter Klärschlamm, in der Schicht 30-45cm signifikant höhere Cd-, Zn-, Ni- und Cu- Gehalte auf als die entsprechenden Kontrollen. Gleiches trifft auch für Cr in der Parabraunerde und für die Variante "15 t belastet" in der sauren Braunerde zu. Ein signifikanter Pb-Eintrag in Schichten unterhalb von 30cm Tiefe fand dagegen nicht statt. Erwähnenswerte Schwermetalleinträge in Tiefen unterhalb von 45cm erfolgten in keinem Fall.

Aus Tabelle 1 ist zu ersehen, daß die Verteilung von Gesamtkohlenstoff und Phosphor in den verschiedenen Schichten denen der Schwermetalle entspricht. Wie bereits Untersuchungen von DIEZ und KALBFUS (1991) zeigten, ist auch in den eigenen Versuchen bei diesen Elementen ein starker Rückgang vom Bearbeitungshorizont über die direkt darunterliegende Schicht zum Unterboden erkennbar. Die statistische Untersuchung weist nur für die beiden Schichten des Bearbeitungshorizontes (0-15cm, 15-30cm) signifikante Unterschiede im P-Gehalt zwischen Kontrolle und der Variante "15 t belasteter Schlamm" auf. Diese C- und P- Ver-

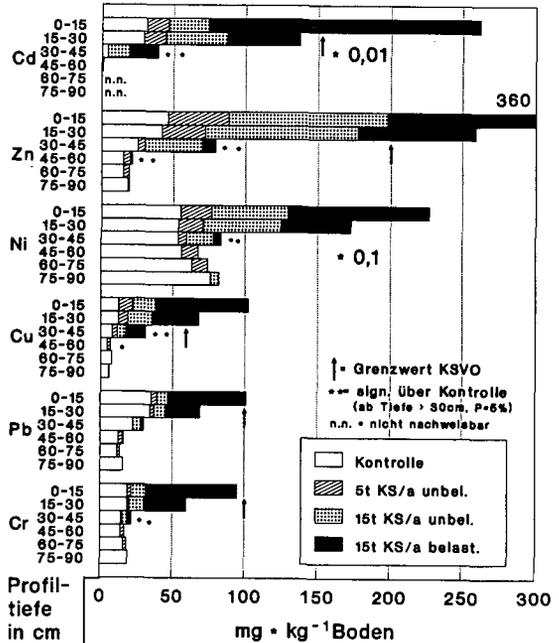


Abb. 1: Schwermetallverteilung im Bodenprofil der Parabraunerde

teilung kann einen Einfluß auf die Bindungsstärke der Schwermetalle und somit auf deren Langzeitverhalten haben.

Um eventuell vorhandene element- und bodenspezifische Unterschiede in der Schwermetallverteilung herauszufinden, wurde die Anreicherung in der Krume und in der Schicht 30-45cm berechnet. Die Anreicherung in der Schicht 30-45cm wurde als Relativzahl zur Anreicherung in der Krume ausgedrückt. Es zeigte sich, daß in der sauren Braunerde eine geringere Tiefenverlagerung der Schwermetalle erfolgte als in der Parabraunerde. Die Verlagerung der Elemente Pb und Cr war stets deutlich geringer als die der anderen Elemente.

Die Tatsache, daß unterhalb von 45cm Tiefe keine Schwermetallanreicherung mehr zu finden ist, erlaubt die Aussage, daß in den vorliegenden Versuchen keine nennenswerte Verlagerung stattgefunden hat.

Für Cd, Zn, Ni und bedingt auch Cu wurde jedoch eine geringfügige Tiefenverlagerung in die Schicht 30-45cm gefunden. Laut HERMS und BRÜMMER (1978a, 1984) ist mit einer Tiefenverlagerung von Pb und Cr nicht zu rechnen, solange der pH-Wert nicht unter 4,5 absinkt. Diese Aussage wird durch die eigenen Ergebnisse bestätigt. Der pH-Wert-Unterschied zwischen der sauren Braunerde (pH 5,5) und der Parabraunerde (pH 6,5) hatte keinen Einfluß auf die Verlagerung von Pb und Cr.

Als Ursache für eine Tiefenverlagerung könnten zwei Möglichkeiten angeführt werden: Zum Einen die Verlagerung zusammen mit Bodenpartikeln durch Zuschlammung von Wurzelkanälen und Regenwurmgingen, durch Bioturbation oder durch Tonverlagerung als bodengenetischen Prozeß. Dieses würde jedoch eine gleichmäßige Verlagerung aller Schwermetalle bewirken, was anhand der vorliegenden Daten nicht bestätigt wird. Die Tonverlagerung würde zwar eine elementabhängige Verlagerung denkbar erscheinen lassen, sie ist jedoch wegen der Kürze der Versuchsdauer (max. 18 Jahre) noch nicht zu erwarten. In stichprobenartigen Untersuchungen konnte, im Gegensatz zu Ergebnissen von HÄNI et al. (1981), zudem eine Korrelation zwischen Ton- und Schwermetallgehalten der Böden nicht gefunden werden.

Die zweite Möglichkeit ist die Verlagerung in gelöster Form. Nach HERMS und BRÜMMER (1978b) kann die Löslichkeit von Schwermetallen bei hohen pH-Werten durch lösliche organische Komplexe stark erhöht werden, wobei hier Cu an erster Stelle steht. Dieses könnte die relativ starke Cu-Einlagerung in die Schicht 30-45cm der Parabraunerde erklären.

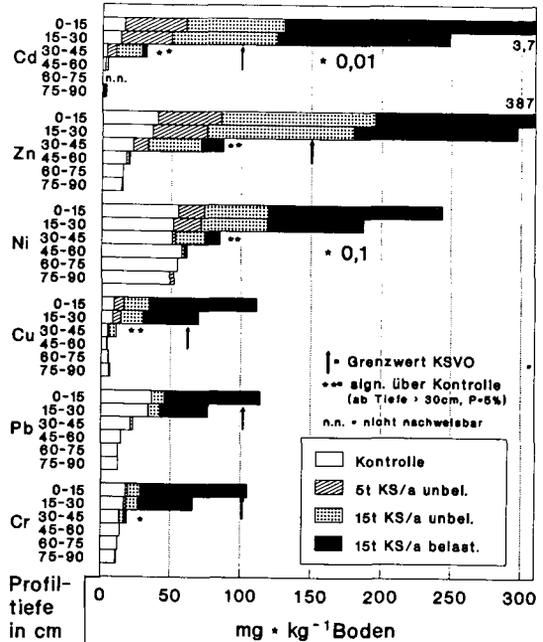


Abb. 2: Schwermetallverteilung im Bodenprofil der sauren Braunerde

HERMS und BRÜMMER (1984) zeigten, daß die Cd-, Zn-, Ni- und Cu-Löslichkeit in Böden höher ist als die von Pb (Cr wurde nicht untersucht). Auch GELBERT (1992) berichtet von einer signifikanten Verlagerung von Cd, Zn und Cu bis in 50cm Tiefe, sie findet jedoch nur eine sehr geringe Pb-Verlagerung. DIEZ und KALBFUS (1991) finden eine für alle untersuchten Schwermetalle annähernd gleichsinnige Tiefenverlagerung bis in 70cm Tiefe. Trotzdem gehen sie davon aus, daß die Schwermetallverlagerung in komplexierter Form mit der wasserlöslichen Fraktion der organischen Bodensubstanz erfolgte und nicht über Verlagerung zusammen mit Bodenpartikeln. LÜBBEN und RIETZ (1989) hingegen begründen die gleichmäßige Verlagerung aller untersuchten Schwermetalle, die sie in verschiedenen Feldversuchen fanden mit der Tiefenverlagerung von Bodenpartikeln durch Bioturbation.

Tab. 1: Gesamtkohlenstoff- und Phosphorverteilung in den Profilen

Boden	Element	Variante	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90
Para- braun- erde	Kohlen- stoff (%)	Kontrolle	0,8	0,8	0,4	0,2	0,1	0,2
		15 t belast.	1,7	1,3	0,6	0,2	0,1	0,1
	Phosphor (mg·kg ⁻¹)	Kontrolle	651	684	402	194	146	155
		15 t belast.	1783	1461	615	201	120	118
saure Braun- erde	Kohlen- stoff (%)	Kontrolle	1,7	1,5	1,0	0,5	0,2	0,1
		15 t belast.	2,5	2,0	0,9	0,3	0,1	0,1
	Phosphor (mg·kg ⁻¹)	Kontrolle	496	462	223	124	89	80
		15 t belast.	1762	1380	352	112	81	65

Nach Untersuchungen von McGRATH (1983, 1985, 1987) und McGRATH und LANE (1989) werden nur sehr geringe Schwermetallanteile (unter 1%) aus der Krume klärschlammgedüngter Böden in die darunterliegende Schicht verlagert. Alle Schichten unterhalb von 46cm werden als unbelastet eingestuft. Die Autoren halten eine Schwermetallauswaschung in tiefere Schichten als die in ihren Versuchen beprobten (bis 76cm) für unwahrscheinlich. Als Ursache für den Schwermetalleintrag in die Schicht unterhalb des Bearbeitungshorizontes wird die Bioturbation vermutet.

Resultat

Durch Klärschlammdüngung kann es zu Schwermetallanreicherungen in der Krume kommen. Eine Tiefenverlagerung der Schwermetalle durch Verlagerung von Bodenteilchen oder aber in gelöster Form findet nur bis 45cm statt, tiefere Schichten bleiben unbelastet.

Literatur

DIEZ, T.; KALBFUS, W. (1991): *Agribiological Research*, **44**, (1), 23-29 / EL-BASSAM, N.; TIETJEN, C. (1977): *Landwirtsch. Forsch.*, **30**, (2), 147-159 / EL BASSAM, N.; TIETJEN, C. (1980): *Landbauforschung Völkensrode*, **30**, (1), 51-78 / FIEDLER, H.J.; RÖSLER, H.J. (1988): *Spurenelemente in der Umwelt*. Enke-Verlag Stuttgart / GELBERT, G. (1992): *Dissertation*, Gießen, 181 S. / HÄNI, H.; GUPTA, S.; A. SIEGENTHALER, (1981): *Landw. Forsch.*, **38**, 314-323 / HERMS, U.; G. BRÜMMER, (1978a): *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, **27**, 23-34 / HERMS, U.; G. BRÜMMER, (1978b): *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, **27**, 181-192 / HERMS, U.; G. BRÜMMER, (1984): *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, **147**, 400-424 / KSVÖ (1982): *Klärschlammverordnung*. *Bundesgesetzblatt*, Teil I, 734-739 / KSVÖ (1992): *Klärschlammverordnung*. *Bundesgesetzblatt*, Teil I, 912-934 / LÜBBEN, S.; E. RIETZ (1989): *VDLUFASchriftenreihe* **30**, 268-272 (Kongreßband 1989) / LUX, W. (1986): *Hamburger Bodenkundl. Arbeiten* **5** / MCGRATH, S.P. (1983): *In: Heavy metals in the environment*, Edinburgh, UK, Vol.I, 397-399 / MCGRATH, S.P. (1985): *In: Heavy metals in the environment*, Athens, Vol. 1, 339-341 / MCGRATH, S.P. (1987): *In: COUGHTREY, P.J. et al. (eds.): Pollutant transport and fate in ecosystems*, 301-317 / MCGRATH, S.P.; LANE, P.W. (1989): *Environmental Pollution*, **60**, 235-256

Bodenphysikalische Parameter

Die Bestimmung der Lagerungsdichte, der Porenvolumina und der Porenverteilung erfolgte durch die Bestimmung der pF-Charakteristik an Stechzylinderproben durch die Drucktopfmethode. Die untersuchten Druckstufen entsprachen pF 2,0; 2,3; 2,5; 2,8; 3,0; 3,7; und 4,2.

Die Stechzylinder-Beprobung der einzelnen Schläge wurde an jeweils 4 Stellen, in fünffacher Wiederholung je beprobtem Tiefenabschnitt durchgeführt.

Die gepflügten Parzellen wurden in den Tiefenabschnitten 0-10 cm und 25-30 cm, die nicht wendend bearbeiteten Vergleichsflächen in den Schichten 0-10 cm, 10-15 cm, 20-25 cm und 25-30 cm beprobt. Die varianzanalytische Verrechnung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe des Scheffé-Testes mit einer Wahrscheinlichkeit von 95%.

3. Ergebnisse

Bodenbiologische Parameter

Regenwurmbesatz

Die Anzahl der Regenwürmer auf den ungepflügten Flächen unterscheidet sich signifikant von dem Regenwurmaufkommen auf den gepflügten Flächen.

Auf dem Versuchsfeld B konnten auf der ungepflügten Parzelle im Mittel 37,3 auf der gepflügten 12 Regenwürmer je m² gefunden werden.

Noch deutlicher traten die Unterschiede auf dem Versuchsfeld C auf. Hier betrug die durchschnittliche Anzahl der Regenwürmer auf den ungepflügten Parzellen 41,6 und auf den gepflügten 9,6 je m². In der Abbildung 1 ist die Anzahl der gefundenen Regenwürmer beider Varianten jeweils im Vergleich für alle 6 Probenahmestellen von Feld C dargestellt.

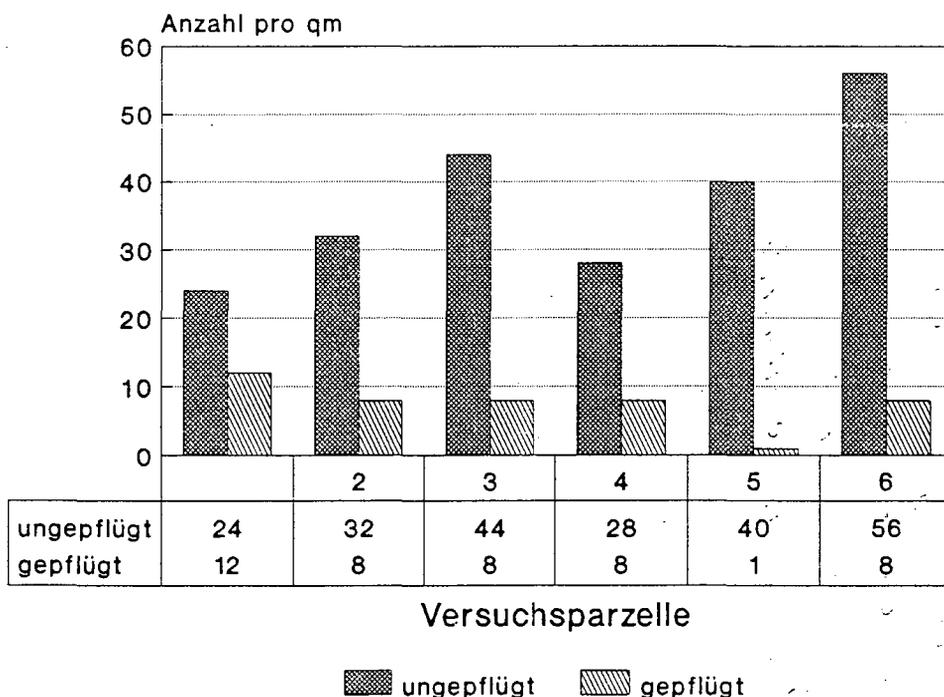


Abb.1: Regenwurmbesatz der ungepflügten und gepflügten Flächen (Feld B)

Lebendgewichte der Regenwürmer

Entsprechend den Regenwurmbesätzen verhalten sich die Regenwurm-Gewichte je m². Sie liegen auf den ungepflügten Flächen bei durchschnittlich 80,3g je m², auf den gepflügten Flächen bei 13,2g je m². Der Unterschied in diesem Merkmal ist ebenfalls mit 95 %iger Wahrscheinlichkeit statistisch signifikant.

Das Einzellebendgewicht der Regenwürmer zeigte hingegen einen deutlicheren Einfluß der Fläche als

Buttlar, H. B. v., H. Sprätz, H. Wildhagen
u. B. Meyer, 1993: Langzeitversuch mit
nicht wendender und herkömmlich fort-
geführter Bodenbearbeitung einer in-
tensiv genutzten Sandlöß-parabraunerde. —
I. Vergleich der Aggregatstabilität. —
Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 72,
1125 - 1128

Eulenstein, F., B. Meyer, H. Sprätz u. B. Meyer,
1993: Langzeitversuch mit nicht wendender
und herkömmlich fortgeführter Bodenbe-
arbeitung einer intensiv genutzten Sand-
löß-parabraunerde. — II. Oberflächepo-
rung und Regenwürmer. — Mitteilgn. Dtsch.
Bodenkündl. Gesellsch. 72, 1149 - 1152

Hasselbauer, R., F. Antony u. B. Meyer,
1993: Beitrag des Wasserhaushaltes
von Hydropedotopen zur Bewertung
und Optimierung des N-Haushaltes
von Agrarökotopen. — Mitteilgn. Dtsch.
Bodenkündl. Gesellsch. 72, 1185 - 1188

Antony, F., R. Hasselbauer u. B. Meyer,
1993: Beitrag der N-Belastung von Land-
wirtschaftlichen Flächen zur Bewertung
und Optimierung des N-Haushaltes von
Agrarökotopen in Wasserschützgebier-
ten. — Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.
72, 1107 - 1110

Kommunaler Biomüll-Kompost, Rezyklierung, Bodenschutz

von

Meyer, B.

Die Kompostierung biogener organischer Abfälle aus Haushalten, Gärten und öffentlichem Grün wird durch die Abfall-Gesetzgebung, Verordnungen der Länder und die TA Siedlungsabfall besonders gefördert, weil man sicher zu sein glaubt, daß dies durch anderweitige Massen-Unterbringung in der Landschaft zu einer Streckung des knappen und teuren Deponieraumes beitragen würde oder daß sich durch die biologische Vorbehandlung organischer Massen eine umweltfreundlichere sackungsschwache Deponieführung unter Reduktion der atmosphärenschtädlichen Deponie-Abgase und der hydrosphärenschtädlichen Deponie-Eluate herbeiführen ließe.

Von den Kommunen in Auftrag gegebene Planungen zur Abfall-Entsorgung schließen meist mit Entwürfen für die zu errichtenden Kompostwerke, überlassen aber die "Unterbringung" der darin erzeugten Produkte - von "Verwertung" kann erst gesprochen werden, wenn deren Charakter als Wertprodukt, nicht als lediglich veränderter Abfall erwiesen ist - einem noch zu entwickelnden Marketing, dessen Kalkulationsbasis von meist nicht kostendeckenden Preisen bis hin zu erheblichen Zuzahlungen für die Abnahme reicht, gelegentlich aber auch ausgesprochen repressive Züge erkennen läßt. Landschaftsbau, Gartenämter, Landwirtschaft und Gartenbau, auch Schrebergärtner werden als potentielle Abnehmer ins Auge gefaßt.

Dabei nutzt die Absatzwerbung die Tatsache, daß "Kompost" hinsichtlich Qualität und Anwendung bei der Landanwendung zwecks Förderung der pflanzlichen Produktion oder Bodenfruchtbarkeit nicht deklariert werden muß. Er ist lediglich unzureichend durch den Prozeß seiner Entstehung definiert. Dies erlaubt, dem Produkt zumeist ohne Fundierung und unter Ausnutzung der im Volk verbreiteten positiven, z. T. aus einer historisch gewachsenen Kompostmystik herrührenden Einstellung unbedenklich alles das nachzurühren, was jemals an möglichen Wirkungen und Eigenschaften von Komposten anderer Provenienz bekannt geworden ist, die als Nähr-, Belebungs-, Mulch-, Struktur oder Substratkomposte eingesetzt werden. Mögliche Schadwirkungen wie z. B. zu hohe Salzgehalte werden dabei meist verschwiegen oder durch entsprechende Rezepturen überspielt. - Die nicht zuletzt an das Gewissen des Gartenabfälle liefernden Bürgers rührenden Rezyklierungsappelle, ihre zur Kompostierung gegebenen organisch gebundenen Nährstoffe wieder zurückzunehmen, führen häufig mangels richtigen Mengenverständnisses zu einer beträchtlichen Überziehung des Ökobilanz-Saldos.

*Inst. f. Bodenwissenschaft, von Siebold-Str. 4, 37075 Göttingen

An der Schnittstelle zwischen den kommunalen Produzenten und den ländlichen Abnehmern von Biomüll-Kompost hat in Zukunft der Agrar- und Ökopedologe im Interesse des Boden-, Biotop- und Landschaftshaushaltsschutzes die Funktion der Steuerung und Kontrolle, aber auch der rückwirkenden Einflußnahme auf den Prozeß der Kompostierung zwecks Sicherung einer akzeptablen ökologischen Qualität des Produktes zu erfüllen.

Zu dieser Forderung führen Erkenntnisse aus Untersuchungen, die seit 6 Jahren an kommunalen und modellmäßig erzeugten Biomüll-Komposten im Labor, in Feld-Applikations- und in Wuchssubstrat-Versuchen durchgeführt worden sind. Sie haben etliche bedenkliche Möglichkeiten für Belastungen und Schädwirkungen von Pflanze und Boden erkennen lassen, die sowohl bei der Biomüll-Sammlung wie bei dessen Kompostierung entstehen.

Die heute mit Biomüll und Grünflächen-Abfällen bei meist kleinem C/N-Verhältnis betriebenen Kompostierungsverfahren stellen bei der vorgegebenen Zielsetzung einer nicht definierbaren "Reife" überwiegend intensive biologische Verbrennungsverfahren dar, bei denen unter Ammonium- und Nitratfreisetzung Produkte mit 70 % TrM und mehr Mineral-Rückstandsmasse ("Bioasche") und nur 30 % TrM und weniger organischer Substanz entstehen, die in recht stark humifizierter Form an die Bioasche gebunden ist. Dem Kompostierungsprozeß zugeführte Drittel-Testgemische aus Grasschnitt, Laub und Holz mit 5 % TrM Glührückstand verlieren 98 % ihrer organischen Substanz (C u. N), um mit einem Rest von 2 % von aus dem biologischen Abbauprozeß entzogenen Huminstoffen ein Endprodukt mit 70 % Bioasche und 30 % Humus zu bilden. Unter diesem Aspekt ist zu fragen, ob in diesen Fällen nicht wahrheitsgetreuer von "Kompostasche" zu sprechen wäre und welche ökologischen Qualitätsunterschiede zwischen dieser biologischen Asche und den prozessierungsfähigeren thermischen Verbrennungsaschen bestehen.

Die Frage der relativen Vorzüglichkeit biologischer und thermischer Aschen wird sich besonders dann stellen, wenn die Verteilung von Biomüll-Kompost in der Landschaft aus geoökologischen Gründen unterbunden würde. Obwohl sich Biomüll-Komposte der genannten Art als biologisch stabilisierte Produkte, eventuell unter Anwendung von Kompressierungsverfahren, zur mechanischen Stabilisierung von Mülldeponien eignen, ist durch die TA Siedlungsabfall wegen zu hoher Gehalte an TOC eine Einbringung in Mülldeponien der in Zukunft allein zugelassenen beiden Typen nicht mehr möglich. Welcher Ausweg bleibt? (Spezial-Deponietyp?)

Es sei betont: Die getroffenen und noch zu treffenden Aussagen gelten für Organo-Massen-(biobulk)- und nicht unter Zusatz von Bodenmaterial erzeugte "Erd"-Komposte. Sie gelten für viele derzeit in Ausbringung befindliche kommunale Biomüll-Komposte, aber nicht für alle. Unterschiede im Grad primärer Mineralbeimischung, in der lokalen Herkunft der vegetativen Pflanzenteile, im Zeitpunkt des Rotte-Abbruchs und des Biomassen-Gemisches können erhebliche Qualitätsabweichungen bedingen, die einer Kontrolle zu unterwerfen sind.

Potentielle Schädwirkungen gehen nach dem jetzigen Kenntnisstand aus von

- 1) den in der Bioasche befindlichen hoch wasserlöslichen mineralischen und organischen Alkalisalzen ("Salzen")
- 2) den relativ mobilen, in der gering wasserlöslichen oxidisch-carbonatisch-silikatischen, hinsichtlich ihrer mineralogischen Beschaffenheit noch wenig erforschten Bioasche angereicherten Schwermetallen
- 3) den in den an die Asche gebundenen Huminstoffen akkumulierten Xenobiotica und komplexierten Schwermetallen
- 4) der bei Zufuhr organisch gebundenen Stickstoffs als Bemessungsgröße zunehmend unkontrollierbar werdenden N-Mobilisation agrarischer Böden.

Der Stand der Kenntnis ist bislang bei den Schwermetallen am größten. Nur hierzu sollen im folgenden Betrachtungen angestellt werden, zumal hier der dringendste und am schnellsten zu befriedigende Regelungsbedarf besteht.

Schließt man sich auch bei den Biomüll-Komposten der strengen auf den Klärschlamm bezogenen Forderung an, daß die Schwermetallgehalte auf den nach Oxidation der organischen Substanz und Abfuhr der Carbonate und löslichen Salze im Boden verbleibenden Mineralsubstanz (TOC-, carbonat- und eluatfrei) zu beziehen sind und fordert man darüber hinaus, daß diese Gehalte nicht höher sein dürfen als die Boden-Grenzwerte der Klärschlammverordnung oder - besser noch - als die gegenwärtigen Schwermetallgehalte der Böden, um Schwermetall-Anreicherungen zu vermeiden, so scheiden die meisten der heute zu verbringenden Biomüll-Komposte für die Agrarflächen-Anwendung aus.

Die Suche nach der Herkunft dieser S-Metall-Last am Modellfall Stadt- und Landkreis Göttingen hat den Hinweis geliefert, daß weniger der Müll der privaten Haushalte als die mengenmäßig etwa gleichen Abfälle des öffentlichen und privaten Grüns als die Träger anzusehen sind. Hierbei spielen die durch Staub- und Aerosol-Eintrag gebildeten S-Metall-Filme auf der Pflanzenoberfläche eine geringe Rolle gegenüber den durch die Pflanze aus den Böden aufgenommenen S-Metallen.

Die kommunalen Grünabfälle werden u. a. in Zonen erzeugt, die um die mittelalterlichen Stadtkerne herum liegen und - gemäß dem Modell v. Thünens ("Der isolierte Staat") - mitunter ein Jahrtausend lang als 1. Zone der agrarischen Intensivnutzung (Gärten, Milchvieh, Obst) einer oft gewaltigen Konzentrierung von mineralischen Nährstoffen, aber auch S-Metallen aus den hier ausgebrachten Massen an urbanen Abfällen, Holzasche, Mist, Kompost, Fäkalien und Kadavern ausgesetzt worden sind. Gleiches gilt für die ortsnahen Eschflächen der Dörfer. Die Zusammensetzung der S-Metalle spiegelt etwa die in der ferneren Waldumgebung

vorgegebene lithogene wider. Die erstaunlich hohe pflanzliche Aufnehmbarkeit scheint mit der biologischen Passage über Rotteprozesse zusammenzuhängen.

Es läuft nun den Interessen des Bodenschutzes zuwider, wenn durch Dispersion der heute von solchen Flächen stammenden Komposte in der Landschaft eine "Entsorgung" von Altlasten stattfindet. Auf solchen Flächen sollte standortfixes Recycling stattfinden, wobei statt der heute aus Transportgründen bevorzugten Biomassen - die Erdkompostierung ihre Vorzüge hat.

Auf jeden Fall muß der Entscheidung über eine rezyklierende Grünabfall-Entsorgung die Erstellung eines urbanen Schwermetallkatasters vorausgehen, wenn man vermeiden will, daß die kompostierende Entsorgung von Kommunen wegen unzulässiger Produktqualitäten in eine Sackgasse führt.

Bodenschutzkonzepte in Österreich

von

Nestroy, O.

Zu den Umweltbegriffen und -schlagworten Luft und Wasser kam im letzten Jahrzehnt erfreulicherweise auch der Begriff Boden hinzu, dessen Dimension und Bedeutung allmählich von der Gesellschaft erkannt wird. So ist der Boden im biogenem Sinne die erste Kontaktstelle zwischen Atmosphäre und Lithosphäre, die dünne Haut unseres Planeten, durch die u.a. rd. 80% des Wassers, das wir benötigen, hindurchgeht. Wir haben ferner erkannt, daß der Boden eine begrenzt vorhandene, kaum vermehrbare und kaum zu reinigende Ressource darstellt, die in zunehmendem Maße vielfachen Belastungen ausgesetzt wird. So ist Bodenschutz ein Gebot der Stunde, da allein in Österreich, das eine Gesamtfläche von rd. 84.000 km² aufweist, pro Tag rd. 30 ha versiegelt werden und damit einer land- und forstwirtschaftlichen Nutzung verloren gehen.

Wohl gibt es auf dem Gebiet des Bodenschutzes Aktivitäten und Erfolge zu vermelden, so die Europäische Bodencharta des Europarates vom Jahre 1972, die jedoch kaum Beachtung oder Widerhall fand. Ferner sind an dieser Stelle noch die 1991 von Europarat verabschiedete Bodenschutzkonvention und das Memorandum Bodenschutz der DBG zu nennen.

In Österreich ist der Bodenschutz eine "Querschnittsmaterie", dies bedeutet, daß der Bund den Gesetzesrahmen vorgibt, die Länder dann die Gesetze und Verordnungen ausformulieren, beschließen und auch Sorge für deren Vollzug tragen müssen. Derzeit bestehen in den Bundesländern Burgenland, Nieder- und Oberösterreich, Steiermark und Vorarlberg (vgl. Abbildung 1) derartige

Abbildung 1: Einteilung Österreichs nach Bundesländern



— — — — —
Bundesländer mit Bodenschutzgesetzen und -verordnungen

Gesetze und Verordnungen, die logischerweise verschiedene Untersuchungsparameter und unterschiedliche Grenzzahlen beinhalten - so bis zur Einteilung von Klärschlamm und Müllkompost im Burgenland in zwei Klassen.

* Institut für Technische Geologie und Angewandte Mineralogie, Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz.

Tabelle 1: Gegenüberstellung einiger Bestimmungen österreichischer Bodenschutzgesetze und -verordnungen. NESTROY, O., 1993.

Gesetzliche Bestimmung	Bundesland	Burgenland	Niederösterreich	Oberösterreich	Steiermark	Vorarlberg
Zielsetzungen	Die nachhaltige Fruchtbarkeit zu erhalten und zu verbessern a) durch Schutz vor Schadstoffeinträgen, b) durch Verhinderung von Bodenabtrag (Bodenerosion) und Bodenverdichtung.	Die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit landw. Böden zu erhalten und zu verbessern, insbesondere durch o Schutz vor Schadstoffeinträgen; o Verhinderung von Boden-erosion und Bodenverdichtung.	Erhaltung des Bodens, Schutz der Bodengesundheit vor schädlichen Einflüssen, insbesondere durch Bodenverdichtung oder Schadstoffeintrag, sowie Verbesserung und Wiederherstellung der Bodengesundheit.	Schutz landw. Böden vor einem die Produktionskraft gefährdenden Schadstoffeintrag, Erhaltung einer nachhaltigen Bodenfruchtbarkeit und der Verhinderung von Bodenerosion und -verdichtung. Ferner soll der Bodenverzehr infolge Bau- und Siedlungstätigkeiten, der Errichtung von Verkehrs- und Industrieanlagen u. dgl. eingedämmt werden.	Haushälterischer Umgang mit dem Boden; jeder unnötige Bodenverbrauch ist zu unterlassen. Bei der Nutzung ist auf die dauerhafte Erhaltung eines funktionsfähigen Naturhaushaltes zu achten. Die Vielfalt von Natur und Landschaft soll gesichert werden. Für die Zukunft ist möglichst viel räumlicher Entwicklungs- und Gestaltungsspielraum offen zu halten.	
Untersuchungsparameter für landw. genutzte Böden, auf die Klärschlamm oder Müllkompost aufgebracht werden soll	Organische Substanz; pflanzenverfügbares Phosphat, Kalium, Magnesium; Carbonate, Kalkbedarf, austauschbare Ca, Mg, K, Na; lösliches Fe, Mn, Cu, Zn, B; Gesamtgehalte von Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg; pH-Wert, Dichte, Wassergehalt; bei Aufbringung von Müllkompost zusätzlich Leitfähigkeit.	Schwermetalle: Zn, Cu, Cr-gesamt; Pb, Ni, Cd, Hg; Bodenkennwerte: pH, P und K pflanzenverfügbar, Tongehalt, Kalkgehalt; austauschbares K, Ca, Mg, Na; P wasserlöslich, Mg pflanzenverfügbar, ges. P und N, heißwasserlöslicher N, organische Substanz.	pH-Wert, organische Substanz, Gesamt-N, NH ₄ -N, NO ₃ -N, P, K, Ca, Mg; Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn.	Pflanzenverfügbares Phosphat, Kalium und Magnesium, pH-Wert, Carbonate, Humus, Korngrößenverteilung, austauschbares Ca, Mg, K, Na; B, Cu, Zn, Mn, Fe; Pb, Cr, Ni, Co, Cd, Mo, Hg, As, F; polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Hexachlorbenzol, chlorierte Kohlenwasserstoffe; fakultativ: Triazinherbizid-rückstände, polychlorierte Biphenyle.	Nur für Klärschlamm-Böden: Bindigkeit, Salzgehalt, Kalkgehalt, Wassergehalt, Säureaktivität, Humusgehalt, C/N-Verhältnis, Kationen-Austauschkapazität, Kationenbelegung (Ca, Mg, K, H+ Al); pflanzenverfügbare Nährstoffe: Ca, Mg, K, P, NH ₄ , NO ₃ , Cl, SO ₄ ; Fe, Mn, Cu, Zn, B, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg; Gesamt-Pb, -Cd, -Cr-Ni, -Cu, -Hg, -Zn.	
Zulässige Grenzwerte für Schadstoffe im Boden	mg/kg Trockensubstanz: Zn 300 Cu 100 Cr 100 Pb 100 Ni 60 Cd 2 Hg 1,5	mg/kg Trockensubstanz: Zn 300 Cu 100 Cr-gesamt 100 Pb 100 Ni 50 Cd 2 Hg 2	mg/kg lufttrockener Boden: Zn 300 Cu 100 Cr 100 Pb 100 Ni 60 Cd 1 Hg 1	mg/kg Trockensubstanz: Zn 300 Cu 100 Cr 100 Pb 100 Ni 60 Cd 2 Hg 2 Co 50	mg/kg lufttrockener Boden: Zn 300 Cu 100 Cr 100 Pb 100 Ni 60 Cd 3 Hg 2	

Die Zielsetzungen sind erwartungsgemäß in den einzelnen Bundesländern ähnlich und beziehen sich, wenn man hier die Bestimmungen für Oberösterreich (vgl. Tabelle 1) als Beispiel heranziehen möchte, auf die Erhaltung des Bodens und der Bodengesundheit, Schutz des Bodens hinsichtlich Verdichtung, Erosion und Schadstoffeintrag sowie Verbesserung der Bodengesundheit. In ähnlichen Größenordnungen liegen auch die Untersuchungsparameter für landwirtschaftlich genutzte Böden, auf die Klärschlamm oder Müllkompost aufgebracht werden soll; dies gilt auch für zulässige Grenzwerte für Schadstoffe im Boden.

Bestimmungsmethoden und Festlegung von Grenzzahlen ist die eine Seite von Gesetzen und Verordnungen, die Hinterfragung der Zuverlässigkeit der ermittelten Daten die andere. So muß z.B. die Bindungsart der analysierten Elemente subtiler berücksichtigt werden: Die relative Ungefährlichkeit von Bariumsulfat einerseits und die Gefährlichkeit von Arsen, je nach Bindungsart. Dieses ist elementar ungiftig, hingegen steigt die Toxizität von organisch gebundenem zu anorganisch gebundenen Arsen bedrohlich (IRGOLIC, 1993). Hinzu kommen noch Fragen des Aufschlusses im Laboratorium und die entscheidende Frage, wieviel eines im Boden vorhandenen Stoffes die Pflanze aufzunehmen in der Lage ist. Ein weiterer noch ungelöster Fragenkomplex bezieht sich auf die Verteilung der in Frage kommenden Stoffe in der Pflanze, ausgehend von jenen Teilen, die wir als Nahrung zu uns nehmen.

Diese in aller Kürze dargelegten Gedanken lassen Grenzzahlen und die Diskussion über diese in einem anderen Lichte erscheinen.

Was können wir von den auf den Tabellen 1 und 2 angegebenen Grenzzahlen ableiten?

Tabelle 2: Zulässige Schwermetallgehalte für landwirtschaftlich verwendbaren Klärschlamm (mg/kg TS). SCHRUEDER, D. u. W.E.H. BLUM, 1992.

	Mo	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	Cd	Co	Hg	As	Mn
BRD		1200	3000	1200	200	1200	20	-	25	-	-
Dänemark		-	-	400	30	-	8	-	6	-	-
Finnland		3000	5000	1200	500	1000	30	100	25	-	3000
Frankreich		1500	3000	300	-	200	15	20	8	-	500
Holland		600	2000	500	100	500	10	-	10	10	-
Norwegen		-	-	300	-	-	15	-	7	-	-
Schweden		3000	10000	300	500	1000	15	50	8	-	-
Schweiz	20	1000	3000	1000	200	1000	30	100	10	-	-
Österreich	20	500	2000	500	100	500	10	100	10	20	-

Nicht, daß in dem einen oder anderen Land die bodenkundliche Forschung fortschrittlicher oder rückständiger ist, sondern daß eine distanzierte Skepsis angebracht erscheint, da es auf die Methoden, Bindungsformen, Aufnahmevermögen durch die Pflanze und Verteilung in dieser ankommt. Hier besteht noch ein gewaltiger Forschungsbedarf, um den Bodenschutz in dem ihm zustehenden Stellenwert zu festigen.

Wir haben schon ein gutes Stück des Weges der Gesetze und Verordnungen zurückgelegt und mit Optimismus kann und soll noch das restliche Stück zurückgelegt werden.

Literatur:

- Concil of Europe - Committee of Ministers (1972): European Soil Charter. Resolution (72) 19.
- Irgolic, K. (1993): Arsen im Boden. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., im Druck.
- Nestroy, O. (1993): Boden - empfindliche Haut unseres Planeten. Festschrift Helmut Riedl, Salzburger Geographische Arbeiten, Bd, 25, S. 105-115.
- Parliamentary Assembly of the Concil of Europe (1991): Resolution 219 on a Convention on Soil Protection; Straßburg.
- Schroeder, D. und W.E.H. Blum (1992): Bodenkunde in Stichworten. 5. Aufl., F. Hirt, Berlin-Stuttgart.

Auswirkung unterschiedlicher Nutzung und
Versiegelung auf den Jahresgang von Temperatur und
Feuchte in Stadtböden

von

Pagel, R., J. Bachmann und K.H. Hartge

1. Einleitung

Während über den Wärme-, Wasser- und Stoffhaushalt land- und forstwirtschaftlich genutzter Böden zahlreiche Kenntnisse vorliegen, ist der Wissensstand bei Stadtböden bisher eher gering. Doch gerade im innerstädtischen Bereich ist bei kleinräumigem Wechsel stark verschiedener Nutzungen bzw. Versiegelungsgrade der Bodenoberfläche von Änderungen der Randbedingungen und Prozesse auszugehen. Hier existieren aber nur wenige Angaben, beispielsweise zu speziellen, lokal begrenzten Vorgängen im Straßenrandbereich (SPEERSCHNEIDER 1992) oder Untersuchungen im Labor und an neu angelegten, kleinräumigen Lysimetern (WESSOLEK et al. 1990).

Um die Beeinflussung des Wärme- und Wasserregimes auch in situ systematisch zu untersuchen, werden seit 1990 im Stadtgebiet von Hannover neun stationäre Meßstellen betrieben (HARTGE et al. 1991). Ihre Anlage erfolgte auf großräumigen Flächen einheitlicher Oberflächenbeschaffenheit unter üblicher städtischer Belastung. Aus dieser Reihe zunehmender anthropogener Überprägung (Parkrasen, Zierrasen, Gartenbau, Rasengitterstein, Schotter, Asche, Betonverbundstein, Beton, Asphalt) wird anhand von vier Varianten die Auswirkung unterschiedlicher Nutzung und Versiegelung auf den Jahresgang von Temperatur und Feuchte in Stadtböden dargestellt.

2. Meßanordnung

Alle Meßstellen wurden auf Sandböden im Stadtgebiet von Hannover angelegt, ohne die langjährig gleichbleibende Nutzung zu beeinträchtigen. Die vier vorgestellten Varianten sind folgendermaßen zu charakterisieren:

- Zierrasen: intensiv gepflegte Grünfläche mit ganzjähriger Vegetationsbedeckung
- Rasengitter: Abstellfläche für Kleintransporter mit Graswuchs zwischen den Steinen
- Asche: Eisenbahngelände mit Abdeckung aus Asche-/Schlackegemisch
- Asphalt: großräumiger Industrieparkplatz mit Asphaltdecke.

Der Grundwasserflurabstand beträgt rund 2 m, nur bei Asche ist er größer als 3 m.

Zur Bestimmung der Bodentemperaturen sind Thermometer aus Halbleiterelementen und zur Messung der Matrixpotentiale Einstichtensometer in sechs Tiefen (0,3 bis 2 m) und 2 bis 3 Parallelen eingebaut. Mit Saugkerzen wird Bodenlösung gewonnen. Zusätzlich sind teilweise TDR-Sonden zur direkten Ermittlung des Wassergehaltes installiert. Unter den befahrenen Flächen sind die Geräte durch Schachtkonstruktionen geschützt. Die Messungen erfolgten wöchentlich. In den Abbildungen sind die Jahresverläufe durch Bildung eines gleitenden Mittels geglättet.

Vom Institut für Meteorologie und Klimatologie der Universität Hannover stehen Witterungsdaten zur Verfügung, die in 2 m Höhe über einer Rasenfläche registriert werden. Aus Tageswerten der Lufttemperatur, relativen Feuchte, Windgeschwindigkeit und Sonnenscheindauer wird nach dem Verfahren von PENMAN (1948) die potentielle Evapotranspiration berechnet. Zur Ermittlung der Nettostrahlung wird ein Albedo von 0,25 zugrunde gelegt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Auswirkung unterschiedlicher Nutzung und Versiegelung auf den Jahresgang der Bodentemperaturen ist in Abb. 1 dargestellt. Der Zierrasen zeigt das typische, bekannte Bild einer ganzjährig vegetationsbedeckten Fläche. Einzelne Phasen im Jahresverlauf werden vom Witterungsge-

schehen geprägt. Verdeutlicht wird dies durch den parallelen Verlauf des eingezeichneten Monatsmittels der Lufttemperatur für die Jahre 1990-92. Mit zunehmender Bodentiefe verringert sich die Jahresamplitude, Minima und Maxima treten zeitversetzt auf.

Auch bei den anderen Nutzungen bleibt dieser witterungsbedingte Verlauf erhalten. Mit zunehmender anthropogener Überprägung vom Zierrasen über Rasengitter, Asche bis zum Asphalt ist jedoch eine deutliche Vergrößerung der Jahresamplitude zu beobachten. Auffällig ist dabei die starke Aufheizung des Bodens bis in die Tiefe im Sommerhalbjahr. Dies ist auf erhöhte Strahlungsabsorption aufgrund der geänderten Oberflächenbeschaffenheiten und verminderte Wärmeverluste wegen eingeschränkter Verdunstung zurückzuführen. Im Winterhalbjahr hingegen kommt es unabhängig von der Überformung zu einer Annäherung im Temperaturniveau. Die Ursachen dafür liegen vermutlich in höherer Abstrahlung und Wärmeabtransport mit dem Sickerwasser.

Im Jahresmittel sind die Bodentemperaturen unter Versiegelung folglich erhöht. Damit bilden sich in der Stadtlandschaft tiefgründige Wärmeinseln aus. Außerdem variieren die Temperaturgradienten bei zunehmender Überprägung stärker und haben Einfluß auf den Wasserdampftransport. Dieser ist stets von warm nach kalt gerichtet, somit im Sommer nach unten und im Winter nach oben. Das veränderte Wärmeregime kann daher auch den Wasserhaushalt beeinflussen.

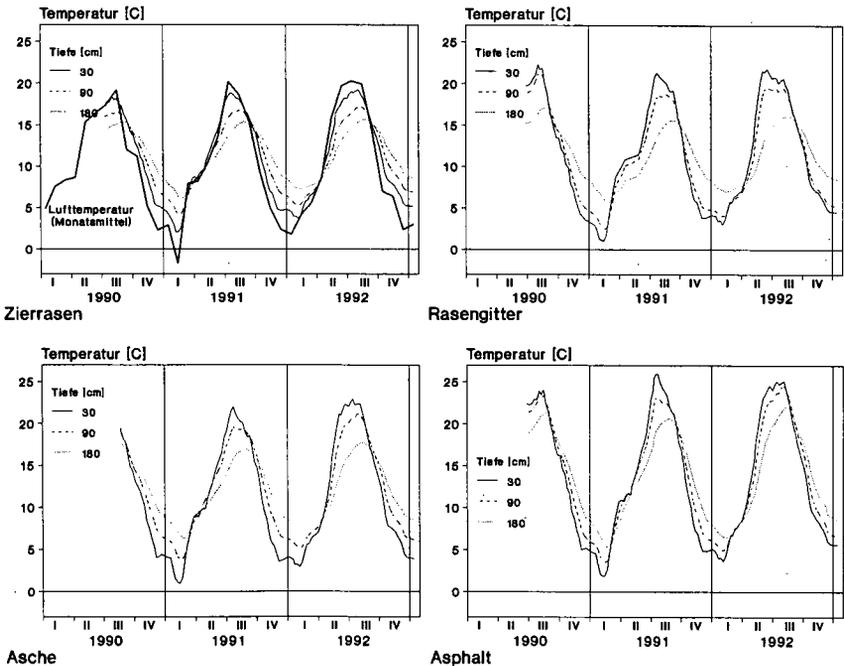


Abb. 1: Jahresgang der Bodentemperaturen 1990-92 in drei Tiefen bei unterschiedlicher Nutzung und Versiegelung.

Welchen Einfluß unterschiedliche Nutzung und Versiegelung auf den Jahresgang der Bodenfeuchte hat, wird aus Abb. 2 anhand der Matrixpotentiale ersichtlich. Auch hier zeigt der Zierrasen das bekannte Bild einer ganzjährig vegetationsbedeckten Fläche. Sommerliche Austrocknung und winterliche Wiederbefeuchtung wechseln ab, wobei mit zunehmender Tiefe eine Abschwächung und zeitliche Verzögerung dieser Vorgänge stattfindet. Auffällig ist die gute Übereinstimmung einzelner Phasen in 30 cm Tiefe mit der Ganglinie der klimatischen Wasserbilanz, die hier zusätzlich eingezeichnet ist. Sie wurde für eine Rasenfläche im Stadtgebiet von Hannover berechnet als Differenz aus Niederschlägen und potentieller Evapotranspiration nach PENMAN. Während erstere im Untersuchungszeitraum 1990-92 unsystematisch verteilt waren, hat die Verdunstung eine typische Jahresperiodik mit höchsten Werten im Sommer und geringsten im Winter. Im Winterhalbjahr überwiegen die Niederschläge und erzeugen einen klimatischen Wasserüberschuß, d.h. Auffüllung des Bodenwasservorrates und potentieller Evapotranspiration nach PENMAN. Während erstere im Untersuchungszeitraum 1990-92 unsystematisch verteilt waren, hat die Verdunstung eine typische Jahresperiodik mit höchsten Werten im Sommer und geringsten im Winter. Im Winterhalbjahr überwiegen die Niederschläge und erzeugen einen klimatischen Wasserüberschuß, d.h. Auffüllung des Bodenwasservorrates und potentieller Evapotranspiration nach PENMAN. Im Sommerhalbjahr hingegen führt das Übergewicht der Verdunstung zum Wasserdefizit und damit zur charakteristischen Austrocknung des durchwurzelten Oberbodens in den drei Jahren. Dies bedingt kapillaren Aufstieg aus größeren Tiefen.

Infolge der geänderten Randbedingungen ist mit zunehmender anthropogener Überprägung eine Dämpfung der Amplitude des Jahresganges der Bodenfeuchte zu beobachten. Deutlich wird dieses Phänomen schon durch den geänderten Maßstab der Matrixpotentiale bei den folgenden Varianten in Abb. 2.

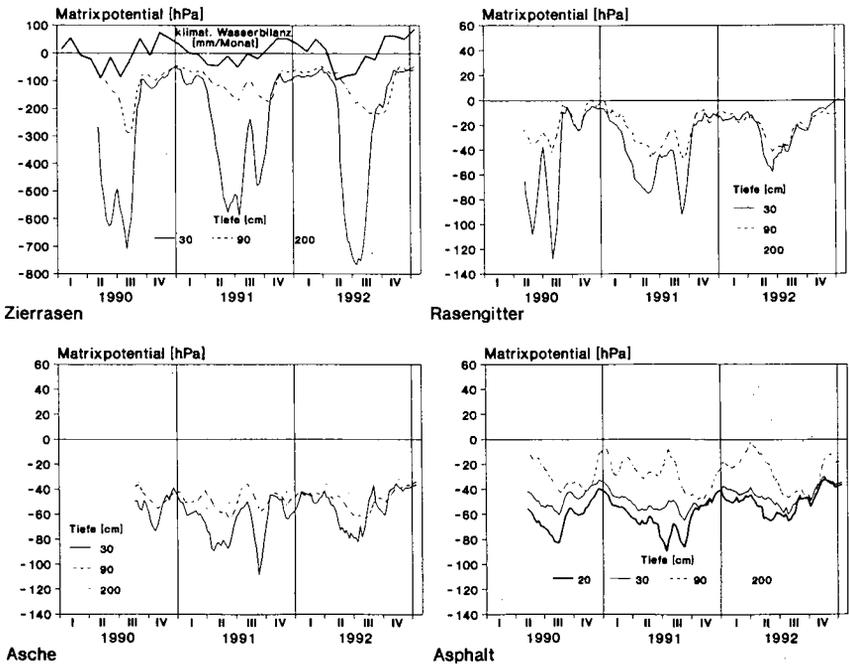


Abb. 2: Jahresgang der Matrixpotentiale 1990-92 in drei Tiefen bei unterschiedlicher Nutzung und Versiegelung.

Beim Rasengitter verursacht verminderte Transpiration der spärlichen Grasvegetation und eingeschränkte Evaporation eine geringere oberflächennahe Austrocknung im Sommer. Dennoch bleibt der typische Jahrgang erhalten. Die Potentiale in 200 cm Tiefe zeigen den Gang der Grundwasser-oberfläche. Unter der Asche ist der Jahrgang wegen völlig fehlender Transpiration und der "Barrierewirkung" der Abdeckschicht für Evaporation noch stärker gedämpft, aber weiterhin ausgeprägt.

Die Asphaltdecke gilt als "Vollversiegelung", folglich ist von Oberflächenabfluß, erhöhter Interzeptionsverdunstung und stark eingeschränkter Evaporation auszugehen. Dennoch kommt es zu periodischen Änderungen des Matrixpotentials, besonders gut erkennbar in der zusätzlich eingetragenen Tiefe von 20 cm. Selbst unter dieser Abdeckung wechseln relative Austrocknungsphasen im Sommer bei hohen Interzeptionsverlusten des aufgeheizten Asphalts ab mit Wiederbefeuchtung im Winterhalbjahr. Demnach muß Infiltration durch die Asphaltdecke möglich sein, z.B. durch Risse, die bei Alterung des Materials in situ auftreten. Dies konnte auch bei durchgeführten Infiltrationsversuchen nachgewiesen werden. Darüberhinaus ist eine größere Bedeutung des oben angesprochenen temperaturgetriebenen Dampftransportes möglich. Im Sommer würde die Verlagerung nach unten die oberflächliche Austrocknung verstärken, im Winter der entgegengesetzte Transport nach oben mit anschließender Kondensation an der kühleren Abdeckung zur Wiederbefeuchtung beitragen. Vergleichbare Vorgänge werden für Oberflächenabdichtungen von Mülldeponien angenommen, wo Eindringen von Oberflächenwasser ausgeschlossen wird (VIELHABER et al. 1992).

Im Jahresverlauf kommt es mit zunehmender anthropogener Überprägung nicht mehr zum typischen periodischen Wechsel von Versickerung und kapillarem Aufstieg, wie noch beim Zierrasen aus dem Abstand der Kurven für die einzelnen Tiefen zu erkennen. Stattdessen findet sowohl bei Rasengitter, Asche als auch Asphalt ganzjährige Versickerung bis zur Grundwasser-oberfläche statt. Für die teildurchlässigen Flächen steht dies in Einklang mit Lysimeterergebnissen, daß bei hohem Fugenanteil die Grundwasserneubildung höher sein kann als unter bewachsenen Freiflächen und sich auch auf das Sommerhalbjahr erstreckt (WESSOLEK 1988). Doch selbst bei "Vollversiegelung" führt langjährige Beanspruchung zu Undichtigkeiten und damit zu vertikaler Verlagerung von Wasser und Inhaltsstoffen (s. auch PAGEL & HARTGE 1992). Auch SPEER-SCHNEIDER (1992) fand unter dem Straßenrand stets abwärts gerichtete hydraulische Gradienten.

Die gezeigten Änderungen im Jahrgang der Bodenfeuchte bei unterschiedlicher Nutzung und Versiegelung spiegeln sich nicht nur über die Matrixpotentiale, sondern auch bei den Wassergehalten wider. Das konnte durch begleitende Bohrstockbeprobungen und zusätzliche TDR-Messungen verdeutlicht werden.

4. Literatur

- HARTGE, K. H.; J. BACHMANN; R. PAGEL & B. SIEMER (1991): Modellentwicklung eines kommunalen Umweltinformationssystems im Rahmen des Ökologischen Forschungsprogramms Hannover. Teilprojekt: Prozesse in Stadtböden. - BMFT-Abschlußbericht.
- PAGEL, R. & K. H. HARTGE (1992): Untersuchungen zur Auswirkung der Versiegelung auf den Wasser-, Wärme- und Stoffhaushalt von Stadtböden. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 67, 115-118.
- PENMAN, H. L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. - Proc. Roy. Soc. London, Ser. A, 193, 120-145.
- SPEERSCHNEIDER, R. (1992): Wasser- und Chloriddynamik in Straßenrandböden - Einfluß von Gefüge und Versiegelung. - Diss. Universität Hannover, Verlag U. E. Grauer, Wendlingen.
- VIELHABER, B.; S. MELCHIOR & G. MIEHLICH (1992): Temperaturabhängige Wasserbewegung in Oberflächendichtungen von Deponien. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 67, 163-166.
- WESSOLEK, G. (1988): Auswirkungen der Bodenversiegelung auf Wasser und Boden. - Informationen zur Raumentwicklung, 8/2, 535-541.
- WESSOLEK, G.; R. PLATH; M. FACKLAM & M. RENGER (1990): Aspekte zum Wasser- und Wärmehaushalt versiegelter Standorte. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 61, 153-158.

Austrag von Schadstoffen aus kontaminiertem
Baggergut bei wechselnden hydrologischen
Verhältnissen

von

Pluquet, E.

Einleitung und Zielsetzung

Aus den Hafenbecken Bremens und Hamburgs werden jährlich etwa 2 Mio. m³ schadstoffhaltiges Baggergut durch Naßbaggerung entfernt. Bisher wurde dieses Baggergut vorwiegend in Spülfelder auf dem Klei der hafennahen Flußmarschen ohne weitere Basisdichtung verbracht. Inzwischen sind allein in Hamburg rund 1000 ha (GRÖNGRÖFT, 1992) und in Bremen rund 150 ha Spülfelder angelegt. Auf Grund der Gehalte an organischen und anorganischen Schadstoffen stellen sie eine potentielle Gefahr für das Grund- und Oberflächenwasser dar. Außerdem stellt sich für die Zukunft die Frage, inwieweit durch unterschiedliche Wasserhaltung im Spülfeld oder differenzierte Nutzung der Flächen die Schadstoffmobilität beeinflußt werden kann. Hierzu sollte ein mehrjähriger Lysimeterversuch (1989 - 1993) neue Erkenntnisse erbringen.

Material und Methodik

Die Lysimeteruntersuchungen wurden mit frisch gebaggertem Hafenschlick aus Bremen durchgeführt. Der Aufbau der Lysimeter ist aus Abb. 1 ersichtlich.

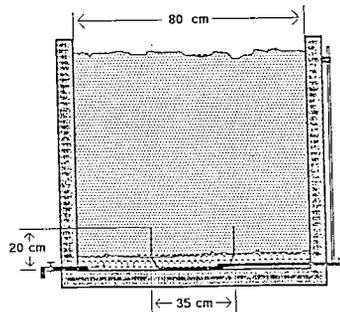


Abb. 1: Lysimeteranlage (Seitenansicht)

Um den bei Lysimeteruntersuchungen häufig auftretenden Randeffekt abschätzen zu können, wurden an zwei Stellen Wasserproben aus dem Lysimeter entnommen. Dazu wurde in der Mitte des Lysimeterbodens eine Kunststoffschale mit einem zusätzlichem Auslauf gestellt, so daß die Wasserprobe aus dem Inneren des Lysimeters nur aus der darüberliegenden Bodensäule entstammten. Außerdem wurde parallel eine Probe aus dem gesamten Lysimeter entnommen.

+) NLFb - Bodentechnologisches Institut Bremen, Friedrich-Mißler-Str. 46 - 50, 28211 Bremen

Der Versuch ist wie folgt aufgebaut:

- 1 Baggergut (Bremen)
- 2 Wasserstände (10 cm u. GOF, wechselfeucht)
- 2 Nutzungen (mit Grasbewuchs, ohne Bewuchs)
- 2 Probenahmestellen (Innen, Aussen)

Bei zweifacher Wiederholung ergibt sich eine Anzahl von 8 Lysimetern.

Tab. 1: Ausgewählte Kenndaten des Baggergutes (Lysimeterversuch)

pH-Wert (CaCl ₂)	7,3	Eisen(ges) %	3,36
Carbonat (%)	3,6	Cadmium mg/kg	7,0
Fraktion < 6 μ (%)	27,8	Kupfer "	61
Corg (%)	3,7	Blei "	104
		Chrom "	68
		Nickel "	42
		Zink "	580
PCB (Chlophen A60) μ g/kg		60	
γ - HCH (Lindan) "		3	

Im Baggergut konnten neben den Gehalten an PCB's und γ -HCH keine weiteren organischen Schadstoffe nachgewiesen werden. Die Untersuchungen der organischen und anorganischen Schadstoffe in den Boden- und Wasserproben wurde nach den gängigen Standardverfahren der Boden- bzw. Wasseranalytik durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Aus Abb. 2 wird deutlich, daß bei einer zeitproportionalen Probenahme aus dem Inneren des Lysimeters wesentlich weniger Sickerwasser (ca. 62 Liter) entnommen werden konnte, als an der äußeren Probenahmestelle (ca. 135 Liter). Der Grund ist darin zu sehen, daß die Einzugsfläche für das Sickerwasser im Inneren nur etwa 14 % der gesamten Grundfläche des Lysimeters (0,64m²) beträgt. Da die Probenahmestelle aber trichterförmig angeströmt wird, erhält man auch seitlich Zufluß. Aus diesem Grund können lediglich die Schadstoffkonzentrationen und keine Frachten bewertet werden. In den Jahren 1991 und 1992 fielen verhältnismäßig wenig Niederschläge, was sich auch in den Probenahmemengen widerspiegelt.

Die Stoffausträge für Cadmium, γ -HCH und PCB 28 und PCB 180 sind exemplarisch in den Abb. 3 - 5 dargestellt. Alle dargestellten Stoffen zeigen über den Untersuchungszeitraum starke Konzentrationsschwankungen mit Maximalwerten nach der längeren Trockenphase.

Ein erwarteter Einfluß des Wasserstandes bzw. der unterschiedlichen Redox-Verhältnisse (FÖRSTNER u. WITTMANN, 1981) auf den Cadmiumaustrag ist während des Untersuchungszeitraumes nicht zu erkennen. Deutlich wirkt sich der Grasbewuchs auf die Mobilität des Cadmiums aus. Dies ist mit pH-Absenkung im Rhizosphärenbereich und im Sickerwasser zu erklären. Grenzwerte hinsichtlich einer Ge-

* Die organischen Schadstoffe wurden durch die Staatl. Chemische Untersuchungsanstalt, Bremen analysiert.

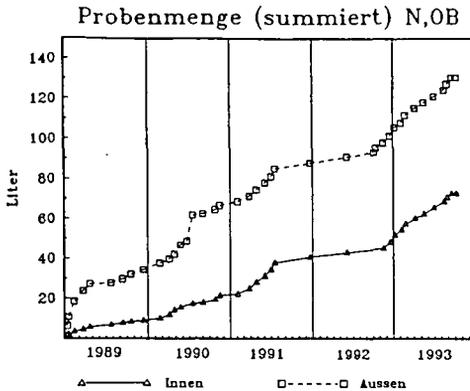


Abb. 2: Aufsummierte Wasserprobenmenge (Liter/Lysimeter) von 1989 bis 1993 bei innerer und äußerer Probenentnahme

fahrenabwehr für das Grundwasser werden vom Cadmium nicht erreicht.

Lindangehalte (Abb. 4) von $3 \mu\text{g}/\text{kg}$ im Baggergut wurden über die gesamte Versuchsdauer zwischen 1 und $10 \mu\text{g}/\text{l}$ Lindan im Sickerwasser gefunden, was auf eine hohe Mobilität dieses Organochlorpestizides schließen läßt. Nur während der Trockenphase 1992 sanken die Werte geringfügig ab und stiegen danach erneut deutlich an.

Abb. 5 zeigt eine vergleichende Darstellung der Sickerwassergehalte des PCB 28 und des PCB 180. Deutlich zeigt sich die andauernde Mobilität mit leicht fallender Tendenz des geringer chlorierten PCB 28 gegenüber dem PCB 180, welches ab 1992 im Sickerwasser nicht mehr nachweisbar ist.

Schlußfolgerungen

Unter den gewählten Versuchsbedingungen konnte ein Einfluß der Redoxverhältnisse auf die Stoffausträge von Cadmium, γ -HCH und PCB's nicht festgestellt werden. Die Cadmiumgehalte im Sickerwasser erreichen keine bedenklichen Konzentrationen. Cadmium wird jedoch durch Pflanzenbewuchs auf dem Lysimeter deutlich mobilisiert. PCB's und γ -HCH sind im Baggergut als mobil einzustufen und können damit auch bei geringen Ausgangsgehalten als potentiell gefährdend für das Grundwasser angesehen werden.

Literatur

- FÖRSTNER, U. u. G.T.W. WITTMANN (1981) Metal pollution in the aquatic environment.- Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- GRÖNGRÖFT, A. (1992) Untersuchungen des Sickerwasser- und Stoffeintrags aus Hafenschlick-Spülfeldern in den oberen Grundwasserleiter der Hamburger Elbmarsch.- Hamb. Bodenkundl. Arb. 17, 256 S.

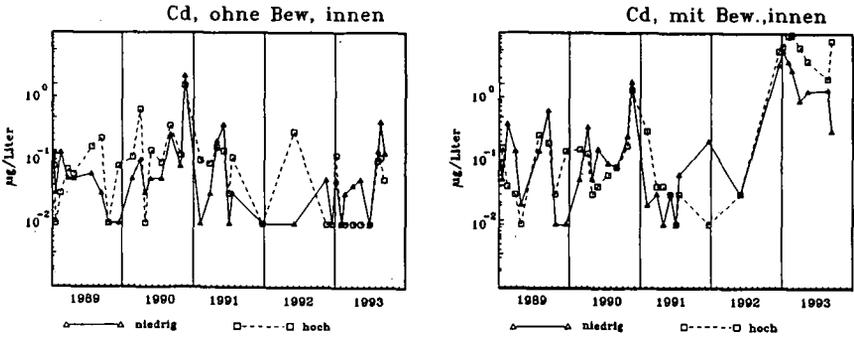


Abb. 3: Cadmiumgehalte ($\mu\text{g/l}$) im Sickerwasser des Baggergutes bei unterschiedlichen Wasserständen im Lysimeter, mit und ohne Bewuchs und Probeentnahme aus dem Inneren der Bodensäule

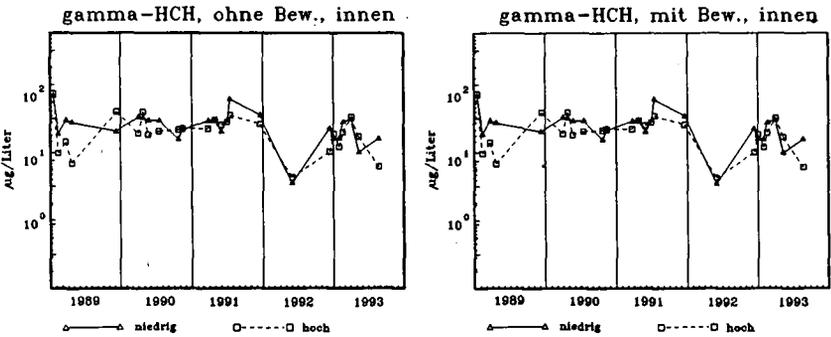


Abb. 4: Lindangehalte ($\gamma\text{-HCH}$) im Sickerwasser ($\mu\text{g/l}$) des Baggergutes bei unterschiedlichen Wasserständen im Lysimeter, mit und ohne Bewuchs und Probeentnahme aus dem Inneren der Bodensäule

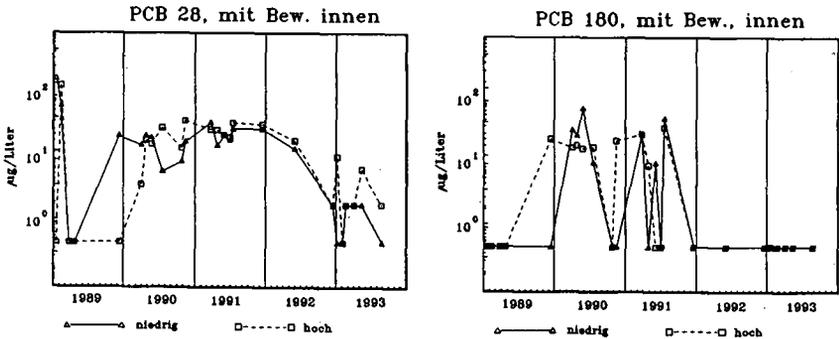


Abb. 5: PCB 28 und PCB 180 - Gehalte im Sickerwasser ($\mu\text{g/l}$) des Baggergutes bei unterschiedlichen Wasserständen im Lysimeter, mit Bewuchs und Probeentnahme aus dem Inneren der Bodensäule

Untersuchungen zur aktuellen Belastung mit anorganischen und organischen Schadstoffen unterschiedlich genutzter Oberböden in ausgewählten Regionen der Russischen Föderation und Deutschlands

von

Schleuß, U.¹, T. Delschen², W. Kördel³, J. Krinitz¹,
J. Müller³ und W. Schmotz¹

1. Einleitung und Zielsetzung

Böden sind als Kompartimente von Ökosystemen wesentliche Regulatoren, Filter, Puffer und Transformatoren im Stoffhaushalt. Ein vorsorgeorientierter und effektiver Bodenschutz sollte den ökologischen Bodenfunktionen besondere Bedeutung einräumen (FRÄNZLE et al. 1992). Im Bereich der stofflichen Belastung kommt dem Bodenschutz die Aufgabe zu, einerseits hinsichtlich der Erhaltung der Bodenfunktionen schädliche Stoffeinträge in den Boden zu begrenzen, andererseits die nachteiligen Wirkungen bereits vorhandener Bodenbelastungen auf andere Umweltmedien und Schutzgüter zu minimieren (KÖNIG et al. 1993). Beide Teilaufgaben setzen u.a. das Vorhandensein objektiver und nachvollziehbarer Methoden zur Untersuchung und Bewertung der Belastung und Belastbarkeit von Böden gegenüber Stoffeinträgen voraus. Ein wesentliches Problem stellt dabei die bereits auf nationaler Ebene häufig nicht gegebene Vergleichbarkeit erhobener Bodenuntersuchungsdaten dar. Umso mehr gilt dies im internationalen Bereich. In einem Projekt zum Bodenschutz mit der Russischen Föderation sollen daher neben der räumlichen Verbreitung bestimmter anorganischer und organischer Schadstoffe in ausgewählten Gebieten beider Länder (je ein industriefernes, dünn besiedeltes Gebiet und ein Gebiet mit vermutlich hoher anthropogener Belastung) auch länderübergreifende Empfehlungen für die Entnahme und Analyse von Bodenproben sowie die Bewertung ermittelter Schadstoffgehalte erarbeitet werden.

2. Material und Methoden

Als industriefernes, dünn besiedeltes Gebiet wurde in der Russischen Föderation das Gebiet Ostashkov (*Waldaihöhen, Jungmoränenlandschaft, 640 mm Jahresniederschlag; 3°C Jahresdurchschnittstemperatur; Böden n. FAO: Histosols, Gleysols, Cambisols, Arenosols, Luvisols, Podzols; Nutzung: ca. Wald 65%, Acker 15%, Grünland 10%, Gewässer 5%*) ausgewählt. In Deutschland gilt das nach Repräsentanzkriterien im Rahmen der vergleichenden Ökosystemforschung ausgewählte Gebiet Bornhöveder Seenkette (LEITUNGSGREMIUM 1993) als industriefern und dünn besiedelt (*Jungmoränenlandschaft, 697 mm, 8,1°C, Böden n. FAO: Histosols, Gleysols, Cambisols, Arenosols, Luvisols, Podzols, Anthrosols; Nutzung: ca. Acker 35%, Grünland 25%, Gewässer 20%, Wald 10%*).

Als Gebiet mit vermutlich hoher anthropogener Belastung wurde in der Russischen Föderation ein Gebiet nordöstlich der Industriestadt Chelyabinsk (*Östlicher Ural, 287 mm, 2°C, Böden n. FAO: Chernozems, Solonchaks, Gleysols, Nutzung: ca. Acker 40%, Wald 30%, Grünland 20%*.) ausgewählt. Das im Raum Stolberg betrachtete Gebiet (*Rheinland, 807 mm, 9,1°C, Böden n. FAO: Cambisols, Luvisols, Gleysols; Nutzung: ca. Grünland 40%, Acker 20%, Wald 20%, Garten 10%*) weist Böden mit z.T. erheblichen Schwermetallanreicherungen auf, die teilweise geogen im Bereich oberflächennaher Erzvorkommen, z.T. anthropogen durch Emissionen bei der jahrhundertelangen Erzgewinnung und -verarbeitung bedingt sind (s.a. MAGS 1983).

Die Größe der ausgewählten Gebiete beträgt ca. 50-60 km², die Anzahl der untersuchten Oberbodenproben je Gebiet > 50. Die Untersuchungen sollten in allen Gebieten mit einheitlichen Verfahren durchgeführt werden, daher mußte auf die Auswertung von Vorinformationen (z.B. Geologische und Pedologische Karten) zum Zwecke einer

Meßnetzoptimierung verzichtet werden, da diese in den russischen Gebieten nicht zur Verfügung gestellt werden konnten. Es wurde ein Hexagonalraster (1x1 km) entwickelt, welches durch gleiche Abstände aller benachbarter Probenahmepunkte eine Optimierung der Raumaufteilung innerhalb eines starren Rasters ermöglicht (s. NOTHBAUM & SCHMIDT 1991). Im allgemeinen wurde an den ermittelten Soll-Koordinaten beprobt, bei Störeinflüssen wurden die Entnahmepunkte nach einem festgelegten Kriterienkatalog verlegt und beprobt. Bei der Geländeaufnahme wurden die wesentlichen Profil- und Horizontdaten analog zur Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODENKUNDE 1982) aufgenommen. Die Entnahme der Mischproben für die Schadstoffanalytik erfolgte in Anlehnung an das 'Satellitenverfahren' entsprechend der 'Bundesweiten Bodenzustandserhebung im Walde' (BML 1990). Die Beprobungstiefe wurde nutzungsabhängig gestaltet (Acker, Garten 0-2 dm, Grünland, Wald, Spiel- und Sportplätze 0-1 dm, bei Wald auch die Streuschicht). Im Labor wurden folgende Parameter erfaßt:

Schwermetalle: Cd, Cu, Cr, Ni, Zn, Pb (im 'Königswasser' und 'NH₄NO₃'-Extrakt)

Organische Schadstoffe: 16 PAKs n. EPA-Liste, 6 PCB Kongenere (PCB 28,52,101,138,153,180) (n. BALLSCHMITER & ZELL 1980) und Chlorpestizide (DDT (DDE,DDD), HCH, HCB)

Sorptions- und mobilitätsbeeinflussende Parameter: C_{org}, pH (CaCl₂), Ton, Fe_d, Mn_d

3. Ergebnisse

Im folgenden sollen die Ergebnisse eines im Rahmen des Projektes durchgeführten Ringversuches und erste Analysenergebnisse aus den beiden industriefernen Regionen Ostashkov und Bornhöved vorgestellt werden.

3.1 Ringversuch

Die Vergleichbarkeit und Validität von (Schadstoff)daten werden stark durch die Art der Probenahme, Probenaufbereitung, Analytik, Auswertung und Dokumentation bestimmt (LÜHR et al. 1991). Um die Vergleichbarkeit von Ergebnissen für den Bereich der Analytik (Extraktionsverfahren und Messung) zu gewährleisten, wurde unter Beteiligung mehrerer Institute ein Ringversuch an vier ausgewählten Oberbodenproben (R1= *Typische Braunerde, Cambic Arenosol, Bodenart: mS, pH: 4,8, C_{org}: 2,24%, dB= 1,33 g/cm³, Nutzung: Grünland, Gebiet: Bornhöveder Seenkette; R2= Pseudogley- Parabraunerde, Stagnic Luvisol, Ls3, pH: 5,6, C_{org}: 1,29%, dB: 1,52 g/cm³, Acker, Bornhöveder Seenkette, R3= Depo- Regosol, Urbic Anthrosol, Sl4, pH: 5,9, C_{org}: 7,22%, dB: 0,87 g/cm³, Garten, Stolberg, R4= Typische Braunerde, Eutric Cambisol, Lu, pH: 5,4, C_{org}: 4,54%, dB: 1,30*

Tab.1: Vergleich der in verschiedenen Labors im Königswasser- Extrakt gemessenen Schwermetallgehalte (s.a. MÜLLER & KRINITZ, 1993) (in mg/kg)

Parameter	R1	R1 _{RUSS})	R2	R3	R4
Cu	x=3,5 (2,8-4,2)	x=3,7	x=12,9 (11-14,1)	x=375 (309-425)	x=97 (78-105)
Zn	x=33,9 (24,2-38,1)	x=32,3	x=43,3 (34,9-48)	x=3836 (3680-3966)	x=3564 (3527-3644)
Pb	x=15,0 (13,1-15,8)	x=16,3	x=15,6 (14,3-19,3)	x=2500 (2147-2784)	x=1490 (1340-1609)
Ni	x=3,3 (2,6-4,4)	x=3,6	14,3 (13,0-16,1)	47,9 (38,3-52,4)	48,6 (44,0-50,4)

(Abk. x= Mittelwert, (Minimumwert-Maximumwert), Russ) untersucht durch ein Institut der Russischen Föderation)

g/cm², Grünland, Stolberg) durchgeführt. Nach Auswertung des Ringversuches wurden zwei Proben unterschiedlicher Belastungsniveaus (R1, R3) den am Projekt beteiligten Laboratorien in Deutschland und in der Russischen Föderation als interne Referenzmaterialien zur Verfügung gestellt. Am Beispiel ausgewählter Schwermetalle wird die sehr gute Vergleichbarkeit der in verschiedenen Laboratorien ermittelten Ergebnisse deutlich (s.Tab. 1), was auch durch die Untersuchungen des russischen Instituts an der Probe R1 belegt wird. Die Abweichungen bei den organischen Schadstoffen liegen deutlich höher (s.a. Tab. 2).

Tab. 2: Vergleich der in verschiedenen Labors gemessenen Werte an ausgewählten org. Schadstoffen (s.a. MÜLLER & KRINITZ 1993) (in µg/kg)

Parameter	R1	R1 _{RUSS)}	R3	R3 _{RUSS)}
Pyren	x=24,5 (13,4-30,9)	x=28,2	x=3159 (885-4220)	x=2459
Benzo[a]pyren	x=18,3 (13,7-21,9)	x=12,7	x=1800 (21,2-2786)	x=1464
Phenanthren	x=15,0 (8,4-30,3)	x=27,0	x=1636 (453-2189)	x=1326
PCB180	x=3,4 (0,15-9,41)	<BG	x=9,61 (5,87-14,3)	x=7,54
p,p'-DDT	x=0,35 (0,30-0,39)	<BG	x=19,0 (13,4-24,0)	x=14,5

Abk.: Ergebnisse aus dem deutschen Ringversuch, RUSS) Ergebnisse des Instituts aus der Russischen Föderation; x= Mittelwert (Minimumwert-Maximumwert) im Ringversuch)

Die höheren Abweichungen sind sowohl auf die unterschiedlichen Extraktionsverfahren (z.B. Wasser, Aceton, Petroether; Soxhlet mit Toluol; SDE) als auch auf die unterschiedlichen Quantifizierungsverfahren (GC mit ECD-Detektion, GC-MS u.a.) in den Laboratorien zurückzuführen. Unter Berücksichtigung dieser methodisch bedingten Unterschiede zeigen sich auch hier befriedigende Übereinstimmungen.

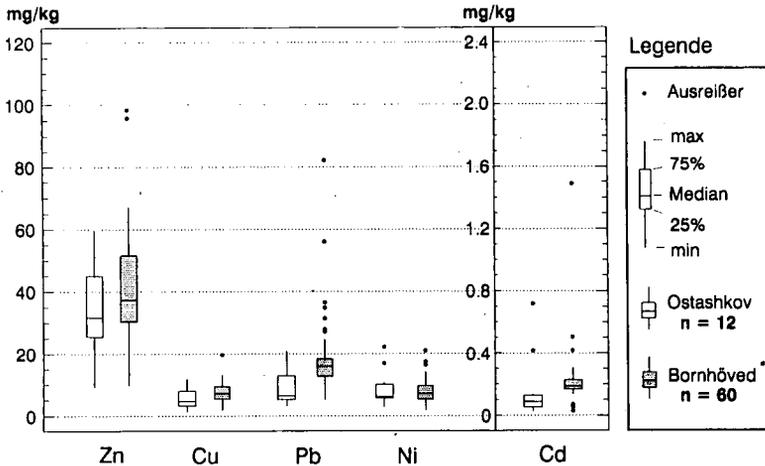
3.2. Erste Ergebnisse einzelner Gebiete

Beim Vergleich der Schwermetallgehalte der beiden industriefernen Gebiete (Abb.1) weisen die Oberböden der Region Ostashkov tendenziell geringere 'Gesamtgehalte' (Königswasser-Extrakt) auf. Die als Obergrenze für den Erhalt der Multifunktionalität der Böden genannten Referenzwerte der 'Holland-Liste' (ANONYMUS 1990) oder die Orientierungswerte der 'IWS-Bodenwertliste' (BW1) (s. EIKMANN et al. 1991) werden in den beiden Gebieten zumeist deutlich unterschritten. Nur in Einzelfällen werden diese geringfügig überschritten. Bei dieser Abbildung ist zu beachten, daß hier die Gehalte über alle Nutzungen hinweg zusammengefaßt dargestellt sind. Diese Darstellung läßt daher nur einen ersten groben Vergleich der Belastungsniveaus der Gebiete zu. Weitergehende Interpretationen müssen unter Berücksichtigung der Nutzung, Geologie, Pedologie und der Immissionssituation erfolgen.

4. Ausblick

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt konnten erste Zwischenergebnisse des deutsch-russischen Kooperationsprojektes vorgestellt werden. Im weiteren Verlauf sind auch gegenüberstellende Auswertungen zur mobilen Schwermetallfraktion und den organischen Schadstoffgehalten der Böden aller vier Gebiete geplant.

Abb. 1: SM- Gehalte (Königswasser-Extrakt) von Böden in den Gebieten Bornhöved und Ostashkov (Box- and- Whisker-Plot)



Danksagung

Das Vorhaben wird vom Umweltbundesamt (Förderkennz. 107 05 001/06) und dem BMU, die Untersuchungen im Raum Stolberg durch das Land Nordrhein- Westfalen, finanziert. Besonders möchten wir Dr. habil. Terytze, Dr. Fleischhauer, Dr. Hiemke, Dr. König, Dr. Späte, R. Wenck, J. Fröhlich und W. Böhmer sowie allen Kolleginnen der CINAÖ (Moskau), des Zentrums für ökologische Probleme Rußlands (Moskau) und des Anti-Doping-Centers (Moskau) danken.

5. Literatur

Anonymus (1990): Niederländischer Leitfaden zur Bodenbewertung und Bodensanierung, in: Rosenkrantz, D., Einsele, G. & Harreß, H. (Eds., 1988): Bodenschutz, E. Schmidt-Verlag, Berlin, 4. Lfg., 1/90, 8935, 1-27

AG Bodenkunde (Hrsg., 1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 3. Aufl., Hannover, 331 S.

Ballschmiter, K. & M. Zell (1980): Analysis of Polychlorinated Biphenyls (PCB) by Glass Capillary Gas Chromatography, Composition of Technical Arochlor- Clophen-PCB- Mixtures, Fres. Z. Anal. Chem., 302, 20-31

BML (Hrsg., 1990): Bundesweite Bodenzustandserhebung im Walde (BZE), Arbeitsanleitung, 147 S.

Eikmann, T., Kloke, A., Lühr, H.-P. (1991): IWS-Bodenwert-Listen, in: Institut für Wassergefährdende Stoffe (Hrsg.): Ableitung von Sanierungswerten für kontaminierte Böden, E. Schmidt, Verlag, Berlin, 353-360

Fränze, O., Jensen-Huß, K., Daschkeit, A., Hertling, Th., Lüschor, R. & W. Schröder (1992): Grundlagen zur Bewertung der Belastung und Belastbarkeit von Böden als Teilen von Ökosystemen, Forschungsbericht 107 07 001/01, Geographisches Institut, CAUKiel, 202 S.

König, W., Delschen, T. & M. Hannen (1993): Bodenschutz und schädliche Stoffeinträge, Wasser & Boden, 9/93, 681-686

Leitungsgremium (1992): Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette, Arbeitsbericht 1988-1991, EcoSys 1, 1-33.8, Kiel

Lühr, H.-P., Hefer, B. & R.W. Scholz (1991): Das Donator-Akzeptor-Modell (DAM), in: Institut für Wassergefährdende Stoffe (Hrsg.): Ableitung von Sanierungswerten für kontaminierte Böden, E. Schmidt- Verlag, Berlin, 17- 53

MAGS (Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales NRW (Hrsg., 1983): Umweltprobleme durch Schwermetalle im Raum Stolberg, 15 S.

Müller, J. & J. Krinitz (1993): Ringversuch zur analytischen Qualitätssicherung, UBA- FE-Vorhaben 10705001/06, Kiel, 21 S. (unveröffentl.)

Nothbaum, N. & R.W. Schmidt (1991): Probenplanung und Datenanalyse bei kontaminierten Böden, FE- Bericht 10703007/06 (Teilbericht), UBA, Berlin

Die Besiedlung von Rekultivierungsböden aus Löß durch Bodentiere und deren Bedeutung für die Gefügebildung

von

Schneider, H. und R. Schneider

Durch Abgrabung von Rohstoffen ergibt sich in der Bundesrepublik Deutschland ein enormer Flächenverbrauch, woraus die Notwendigkeit einer Rekultivierung und die Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit entsteht. Entscheidend ist hierbei vor allem die Schaffung eines stabilen Bodengefüges, da dies den Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt des Bodens direkt, und darüber hinaus die biologische Aktivität und die Durchwurzelung indirekt, beeinflusst (BMI 1985).

Gerade bei der Gefügeentwicklung von Neulandböden aus Löß resultieren aus dem Fehlen von Humus sowie anfänglich geringer mikrobiologischer Aktivität erhebliche Schwierigkeiten. Daher galt es die Frage zu klären, inwieweit Bodentiere zur Gefügebildung und -stabilisierung beitragen können weil sie dazu befähigt sind, die Struktur durch Bildung verschieden großer und unterschiedlich angelegter Poren sowie deren Wiederverfüllung zu beeinflussen. Desweiteren nehmen sie Einfluß auf Bodenaggregate durch mechanische Größenreduzierung, verbinden Bodenteilchen zu Aggregaten und verändern die Aggregatstabilität durch Verdauung und Sekretion (DIDDEN 1990).

Material und Methoden

Untersucht wurden 12 und ca. 25 Jahre alte, im Schüttverfahren hergestellte Rekultivierungsböden, sowie gewachsene Parabraunerden aus Löß unter Acker- und Waldnutzung im Rheinischen Braunkohlenrevier. Bei der Bodenart handelt es sich um lehmigen Schluff.

Die pH-Werte liegen bei allen Ackerstandorten im neutralen bis schwach sauren Bereich, ebenso bei den rekultivierten Waldstandorten. Die Altland-Waldböden weisen mit Werten unter pH 4 eine starke Versauerung auf.

Der Kohlenstoffgehalt beträgt bei den rekultivierten Ackerböden 0,4-0,5%, zum Altland hin steigt der Wert auf etwa 1% an.

Bei den Waldstandorten ergibt sich in den obersten 15cm eine Steigerung des C-Gehaltes von 1% bei den 12 Jahre alten Flächen über 2% bei den alten zu nahezu 4% bei den gewachsenen Waldböden.

Die Gewinnung des Probenmaterials zur Determination der Bodentiere erfolgte mit Hilfe einer TULLGEN-Apparatur, im Falle der Regenwürmer über Handauslese und bei den Enchytraeiden durch O'CONNOR-Trichter.

Zur Messung der Aggregatstabilität wurde die Naßsiebungsmethode (Δ -GMD) gewählt.

Die Strukturauswertung an mit Paraffin getränkten Bodenanschnitten erfolgte über ein Bildauswertungsprogramm, für dessen freundliche Überlassung Herrn H.-J. VOGEL vom Institut für Bodenkunde und Standortlehre der Universität Stuttgart-Hohenheim herzlich gedankt sei. Bei der Auswertung wird unterschieden zwischen Rissen, Röhren, Höhlungen und Wurzeln. Ermittelt wurden 4 Meßfelder von 4x5mm bei jeweils 2 Anschliffen pro Altersstufe und Nutzungsart.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Besiedlung durch Regenwürmer ist eine Steigerung der Abundanz mit zunehmendem Alter und Kohlenstoffgehalt der Probenahmeflächen für beide Nutzungsformen zu erkennen. Zum Altland hin läßt sich jedoch jeweils wieder eine Abnahme erkennen. Auf den ackerbaulich genutzten Parabraunerden tritt dafür aber mit *L. terrestris* ein Tiefgräber auf, der auf den rekultivierten Böden nicht anzutreffen ist; ebenso fehlen hier Räuberarten wie Chilopoden die im Altland ebenfalls zu finden sind.

Die niedrigen Abundanzen der Altland-Waldstandorte erklären sich durch den niedrigen pH-Wert, da die meisten Lumbriciden säureempfindlich reagieren.

*)Universität Trier, FB VI, Bodenkunde 54286 Trier

Tab. 1: Vorkommen von Bodentieren (Ind./m²) in rekultivierten Böden des Braunkohlenabbaus sowie gewachsenen Böden (1.T. = 5-10cm; 2.T. = 20-25cm)

	Acker			Wald					
	jung	alt	Alt1.	jung		alt		Altland	
	1.T.	1.T.	1.T.	1.T.	2.T.	1.T.	2.T.	1.T.	2.T.
Lumbricidae:	68	223	71	141		339		43	
A. caliginosa	11	94	23	13		85		12	
A. rosea	6		7	55		164		7	
A. chlorotica	27	93							
A. spec.	16	36	28	16					
L. rubellus				18		37		19	
L. terrestris			13					5	
L. spec.				18					
O. cyaneum				21		53			
Acari:	40	39	49	32	8	453	52	1038	40
Chilopoda:			18			102	79	244	40
Brachygeoph.								94	
Cryptosidae								8	
Lithobiidae						94	35	16	
Geophilus spc			18					40	16
Schendyla nem					9	8	44	86	24
Collembola:	634	211	166	1750	65	775	291	1236	172
Diplopoda:			30		8	16	26	8	
Chordeuma sil			20					8	
Julidae			10			8	26		
Polydesmus sp					8	8			
Enchytraeidae	24			8		196	128	985	32
Isopoda:						16		16	

Auf solchen Standorten wird ihre Arbeit von anderen Tiergruppen übernommen, wie z.B. den Collembolen, die in regenwurmarmen Böden von großer Bedeutung für die Humusverbesserung sind. Sie gelten als Pioniere bei der Besiedlung von Neulandböden. Mit zunehmender Entwicklung der Zoozönose und steigender Zahl an Räubern nimmt ihre Abundanz ab, zumal sie in regenwurmreichen Böden keine so hohen Dichtezahlen erreichen (DUNGER 1983). Im regenwurmarmen Altland-Wald sind sie sehr zahlreich vertreten. Die Bedeutung der Collembolen für die Bodenmikrostruktur ist zwar umstritten, zumal sie nicht grabfähig sind, wohl aber können sie gerade deswegen durch ihr Fehlen oder Vorhandensein als Indikator für bestehende Hohlräume im Boden dienen.

Chilopoden treten auf Acker nur im Altland, und auch dort nur in geringer Zahl auf. Im Wald erreichen sie deutlich höhere Abundanzen und zwar schon ab den alt-rekultivierten Böden.

Die Geophilidae sind befähigt, selbst Gänge zu graben und können damit einen großen Einfluß auf die Struktur des Bodens nehmen; ihr Vorkommen beschränkt sich allerdings sowohl unter Acker als auch unter Waldnutzung nur auf das Altland, nicht aber auf die rekultivierten Flächen. Bei letzteren treten auf den Forstflächen vor allem Litobiidae auf, die sich nur an der Oberfläche bewegen und somit keinen Einfluß auf tiefere Bodenschichten nehmen.

Diplopoden sind, wie bereits die Chilopoden, unter Ackernutzung nur im Altland zu finden und im Wald bereits ab den jung rekultivierten Böden.

Die Julidae, die auch auf dem Acker vorkommen, die zum sogenannten "Rammtyp" gehören, können sich wie Regenwürmer durch den Boden durchfressen und außerdem durch Bildung von Ton-Humuskomplexen beitragen. Die Chordeuma, die allerdings nur auf Altlandstandorten auftraten, sind zu einer bohrenden Grabwirkung

befähigt. Die *Polydesmidae*, die bereits auf den jung-rekultivierten Waldflächen anzutreffen waren, können jedoch kaum zur Entwicklung des Unterbodens beitragen. *Enchytraeidae* bilden sehr stabile Krümel und fressen und graben feine Gänge; sie konnten in nennenswerter Zahl nur im Wald gefunden werden, wobei ihre Zahl mit dem Alter steigt.

Isopoden sind ab den alt-rekultivierten Waldböden zu finden und können zu einer Erschließung des Unterbodens beitragen. Ackerstandorte werden von dieser Tiergruppe allgemein gemieden.

Parallel mit der Zunahme gefügebildender und -stabilisierender Tiergruppen wie Regenwürmer und Diplopoden sowie mit steigendem C-Gehalt und mikrobiologischer Aktivität steigt auch die **Aggregatstabilität** mit zunehmendem Alter sowohl unter Acker als auch unter Wald, wobei die Waldböden sich im Vergleich zu den Ackerböden als stabiler erweisen (Abb. 1).

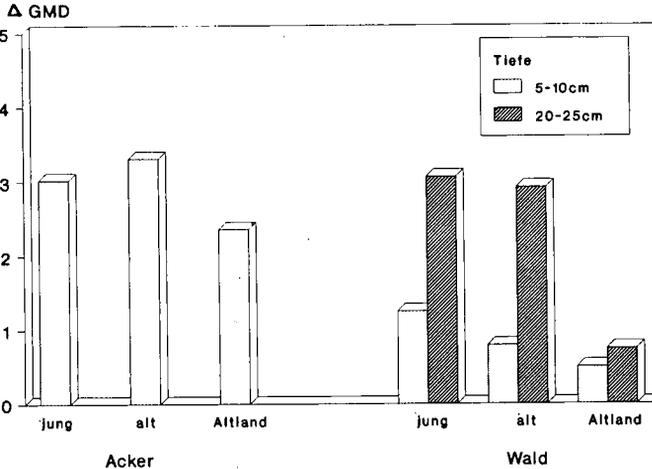


Abb. 1: Aggregatstabilität von Rekultivierungs- und Altlandböden aus Löß unter Acker- und Waldnutzung

Die **Strukturgrößenverteilung** der 12 Jahre alten Flächen zeigt unter Wald deutlich mehr Strukturierung als auf den Ackerstandorten. Bei letzteren sind vor allem kleine Poren zu finden, die durch Wurzeln geschaffen worden sein können, während unter Wald schon größere Röhren und Höhlungen mit >0,5mm Durchmesser auftreten, deren Genese auf Bodentiere zurückgeführt werden kann (Abb. 2a)

Bei den alt-rekultivierten Ackerböden nimmt die Strukturierung im Vergleich zu den jungen zu, beschränkt sich jedoch weiterhin auf kleinere Strukturgrößenklassen und bleibt erwartungsgemäß hinter den gleichalten Waldstandorten zurück (Abb. 2b).

Die ackerbaulich genutzten Parabraunerden aus Löß zeigen ein breites Strukturenspektrum; die Poren <0,5mm nehmen durch die Tätigkeit größerer Regenwürmer zugunsten größerer Strukturen ab (vgl. ROGAAR/BÖSWINKEL 1978). Der gewachsene Waldboden zeigt wiederum deutlich mehr Strukturen als der vergleichbare Ackerstandort (Abb. 2c).

Beim Vergleich der Waldstandorte untereinander ergibt sich aufgrund der günstigen Bodentierzahlen, die bereits auf den jung-rekultivierten Flächen vorzufinden sind, keine Zunahme der Strukturen oder eine Verschiebung der Strukturgrößenklassen mit dem Alter, sondern sogar eine Abnahme der Strukturierung zum Altland hin, die durch den niedrigen pH-Wert und eine gegenüber dem Neuland stärkere Verdichtung der gewachsenen Waldböden verursacht wird.

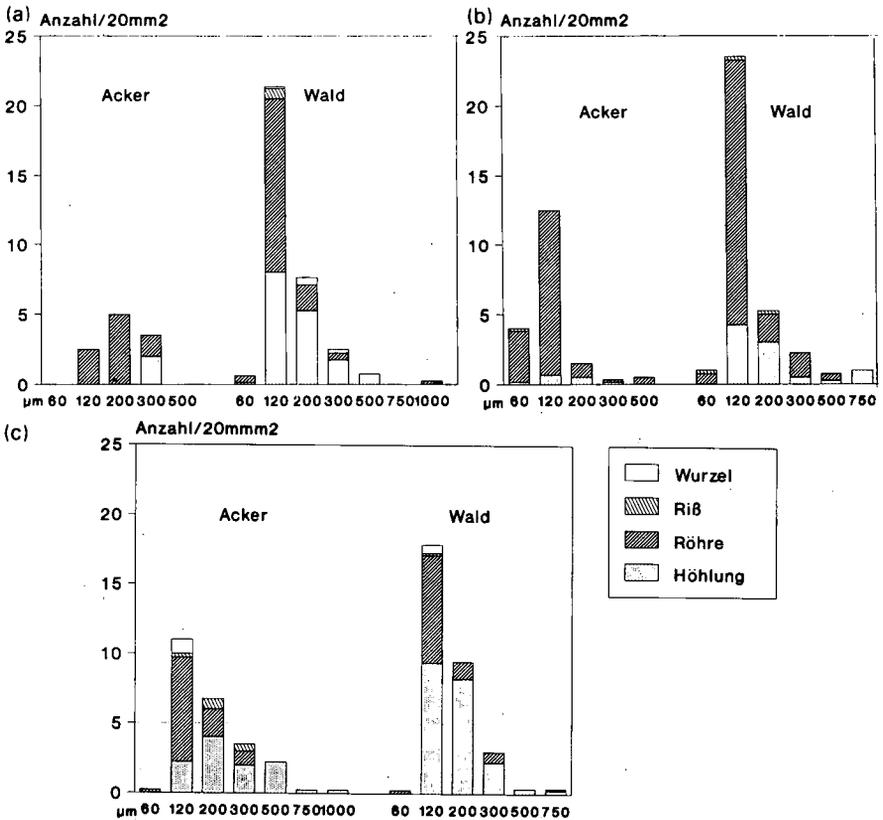


Abb. 2: Strukturgrößenverteilung 12 (a) und 25 (b) Jahre alter Rekultivierungsböden sowie von Parabraunerden (c) unter Acker- und Waldnutzung

Zusammenfassung

Anhand von Abundanzen gefügerelevanter Bodentiere, der Entwicklung der Aggregatstabilität sowie der Veränderung von Strukturen in unterschiedlich alten ackerbau- und forstlich rekultivierten Böden des Rheinischen Braunkohlenreviers sollte die Bedeutung der Bodentiere für die Gefügeeentwicklung und Stabilisierung untersucht werden.

Erste Ergebnisse zeigen, daß mit Zunahme der entsprechenden Bodentiergruppen auch eine Steigerung der Stabilität und Strukturierung einhergeht.

Erwartungsgemäß lief die Gefügeeentwicklung und -besiedlung auf den forstlich rekultivierten Standorten schneller ab als bei Ackernutzung und es werden sehr früh altlandähnliche Verhältnisse erreicht, die selbst auf den alt-rekultivierten Ackerflächen noch nicht anzutreffen sind

Literatur

- BMI (1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung, Bundesministerium des Inneren.; Stuttgart
- DIDDEN, W.A.M. (1990): Involvement of Enchytraeidae (Oligochaeta) in soil structure evolution in agricultural fields.- Biol. Fert. Soils 9, 152-158
- DUNGER, W. (1983): Tiere im Boden.- Wittenberg
- ROGAAR, H. /BOSWINKEL, J. (1978): Some soil morphological effects of earthworm activity; field data and X-ray radiography.- Netherlands journal of agricultural science 26, 145-160

Beziehungen zwischen Verwitterungsmilieu und Morphologie von Feldspäten in sauren Waldböden des Schwarzwaldes

von

Stahr, K., M. Zarei und K.H. Papenfuß

Zwei Beobachtungen haben Anlaß gegeben, den Mineralbestand hinsichtlich seiner Möglichkeiten den Ablauf von Verwitterungsprozessen zu steuern im Schwarzwald genauer zu untersuchen.

I. Der Eintrag von Mineralsäuren mit dem Niederschlag hat vor 20 Jahren stark zugenommen. Dadurch sind die Oberböden und bei tonarmen Silikatgesteinen auch die gesamten Böden zusätzlich versauert. Die Stabilitätsbereiche der Verbraunung und Verlehmung wurden teilweise unterschritten und Podsolierung setzte verstärkt ein. Dies sollte an der Morphologie silikatischer Minerale erkennbar sein (STAHR et al. 1992).

II. Bei Protonen-Bilanzierungen beobachtete man im Vergleich von Einzugsgebieten, daß bei ähnlichen Einträgen im Granitgebiet eine vollständige Pufferung stattfindet, während im Sandsteingebiet gut ein Drittel der H-Ionen, die quellennahen Einzugsgebiete verläßt (FEGER 1993). Da der Mineralbestand beider Gebiete qualitativ ähnlich nur quantitativ verschieden ist, muß geprüft werden, inwieweit der Vorrat an verwitterbaren Mineralen ausreicht, um Säureeinträge abzapuffern.

Nach Voruntersuchungen (GUDMUNDSSON & STAHR 1981) konnte davon ausgegangen werden, daß die Säurepufferung hauptsächlich von Plagioklasen unter Freisetzung von Natrium und Calcium, von Orthoklasen unter Freisetzung von Kalium und auch durch Verwitterung von Glimmern unter Freisetzung von Kalium und Magnesium stattfindet. Abbau von Tonmineralen und Auflösung von Oxiden puffert nur vorübergehend, da beide Gruppen sich im Untergrund neu bilden und dort die gebundenen H-Ionen wieder freigesetzt werden. Eine Oxidpufferung ist also für unsere Arbeitsgebiete nur eine Zwischenstufe, die die Silikatverwitterung räumlich verlagert.

Die Morphologie der Verwitterung wurde an Podsolen aus Granit, sowie Braunerden und Stagnogleyen aus oberem Buntsandstein mit verschiedenen Methoden untersucht. Dabei wurden 8 Korngrößenfraktionen des Mineralbodens gewonnen. An diesen Fraktionen wurde unter dem Binokular und im Polarisationsmikroskop Anteil und Zustand der Minerale bestimmt. Gleichzeitig wurden Dünnschliffe angefertigt und an diesen Dünnschliffen ebenfalls durch Punktzählung der Mineralbestand erfaßt. Die Feinfraktionen konnten nur durch Röntgenbeugung quantitativ bestimmt werden. An den Sandfraktionen wurden morphologische Beobachtungen am Rasterelektronenmikroskop durchgeführt.

Die morphologischen Beobachtungen erbrachten zunächst zwei unerwartete und einen erwarteten ersten Befund.

*) Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, 70593 Stuttgart

1. In den Oberböden schienen trotz extremer Versauerung die meisten Minerale sowohl im Dünnschliff als auch im Körnerpräparat relativ frisch zu sein.
2. Im Unterboden, insbesondere auch noch in den Cv-Horizonten ließen sich an allen Mineralen Verwitterungsspuren erkennen. Völlig unverwitterte Minerale traten praktisch nicht auf.
3. In den Bhs- und Bs-Horizonten trat ein ungewöhnlich großer Anteil von nicht oder schlecht identifizierbaren Körnern auf.

Eine etwas genauere Beobachtung nach Auszählung von 1.000 - 1.500 Körnern pro Horizont und Fraktion ergab das Bild von drei verschiedenen Verwitterungstypen, die sich bei Feldspäten und ähnlich auch bei Glimmern beobachten lassen (DULTZ 1992).

a) Der **Auflösungstyp** existiert in Bodenhorizonten, deren pH-Wert deutlich unter 4 liegt. Die Minerale machen zunächst einen relativ frischen Eindruck, zeigen keine Verwitterungsrinden, weisen aber einen großen Anteil von Lösungskratern, Spalten oder Höhlungen auf. Bei Feldspäten mit Zwillinglamellenbildung ist zu erkennen, wie im Laufe der Zeit einzelne Lamellen isoliert werden. Zu diesem Verwitterungstyp sind die Minerale bis zur vollständigen Auflösung morphologisch zuzuordnen.

b) Der **Transformationstyp** tritt im Unterboden bei pH-Werten um und über 5 auf. Gesteinsbildende Minerale werden vom Rand oder von den Spaltflächen ausnahmsweise auch vom Zentrum her aufgelöst und gleichzeitig in Sekundär-Mineralen umgewandelt. Hierbei treten kaolinitische, smektitische und illitische Neubildungen auf. Der ehemalige Umriß der Minerale ist häufig noch sehr lange zu erkennen (Pseudomorphose). Die Sekundär-Mineralen bilden unter dem Lichtmikroskop häufig eine derbe Masse; eine Orientierung entsprechend dem Muttermineral ist nicht zu erkennen. Dagegen lassen sich im Rasterelektronenmikroskop häufig regelhafte Aufwachsungen in Höhlungen feststellen, die offensichtlich Verbindung mit dem Bau des Mutterminerals haben (ANAND & GILKES 1985).

c) Der **Verkrustungstyp**. Hier bildet sich zu Beginn der Verwitterung eine Kruste aus Oxiden und Tonmineralen, die die äußere Form des Minerals nachzeichnet. Das Innere löst sich bzw. wird zunehmend umgewandelt. Es entstehen große Hohlräume. Die Kruste kann nachbrechen und bildet dann ein Haufwerk. Dieser Typ tritt im Bereich von Bh-, Bs- und Bv-Horizonten auf, die pH-Werte zwischen 4 und 5 aufweisen. Im stärker versauerten Bereich finden sich häufiger Minerale, bei denen Reste von fast völlig wieder aufgelösten Verwitterungsrinden erkennbar sind.

	Plagioklas	Orthoklas	Glimmer + Illit	Ton- min.	Eisen- oxide
Vorrat 1992	130	592	159	150	9
Gewinn/Verlust	-292	-131	+23	+124	+9

Tab. 1: Berechnung der Verwitterungsrate aus Mineralbilanzen - Beispiel: Podsol - Bärhalde ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} = \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$)

	Albit	Anorthit	% an	Orthoklas	Biotit
Podsol Bärhalde	460	6(17)*	1,5(4)	83,4	0,6
Podsol Schluchsee	266	7(14)	2,6(5)	8,0	2,3

*) Zahlen in Klammern berücksichtigen nur silikatisches Calcium					
Tab. 2: Berechnung der Verwitterungsrate aus Elementbilanzen für 2 Podsole aus Granit ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} = \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$)					

	Albit	Anorthit	% an	Orthoklas	Biotit
Bärhalde 1977-79					
Podsol	178	76	46	44	13
Einzugsgebiet	174	110	55	15	14
Schluchsee 1987-90					
Podsol	40	25	55	51	10
Einzugsgebiet	165	67	44	37	9
Villingen 1987-90					
Braunerde	41	49	54	84	> 8
Einzugsgebiet	49	35	41	11	> 10
Tab. 3: Berechnung der Verwitterungsrate aus Flüssebilanzen für dreijährige Meßperioden in Kleineinzugsgebieten des Schwarzwaldes ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} = \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$)					

Zur Quantifizierung der Verwitterungsrate wurden zunächst 3 Wege beschriften:

1. Mit Quarz als Indexmineral wurden Mineralbilanzen (Tab. 1) berechnet. Das Beispiel des Podsoles Bärhalde zeigt einen Verlust von 420 kg Feldspäten pro m^2 , bei 130 cm Entwicklungstiefe. Vom Plagioklas-Vorrat ist nur noch 1/4 vorhanden, während noch ca. 80 % der Orthoklase erhalten sind. Dagegen treten eine Reihe von Neubildungen auf: Eisenoxide, ca. 9 kg pro m^2 sind aus Biotiten entstanden. Für die Summe aus Glimmern und Tonmineralen ergibt sich eine positive Bilanz von 150 kg pro m^2 . Aus dieser Bilanz könnte man schließen, daß die Glimmer kaum verwittert sind, was natürlich nicht richtig ist. Im Sinne der Mineralbilanz werden auch angewitterte Minerale noch gezählt, so daß aus der positiven Glimmer- und Tonmineralbilanz nicht auf eine fehlende Glimmerverwitterung geschlossen werden darf. Auch die erhaltenen Feldspäte enthalten nicht mehr den modalen Elementbestand, sondern Überschüsse an Kieselsäure und Aluminium und Defizite der Alkalien und insbesondere Erdalkalien.
2. In einer Gegenrechnung können die Verwitterungsvorgänge aufgrund von Elementbilanzen berechnet werden (Tab. 2). Hierbei zeigt sich ein starkes Überwiegen der Albitverwitterung. Der Anorthit-Anteil erscheint unterproportional. Berücksichtigt man aber das heute ein hoher Anteil des vorhandenen Calciums am Austausch und in der organischen Substanz gebunden ist, ergibt sich eine Auflösung der Plagioklase, die nahezu kongruent ist. In den beiden Podsolen ist die Orthoklas- und Glimmerverwitterung gegenläufig. Hier muß

davon ausgegangen werden, daß mehr umgesetzt wurde als angezeigt wird, da ein größerer Teil des Kaliums durch Einbau in Tonminerale im Ökosystem verbleibt und deshalb nicht in die Bilanz einbezogen werden kann. Die geringeren Verluste beim Podsol Schluchsee liegen in der geringeren Entwicklungstiefe (eventuell leicht erodiert) begründet. Insgesamt wurde bei ca. 50 Bodenprofilen des Hochschwarzwaldes eine Verwitterungsrate von 0,5 bis etwa $4 \text{ kmol} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ bestimmt. Dies entspricht Feldspatverlusten von ca. $100 - 500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$.

3. Eine aktuelle Verwitterungsrate läßt sich aus den Flüßebilanzen (Tab. 3) ableiten. Die Flüßebilanzen zeigen gegenüber den Betrachtungen des Mineralbestandes und des Elementbestandes einen verstärkten Abbau von Anorthit. Dieser Anorthit-Abbau entspricht sicherlich nicht der aktuellen Auflösungsrate, da Minerale mit 50 % Anorthitanteil im Beobachtungsgebiet nicht vorkommen. Hier muß Calcium-Freisetzung durch Humusabbau überwiegen. Verwitterungsexperimente (ZAREI et al. 1993) zeigen aber, daß aus Plagioklassen und unter bestimmten Bedingungen Calcium doch selektiv freigesetzt wird. Die Anteile der Orthoklas- und Glimmerverwitterung liegen dagegen niedriger. Sie scheinen aber 1987 bis 1991 in den untersuchten Gebieten Schluchsee und Villingen eher höher zu liegen als im Einzugsgebiet Bärhalde von 1977 bis 1980. Auch dies läßt sich mit Verwitterungsexperimenten vergleichen, da mit Abnahme des Plagioklasvorrates die Verwitterung mit geringeren Umsatzraten zunehmend auf Kalium-führende Minerale übergreift. Der Vergleich (Tab. 3) zeigt, daß die Plagioklasverwitterung im Buntsandsteingebiet gegenüber dem Granitgebiet nur etwa ein Drittel zur Pufferung von Säuren beiträgt. Dies scheint der hauptsächlichste Grund zu sein, daß dort Säure nicht (mehr) abgepuffert werden kann. Orthoklase und Biotite haben wegen ihrer größeren Verwitterungsstabilität geringere Auflösungsraten, die mit dem Protonen-Flüssen nicht (mehr) Schritt halten.

LITERATUR

- ANAND, R. R., R. J. GILKES, T. M. ARMITAGE and J. W. HILLYER (1985): Feldspar weathering in lateritic saprolite, Clays and Clay Minerals, 33, 31-43, New York.
- DULTZ, St. (1992): Verwitterungsbilanzen an sauren Waldböden aus Geschiebedecksand. Diss., Universität Hannover, 118 S.
- FEGER, K.-H. (1993): Bedeutung von ökosysteminternen Umsätzen und Nutzungseingriffen für den Stoffhaushalt von Waldlandschaften. Freiburger Bodenkdl. Abhdlg., 31, 237 S.
- GUDMUNDSSON, Th. & K. STAHR (1981): Mineralogical and geochemical alterations of the "Podsol Bärhalde". Catena, 8, S. 49-69.
- STAHR, K. und M. ZAREI (1992): Veränderung des Mineralbestandes von Böden des Schwarzwaldes durch junge Versauerung. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 68, S. 309-312.
- ZAREI, M., K. STAHR & K.-H. PAPENFUSS (1993): Verhalten von Bärhaldegranit und Buntsandstein im Verwitterungsexperiment. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 72.

Forschungs-, Untersuchungs- und Entwicklungsbedarf für wirkungsvollen Bodenschutz aus der Sicht des Vollzuges

von

Turian, G.

Einführung

Wirkungsvoller Bodenschutz benötigt neben Verwaltungsinstrumenten wie z.B. dem Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg (BodSchG, 1991) insbesondere Fachinstrumente. Der Bedarf an letzteren ist aus Auftrag und Ansatz des BodSchG ableitbar.

1. Auftrag

Das BodSchG, 1991 schützt Böden um ihrer ökologischen Funktionen (also nicht nur um ihrer selbst) willen, die sie als Naturkörper und Lebensgrundlage für Menschen und Tiere in der Ökosphäre erfüllen. Das Gesetz will sicherstellen, daß sowohl aktuell genutzte bzw. in Anspruch genommene als auch künftig nutzbare (also den "Potentialen" nach STASCH und STAHR, 1991, entsprechende) Bodenfunktionen erfüllt werden können.

Das BodSchG verpflichtet daher

- a) zur Abwehr von Gefahren für Böden, also zur **Vorsorge**,
- b) zur Abwehr von Gefahren, die von Böden infolge beeinträchtigter Funktionserfüllung ausgehen, also zur klassischen **Gefahrenabwehr**.

Im Rahmen der Vorsorge wirkt der Bodenschutz in Vorhaben, die Böden in Anspruch nehmen, auf Minimierung der Eingriffe hin.

Die Gefahrenabwehr erstreckt sich auf die Ermittlung des Sachverhalts und, nach dessen Bewertung, auf die eigentliche Abhilfe gegen die Nachteile einer mangelhaften Funktionserfüllung.

2. Ansatz

Um die Verpflichtungen, Funktionserfüllung/ Funktionstüchtigkeit von Böden zu erhalten bzw. wiederherzustellen, wirkungsvoll vollziehen zu können, mußte die Benennung der Funktionen einerseits und die Definition der Bodenbelastung andererseits gewissen Anforderungen an die Handhabbarkeit genügen:

- a) Funktionen
 1. **Böden** sollten nach aktuellem/künftigem Erfüllungsgrad der (auch oder gerade konkurrierenden) Funktionen **bewertbar** sein,
 2. Benennungen sollten **vollständig** das Ziel der Schutzanstrengungen darstellen, aber dennoch **nicht zahllos** sein,

3. Benennungen sollten **treffend** sein und ohne **größere Erläuterungen** für sich selbst sprechen.

Das BodSchG nennt daher in §1 als Funktionen, die Böden als Naturkörper und Lebensgrundlage für Menschen und Tiere erfüllen: "Lebensraum für Bodenorganismen, Standort für die natürliche Vegetation, Standort für Kulturpflanzen, Ausgleichskörper im Wasserkreislauf, Filter und Puffer für Schadstoffe, landschaftsgeschichtliche Urkunde".

b) Bodenbelastung

1. Definition sollte eindeutig (also z.B. nicht gleichzeitig Einwirkung und Zustand bedeutend) sein,
2. Einschränkungen aktuell genutzter und künftig nutzbarer Funktionserfüllung sollten erkennbar, d.h. an sinnlich wahrnehmbaren oder meßbaren Bodenmerkmalen ermittelbar sein,
3. naturgegeben geringe Funktionstüchtigkeit als Ausdruck der Individualität von Böden (z.B. infolge natürlicher Flachgründigkeit) sollte der Begriff nicht umfassen.

Bodenbelastungen sind daher nach §2 BodSchG: "... Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Bodens, bei denen die Besorgnis besteht, daß die in §1 genannten Funktionen aufgehoben oder erheblich oder nachhaltig beeinträchtigt werden".

Da vom Vollzug laufend Prüfungen der Funktionstüchtigkeit von Böden gerade für Nutzungen verlangt werden, die erst geplant sind (TURIAN u. MONN, 1993), muß die Funktionstüchtigkeit an **Veränderungen** der Bodenbeschaffenheit gemessen werden und ist meist nicht, wie zunächst nahelegend erscheint, direkt z.B. an der Minderung von Pflanzenqualität oder -ertrag erkennbar. Solche Veränderungen der Bodenbeschaffenheitskenngrößen (=Bodenmerkmale) können sowohl vorgefundene Abweichungen von einem Sollzustand sein als auch im Zeitraum der Beobachtung stattfindende oder in einem Prognosezeitraum zu erwartende.

3. Erforderliche Instrumente für Vorsorge und Gefahrenabwehr

3.1 Vorsorge

Die erforderlichen Instrumente zur Untersuchung, Prognose und Bewertung für eine wirkungsvolle Berücksichtigung des Bodenschutzes im Rahmen von Planungen und Gestattungsverfahren ergeben

sich aus der in Tab.1 dargestellten Checkliste, die bisher insbesondere für UVP-pflichtige Vorhaben angewandt wird.

Tab.1: Erforderliche Instrumente für wirkungsvollen vorsorgenden Bodenschutz (insbesondere in Planungen und Gestattungsverfahren)

<p>Erforderlich sind Instrumente zur</p> <ol style="list-style-type: none">1. Ermittlung des Ist-Zustandes in dem vom Vorhaben betroffenen Landschaftsbereich Untersuchung und Bewertung der Böden auf/nach<ol style="list-style-type: none">a) Bedeutung für Erfüllung der Bodenfunktionenb) Empfindlichkeit gegenüber vorhabenrelevanten Belastungsfaktorenc) Bestehende Veränderung durch vorhabenrelevante Belastungsfaktoren ("Vorbelastung")2. Prognose der Wirkungen in dem vom Vorhaben betroffenen Landschaftsbereich Veränderungen der Bodenbeschaffenheit, Bewertung des Funktionsverlustes infolge vorhabenrelevanter Belastungsfaktoren während (z.B. Baubetrieb, und nach Realisierung des Vorhabens (z.B. Bau, Betrieb)3. Prognose der Wirksamkeit und Wirkung von Minimierungsmaßnahmen

auch für die **Prognose** (2. und 3. in Tab.1) sind die grundlegenden bodenkundlichen Zusammenhänge zwar bekannt, die Algorithmen und Maßstäbe, kurz die Instrumente, um abwägungstaugliche entscheidungserhebliche Unterlagen nachvollziehbar zu ermitteln, fehlen aber weitgehend. Abgesehen von der Bodenschätzung, die bereits das Erforderliche zur Untersuchung und Bewertung von Böden in ihrer Bedeutung als Standort für (allerdings nur bestimmte landwirtschaftliche) Kulturpflanzen bietet, werden insbesondere benötigt:

- a) Standard-"Bodenschätzungen" für die Untersuchung und Bewertung von Böden in ihrer Bedeutung für die Erfüllung jeder der genannten ökologischen Funktionen,
- b) Methoden zur Untersuchung und Bewertung der Empfindlichkeit von Böden gegenüber den in Tab. 3 aufgeführten Belastungsfaktoren anhand belastbarkeitsbestimmender Bodenmerkmale. D.h., Entwicklung von quantitativen, flächenintegrierenden Methoden,
- c) Methoden zur Untersuchung und Bewertung von (aufgrund der in Tab.3 aufgeführten Belastungsfaktoren) bereits bestehenden Veränderungen der Bodenbeschaffenheit anhand betroffener Bodenmerkmale. D.h., Weiterentwicklung von Tab.4 zu quantitativen Methoden (s.a. 3.2.),
- d) Methoden zur Prognose und Bewertung der Veränderung von betroffenen Bodenmerkmalen aufgrund zu erwartender Belastungsfaktoren, ohne und mit Minimierungsmaßnahmen.

In Baden-Württemberg werden bereits in einigen Projekten Anstrengungen unternommen, insbesondere die hier geforderten Bewertungsinstrumente (nach a)) zu entwickeln.

Mit dem Ist-Zustand (1.) wird die Ressource, die in Anspruch genommen werden soll, qualitativ und quantitativ charakterisiert (=Inventur), um z.B. zwischen Vorhabenvarianten abwägen zu können. Vorhabenrelevante Belastungsfaktoren sind aus Tab.3 (ggf. ergänzungsbedürftig) entnehmbar.

Basierend auf dem Ist-Zustand müssen die Konsequenzen des Vorhabens ohne die vorgesehenen Minimierungsmaßnahmen (2.) und mit diesen (3.) abgeschätzt und bewertet werden (=Prognose). Die Vereinbarkeit des Vorhabens mit den Vorgaben des BodSchG wird so geprüft, und es ist Aufgabe des Vollzuges durch Forderungen, Auflagen und/oder Nebenbestimmungen auf die Realisierung entsprechend einzuwirken.

Sowohl für die **Inventur** (1.a bis c in Tab.1) als

3.2 Gefahrenabwehr

3.2.1 Sachverhaltsermittlung

Die erforderlichen Instrumente für wirkungsvollen Bodenschutz im Bereich der Gefahrenabwehr sind aus Tab.2 zu entnehmen.

Sinnvolle Maßnahmen zur Gefahrenabwehr setzen 1. voraus, **Veränderungen** der Bodenbeschaffenheit als solche zu **erkennen**. Es muß also erkennbar sein, ob betroffene Bodenmerkmale (LV, nWV, Schadstoffangebot usw.) verändert sind, oder ob die gemessenen Merkmale als Ausdruck der Individualität von Böden im jeweiligen Rahmen liegen. Sinnvolle Maßnahmen setzen 2. voraus, Veränderungen der Bodenbeschaffenheit als wahrscheinlich (Besorgnisgrundsatz) erheblich oder nachhaltig funktionsbeeinträchtigend oder als funktionsaufhebend, kurz als **Belastung** zu **erkennen**.

Tab.2: Erforderliche Instrumente für wirkungsvollen gefahrenabwehrenden Bodenschutz

<p>Erforderlich sind Instrumente zur</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sachverhaltsermittlung 1.1 Soll-Werte der Bodenbeschaffenheit, um Veränderungen erkennen zu können 1.2 Belastungswerte der Bodenbeschaffenheit, um wahrscheinlich (Besorgnisgrundsatz) erheblich oder nachhaltig die Funktionserfüllung mindernde Veränderungen (=Belastungen) erkennen zu können. 1.3 Methoden zum Verursachernachweis 2. Abhilfe <p>Methoden zur echten Sanierung belasteter Böden</p>

Für die Bewertungsschritte 1 und 2 sind **Sollwerte** bzw. **Belastungswerte** der Bodenbeschaffenheit als Bewertungsinstrumente erforderlich.

Qualitativ bestimmte Funktionstüchtigkeit:

Standards der genannten Art sind nach gegenwärtigem Kenntnisstand zumindest für **qualitativ** bestimmte Erfüllungsgrade oder Funktionstüchtigkeit entwickelbar, also z.B. für den durch wertmindernde **Pflanzen-, (Sicker-)Wasser- und Luftqualität**, aber auch durch die **Resorption** von Schadstoffen im kindlichen Organismus **nach Direktaufnahme** von Bodenmaterial bestimmten Erfüllungsgrad als Filter und Puffer für Schadstoffe.

Bewertungsinstrumente dieser Art liegen für bestimmte anorganische Schadstoffe als **Verwaltungsvorschrift zum BodSchG** seit 1. Sept. 1993 vor oder werden für organische Schadstoffe derzeit erarbeitet. Bisher nicht abgedeckt sind in diesem Bereich der Filter und Puffer für Schadstoffe z.B. gegenüber Luft und gegenüber Tieren nach Direktaufnahme (Weidetiere, Wild, Hühner).

Ferner fehlen noch entsprechende Instrumente für die Prognose des Verhaltens in Böden vorhandener oder zugeführter Stoffe unter sich ändernden Umweltbedingungen.

Quantitativ bestimmte Funktionstüchtigkeit:

Erheblich schwieriger (wenn überhaupt) entwickelbar sind Sollwerte und Belastungswerte der Bodenbeschaffenheit für **quantitativ** bestimmte Erfüllungsgrade/Funktionstüchtigkeiten, beispielsweise für durch das Verhältnis **Abfluß : Sickerung** (Aus-

gleichkörper im Wasserkreislauf), den **Pflanzenertrag** (Standort für Kulturpflanzen), die **biologische Aktivität** (Lebensraum für Bodenorganismen) oder die **Biomasse** (Standort für natürliche Vegetation) bestimmte Erfüllungsgrade, weil die Funktionstüchtigkeit von Böden hier durch Leistungen bestimmt wird, die als Ausdruck der Individualität von Böden und Landschaften kaum normierbar sind.

Soweit die Funktionstüchtigkeit aber auch qualitativ bestimmt ist, wie z.B. durch das **Artenspektrum** (Lebensraum für Bodenorganismen, Standort für die natürliche Vegetation) oder **wertbestimmende Pflanzenqualität** (Standort für Kulturpflanzen), müßten hier auch Standards der Bodenbeschaffenheit entwickelbar sein.

Trotz der genannten Schwierigkeiten sollten Anstrengungen unternommen werden, Instrumente zu entwickeln, um auch Beeinträchtigungen quantitativer Funktionserfüllung an der Bodenbeschaffenheit (Bodenmerkmalen) erkennen zu können.

Tab.3: Belastungsfaktoren (Ursachen für Bodenbelastungen)

Ausgraben	
Begraben, Entblößen,	Versiegeln Erodieren
Verdichten, Lockern,	Überwässern Entwässern
Versalzen, Auswaschen,	Überdüngen Erschöpfen
Alkalisieren, Aluminisieren,	Überkalken Versauern
Kontaminieren	organisch | biotisch | anorganisch | abiotisch

(nach SCHLICHTING, 1986 verändert)

3.2.2 Abhilfe

Die Aussichten für echte Wiederherstellungen eingeschränkter Funktionstüchtigkeit von Böden sind je nach Boden und je nach Art der Veränderungen der Bodenbeschaffenheit sehr verschieden. So scheinen z.B. Bodenbelastungen infolge Verdichtens und Überwässerns oder solche infolge Versalzens oder Überdüngens in günstigen Fällen recht gut reparierbar bzw. regenerierbar zu sein, Bodenbelastungen infolge Kontaminierens mit persistenten Schadstoffen dagegen, erweisen sich meist als in realistischen Zeiträumen nicht beseitigbar. Wobei weder die Notwendigkeit von Substratsanierungen

(BLUME und LITZ, 1990) noch die Erfolge der biologischen Behandlung schwer kontaminierten Bodenmaterials zur Abwehr von Gesundheitsgefahren bestritten werden. Allerdings ist mit den bisher entwickelten Methoden oft nur eine Milderung aber selten eine Beseitigung der Belastung möglich. Außerdem steht für die Beseitigung relativ geringer, ökologisch gleichwohl bedeutender Kontaminatio-

nen mit persistenten organischen Schadstoffen kein methodisches Instrumentarium zur Verfügung. Eventuell sind dort biologische Methoden hilfreich (TURIAN u. MONN, 1993).

Weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit ist erforderlich, um insbesondere in diesen Bereichen echten Sanierungen näherzukommen.

Tab.4: Belastungsfaktoren (Ursachen für Bodenbelastungen) und betroffene Bodenmerkmale

Ursachen für Bodenbelastungen (Belastungsfaktoren)	betroffene Bodenmerkmale negativ (-), positiv (+)						
	Wurzelsraum WR	nutzbares Wasservolumen nWV	Wasserleitfähigkeit k_f	Luftvolumen LV	Luftleitfähigkeit k_l	Nährstoffangebot	Schadstoffangebot
Ausgraben	-	-	-	-	-	-	-
Begraben	-	-	-	-	-	-	-
Entblößen	-	(-)	- / +	- / +	- / +		
Verdichten	-	+	-	-	-	+ / -	+ / -
Lockern	+	-	+	+	+	- / +	- / +
Versalzen	-	-				+	+
Auswaschen	-					-	-
Alkalisieren	-		(-)		(-)	-	-
Aluminisieren	-					-	+
Kontaminieren							
-organisch	-						+
-anorganisch	-						+

(nach SCHLICHTING, 1986 verändert)

Literatur:

BLUME, H.-P. und LITZ, N. (1990) : Sanierung und Renaturierung kontaminierter Böden in: BLUME, H.-P. (Hrsg.) , Handbuch des Bodenschutzes, Landsberg;
 BodSchG (1991): Gesetz zum Schutz des Bodens vom 24.6.1991, Gesetzblatt für Baden-Württemberg, Nr.16, S.433-440, ausgegeben am 19.7.1991;
 SCHLICHTING, E. (1986): Einführung in die Bodenkunde, Hamburg und Berlin;
 STASCH, D. und STAHR, K. (1991) : Einfluß ver-

schiedener Nutzungsformen auf Bodenpotentiale, Mittlg. Dt. Bodenkundl. Ges., 66, II, 859-862;
 TURIAN, G. und MONN, L. (1993): Fachinstrumentarium zum reparierenden Bodenschutz nach dem Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg. (BodSchG), in: UTECH 1993 - Umwelttechnologieforum Berlin, 15. -19. Februar, Kongress Nr. 24, Biologische Bodensanierung, Tagungsband S.9-14

**Verkehrsbedingte chemische Bodenbelastungen und
ihre Bedeutung für die agrarische Nutzung
straßennaher Böden**

von

Unger, H.-J. und D. Prinz

Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg wurden Schwermetalle (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr) und organische Fremdstoffe (Mineralölkohlenwasserstoffe, monozyklische Aromaten, PAK, Chlorbenzole, Chlorphenole, PCB, PCDD/F) in straßennahen Böden, Schwemmaterial und Aufwuchs untersucht (Unger und Prinz 1992). Das Hauptaugenmerk lag bei der Untersuchung organischer Verbindungen in Böden, besonders der PCDD/F.

Im Anschluß an eine sorgfältige Standortauswahl mit möglichst ähnlichen Randbedingungen (z.B. Grünlandböden), fand eine Beprobung an Straßen mit einem Verkehrsaufkommen von 1.000 bis 65.000 Kfz/Tag statt. Die Tab.1 gibt einen Überblick der Gehalte an Blei, Cadmium, polychlorierten Biphenylen sowie polychlorierten Dibenzop-dioxinen und Dibenzofuranen in verschiedenen Abstandsbereichen zur Fahrbahn.

In Böden wurden generell zunehmende Konzentrationen mit abnehmender Fahrbahntfernung und steigendem Verkehrsaufkommen festgestellt. Die Abb.1 und Abb.2 zeigen diese Zusammenhänge am Beispiel von PCB und PCDD/F. An Standorten mit Gehölzstreifen war eine mittlere Reduzierung der Bodengehalte um 30 % gegenüber freier Ausbreitungsmöglichkeit der Immissionen zu verzeichnen.

Mit Hilfe von Grenz-, Richt- und Orientierungswerten (AbfKlärV 1992, Niederländische Liste 1988, BGA/UBA 1990, Eikmann und Kloke 1991) erfolgte eine Beurteilung im Hinblick auf eine agrarische Nutzung von Grünlandböden. Am Beispiel von Pb und PCDD/F zeigen die Abb.3 und Abb.4 für unterschiedliche Verkehrsaufkommen die Fahrbahnabstände, ab welchen Grenz-, Richt- und Orientierungswerte unterschritten werden. Für landwirtschaftlich genutzte Böden ist an stark befahrenen Straßen ein Abstand von 10 m zur Fahrbahn das Minimum (Abb.5). Die Auswirkungen von Kfz-Emissionen auf pflanzliche Futter- und Nahrungsmittel müßten intensiver untersucht werden, um letztendlich den notwendigen Sicherheitsabstand zur Gewährleistung einer qualitativ einwandfreien und gesundheitlich unbedenklichen Bodennutzung herauszufinden.

Die enge positive Korrelation zwischen Pb- und PCDD/F-Gehalten in straßennahen Böden erlaubt eine Ermittlung der PCDD/F durch Pb-Konzentrationen, d.h. mit einem geringeren analytischen Aufwand. Die Ergebnisse dieser Studie können weiterhin einen Beitrag zur Umsetzung der im Bodenschutzgesetz von Baden-Württemberg vorgesehenen Festsetzung von Bodenbelastungsgebieten (BodSchG 1991, Spilok 1992) leisten. Die Festsetzung von Nutzungsbeschränkungen/-verboten kann eine Minimierung des Schadstofftransfers über die Nahrungskette zum Menschen bewirken (Gefahrenabwehr).

Literatur:

Unger, H.-J. und D.Prinz (1992): Verkehrsbedingte Immissionen in Baden-Württemberg - Schwermetalle und organische Fremdstoffe in straßennahen Böden und Aufwuchs -; Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg [Hrsg.], Luft, Boden, Abfall Heft 19, 191 S., Stuttgart

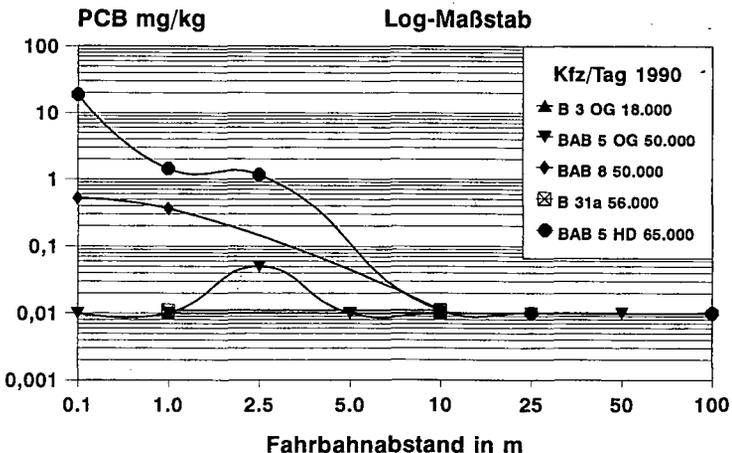
- AbfklärV (1992), Abfallkälärschlammverordnung, Bundesgesetzblatt, Teil I: 912-934
- Niederländische Liste (1988), in Bavinck, H.F. (1989): The Dutch Reference Values for Soil Quality.- in: Dechema-Fachgespräche Umweltschutz (1989): 87-95
- BGA/UBA - Bundesgesundheitsamt/Umweltbundesamt (1990): Dioxin-symposium und Anhörung.- Erster Sachstandsbericht und Maßnahmenkatalog, 41 S.
- Eikmann, T. und A.Kloke (1991): Nutzungs- und schutzbezogene Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe in Böden.- in Rosenkranz, Einsele, Harreb: Bodenschutz - Ergänzendes Handbuch: 8781
- Spilok, G. (1992): Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg.- Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, Köln, 115 S.

Tab.1 Konzentrationsbereiche von Schwermetallen und organischen Fremdstoffen in Böden an Straßen mit 1.000 bis 65.000 Kfz/Tag 1990 - Ergebnisse der Untersuchungen in 0-5 und 0-10 cm Bodentiefe -

Fahrbahnabstand	Pb mg/kg	Cd mg/kg	PCB* mg/kg	PCDD ng/kg	PCDF ng/kg	PCDD/F ng/kg I-TEq
0-5 cm Bodentiefe/1.000 bis 56.000 Kfz/Tag 1990						
0-5 m	21-605	0,1-2,4	<0,01-0,2	152-724	104-2939	2,6-44,8
100 m	13-155	0,1-0,4	<0,01	<60	<30	<0,5
0-10 cm Bodentiefe/18.000 bis 65.000 Kfz/Tag 1990						
0-5 m	76-909	0,6-6,4	<0,01-19	129-2683	103-3648	2,9-126
100 m	36-59	1,1-1,4	<0,01	<50	<50	<1,0

* PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180

Abb.1 PCB Polychlorierte Biphenyle in straßennahen Böden in 0-10 cm Tiefe

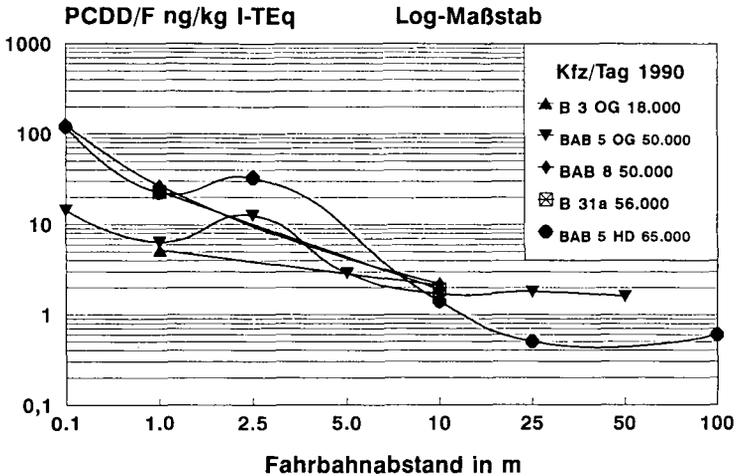


PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180

Nachweisgrenze 0,01 mg/kg

Beprobung Okt. 1991

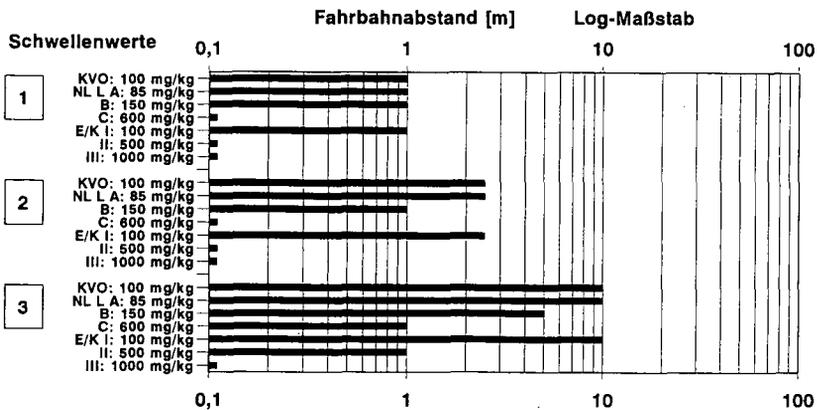
Abb.2 PCDD/F Dioxine und Furane (I-TEq) in straßennahen Böden in 0-10 cm Tiefe



Beprobung Okt. 1991

Abb.3 Pb Bodenbelastung mit Blei an Straßen mit unterschiedlichem Verkehrsaufkommen

Fahrbahnabstände, ab welchen Grenz-, Richt- und Orientierungswerte unterschritten werden



- 1 1.000- 5.000 Kfz/Tag 1990 (n = 2)
- 2 16.000-18.000 Kfz/Tag 1990 (n = 2)
- 3 50.000-65.000 Kfz/Tag 1990 (n = 4)

Straßenbankette, anschließend Grünlandböden (ab 1-15 m Fahrbahnabstand) [0-10 cm Tiefe]; KVO: AbfKlärV 1992, NL L : Niederländische Liste 1988, E/K: Elkmann u. Klocke 1991

Abb.4 PCDD/F Bodenbelastung mit Dioxinen und Furanen (I-TEq) an Straßen mit unterschiedlichem Verkehrsaufkommen

Fahrbahnabstände, ab welchen Richt- und Orientierungswerte unterschritten werden

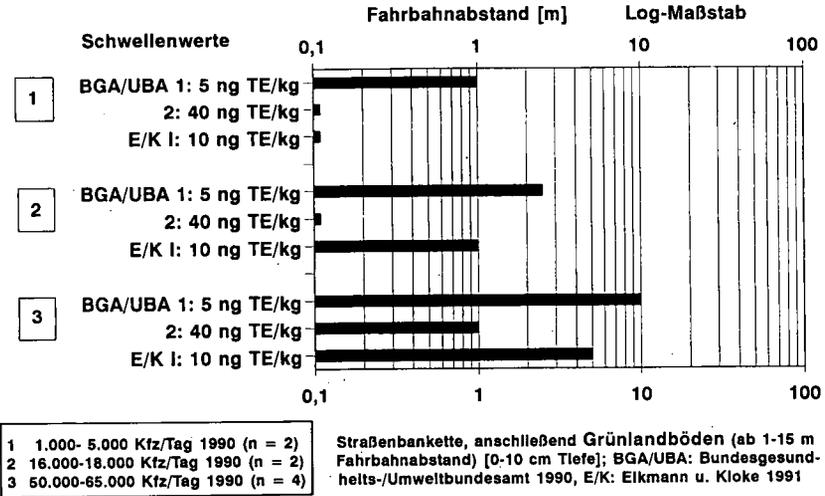
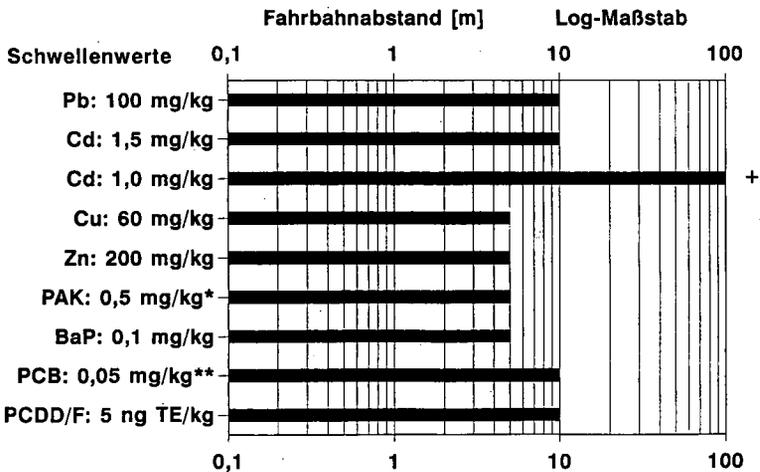


Abb.5 Reichweite der Bodenbelastung an verkehrsreichen Straßen mit 50.000 bis 65.000 Kfz/Tag 1990 (n = 4)

Fahrbahnabstände, ab welchen Grenz- und Richtwerte unterschritten werden



Grünlandböden (0-10 cm Tiefe)

* Summe von 6 PAK (TVO) ** Summe von 6 PCB

**Feldversuche zur Austrocknungsgefährdung von
Kombinationsdichtungen in Deponieabdeckungen durch
temperaturabhängige Wasserbewegung**

von

Vielhaber, B., K. Berger und S. Melchior

Technische Regelwerke fordern zur Einkapselung von Deponien den Einsatz von Kombinationsdichtungen (TA ABFALL (1991), TA SIEDLUNGSABFALL (1993) für Deponieklasse II). Eine Kombinationsdichtung besteht aus einer Kunststoffdichtungsbahn aus PEHD (Polyethylen Hoher Dichte) über einem bindigen mineralischen Material. Untersuchungen am Abdecksystem der Altdeponie Georgswerder (Hamburg) werfen die Frage nach der Austrocknungsgefährdung von bindigen mineralischen Dichtschichten in Kombinationsdichtungen durch thermisch induzierte Wasserbewegung auf (VIELHABER et al. 1992, MELCHIOR 1993). Für die Deponiebasis wird diese Gefährdung seit längerem diskutiert (u.a. COLLINS et al. 1988) und im Feld (GOTTHEIL & BRAUNS 1993) sowie im Labor (STOFF-REGEN et al. 1993) untersucht. Während die Austrocknungsgefährdung der Basisdichtung von hohen Temperaturen im Deponieinneren ausgeht, ist möglicherweise für die Oberflächenabdeckung gerade das Abklingen der exothermen Prozesse im Müllkörper problematisch. Es gibt jedoch bislang keine Untersuchungen, die sich in situ gezielt mit dem Einfluß der Temperatur auf den Wasserhaushalt und die langfristige Wirksamkeit der mineralischen Komponente der Kombinationsdichtung in Oberflächendichtsystemen befassen. Daher wurden in der Oberflächendichtung der Deponie Georgswerder im Jahr 1992 drei neue Meßfelder als ungestörte Ausschnitte der Kombinationsdichtung eingerichtet. Im folgenden werden das Untersuchungskonzept und der Aufbau der Feldversuche vorgestellt.

Theoretische Betrachtung

Die Wasserbewegung im Boden erfolgt unter dem Einfluß von hydraulischen und thermischen Gradienten in flüssiger oder in dampfförmiger Phase (PHILIP & DE VRIES 1957). In natürlich gelagerten Böden hat in der Regel die durch hydraulische Gradienten angetriebene flüssige Wasserbewegung den höchsten Anteil, und die übrigen Flußkomponenten sind - sieht man vom stärker temperaturbeeinflussten Oberboden ab - vernachlässigbar. In mineralischen Dichtschichten dagegen, die sehr geringe hydraulische Leitfähigkeiten aufweisen, tritt der Anteil des Wasserflusses aufgrund hydraulischer Gradienten stark zurück und der temperaturabhängige Anteil gewinnt erheblich an Bedeutung. Da die untersuchten Dichtungen nicht wassergesättigt sind, kann der Transport sowohl in flüssiger als auch in dampfförmiger Phase stattfinden.

Untersuchungskonzept

In den drei neuen Meßfeldern werden verschiedene Temperaturverhältnisse eingestellt. Dabei werden folgende Ziele verfolgt:

- o Das Langzeitverhalten eines bindigen mineralischen Dichtschichtmaterials soll unter den Temperaturverhältnissen eines sich abkühlenden Deponiekörpers untersucht werden.
- o Detailliertere Erkenntnisse über die Art der Wasserbewegung (flüssig / dampfförmig), ihre Ursachen (thermische oder hydraulische Gradienten) und die potentielle Gefährdung der mineralischen Dichtung durch Austrocknung und Schrumpfung in Abhängigkeit von der Temperatur werden gewonnen.

In zwei Meßfeldern (T0 und T1) wird die Temperatur in der Dichtung gezielt modifiziert, während die dritte Variante (Meßfeld K0) keinerlei künstliche Temperaturbeeinflussung erfährt. Die Meßfelder T1 und T0 unterscheiden sich in den Temperaturdifferenzen zwischen Ober- und Unterkante der Dichtung. In Meßfeld T1 wird die Oberkante der Dichtung dauerhaft um 3°C gegenüber ihrer Unterkante erwärmt (Mächtigkeit der Dichtung: 75 cm), d.h. es herrscht ein Temperaturgradient von -4°C/m. Im Meßfeld T0 ist die Bodentemperatur der Oberkante identisch mit der Bodentemperatur an der Unterkante der Dichtung, d.h. es herrscht keinerlei Temperaturgradient. In beiden Fällen folgen die Temperaturen dem Jahresverlauf der Erdbodentemperatur der Umgebung. Das dritte Meßfeld K0 dient als (unbeeinflusstes) Kontrollfeld. Der Temperaturgradient wird hier im Jahresverlauf zweimal sein Vorzeichen wechseln (positiv im Winter, negativ im Sommer).

In Meßfeld T1 beeinflussen sowohl thermische als auch hydraulische Gradienten die Wasserbewegung. Es wird erwartet, daß der negative thermische Gradient eine abwärts gerichtete Wasserbewegung verursacht, die zu einer langsamen Austrocknung der Dichtung führt. In einer Deponieabdeckung nimmt die Dauer solcher Verhältnisse im Jahresverlauf mit dem Abklingen der exothermen Prozesse im Deponiekörper zu. Das Meßfeld T1 soll also die Temperaturverhältnisse zu einem Zeitpunkt widerspiegeln, zu dem sich der Deponiekörper abgekühlt hat. Meßfeld T0 dient als Vergleichsfläche, bei der die herrschenden Temperaturgradienten dauerhaft außer Kraft gesetzt sind. Die Wasserbewegung im Bereich dieses Feldes wird ausschließlich durch hydraulische Gradienten (Kapillarkräfte, Gravitation und Gaspotentiale) angetrieben.

Der Vergleich beider Versuchsvarianten soll zeigen, ob durch thermisch induzierten Fluß (T1) oder durch flüssige kapillare Bewegung (T0) eine Wasserabgabe aus der Dichtung erfolgen kann, die deren Wirksamkeit einschränkt oder gar aufhebt. In beiden Fällen wird die zur Zeit unter "natürlichen" Bedingungen im Abdecksystem im Winterhalbjahr auftretende Wiederbefeuchtung infolge eines aufwärts gerichteten, thermisch induzierten Transports von Wasserdampf ausgeschaltet und eine abwärts gerichtete Wasserbewegung verstärkt. Die temperaturabhängige Flußkomponente in Meßfeld T1 kann durch den Vergleich mit dem

Wasserhaushalt in Meßfeld T0 isoliert werden. In den Meßfeldern ist die Unterkante der Dichtung zur Gasdrainage offen, so daß ein möglicher Einfluß von wasserdampfgesättigtem Deponiegas, das die Dichtschichtunterkante anströmt, auf den Wasserhaushalt der Dichtung erkennbar wird.

Versuchsaufbau

Jedes Meßfeld repräsentiert einen ungestörten Ausschnitt der Dichtung ($1 \times 1 \text{ m}^2$ Fläche, 75 cm Mächtigkeit, ca. 1,40 m unter Geländeoberkante). Als seitliche Randbegrenzung der Meßfelder wurde jeweils ein nach oben und unten offener Metallrahmen in die Dichtung gepreßt und oben mit einer PEHD-Bahn abgeschlossen. Laterale Flüsse und Zufluß von oben sind somit ausgeschaltet. Zudem konnte die Dichtung im Bereich der Meßfelder vor Störungen und Austrocknung während der Installationsarbeiten geschützt werden. An der PVC-Innenwandung des Metallrahmens wurden nach dem Einbau Profile angebracht, um Randumläufigkeiten zu verhindern. Wassergehalt, Matrixpotential, Bodenluftdruck und Bodentemperatur werden in jeder Fläche in verschiedenen Tiefen gemessen. Die Meßgeräte wurden seitlich, von einer Grube aus, in die Meßfelder eingesetzt. Abb. 1 zeigt schematisch den Versuchsaufbau der Meßfelder T0 und T1. Oberhalb und unterhalb der Kombinationsdichtung wurden ohne Störung der Dichtung Rohrwärmetauscher installiert. Die von den Wärmetauschern bedeckte Fläche beträgt $2,6 \times 2,6 \text{ m}^2$. Rechnergesteuerte Umlaufkühler erlauben die Einstellung der gewünschten Temperaturverhältnisse in der Dichtung. Die automatische Erfassung der Tensiometer-, Bodenluftdruck- und Bodentemperaturdaten begann Ende März 1993. Die Wassergehalte werden mit der Time Domain Reflectometry (TDR) zur Zeit wöchentlich gemessen. Im Mai 1993 wurde die Anlage zur Temperaturregelung in Betrieb genommen.

Erste Ergebnisse

Die ersten vorliegenden Daten zeigen, daß die Temperaturregelung sehr gut funktioniert. Mit einer Genauigkeit von $\pm 0,2^\circ\text{C}/\text{m}$ können die eingestellten Temperaturgradienten konstant gehalten werden. In Kontrollfeld (K0) erreichten die Temperaturgradienten im Sommer '93 Werte zwischen $-1^\circ\text{C}/\text{m}$ und $-2^\circ\text{C}/\text{m}$. Während die Matrixpotentiale in der Dichtung von Meßfeld T0 seit Versuchsbeginn nahezu unverändert bei -100 hPa liegen, sind sie in den Meßfeldern K0 und T1 an der Oberkante der Dichtung auf -150 hPa bzw. -230 hPa (September '93) gesunken. Während für K0 im Winter eine Wiederbefeuchtung durch eine aufwärts gerichtete Wasserbewegung aufgrund eines dann positiven Temperaturgradienten erwartet wird, ist das für T1 ausgeschlossen. Es wird mit Spannung erwartet, inwieweit die Matrixpotentiale in Meßfeld T1 weiter abnehmen und ob die Dichtung durch Austrocknung gefährdet wird.

Literatur

COLLINS, H.-J., P. SPILLMANN & B. HERMANSEN (1988): Ist eine Folie auf einer mineralischen Deponieabdichtung vertretbar? Müll und Abfall, 8/88, 362-364.

- GOTTHEIL, K.-M. & J. BRAUNS (1993): Thermische Einflüsse auf die Dichtwirkung von Kombinationsdichtungen. In: AUGUST, H. et al. (Hrsg.): Verbundvorhaben Deponieabdichtungssysteme. 2. Arbeitstagung, 17.-19. Februar 1993 in Berlin. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, 155-164.
- MELCHIOR, S. (1993): Wasserhaushalt und Wirksamkeit mehrschichtiger Abdecksysteme für Deponien und Altlasten. Dissertation, Universität Hamburg. Hamburger Bodenkundl. Arbeiten, 22, 330 S.
- PHILIP, J.R. & D.A. DE VRIES (1957): Moisture movement in porous materials under temperature gradients. Trans. Am. Geophys. Union 38, 222-232.
- STOFFREGEN, H., M. RENGER, G. WESSOLEK & R. PLAGGE (1993): Untersuchungen zur Wasserbewegung in flüssiger und dampfförmiger Phase bei mineralischen Abdichtungen unter isothermen und anisothermen Bedingungen. In: AUGUST, H. et al. (Hrsg.): Verbundvorhaben Deponieabdichtungssysteme. 2. Arbeitstagung, 17.-19. Februar 1993 in Berlin. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, 131-138.
- TA ABFALL (1991): Gesamtfassung der zweiten allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz. Teil 1: Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen. Bundesanzeiger, Köln.
- TA SIEDLUNGSABFALL (1993): Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz. Teil 1: Technische Anleitung zur Vermeidung, Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen. Bundesratsdrucksache 594/92. 138 S.
- VIELHABER, B., S. MELCHIOR & G. MIEHLICH (1992): Temperaturabhängige Wasserbewegung in Oberflächenabdichtungen von Deponien. Mitteilg. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 67, 163-166.

Schematischer Aufbau der Meßfelder T0 und T1

(Deckschicht nicht dargestellt)

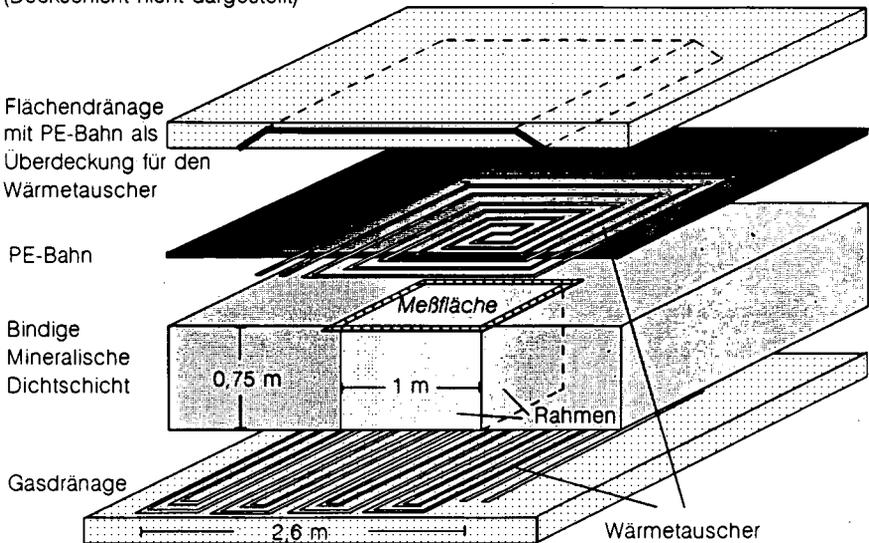


Abb. 1 Querschnitt durch das Temperaturmeßfeld T1 bzw. T0

**Bodenversauerung und Mineralveränderungen in
Waldböden industrieferner Standorte SE-Bayerns**

von

Völkel, J. und H.P. Niller

Einleitung

Es werden Ergebnisse vergleichender Untersuchungen zur Bodenversauerung und Veränderungen der silikatischen Minerale der Tonfraktion in Waldböden klimatisch und edaphisch unterschiedlicher Naturräume in industrieferner Lage vorgestellt. Im trocken-warmen Donaunraum östlich von Regensburg entwickelten sich in einem der klassischen Lößgebiete Deutschlands Parabraunerden auf den stark karbonathaltigen Substraten. Im Bayerischen Wald finden sich in weiter Verbreitung (podsolige) Braunerden, deren Entwicklungstiefe in hohem Maße von der Verbreitung stark lößhaltiger Hauptlagen und Mittellagen abhängig ist. Das Puffervermögen der silikatischen Substrate des Kristallingebietes ist bereits geogen sehr viel geringer. Hohe Niederschlagssummen und tiefere Jahrestemperaturen begünstigen eine progrediente Bodenversauerung (dazu VÖLKELEL 1993b). - Dargestellt werden vorzugsweise die Ergebnisse zur milieuhängigen Mineraltransformation. Weitere pedochemische Parameter können aus Platzgründen nur randlich charakterisiert werden.

Ergebnisse

Das typische Spektrum der Bv-Horizonte der Braunerden und Lockerbraunerden im Bayerischen Wald besteht aus einer Dominanz vollständig sekundär chloritisierter Dreischichtminerale bei mäßigen Kaolinitanteilen, während der Illit in diesen Spektren häufig ausfällt. Die Illitarmut stellt unter anderem eine Sedimenteigenschaft dar (VÖLKELEL 1993b, c, d). Als Ausgangsminerale der sekundären Chloritisierung läßt die Hitzebehandlung der Tonmineralpräparate auf Vermiculite schließen. Die vollständig chloritisierten 14Å-Minerale der Bv-Horizonte zeigen in fünfstufigen Erhitzungsversuchen bereits bei etwa 110°C eine klare Tendenz zur Kontraktion auf 10Å (Atollstrukturen der Al-Hydroxy-Komplexe). Primäre Chlorite fehlen in den meisten Profilen des Bayerischen Waldes.

Die pH-Werte (CaCl₂) liegen weit unterhalb des Austauscher-Pufferbereiches nach ULRICH et al. (1979), in welchem für sekundäre Al-Chlorite Erhaltungsbedingungen angenommen werden. In allen Oberbodenhorizonten und den oberen Bereichen der Bv-Horizonte lassen sich röntgenographisch umfassende Dechloritisierungserscheinungen nachweisen. Mit zunehmendem Verlust der Gitterkationen gehen Auflösungserscheinungen einher, die sich über Kontraktionsfähigkeit der 14Å-Minerale im K-Präparat ausdrücken und vielfach Weitungserscheinungen im Glykolpräparat erkennen lassen. Hier ist die Zerstörung der Tonminerale bereits eingeleitet. In den untersuchten Böden sind diese Stadien der Tonmineralzerstörung in den A(e)h-Horizonten, teils auch in den Bv-Horizonten erreicht (maximal in der Tiefenstufe 15-20cm). In der Regel liegt jedoch noch keine vollständige Zerstörung des Schichtgitters vor, da zumeist auch die Mineralspektren, die eine kräftige Quellfähigkeit der dechloritisierten 14Å-Minerale zeigen, im K-Präparat noch volle Kontraktionsfähigkeit besitzen. In vielen Profilen läßt sich die Dechloritisierung darüberhinaus am Auftreten von Corrensitzen (28-29Å) erkennen, die den Proben der tiefer gelegenen und noch voll chloritisierten Horizonte fehlen und daher Indikatoren einer weit fortgeschrittenen Schädigung des Tonmineralbestandes sind. In einigen Profilen finden sich bereits vorzugsweise in den Aeh-Horizonten voll kontraktionsfähige Peaks bei 25-26Å, die als extrem geweitete smectitische Mineralphasen gewertet werden können. Wenngleich die Dechloritisierung der Tonminerale zunächst mit einem sehr gut nachweisbaren Anstieg der Kationenaustauschkapazität und der Basensättigung der Oberböden einhergeht, ist sie doch ein bedeutender Zeiger extremer Ungunst des Pedomilieus.

* Universität Regensburg, LSt. Physische Geographie, D-93040 Regensburg

In den Oberböden der Braunerden des Bayerischen Waldes ist die Tonfraktion in Anteilen zwischen etwa 15% und 20% vertreten. Die Fraktionen < 63µm haben in den lößhaltigen Hauptlagen insgesamt Anteile von etwa 60%. Kraft ihrer großen Oberfläche nehmen die Tonminerale bedeutenden Einfluß auf das bodenchemische Milieu und seine Prozesse. An einem unmittelbar benachbarten Profilpaar unterschiedlichen Versauerungsgrades soll die ökologische Relevanz exemplarisch verdeutlicht werden.

Das Profilpaar Falkenstein Süd-I und II (917m ü.NN, SW, 16° bzw. 3°) stellt zwei typische Braunerden gleichartigen Aufbaus dar. Als Humusform ist in beiden Fällen Rohhumusartiger Moder entwickelt. Bereits die pH-Werte zeigen in den A(e)h-Horizonten größere Abweichungen von pH 3.4 im Profil Falkenstein Süd-I und pH 3.8 im Profil Falkenstein Süd-II. Die Gehalte an C_{org} sind in beiden Profilen auch im Bereich der Bv- und IIBv-Horizonte hoch. Das Profil Falkenstein Süd-I (Laubwaldstandort) ist sowohl im Ober- wie im Unterboden etwas humoser, und die Gehalte an Gesamtstickstoff mit 0.64% höher als im Fichtenstandort mit 0.36%, wovon im Laubwaldstandort ein engeres C/N-Verhältnis resultiert. Die Kationenaustauschkapazität und die aus ihr abgeleiteten Größen zeigen markante Abweichungen zwischen beiden Profilen. Im stärker versauerten Laubwaldstandort tritt im Oberboden in der KAK in absoluter Menge das Aluminium besonders hervor. Über das gesamte Profil hinweg ist seine Sättigung signifikant höher. Auch die über Titration ermittelten Aluminium- und Protonengehalte liegen im stärker versauerten Profil eindeutig höher. Ferner fällt hier ein mit 3.9% Sättigung besonders hoher Eisenanteil im Oberboden auf. Die KAK jedoch erreicht in der Summe (mval/100g Boden) im Oberboden mit 19.4 gegenüber 11.6 des stärker versauerten Laubwaldstandortes die höheren Werte, eine Tendenz, die sich im Unterboden fortsetzt. Bei gleichartiger Textur beider Profile bietet sich als Erklärung zunächst ausschließlich der höhere Gehalt an humoser Substanz im Laubwaldprofil an, wobei allerdings die sehr viel größere Differenz zwischen den Oberbodenhorizonten verwundert.

Den entscheidenden Hinweis gibt die Röntgendiffraktionsanalyse der Tonminerale. In beiden Profilen hat in den Aeh-Horizonten eine Dechloritisierung stattgefunden, die im stärker versauerten Profil Falkenstein Süd-I sehr viel weiter vorgeschritten ist, wie die Weitungserscheinungen zeigen. Der Anteil einer quellfähigen Komponente geht entscheidend mit höheren KAK-Summen einher. Im Rahmen der Dechloritisierung und beginnender Mineralauflösung werden nachweislich größere Mengen an Al und auch an Fe freigesetzt. Die Korrelation von erhöhten Fe-Anteilen im Kationenbesatz mit quellungsfähigen Tonmineralen im Sinne einer vorgeschrittenen Mineralzerstörung läßt sich im Bayerischen Wald für alle vergleichbar zusammengesetzten Tonmineralspektren der Oberbodenhorizonte belegen. Weiterhin fallen im Vergleich der NaOH-löslichen Oxidfraktionen im Bereich der Oberböden der vorgenannten Profile höhere Si- und niedrigere Al-Gehalte im Falle der quellungsfähigen Tonfraktion auf. Daraus ergibt sich ein signifikant höheres SiO_2/Al_2O_3 Mol-Verhältnis von 6.3 im ersten Profil und von lediglich 3.3 im zweiten, weniger stark versauerten Profil. Im Unterboden gleichen sich die Verhältnisse trotz etwas abweichender pedochemischer Milieus (s.o.) sehr schnell an, was die Uniformität der Tonmineralfraktion dieser Horizontbereiche beider Profile unterstreicht. Weite Mol-Verhältnisse infolge erhöht freigesetzter Si-Anteile aus den Tonmineralen sind ebenfalls ein Charakteristikum der dechloritierten Tonfraktion der Oberbodenhorizonte, wobei stets wie vorbeschrieben im Falle bereits quellungsfähiger Minerale als Ausdruck hoher Progreienz die Si-Gehalte besonders erhöht sind.

Im Regensburger Lößgebiet belegen bereits Kartierungen des pH-Wertes hochsignifikante Zusammenhänge zwischen dem Versauerungsgrad der Böden und der Bestockungsart (NILLER 1993). Die Untersuchungen wurden in Wäldern des fürstlichen Hauses von Thurm und Taxis vorgenommen (Burgweintingener Holz und Hagelstadter Forst). Die folgende Auflistung gibt eine Zusammenfassung:

Tiefenstufe I, [0-5cm, Ah- bzw. A(e)h]

Der in Wasser ermittelte pH stellt alle Proben unter Nadelwald in den Eisen/Aluminium-Pufferbereich, während sich die Ah-Horizonte der Laubwaldböden noch im Aluminium- beziehungsweise im Austauscher-Pufferbereich befinden. Im Mittel differieren die pH-Werte zwischen den unterschiedlichen Beständen um 0.9 Einheiten (Nadelwald pH 3.47, Spanne pH 3.38-3.57 // Laubwald pH 4.36, Spanne pH 4.1-4.79); die maximale Differenz liegt bei 1.32 pH-Einheiten.

Tiefenstufe II, [5-20cm, Al bzw. AlI]

Unabhängig von der Bestockungsart befindet sich der überwiegende Teil der Proben im Aluminium-Pufferbereich. Der pH läßt bestandesabhängige Differenzen erkennen. Nadelwaldprofile liegen mit sehr geringer Spannweite untereinander bei pH 3.89 (3.87-3.93), Laubwaldprofile mit weiterer Spanne bei pH 4.21 (4.08-4.57).

Tiefenstufe III, [20-40cm, AlBt bzw. BtAl, teils Al]

Allgemein wird der Austauscher-Pufferbereich erreicht. Mit durchschnittlich pH 4.0 liegen die Werte der Nadelwaldprofile noch unter den pH-Werten der Laubwaldprofile in der Tiefenstufe II. Der Laubwald-pH steigt um 0.5 Einheiten.

Tiefenstufe IV, [40-60cm, Bt]

Für die oberen Bereiche der Bt-Horizonte gilt, daß sich zwar standortübergreifend kein Profil im Aluminium-Pufferbereich befindet; doch zeigen die Nadelwaldprofile durchgängig tiefere Werte (durchschnittlich pH 4.71 gegenüber pH 5.36 im Falle der Laubwaldprofile). Es treten zudem relativ starke pH-Wert-Sprünge auf. Die Nadelwaldprofile befinden sich im Austauscher-Pufferbereich, die Laubwaldprofile hingegen im Silikat-Pufferbereich.

Tiefenstufe V, [> 60cm, Bt, BvI]

Die unteren Bereiche der Bt-Horizonte lassen kaum mehr pH-Differenzen erkennen (pH > 6). Alle Profile befinden sich im Karbonat-Pufferbereich.

Auch die Parabraunerden der Lößstandorte des Burgweintingener Holzes und des Hagelstadter Forstes SE Regensburg zeigen eine klare versauerungsbedingte Transformation der Tonminerale. Dabei kommen in hohem Maße bestandesabhängige Unterschiede zum Tragen. Grundsätzlich ist in allen Waldböden dieses Gebietes eine pedogene Chloritisierung der 14Å-Minerale gegeben. Sie erfaßt regelhaft und vollständig die Al- und AlBt-Horizonte der Parabraunerden sowie den oberen Teil der Bt-Horizonte, obwohl, wie im Falle der Bv-Horizonte der Böden im Bayerischen Wald, auch in den Al- und AlBt-Horizonten der Löß-Parabraunerden die Erhaltungsbedingungen von seiten des Aziditätsmilieus nicht mehr gegeben sind. In Abweichung zu den vorbeschriebenen Profilen aus dem kristallinen Mittelgebirge treten in den Bt-Horizonten quellfähige und pedogen chloritisierte Minerale nebeneinander auf. In den Bt-Horizonten großenteils auch durch Verlagerung angereichert, stellen die quellfähigen Minerale der Lößparabraunerden im Bereich der aktuellen Versauerungsfront oder darunter eine substratspezifische Komponente dar, was bedeutet, daß in diesem Profilbereich das Aziditätsmilieu eine pedogene Chloritisierung der Dreischichtminerale erst einleitet. Da Schichtwechsel in den Lößparabraunerden dieser Standorte nicht nachgewiesen werden, können die gleichmäßigen Anteile von Illit und Kaolinit, die jeweils über das gesamte Profil hinweg gegeben sind, als Hinweis darauf gewertet werden, daß die Bildung sekundärer Chlorite ausschließlich über die Chloritisierung von 14Å-Mineralen abläuft.

In den Oberbodenhorizonten der Parabraunerden tritt wie in den Profilen des Bayerischen Waldes regelhaft eine Dechloritisierung auf. Allerdings ist der Grad der Tonmineralzerstörung eindeutig geringer. Die Dechloritisierung ist noch nicht vollständig erfolgt, wenngleich hohe Anteile kontraktionsfähiger und teils bereits geringere Anteile quellfähiger Minerale vorhanden sind. Eigenständige Peaks bei etwa 17Å sind jedoch die Ausnahme und Aufweibungen bis weit in den Kleinkwinkbereich von > 20Å werden im Gegensatz zu den Waldböden des kristallinen Mittelgebirges nicht nachgewiesen. Wiederum zeigt sich hinsichtlich der Dechloritisierung keine enge Bindung an eine pH-Wertstufe. Allerdings ergeben sich insofern auch hier klare Abhängigkeiten, als das am meisten versauerte Profil die deutlichsten Weitungserscheinungen unter Ausbildung eines Peaks bei 17Å erkennen läßt. Ferner besteht zweifelsfrei eine Korrelation zur Bestockungsart. Alle Nadelwaldprofile zeigen Weitungserscheinungen der dechloritisierten Minerale, während sich die 14Å-Minerale in den Oberböden der Laubwaldprofile in aller Regel lediglich im K-Präparat kontrahieren lassen. Zudem finden sich wiederum ausschließlich in den Nadelwaldprofilen Fe-Ionen im Kationenbesatz, was bereits für die quellfähigen Tonmineralproben der Oberböden des Bayerischen Waldes mit Freisetzung von Al- und Fe-Hydroxykomplexen aus den Schichtsilikaten in Verbindung gebracht und als Regelhaftigkeit erkannt wurde. In den Lößprofilen allerdings ergibt sich zusätzlich eine klare Korrelation zwischen erhöhten Corg-Gehalten und dem Auftreten der Fe-Anteile von 3-4% an der KAK, so daß auch an eine Anreicherung durch organische Komplexierung gedacht werden muß und/oder das Eisen als Fe²⁺ vorliegt (s.o.). Wenn-

gleich eine abschließende Beurteilung für die Oberbodenhorizonte der Parabraunerden auf dieser Basis nicht möglich erscheint, könnten die Befunde aus dem Bayerischen Wald auch in diesem Fall als Argument für eine Steuerung unterschiedlicher Fe-Gehalte (KAK) durch den Grad der Zerstörung der Tonminerale und Anlösung anderer Silikate herangezogen werden.

Dem Versauerungsgrad und den Auflösungserscheinungen der Tonminerale entsprechend, liegen in allen Parabraunerdeprofilen die Mol-Verhältnisse von $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ in den Oberbodenhorizonten mit Quotienten zwischen 3-4 am höchsten, sind insgesamt jedoch deutlich niedriger als die wiederholt für die Böden im Bayerischen Wald ermittelten Quotienten (in der Regel 7-8). Auch die freigesetzten absoluten Mengen an SiO_2 liegen unter denen der Braunerden und Lockerbraunerden des Bayerischen Waldes. Auf den besonderen Tiefenverlauf der NaOH-löslichen Oxide in den Parabraunerdeprofilen wurde bereits eingegangen. In allen Profilen sind absolute KAK und Basensättigung der A(e)h-Horizonte gegenüber den unmittelbar nachfolgenden Horizonten signifikant erhöht. Da erstens der Dechloritisierungsgrad der Tonminerale der Oberböden nicht in dem Maße variiert, wie aus dem Bayerischen Wald beschrieben, zweitens grundsätzlich alle Mineral-spektren der Oberböden gegenüber den chloritisierten Unterböden Kontraktionsfähigkeit zeigen, drittens die Tiefenfunktion der organischen Substanz im Al-Horizont in Abweichung zu den Braunerden und Lockerbraunerden stets eine abrupte Abnahme ausweist, fällt der Tonmineralbesatz als Steuerungsgröße dieser Varianzen aus. Seine Bedeutung für den effektiven Kationenaustausch wird in den Oberbodenhorizonten von der Bedeutung der organischen Substanz überdeckt. In den am stärksten chloritisierten Al-Horizonten allerdings drückt sich der Einfluß der Tonminerale auf die KAK durch ein absolutes Minimum von $< 10\text{mval}$ im gesamten Tiefenverlauf aller Profile aus.

Literatur

- NILLER, H.-P. (1993): Tonmineralogische und bodenchemische Untersuchungen zum Versauerungsgrad von Löß-Parabraunerden ausgewählter Waldstandorte südlich von Regensburg. - Diplomarbeit am Inst. f. Geographie der Univ. Regensburg, 144 S.
- VÖLKEL, J. (1993a): Periglacial overlying strata in the Bavarian Forest - Methods of their stratigraphic division and questions about their ecological significance. - Z. Geomorph. N.F. Suppl. 92: 113-125.
- VÖLKEL, J. (1993b): Periglaziale Deckschichten und Böden im Bayerischen Wald und seinen Randgebieten als geogene Grundlagen landschaftsökologischer Forschung im Bereich naturnaher Waldstandorte. - Habilitationsschrift Universität Regensburg, 243 S. und Anhangband.
- VÖLKEL, J. (1993c): Spektren silikatischer Minerale der Tonfraktion als Indikatoren der Lößbeeinflussung der Böden im Mittelgebirgsraum. - Berliner Geogr. Arb. 48: 287-302.
- VÖLKEL, J. (1993d): Striking Changes in Clay Mineral Spectra of Periglacial Overlying Strata in the Bavarian Forest (Southern Germany) - Pedogenetic Transformation or Stratigraphically Caused Changes? - Quaternary Research: in press.
- VÖLKEL, J. & B. SENFT (1993): Radioaktive Kontamination der Böden im Bayerischen Wald im Raum Zwiesel-Bayerisch Eisenstein. - K.O. Honikel & H. Hecht (Hrsg.): Radiocäsium in Wald und Wild. Vorträge, gehalten beim Dreiländertreffen am 23./24. Juni 1992 im Nationalpark Bayerischer Wald, St. Oswald. - Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach: 3-18.

MITGLIEDERVERSAMMLUNG

**Die Teilgebiete der Bodenkunde - Versuch einer
Gliederung**

von

Stahr, K.

Eine mögliche Definition für das Untersuchungsobjekt der Bodenkunde ist:

Böden sind Naturkörper und als solche vierdimensionale Ausschnitte aus der Erdkruste, in denen sich Gestein, Wasser, Luft und Lebewelt durchdringen.

Akzeptiert man diese Definition dem Sinn nach, so ist die Bodenkunde als eine ökologische Geowissenschaft gekennzeichnet.

Versucht man nun, diese Wissenschaft zu untergliedern (Abb. 1), so gibt es zunächst zwei prinzipiell verschiedene Gesichtspunkte. Man kann die Wissenschaft entsprechend ihrem Forschungsobjekt, den Böden und ihrer Verschiedenheit unterteilen. Dabei ergeben sich für die "Spezielle Bodenkunde" im wesentlichen drei Arbeitsfelder, nämlich das Erforschen der Bodenentwicklung = Bodengenetik, die Lehre von der Einteilung der Böden = Bodensystematik und die Lehre von der Verbreitung und Vergesellschaftung von Böden = Bodengeographie oder Regionale Bodenkunde. Diese Wissensbereiche haben enge Beziehungen zu den klassischen Geowissenschaften, insbesondere zur Geographie und ihren physischen Teildisziplinen, sowie zu Geologie, Geodäsie und Landschaftsökologie, soweit letztere sich als Grundlagenwissenschaft darstellt.

Man kann die Wissenschaft auch entsprechend ihrer Methoden und damit nach den beobachteten Parametern einteilen. Daraus resultiert die "Allgemeine Bodenkunde", die sich mit den Böden an sich beschäftigt. Sie untersucht also hauptsächlich das Verallgemeinerbare und nicht die Unterschiede zwischen verschiedenen Böden. Ihre Untergliederung wird traditionell entsprechend den angewandten Methoden durchgeführt. Als anerkannte Wissenszweige können Bodenphysik, Bodenchemie, Bodenbiologie und Bodenmineralogie gelten. Weniger klar ist bisher die Zuordnung der Bodenmorphologie, welche sich mit der beschreibenden Charakterisierung von Böden in jeder Maßstabsebene befaßt. Morphologische Methoden werden auch in den anderen Subdisziplinen der Allgemeinen Bodenkunde verwendet. Die B.-Morphologie ist andererseits aber notwendiges Hilfsmittel auch für spezielle bodenkundliche Fragen der Genetik und Geographie. Da Morphologie kaum rein betrieben wird, weil neben der Form meist auch der Inhalt von Interesse ist, hat sie sich, obwohl bereits in den Anfängen der modernen Bodenkunde verwurzelt, noch nicht als eigene Disziplin entwickeln können. Daß die Allgemeine Bodenkunde den klassischen Disziplinen der Naturwissenschaften eng verbunden ist, versteht sich von selbst.

*) Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, 70593 Stuttgart

Die "Theoretische Bodenkunde" formuliert die Grundprinzipien ihrer Wissenschaft und abstrahiert aus den Forschungsergebnissen der Speziellen und Allgemeinen Bodenkunde allgemein gültige Gesetzmäßigkeiten. Sie kann deduktiv beobachtete oder gemessene Phänomene in allgemein gültige Lehrsätze (JENNY 1941) oder noch besser in Gleichungen und Gleichungssysteme umformen. Insofern werden aus ihr heraus Modelle entwickelt. Gerade in diesem Bereich ist aber festzustellen, daß die Wissenschaft bis heute dort häufig verlassen wird, wenn nämlich bei Modellbildungen notwendige Eigenschaften für Böden bzw. Böden insgesamt zum Zwecke der Vereinfachung weggelassen werden (Glaskugel-Experimente, Untersuchungen in Suspensionen, Weglassen biologischer Parameter).

Die "Angewandte Bodenkunde" versucht, Fragen aus der "Praxis" mit dem Kenntnisstand der anderen Teildisziplinen und insbesondere mit den Methoden der Allgemeinen und Speziellen Bodenkunde zu bearbeiten. Die Anforderung an die Angewandte Bodenkunde ist insofern groß, als sie in ihrer Transformatorfunktion den Stand der Kenntnis jederzeit haben muß, andererseits aber ihre Ergebnisse in der Sprache der Abnehmer formulieren sollte.

Folgt man der Unterteilung der Bodenkunde in Theoretische, Allgemeine, Spezielle und Angewandte Bodenkunde (Abb. 1), so läßt sich feststellen, daß die eigentlichen bodenkundlichen Probleme im oberen Dreieck behandelt werden. Die Problemstellung kommt dabei fast immer von konkreten Böden (sie sollte es jedenfalls), deshalb ist der problemgenerierende Bereich näher an der Speziellen, denn an der Allgemeinen Bodenkunde anzusiedeln. Im unteren Bereich geht es um die "Nützlichkeit" der Wissenschaft für andere, insofern wird Bodenkunde hier zur Hilfswissenschaft für "grüne", technische und planerische Disziplinen. Auch hier steht die "An-Frage" meist in bezug zu konkreten Orten und Objekten (STAHR 1984), so daß sie wieder spiegelbildlich zum Problem mehr auf der Seite der Speziellen Bodenkunde zu finden ist.

Macht man darüber hinaus den Versuch, anerkannte und noch nicht anerkannte Teildisziplinen der Bodenkunde auszuweisen, so läßt sich eine Aufstellung ähnlich der in Tab. 1 vorgenommenen erstellen. Fragt man sich, wie gültig eine solche Unterteilung sein kann, so muß nach objektivierbaren Kriterien gesucht werden. Ein erstes Maß dafür könnte das Verwenden der Begriffe in wissenschaftlichen Veröffentlichungen sein, insbesondere die Veränderung der Verwendung solcher Begriffe im Laufe der Zeit. Da hierbei die Gefahr besteht, daß sachlich wenig begründete Modebegriffe zum Zuge kämen, müßte als weiteres wesentliches Kriterium herangezogen werden, ob und wie diese Teilgebiete definiert und abgegrenzt wurden. Die Bodenkunde wird sich entsprechend ihrem methodischen Fortschritt und ihrer wachsenden Bedeutung weiter in immer mehr Teildisziplinen untergliedern. Sie muß dabei darauf achten, daß ein gemeinsames verbindliches Gedankengebäude der Wissenschaft erhalten bleibt und für begriffliche Klarheit gesorgt wird. Diese begriffliche Klarheit ist insbesondere für junge, stark wachsende Arbeitsbereiche, wie den Bodenschutz (SCHLICHTING 1985, STAHR & RENGER 1986) von besonderer Bedeutung.

GLIEDERUNG DER BODENKUNDE

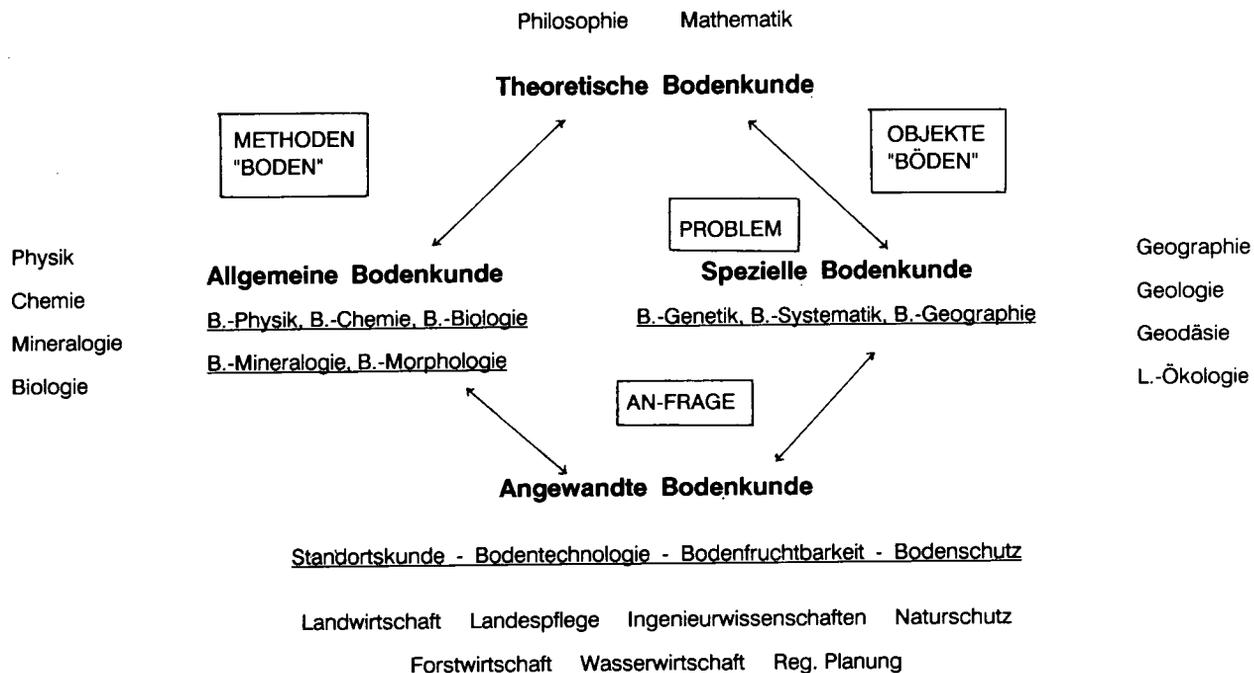


Abb. 1: Gliederung der Bodenkunde in Teilbereiche und Teildisziplinen unter Bezug auf die verwandten Naturwissenschaften und Anwendungsbereiche.

Anerkannte Teildisziplinen der Bodenkunde

1. Haben eigene Fragestellung, Methodik und beschäftigen sich mit dem gesamten Boden:

Allgemeine Bodenkunde	I	Bodenphysik
	II	Bodenchemie
	III	Bodenbiologie
	VII	Bodenmineralogie
***	***	***
Spezielle Bodenkunde	V	Bodensystematik
	V	Bodengeographie (Bodenkartierung, -verbreitung)
	V	Bodengenetik
***	***	***
Angewandte Bodenkunde	IV	Bodenfruchtbarkeit (Pflanzenernährung)
	VI	Bodentechnologie (Kulturtechnik)
	I/VI	Bodenmechanik (Bauingenieurwesen)
	V/VI	Bodenkundliche Standortskunde (Planungswesen)

Umstrittene, noch nicht anerkannte Teildisziplinen der Bodenkunde

2. Erfüllen Punkt 1. nicht und/oder sind zu jung, zu schlecht definiert oder abgegrenzt, zu regional, zu unbedeutend oder zu umfassend:

V	Regionale Bodenkunde
I - VII	Bodenökologie
I - VII	Bodenschutz
III/IV	Bodentoxikologie
VII/V	Boden(mikro)morphologie
V/VII	Paläopedologie
V?	Bodeninformatik
V	Stadtbodenkunde
V	Salzbodenkunde
-	...

Tab. 1: Versuch der Gliederung der Bodenkunde in "Anerkannte" und "Noch nicht anerkannte Teildisziplinen" mit Bezug zu den bestehenden Kommissionen der DBG/IBG.

Literatur

JENNY, H. (1941): Factors of Soil Formation. 281 S., Mc Graw-Hill, New York und London.
 SCHLICHTING, E. (1985): Forschungsdefizite im Bodenschutz. Schrft. des FB 14 Landschaftsentw. der TU Berlin 27, 181-204.
 STAHR, K. (1984): Der bodenkundliche Beitrag zu einer ökosystemorientierten Landschaftsplanung. - Struktur einer Wissenschaft - Wissenstransfer von Theorie und Praxis. Landschaftsentw. und Umweltforsch., 24, S. 228-241, Berlin.
 STAHR, K., M. RENGER (1986): Böden - Eigenschaften, Potentiale, Gefährdungen. Sammelband "Bodenschutz - Räumliche Planung und kommunale Strategie". Hrsg. Bundesforsch. Anst. für Landeskunde und Raumordnung, Bonn.

MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT

Referate

Gemeinsame Tagung von LUFA Thüringen
und
AG 1 "Bodenschutz"

Bodenkundliche Aspekte und Realisierungswege
des landwirtschaftlichen Bodenschutzes

am 11. und 12. Mai 1993

in
JENA

Band 72
Heft II

1993

Bodenkundliche Aspekte und Realisierungswege des
landwirtschaftlichen Bodenschutzes

VON

Weißborn, B.

Sehr geehrter Herr Vizepräsident Professor Wiechmann,
sehr geehrter Herr Direktor Professor Breitschuh,
sehr geehrte Damen und Herren!

Zur Tagung der LUFA Thüringens und der Arbeitsgruppe Bodenschutz der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft möchte ich Ihnen die Grüße des Thüringer Ministers für Landwirtschaft und Forsten, Herrn Dr. Volker Sklenar, und auch in meinem eigenen Namen überbringen.

Im Thema "Bodenkundliche Aspekte und Realisierungswege des landwirtschaftlichen Bodenschutzes" liegt viel Diskussionsstoff, und es wird an beiden Tagen Kernpunkt ihrer Beratung sein.

Der Schutz des Bodens wird in der breiten Öffentlichkeit nach wie vor kontrovers diskutiert. Richtig ist nach unserer Meinung, daß man unseren Böden verstärkten Schutz geben sollte.

*) Thüringer Ministerium für Landwirtschaft und Forsten,
Hallesche Straße 16, 5024 Erfurt

Der Boden ist Naturgut und hat einen hohen Schutzbedarf. Im "Agrarkonzept für Thüringen" ist festgeschrieben, daß es ein wichtiges Anliegen ist, daß sich eine umweltgerechte Agrarproduktion, über deren Notwendigkeit es inzwischen Einigkeit gibt, und eine effektive, gewinnorientierte Landwirtschaft nicht ausschließen, wenn die Agrarpolitik hierfür die entsprechenden Rahmenbedingungen setzt.

Die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen müssen dazu eine eigenverantwortete unternehmerische Tätigkeit der Land- und Forstwirte gewährleisten, die - und das ist ein Schwerpunkt im Agrarkonzept - den Schutz des Bodens vor Zerstörung durch Verdichtung und Erosion dauerhaft als gleichwertiges Ziel zu anderen festgeschriebenen Zielstellungen gewährleistet.

Über die Möglichkeiten und Wege des Bodenschutzes gibt es natürlich unterschiedliche Auffassungen. Hier spielt vor allem die Inanspruchnahme des Bodens eine wesentliche Rolle; ob man es als Baugrundstück bzw. für die landwirtschaftliche Produktion nutzen will, ist sehr wesentlich.

Generell muß jedoch akzeptiert werden, daß von den Bevölkerungsschichten, die in der täglichen praktischen Arbeit mit dem Boden verbunden sind, eine sehr große Einflußnahme auf den Bodenschutz eingeräumt werden kann.

So bewirtschaften die Land- und Forstwirte Thüringens etwa 85 % der Flächen unseres Landes und tragen auch aus diesem Grunde sehr große Verantwortung.

Es ist seit Generationen Verpflichtung für jeden Landwirt, seinem Betriebsnachfolger einen fruchtbaren Boden zu übergeben. Dies zu bewerkstelligen, benutzt der Landwirt vielfältige Maßnahmen, wie zum Beispiel erweiterte Fruchtfolgen, Bodenbearbeitungstechniken und Düngung.

Mit der Steigerung der Erträge bzw. der landwirtschaftlichen Produktion insgesamt setzt verstärkt die Kritik von Bevölkerungskreisen ein, die meint, damit wird dem umweltgerechten Bodenschutz keine Rechnung getragen.

Diesen Standpunkt akzeptieren wir nicht. Die Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Stabilität der Böden sind wichtige Produktionskriterien der landwirtschaftlichen Nutzung.

Wir wissen aber auch, daß der Boden, insbesondere die Bodenfruchtbarkeit, auch Negativursachen ausgesetzt ist, die durch "Streß" und "Kreislaufschäden" bedingt sind. Ich möchte dabei nur 2 Faktoren von vielen, wie z. B. die Bodenverdichtung oder eine nicht ordnungsgemäße Nährstoffzufuhr, andeuten.

Hier muß es uns gelingen, Grenzen aufzuzeigen und durchzusetzen, die den Boden im Interesse der Landwirtschaft schützen, hier muß der Appell an die Landwirte gehen, durch standortbezogene Landbewirtschaftung die Schäden zu minimieren.

Der landwirtschaftliche Berufsstand ist nach unserer Meinung ein wichtiger Teil der Bevölkerung, der zum Bodenschutz beitragen kann und will.

Notwendig erscheint es uns auch, darauf zu verweisen, daß Landwirte eine umweltgerechte Landbewirtschaftung - sie ist ein wichtiger Bestandteil des Bodenschutzes - keinesfalls als Gratisleistung für die Bevölkerung erbringen können. Es ist nach unserer Meinung von großer Bedeutung, daß eine solche Handlungsweise der Landwirte als Leistung angesehen wird und kein "Abfallprodukt" der landwirtschaftlichen Produktion sein kann.

Der Landwirt ist von seiner Ausbildung und seinem Tätigkeitsfeld in der Lage, den Anforderungen einer umweltgerechten Landbewirtschaftung Rechnung zu tragen.

Die Verantwortung, die der Landwirt vor dem Hintergrund der EG-Agrarreform hat, ist ebenfalls eine Herausforderung.

Meine Damen und Herren!

Neben der Bodennutzung, für die der Landwirt selbst verantwortlich ist, bereitet die zunehmende Belastung der Böden und Kulturen durch Immission aus der Industriegesellschaft große Sorgen. Ein weiterer Schwerpunkt sind die Verwertungskonzepte von Siedlungsabfällen allgemein, hier besonders Klärschlämme und Komposte. Daraus resultieren fremdverursachte Bodenbelastungen, welche ein hohes Risiko für die Landwirtschaft und den Gartenbau darstellen.

Der Boden soll auch künftig seiner Funktion als Filter, Puffer und Transformator für Nähr- und Schadstoffe und als Speicher für Wasser funktionsfähig gehalten werden. Deshalb akzeptiert die Landwirtschaft Regelungen zum Bodenschutz.

Sorge bereitet den Landwirten jedoch, wenn man auf Grundlage eines Bodenschutzgesetzes in die landwirtschaftliche Praxis hineinreglementieren will. Es darf keinesfalls zu gesetzlichen Regelungen kommen, die den Boden vor der Landwirtschaft schützen will.

Der Schutz des Bodens für die Landwirtschaft ist primär mit zu betrachten.

Die Fachvorträge und Diskussionen heute und die morgen stattfindende Exkursion in das Anbaugebiet am Rande des Thüringer Beckens werden Ihnen neue und für die Praxis wichtige boden- und agrarwissenschaftliche Erkenntnisse bringen.

Sie sollen der umweltverträglichen Landbewirtschaftung in Thüringen dienen und sie weiterentwickeln.

Darüber zu streiten und zu diskutieren wird sich lohnen.

Ich wünsche der Tagung einen vollen Erfolg.

Bodenkundliche Aspekte des landwirtschaftlichen
Bodenschutzes - ein Vorwort zur Tagung in Jena

von

Wiechmann, H.

Die Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft darf in der Diskussion zum Bodenschutz nicht sprachlos sein. Als wissenschaftliche Gesellschaft ist sie prädestiniert, über die Forschung ihrer Mitglieder Ergebnisse und Denkansätze einzubringen. Sozusagen als Sprachrohr dient dabei die Arbeitsgruppe Bodenschutz, die bereits eine Anzahl von Grundsatzpapieren zu aktuellen Problemen des Bodenschutzes erarbeitet hat.

Die Spannung des Tagungsthemas rührt daher, daß die erlassenen Bodenschutzgesetze der Länder und der Entwurf der Bundesregierung sowohl die Nutzungsfunktion der Böden für die landwirtschaftliche Erzeugung als Schutzziel vorsehen als auch die landwirtschaftliche Produktion als potentiellen Belastungsfaktor betrachten.

Dabei ist zu beachten, daß in den Gesetzen der Begriff Boden sehr weit gefaßt ist und in der Fläche, in der Tiefe und im Kontakt zur Atmosphäre weit über den in der Landwirtschaft allgemein üblichen Betrachtungsraum hinausreicht. Er umfaßt in vertikaler Erstreckung nicht nur den Wurzelraum, sondern auch die unter Umständen viele Meter mächtige ungesättigte Zone bis zum Grundwasser. In der horizontalen Erstreckung müssen Böden in ihrem funktionalen Zusammenhang als Bodengesellschaften Berücksichtigung finden. Lateraler Wasserfluß in auch nur leicht hängigem Gelände als Transport in der ungesättigten Zone, als Stauwasser in teilgesättigten Bereichen und als oberflächennahes Grundwasser bedeutet immer auch Transporte gelöster Stoffe und deren Akkumulationen in Senken und Unterhangbereichen. Hierdurch können z.B. schützenswerte oligotrophe Biotope (Feuchtwiesen, Moore, Gewässer) erheblich belastet und gefährdet werden. Der Schutz der Lebensgrundlage und des Lebensraumes für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen in agrarischen und nichtagrarischen Bereichen ist aber gleichermaßen Schutzziel, vor allem dann, wenn Bodenschutzgesetze keinen anthropozentrischen Ansatz haben und dem Biotopschutz Gleichrangigkeit einräumen.

Ein wesentlicher Teil der Diskussion wird sich der Klärung der "erheblichen" Belästigung und/oder der "nachhaltigen" Schädigung widmen. Wird die Erörterung schon schwierig und kontrovers, wenn es um ökonomisch oder ökotoxikologisch überprüfbare Belange geht, so ist es noch problematischer, Bereiche zu beurteilen, für die es kaum objektive Wertmaßstäbe gibt. Wie schlimm ist es, wenn bestimmte "Unkräuter" aus einer Landschaft verschwinden oder wenn bestimmte Mikroorganismen oder Vertreter der Mesobodenfauna nicht mehr vorkommen bzw. sehr stark

eingeschränkt werden. Im Zusammenhang mit der immer wieder angesprochenen "erheblichen" oder "nachhaltigen" Beeinflussung und ihrer Bewertung ergibt sich gerade bei der Bodenbiologie die Schwierigkeit, die Amplitude der Aktivitäten und der Regenerationsfähigkeit unter natürlichen Bedingungen und unter Nutzungseinflüssen zu kennen und angemessen zu berücksichtigen.

Heftig diskutiert wird, ob der Boden als Naturkörper oder nur in seinen Funktionen zu schützen ist. Im ersten Fall würde dies eine erhebliche Einschränkung bei der Durchführung meliorativer Eingriffe bedeuten, wenn dadurch der Horizontaufbau und/oder der Feuchtezustand erheblich geändert würde. Tiefenbearbeitung, Dränung, Terrassierung u.ä. würden die Funktion der landwirtschaftlichen Produktion zwar verbessern, aber das natürliche Wirkungsgefüge drastisch verändern. Damit im Zusammenhang steht auch der Begriff der "standortgemäßen" Landbewirtschaftung, der im Bodenschutz häufig verwendet wird. Sicher kann damit nicht die Annäherung an die natürlichen Standortverhältnisse bei der Bodengenese verstanden werden. Schwarzerden, Parabraunerden und podsolierte Böden, um nur die flächenhaft vorherrschenden landwirtschaftlich genutzten Bodengruppen zu nennen, sind unter Klimaten und Vegetationsformen entstanden, die nicht landwirtschaftlicher Nutzung entsprechen. Es wird daher nicht gelingen, ein starres, allen Belangen gerecht werdendes Regelwerk zu schaffen. In jeder Diskussion wird deutlich, daß auch beim Bodenschutz Empfinden, Erleben und Bewerten stark subjektiv geprägt sind. Die Diskussion über den Bodenschutz wird heute durch das gesteigerte Umweltbewußtsein von sehr vielen Gruppierungen in der Gesellschaft geführt. An den Universitäten findet bodenkundliche Ausbildung nach der Zahl der Studenten und z.T. auch nach dem Umfang mehr in anderen als in landwirtschaftlichen Studiengängen statt. Dadurch sind viele bodenkundlich engagiert, denen die Belange landwirtschaftlicher Produktion und Betriebsführung weniger geläufig sind. Umgekehrt werden auch im landwirtschaftlichen Studium weiterreichende ökologische Kenntnisse nicht überall in dem Maße vermittelt, wie dies für den Boden-, Biotop- und Umweltschutz notwendig wäre. Die Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft muß bei ihren Veranstaltungen ein Forum für kontroverse Diskussionen im Bodenschutz bieten und damit gleichzeitig aufzeigen, daß eine breite Ausbildung in allen Bereichen, die Bodennutzung im weitesten Sinne umfassen, eine wesentliche Maßnahme zum Bodenschutz darstellt.

Durchsetzung einer effizienten und umwelt- verträglichen Landwirtschaft

von

Breitschuh, G.

Die Landwirtschaft beruht auf der Nutzung der Naturressourcen Boden, Wasser und Luft sowie auf der Ausnutzung klimatischer Faktoren.

In ihrer wirtschaftlichen Tätigkeit muß die Landwirtschaft der Erhaltung dieser Ressourcen nachhaltig dienen.

Landbewirtschaftungssysteme umfassen die Gesamtheit der Flächennutzung für die Pflanzen- und Tierproduktion einschließlich der Pflege der im Agrarraum integrierten Flur- bzw. Landschaftselemente mit dem Ziel einer erfolgreichen wirtschaftlichen Tätigkeit.

Für die Entwicklung einer vielfältig strukturierten und leistungsfähigen Landwirtschaft stehen folgende Ziele im Vordergrund:

- Bewahrung der Funktionsfähigkeit und Produktivität des Agroökosystems als dauerhafte Lebensgrundlage der Menschheit,
- Erhaltung und Gestaltung einer vielfältigen, produktiven und ästhetisch ansprechenden Kulturlandschaft,
- Erhaltung landwirtschaftlicher Betriebe und des landwirtschaftlichen Berufsstandes als wirtschaftliche Grundsubstanz des ländlichen Raumes,
- Abbau der Überschußproduktion von Nahrungsgütern in Mitteleuropa.

Die gegenwärtige Agrarpolitik und die Maßnahmen der laufenden Agrarreform zielen vordergründig auf Rückführung des Produktionsvolumens durch extensivere Wirtschaftsweisen.

Konzept der effizienten und umweltverträglichen Landnutzung (EULANU)

Besonders aus der Tätigkeit in und mit landwirtschaftlichen Unternehmen unterschiedlicher Flächenausstattung, Eigentums-, Betriebs- und Landnutzungsformen in Ostdeutschland wurde das EULANU-Konzept abgeleitet.

Mit dem Begriff einer effizienten und umweltverträglichen Landnutzung wird eine Landwirtschaft gekennzeichnet, die wirtschaftlich erfolgreich ist und gleichzeitig die Umweltverträglichkeit durch ein kontrollfähiges und dokumentationspflichtiges System wissenschaftlich begründeter Grenzwerte sichert. Damit steht dieser Begriff als Synonym für eine das Standortpotential auszunutzende aber dennoch die Nachhaltigkeit sichernde vielfältige Landbewirtschaftung.

Obwohl natürlich letztlich ökonomische Belange im Vordergrund stehen, sind kritische Belastungen für umweltrelevante Faktoren vorzugeben, deren Unterschreitung unverzichtbare Voraussetzungen für die zu beurteilenden Landnutzungsformen bilden.

* LUFA Thüringen, Naumburger Str. 98, 07743 Jena

Die der Landwirtschaft und vor allem der ostdeutschen Landwirtschaft angelasteten Umweltbeeinträchtigungen betreffen im wesentlichen zwei Bereiche:

- Verarmung und Ausräumung der ehemals vielfältigen Kulturlandschaft, die Reste naturnaher Ökosysteme vernichtete und vielen Arten den Lebensraum entzog. Die Konsequenz besteht in einer Unterbrechung natürlicher Kreisläufe mit verminderter Fähigkeit zur Selbstregulation.
- Stoffbelastungen durch Dünger und Pflanzenschutzmittel, die Qualitätsbeeinträchtigungen von Nahrungsmitteln, Wasser und Luft zur Folge haben, angrenzende Ökosysteme eutrophieren und damit eine Artenverschiebung und Artenverarmung bewirken.

Unter Anwendung der von ECKERT (1993) vorgelegten *Methode der kritischen Umweltbelastung Landwirtschaft (KUL)* wurden für 12 Referenzunternehmen der LUFÄ Thüringen 32 relevante Kriterien aus den Problemfeldern Düngung und Tierbesatz, Bodenschutz, Pflanzenschutzmitteleinsatz, Agrarraumgestaltung, Artendiversität und Energieeinsatz erfaßt und bewertet.

Trotz des niedrigen Grenzwertlevels der kritischen Belastungen werden diese in den untersuchten Unternehmen nur bei einzelnen Kriterien überschritten. Ihre Einhaltung ist keinesfalls durch die praktizierten bzw. konzipierten Bewirtschaftungsformen zwangsläufig gefährdet.

Das EULANU-Konzept geht vom Erhalt einer flächendeckenden Biomasseerzeugung bei gleichzeitiger Verwirklichung einer Ökologisierung der Verfahren und des Faktoreinsatzes aus. Die Unternehmen sollen ihr Einkommen zunächst unabhängig vom Landnutzungstyp realisieren aus:

- der Produktion von Nahrungsmitteln mit vergrößerter Produktionstiefe,
- der Landschaftspflege und des Ressourcenschutzes,
- der Erzeugung von Energie- und Industrierohstoffen einschließlich deren Erstverarbeitung und
- den notwendigen Subventionen z.B. für die Biobrennstoffverwertung mit der Wirkung eines Ölsteuervorgriffes.

Dem Konzept liegt das Bestreben zugrunde, die Landwirtschaft wieder marktwirtschaftlich zu organisieren. Die ökologische Komponente wird durch die Fixierung und Kontrolle der kritischen Umweltbelastungen realisiert. Die soziale Wirkung der marktwirtschaftlich verfaßten Landnutzung entsteht durch den flächendeckenden Erhalt einer dauerhaft anpassungsfähigen Landwirtschaft.

Besonders die neue Bewertung der Landschaftspflege und des Ressourcenschutzes bewirkt wesentliche Änderungen zur bisherigen Förderpraxis.

- Bei nicht gegebener Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Flächennutzung muß die Kulturlandschaft in einem von der Gesellschaft gewünschten Zustand erhalten bzw. versetzt werden.
- Gemarkungsnutzungs- und -pflegepläne koordinieren die Erfordernisse der Landwirtschaft, der Landschaftspflege, des Natur- und Ressourcenschutzes und bedürfen der Bestätigung durch die jeweils zuständige Parlamentsebene.
- Der rationellste Aufwand für die Erhaltung bzw. Herstellung gewünschter Zustände in der Kulturlandschaft ist normativ zu ermitteln und den Leistungsträgern zu vergüten.
- Die über Sozialpflichtigkeit des Eigentums hinausgehenden Forderungen nach Erholungswert, Ästhetik und Vielfalt sind gesellschaftliche Forderungen, die den Landwirten zu göüten sind.

Im gesellschaftlichen Interesse liegend, sind die Erzeugung und Verwertung von Energierohstoffen zu fördern.

- Die Biomasseproduktion zur Ablösung nicht erneuerbarer fossiler Energierohstoffe auf allen dafür geeigneten Flächen reduziert die CO₂-Emissionen und stabilisiert den CO₂-Verbrauch aus der Atmosphäre.
- Gesamtgesellschaftlich stellt die Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe eine jederzeit reaktivierbare Flächenreserve für die Nahrungsgütererzeugung dar.
- Die Verfahren und der Faktoreinsatz unterliegen beim Anbau von Bioenergierohstoffen den gleichen kritischen Umweltbelastungen und deren Kontrollfähigkeit wie beim Anbau von Nahrungsgütern und Industrierohstoffen.
- Die Verfahren und der Faktoreinsatz werden kontrollfähig dokumentiert und unterschreiten durchgängig die kritischen Umweltbelastungen.

Umweltrelevante Defizite im Bodenschutz

Mit Wirksamwerden der EG-Agrarreform aber auch bei einer Anwendung von EULANU liegen die realen ökologischen Gefahren und Defizite der ostdeutschen Landwirtschaft, wie oben genannt, weniger auf dem Problemfeld der Stoffbelastungen als vielmehr auf den Gebieten Bodenschutz, Kulturartendiversität, Landschaftsgestaltung, Biotopsicherung und vor allem der eigenen Umweltkontrolle.

Die Wegsamkeit für Wasser, Luft und Wurzeln im gesamten durchwurzelungsfähigen Boden ist wichtigste Voraussetzung für eine hohe natürliche Ertragsfähigkeit und gleichermaßen für den Schutz vor Erosion. Vor allem die Reduzierung des mechanisch bearbeiteten Bodenvolumens in Mehrjahreszyklen und der Bodendruckbelastung unter Beachtung der standortspezifischen Druckbelastbarkeit der Böden sind in der künftigen Landnutzung zu gewährleisten.

Dabei gilt:

- Die kluge Nutzung natürlicher Bodenprozesse, wie Quellung und Schrumpfung, vor allem jedoch die Einschränkung mechanischer Eingriffe erhöht die Gefügestabilität.
- Notwendige Bearbeitungen sind zu optimalen Feuchteverhältnissen durchzuführen. Dafür hat die betriebliche Schlagkraft enorme Bedeutung.
- Übersteigt die Bodendruckbelastung die natürliche Druckbelastbarkeit der Böden, wird die Wegsamkeit für Wasser, Luft und Wurzeln im Boden eingeschränkt.
- Durch fehlerhafte Bewirtschaftung entstandene Defekte können weitestgehend nur durch bodenschonende Bewirtschaftung wieder behoben werden. Mechanische Eingriffe in der Unterkrume, insbesondere in den Unterboden, sollen ausschließlich der Unterstützung natürlicher Gefügestabilisierungsprozesse dienen.

Fortschritte bei der Senkung des Bodendruckes durch Traktoren und Landmaschinen ermöglichen wirksame Reduzierungen der Bodenschäden. Sie reichen aber bei weitem noch nicht aus, um alle Arbeitsgänge im Jahresverlauf sämtlichst mit Druckbelastungen unterhalb der Belastbarkeit durchzuführen.

Die Beachtung dieses Parameters bei der Fruchtarten-, Produktionsmittel- und Technikauswahl ist gerade im derzeitigen Umstrukturierungsprozeß in Ostdeutschland möglich und sinnvoll.

Der Verzicht der konventionellen Lockerbodenwirtschaft kann dazu ein wichtiger Denkansatz sein. In vielen Versuchen und in der Praxis wurde Ertragsgleichheit bei reduziertem Aufwand vor allem für die Bodenbearbeitung nachgewiesen.

Die oft kritisierten leistungsfähigen Traktoren tragen zu einer hohen Schlagkraft bei und ermöglichen die Bearbeitung bei optimaler Bodenfeuchte, der immer noch billigsten und wirksamsten Form der Vermeidung von Druckschäden im Boden. Damit wird, neben den wirtschaftlichen Effekten, vor allem die Bodenstruktur geschützt.

Standortangepaßte und erosionsmindernde Schlaggrößen und -formen zielen auf geringe Inhomogenitäten der Schlagflächen bezüglich gleichzeitiger Bearbeitbarkeit, einheitlicher organischer und mineralischer Düngung sowie die Reduzierung erosionswirksamer Hanglängen und der Ackertransportwege ab.

Das Streben nach hoher Auslastung eingesetzter Maschinen und Geräte ist vordergründig ökonomisch motiviert. Kosteneinsparungen sind gegenwärtig die einzige Effizienzquelle in der Feldwirtschaft. Die verfügbaren modernen Technologien sowie die wirtschaftlichen Vorteile großer qualitativ einheitlicher Produktpartien befördern große Schläge. Dem stehen folgende Forderungen zur Größenbegrenzung der Schläge gegenüber:

- landschaftstypische Flurgliederung,
- Homogenität der Schlagfläche für Bearbeitbarkeit, Versorgungsniveau der Nährstoffe und Bodenwasserbereitstellung,
- Eignung für einheitliche organische Düngung,
- erosionsmindernde maximale Hanglänge,
- Minimierung der Transportwege auf dem Acker.

Andererseits verdienen Überlegungen zu einer Veränderung der Schlaggestaltung, z.B. über die Bewirtschaftung multifunktionaler Ackerrandflächen bei gleichzeitiger Realisierung der Flächenstilllegung, durchaus verstärkte Beachtung. Die Ackerrandflächen werden zur Schlagkernfläche durchgängig gesondert bewirtschaftet und erfüllen folgende Funktionen:

- Pufferzonen zu schlagbegrenzenden Bachläufen, Waldrändern, Biotopen usw.,
- Vorgewende für die Schlagkernfläche,
- Transportwege zwischen Schlagkernfläche und Wegen,
- Vernetzung naturbelassener Flächenanteile,
- Biomassenutzung als Biobrennstoff.

Zusammenfassung

Künftige landwirtschaftliche Flächennutzung wird zunehmend daran gemessen, wie sie zur Nachhaltigkeit der Kulturlandschaft beiträgt. Mit dem System der kritischen Umweltbelastungen Landwirtschaft wird dazu beigetragen, daß ökonomisch nur akzeptabel werden darf, was umweltverträglich ist.

Mit dem Konzept einer effizienten und umweltverträglichen Landnutzung (EULANU) werden Vorschläge zur Überwindung der derzeitigen subventionsabhängigen Landwirtschaft zur Diskussion gestellt.

Besonders die erforderliche Bodenschonung vor Erosion und Verdichtung ist zuerst durch Integration des Bodenschutzes in die Produktionsverfahren zu gewährleisten.

Schwerpunkte und Lösungsansätze des landwirtschaftlichen Bodenschutzes in Thüringen

von

Werner, D.

Einleitung

Die Orientierung der landwirtschaftlichen Bodennutzung auf Ressourcenschonung und Umweltverträglichkeit hat zu einem enormen Anwachsen des Informationsbedarfes in der Landwirtschaft geführt. Dieser erstreckt sich vor allem auf die Umsetzung von boden- und standortkundlichen Forschungsergebnissen in die praktisch handhabbare regionalspezifische Diagnose von Gefährdungspotentialen und auf die Bereitstellung von Lösungen, die in der Verknüpfung von Bodenschutzbedarf und Bodennutzungsanspruch auch die wirtschaftliche Existenz des Landwirtschaftsbetriebes fördern. Nachfolgend werden einige Lösungsansätze zur Schlaggestaltung, zur mechanischen Belastung der Ackerböden durch Befahren und Bearbeiten sowie zur Kennzeichnung der Wassererosionsgefährdung in Thüringen diskutiert.

Zustandsanalyse Thüringer Ackerböden

Aggregationsgrad und Kohäsivität des Gefüges, z. T. Skelett- und Humusgehalt bedingen mit Ausnahme der Lehmsande im Buntsandsteingebiet eine ausgeprägte natürliche Widerstandsfähigkeit der Thüringer Ackerböden gegen technische Verdichtung, Wasser- und Winderosion. Die trotzdem vorhandenen Bodenschäden sind bewirtschaftungsbedingt. Hauptursachen sind:

- ▶ die hohe Druckbelastung des durch Unterbodenlockerung und konventionellen Pflugbau destabilisierten Bodens,
- ▶ bodenkundlich und z. T. auch technologisch unbegründete Schlaggrößen mit nicht einheitlich nutzbarem Bodeninventar und
- ▶ die historisch völlig ungenügende Berücksichtigung des Gefährdungspotentials Wassererosion bei der Schlag- und Anbaugestaltung in hügeligem Gelände.

Tab. 1 zeigt die aus Schlaguntersuchungen hochgerechnete Verbreitung von Verdichtungsschäden in vier Bodenregionen Thüringens und Sachsens. Auf LF bezogen ergeben sich für Thüringen etwa 12 % geschädigte Bodenfläche.

Tiefe cm	Löß- Gebiet		Flußauen	Buntsand- steingebiet	Mittel- gebirgsraum
	Schwarzerden	Parabraunerden Pseudogleye	Auenlehme	Braunerden Ranker	Braunerden Pseudogleye (mit Skelett)
20...30	30...40	10	20	35	0...5
30...40	20...30	0...5	10...15	30	0...5
40...50	2...5	0	0	5	0
50...70	0	0	0	0	0

Tab. 1: Verbreitung technogener Verdichtungsschäden in Thüringen und Sachsen (Anteil an der Verbreitung der Bodengruppe in %)

Schäden durch Bodenabtragung und -akkumulation sind in Thüringen vor allem an den Lößböden der zentralen Beckenregion und an den Böden des Buntsandsteingürtels nachzuweisen. Verstärkend in der Periode der "intensiven Pflanzenproduktion auf großen Schlägen" wirkten vor allem die nur wenig an die geogenen Dispositionsfaktoren angepaßte Schlaggestaltung und der verbreitete Anbau erosionsgefährdender Fruchtarten in Hanglagen (z. B. Mais).

† LUFA Thüringen, Naumburger Str. 98, 07743 Jena

Eine Grobübersicht (FRIELINGHAUS 1991) der auf der Grundlage von GLASOD ermittelten Gefährdung zeigt, daß Thüringen im Vergleich der neuen Bundesländer hinsichtlich Wassererosionsgefährdung an 1. Stelle steht. Hierfür ist vor allem das Relief maßgebend.

Lösungsansätze

Undifferenzierte technologische Abläufe auf Schlägen mit aus Sicht der Nutzungseigenschaften heterogenem Bodeninventar führen nahezu gesetzmäßig zu Bodenschäden. Die in den neuen Bundesländern vielfach schematisch - über Bodenmosaik, Wasserhaushalt und Relief hinweg - vergrößernde Schlaggestaltung der letzten 30 Jahre hat deshalb zu einer nicht akzeptablen Erhöhung der Verdichtungs- und Erosionsgefährdung geführt.

Tab. 2 zeigt einen ersten methodischen Ansatz, der als Alternative zur schematischen Schlagverkleinerung von einer Zustandsanalyse ausgeht. Diese eröffnet die Möglichkeit einer gezielten Anpassung der Schlaggrößen und -formen an die natürlichen Produktionsfaktoren bzw. des Abbaues von Gefährdungspotentialen.

Maßnahmen des Bodenschutzes gegen Wassererosion erlangen nur dann praktische Bedeutung, wenn das Ausmaß der Gefährdung vergleichbar eingeschätzt werden kann. Überdosierung (Kosten, unbegründete Restriktionen) ebenso wie Unterdosierung (nicht beseitigte Gefährdung) dienen nicht ihrer Durchsetzung. Auf der Grundlage der "Allgemeinen Bodenabtragsgleichung" wird deshalb eine Gefahrenstufenkarte der Bodenerosion durch Wasser für Thüringer Ackerböden erarbeitet und darauf aufbauend eine Methodik der Bodenschutzplanung für den Landwirtschaftsbetrieb entwickelt. Als Datenbasis stehen ca. 600 analysierte Bodenprofile, die Hangneigungskarte 1 : 10 000, die Mittelmaßstäbige Standortkarte 1 : 100 000 (zu grob) und Niederschlagsdaten zur Verfügung.

Beurteilungskriterien vorhandener Schlägeinteilungen zur Ableitung von Korrekturen/Anfordernissen aus ökologischer und technologischer Sicht	
<p>Kriterium 1: Bodeninventar</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrast der auf dem Schlag vorkommenden Bodensubstrate ▪ Kontrast des Wasserhaushaltes der Böden ▪ Kontrast der Krumentiefe und im Steinbesatz der Ackerkrume <p>Kriterium 2: Schlagrelief</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ vollständige oder areale Überschreitung der zulässigen erosiven Hanglängen ▪ vollständige oder areale Überschreitung landtechnischer Einsatzgrenzen <p>Kriterium 3: Schlaggeometrie</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schlaggrößen, Schlagformen ▪ Schlagreichbarkeit ▪ Schlaghindernisse <p>Kriterium 4: Gestaltung der Agrarlandschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassung der Schläge an die Reliefgliederung der Agrarlandschaft ▪ Grad der Auflockerung mit ökol. Ausgleichsflächen; ▪ Grad der Vernetzung ▪ Grad der Untergliederung mit Flurgehölzen 	<p style="text-align: center;">mögliche negative Konsequenzen sind</p> <ul style="list-style-type: none"> • feuchte- und substratabhängige Befahrung und Bearbeitbarkeit (Belastbarkeit) • die einseitige Wasserversorgung der Pflanzenbestände aus dem Bodenvasservorrat • die Durchlüftbarkeit des Oberbodens (Frühjahr) • den Oberflächenabfluß und den Bodenabtrag (Aufwand für Bodenschutz) • die Einsetzbarkeit und Effektivität von Mechanisierungsmitteln • den Stoffaustrag aus der Nutzfläche • das Landschaftsbild

Tab. 2:

Der Funktionsfähigkeit des Bodengefüges und damit der mechanischen Druckbelastung und dem Bodenbearbeitungsregime kommen im landwirtschaftlichen Bodenschutz eine Schlüsselstellung zu. Die Strategie, durch Aufbau biogen geprägter "aktiver" Gefüge sowie Minimierung der Druckbelastung und der Bearbeitungsintensität nachteilige Bodenveränderungen zu vermeiden, ist zunächst Theorie und durch ein stand-

Global assessment of soil degradation; Methodik zur Abschätzung der Bodendegradation - hier auf der Grundlage einer Beurteilung von 261 Kartierungseinheiten der MMK

örtlich differenziertes System bodensanierender und -erhaltender Bewirtschaftung zu untersetzen. Aus bodenkundlicher Sicht sind hierfür folgende Gesichtspunkte bedeutsam:

- ▶ Bodenbearbeitungsregime und bodenmeliorative Maßnahmen sind nicht nur aus dem allgemeinen Strukturbedarf der Nutzpflanzen, sondern primär aus dessen Vergleich mit dem physikalischen Bodenzustand abzuleiten. Die vorbereitende **Bodendiagnose** ist als unverzichtbare Entscheidungsgrundlage anzusehen.
- ▶ Effektiver als die meliorative Reparatur von Bodenschäden ist ihre Vermeidung. Es besteht sowohl bei der Kausalanalyse von Altschäden als auch bei der Beurteilung moderner Landtechnik das Erfordernis, den Bodendruck der verwendeten Mechanisierungsmittel zu kontrollieren und zur gefüge- und feuchte-abhängigen **Druckbelastbarkeit** des Bodens in Beziehung zu setzen. Abb. 1 zeigt hierfür ein Beratungsbeispiel.
- ▶ Mechanisch gelockerte Böden sind wesentlich weniger tragfähig als Böden gleicher Dichte im natürlichen Bodenverband. Flächenhaft tiefe **Auflockerung pedogener Verdichtungen** sollte deshalb auf Fälle sehr hoher Bedürftigkeit beschränkt bleiben.
- ▶ **Flache technogene Verdichtungen** der unteren Ackerkrume und der sogenannten Krumenbasis (siehe Tab. 1) behindern vor allem in den neuen Bundesländern die Rationalisierung und umweltverträgliche Gestaltung der Bodenbearbeitung durch Reduzierung des mechanischen Eingriffes, da die Regulationsfähigkeit des Hauptwurzelraumes eingeschränkt ist. Ergebnisse von FENNER, WERNER und EHLERS (1993) zeigen, daß auf solchen Standorten der Einsatzbereich reduzierter Bearbeitungsverfahren durch partielle schacht- oder schlitzzartige Lockerung der Problemzone erweitert werden kann.
- ▶ Mit dem Konzept verminderter mechanischer Eingriffsintensität in Krume und Unterboden sind Effekte erreichbar, die Ertragsicherung und Bodenschonung miteinander verbinden: Lockerungsschächte oder -schlitze stellen sofortige Teilfunktionsfähigkeit her und leiten eine biogene/rhikogene Regeneration der Verdichtungszone ein, ohne den Bodenverband übermäßig zu destabilisieren. Sie mindern das Anwendungsrisiko reduzierter Krumbearbeitungsverfahren auf Standorten mit Gefügeschäden, profitieren andererseits in ihrer Langzeitwirkung von der höheren Stabilität der reduziert bearbeiteten Krume.

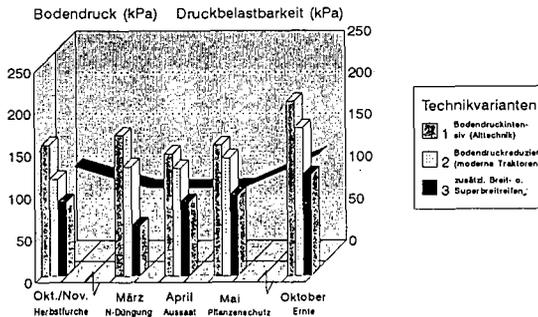


Abb. 1: Bodendruck von Technikvarianten (Säulen) mit unterschiedlicher Belastungsintensität im Vergleich zur Druckbelastbarkeit einer Löss-Schwarzerde (Zuckerrübenproduktion, mittl. Witterung)

- ▶ Eine in Anlehnung an das Vorgehen von EHLERS und CLAUPEIN (1993) entworfene Übersichtskarte der natürlichen Eignung der Thüringer Böden für reduzierte Bearbeitungsverfahren (Abb. 2) unterscheidet nach Abtrennung niederschlagsreicher Gebiete (> 700 mm)

- gut geeignete aggregierte humose Böden mit der Fähigkeit zu aktiver Gefügebildung (geringes Anwendungsrisiko),
- bedingt geeignete Böden, deren Gründigkeit, Tongehalt und Gefügestand in nassen Jahren oder bei hohem Strukturbedarf der Fruchtarten zu verminderter Funktionsfähigkeit führen kann (Risikominderung durch flankierende Maßnahmen, z. B. partielle Lockerung) und
- nicht geeignete Böden vor allem im Buntsandsteingebiet und in den Flußauen mit nässebedingt reduzierter Gefügedynamik.

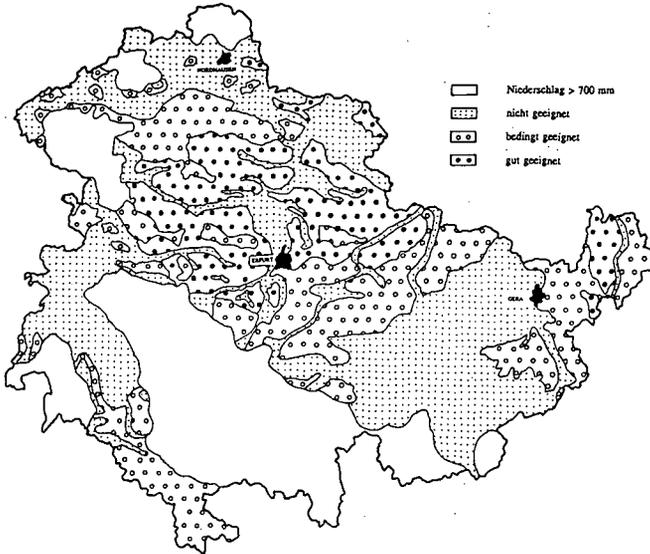


Abb. 2: Eignung der Böden Thüringens für den Einsatz von Bodenbearbeitungsverfahren mit reduziertem mechanischen Eingriff

Schlußfolgerung

Landwirtschaftlicher Bodenschutz betrifft in erster Linie die ressourcenschonende und umweltgerechte Gestaltung der Produktionsverfahren auf der Nutzfläche, deren Stoffhaushalt ein wichtiges Element im Agrarökosystem darstellt. Die Zielsetzung, durch standort- und betriebsspezifische Konzepte der Schlaggestaltung, des Erosionsschutzes, der bodenerhaltenden Bearbeitung usw. die landwirtschaftliche Produktion wieder stärker an die natürlichen Standortbedingungen anzupassen und dadurch Gefährdungen abzubauen, eröffnet Möglichkeiten, die Praxisakzeptanz von Bodenschutzmaßnahmen auch über den Rationalisierungsschub in der Landwirtschaft zu verbessern.

Literatur

- FRIELINGHAUS, M. (1991): Stand der Erosionsforschung in der ehemaligen DDR. - In: Berichte über Landwirtschaft; Neue Folge, 205. Sonderheft: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Band 3 Bodenerosion, S. 68-74
- EHLERS, W.; CLAUPEIN, W. (1993): Approaches towards conservation tillage in Germany (zum Druck eingereicht)
- FENNER, S.; WERNER, D.; EHLERS, W. (1993): Mechanische und biologische Melioration eines schadverdichteten LÖB-Ackerstandortes. - In: Kongreßband VdLUFA-Tagung Göttingen 1992, im Druck
- MEYER, H. v.; GRAFEN, A.; KNICKEL, K. (1990): Konzeptionelle Grundlagen und praktische Ansätze zur Förderung bodenschonender Landwirtschaft. - In: Statusseminar Bodenbelastung und Wasserhaushalt 28.02.-02.03.90 in Bonn, herausgegeben von BMFT

Kann Bodenbearbeitung zum Schutz des Bodens vor Verdichtung und Erosion beitragen?

von

Ehlers, W.

Im Jahre 1992 erhielt der Autor zweimal Anschauungsunterricht zum Thema. In Mecklenburg-Vorpommern waren Anfang Juni auf großen Schlägen Zuckerrüben zu sehen, die in lückigen Beständen im Wachstum verharreten. Die dort anstehenden lehmig-schluffigen, stark mischkörnigen Sande waren so arg verdichtet, daß sie mit dem Spaten kaum aufzubrechen waren. Die Ursache der Bodenkompaktierung wurde in einer zu intensiven N- und P-Bearbeitung der Pflugfurche und in einer zu hohen Anzahl von Arbeitsgängen zur Vorbereitung der Saat gesehen.

Das zweite Lehrbeispiel sah ich im August an Rande des Leinetals auf lößüberwehten Hangflächen. Nach der Gerstenernte war Raps bestellt worden. Die Böden lagen noch brach, als ein heftiger Gewitterregen hoher Intensität herniederging. Es kam zum Wasserablauf und Bodenabtrag. Vorfluter wurden überschwemmt, Abflußrohre verstopft und Straßen verschmutzt. Vermutlich waren mit dem Boden auch Agrochemikalien abgetragen worden.

Als ich vor gut dreißig Jahren Student war, hörte ich, daß die Lockerbodenwirtschaft mit dem Wendepflug die höchste Stufe der Ackerkultur darstellt. Das wird heute in Zweifel gezogen, vielleicht wegen der vielfältigen neuen Möglichkeiten im Pflanzenbau, und weil wir neuen Zwängen unterliegen.

Auswirkungen der Wendepflugwirtschaft

Die Nutzung des Wendepfluges bedeutete früher: intensive Lockerung, Vorbereitung zur Saatbettbereitung, effektive Bekämpfung von Samen- und Wurzelunkräutern, Ausschalten des Durchwuchses von Vorrfrüchten, Einarbeiten von Stoppelrückständen und Erntestenen. Durch das rasche Einpflügen sollten Stickstoffverluste aus dem Stallmist vermieden und zum anderen die Mineralisierung des Stickstoffs aus organischer Substanz angeregt werden. Kahnt (1976) wies nach, daß bei geringerem Niveau der Stickstoffversorgung eine tiefere Pflugfurche ertragswirksamer ist als eine flache. Bei höherer Stickstoffdüngung wird die optimale Bearbeitungstiefe flacher.

Aber was ist in der Landwirtschaft geschehen? Wir haben nicht bei steigendem N-Düngungsniveau die Bearbeitung verflacht, sondern vertieft (Ruhm 1983, Sommer 1985). Hohe N-Gaben mit tiefer Pflugfurche haben nicht nur die Erträge kräftig angehoben, sondern auch zur Festlegung von Stickstoff im Boden geführt. Das geschah weniger über eine Konzentration von organischer Substanz pro Gewichtseinheit Boden als über die Menge an organischer Substanz pro Fläche (Nieder und Richter 1986). Mit der Krumenvertiefung kam es zu einer stärker ausgeprägten Pflugsohlenbildung und zur Unterbodenverdichtung mit physikalischen Begrenzungsmöglichkeiten des Wurzelwachstums. Zum einen führt der starke Anstieg in der Lagerungsdichte zu höherem Eindringwiderstand bei gegebenem Wassergehalt, zum anderen nimmt die Luftkapazität drastisch ab, so daß für einen das Wurzelwachstum nicht behindernden Gasaustausch der verdichtete Boden stärker als bis Feldkapazität ($pF\ 2$) abgetrocknet sein muß (Abb. 1). Doch nimmt die Wasserzügigkeit, die hydraulische Leitfähigkeit im hohen Feuchtebereich mit zunehmender Lagerungsdichte eher ab als zu. Trocknet andererseits der Boden durch Evaporation von der Oberfläche her ab, kann die Verdichtung den kapillaren Aufstieg eher begünstigen und auch auf diese Weise zum mangelhaften Luftaustausch beitragen. In verdichteten Böden kommt es also zu einer scherenhaften Einengung (Abb. 1) der für das Wurzelwachstum optimalen Bedingungen (Boone 1986).

In den letzten 40 Jahren ist aber nicht nur der Unterboden stärker verdichtet worden, sondern gleichzeitig hat die Lockerheit und Tiefe der Krume durch tieferes Pflügen zugenommen. Schon zu Anfang der siebziger Jahre sprach Czeratzki (1972) von der Überlockerung der Krumen. Dabei hatte er nicht nur "die Ansprüche der Pflanzen an den physikalischen Bodenzustand" im Auge, sondern er sah auch das Problem der mangelnden Scherfestigkeit und Tragfähigkeit der Krumen für schweres Gerät und die Notwendigkeit zusätzlicher Rückverdichtung.

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen, von Siebold-Str. 8, D-3400 Göttingen

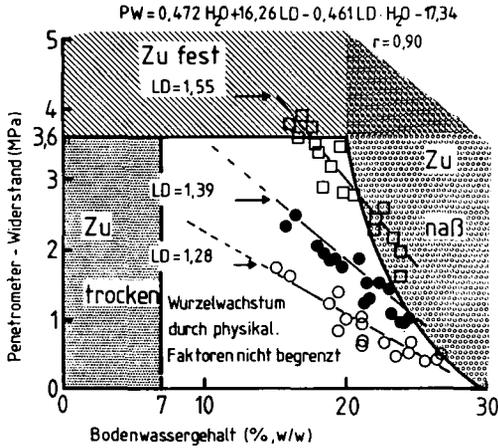


Abb.1: Eindringwiderstand, gemessen mit einem Penetrometer (PW), als Funktion des Bodenwassergehaltes (H_2O) und der Lagerungsdichte (LD , $g\ cm^{-3}$) bei Löss-Parabraunerde (Ehlers et al. 1983). Die Begrenzungen für das Wurzelwachstum sind: $PW > 3,6$ MPa (fest), $H_2O < 7\%$ (w/w) (trocken), Luftgehalt $< 10\%$ (v/v) (naß).

Die Lockerheit und Mächtigkeit der Ackerkrume sind wesentliche Ursache der Unterbodenverdichtung, weil die schweren Geräte durch die Krume wie durch ein Lockerbett hindurchsinken und die hohe Last nicht an der Bodenoberfläche sondern in einigen Dezimetern Bodentiefe aufgebracht wird. Solche Verhältnisse sind nicht selten im Frühjahr bei Güllewirtschaft oder im nassen Herbst bei Mais- und Rübenernte zu beobachten. Was früher zusammenging, Wendepflug und Leichttransporte, will heute nicht mehr zusammenpassen: Extreme Lockerbodenwirtschaft und Schwertransporte. Nach meiner Auffassung sind beide Teilaspekte der Ackerwirtschaft für sich "perfektioniert" worden. Nur zusammen passen sie nicht mehr!

Und, um die Aussage noch deutlicher zu machen: Je tiefer die Fahrspuren, um so tiefer muß gepflügt werden, um die unmittelbaren Effekte der Spuren auf das Relief aufzuheben, den Boden einzuebnen. Lockerbodenwirtschaft zwingt zu immer tieferem Pflügen.

Neben der Maschinenlast und der Häufigkeit des Einsatzes haben sich andere Begleitumstände der Lockerbodenwirtschaft geändert, die zu einer Förderung der Bodenerosion direkt und indirekt beigetragen haben. Stichwortartig sind zu nennen: Flurbereinigung, Feldschlagvergrößerung, Zerstörung von Windschutzhecken, Ausräumen von Randstreifen und Wegen, Umpflügen von Dauergrünland, Vereinfachung der Fruchtfolgen und der organischen Düngung, höchste Effektivität in der Unkrautbekämpfung. Der potentiell mögliche Bodenverlust ist auf Bayern bezogen um 60%, auf die Altbundesrepublik bezogen um 30% angestiegen (Schwertmann und Vogl 1986). Und weil sich in der Feldwirtschaft die Produktionsbedingungen drastisch geändert haben, hat die Belastung der offenen Gewässer durch Abtrag von Agrochemikalien stark zugenommen.

Mögliche Verbesserungen in der Wendepflugwirtschaft

Im Vergleich zum natürlichen Grasland bedeutet Wendepflugwirtschaft Rückgang im Gehalt an organischer Substanz pro Gewichtseinheit Boden. Dadurch sinkt die Aggregation, und der Erodierbarkeitsfaktor der Abtragungsgleichungen für Wasser- und Winderosion steigt. Dieses muß man in der Wendepflugwirtschaft hinnehmen, aber man kann versuchen, durch gezielten Einsatz flach arbeitender, zapfwellenbetriebener, rotierender Geräte (Kreiselege, Zinkenrotor) Erntereste an der Oberfläche als Erosionsschutz zu belassen, zumindest in einem Abschnitt der Vegetationszeit nach der Getreideernte bis zum Bestellen der nächsten Hauptfrucht. Auch kann eine Zwischenfrucht als Stoppelsaat zum Zwecke der Mulcherzeugung vor erosionsfördernden Folgefrüchten wie Zuckerrüben und Mais zielgerichtet angebaut werden. In den Niederlanden wurden bereits vor zwanzig Jahren Versuche zur Kontrolle der Winderosion durchgeführt. Kartoffeln, Zuckerrüben und Mais wurden in die Zwischenreihen von chemisch abgetötetem Roggen gepflanzt bzw. gedrillt, der im Herbst zuvor als Winterzwischenfrucht ausgebracht worden war. In Bayern versucht man der Erosion im Mais Herr zu werden durch Untersaat von

Wintergerste in die Mais-Zwischenreihen. Nach der Ernte von Hackfrüchten in einem trockenen Herbst kann man häufig auf die zeit- und energieaufwendige Pflugarbeit ganz verzichten und das Saatbett mit Kultivator und Kreiselege herstellen.

Zur Vermeidung von Bodenkompaktierung in der Wendepflugwirtschaft kann man nur die vielzitierten Lehrbuhratschläge aufzählen: Arbeitsgänge zusammenfassen unter Zuhilfenahme moderner zapfwellenbetriebener Bearbeitungsgeräte, für die Bestandespflege hohe Arbeitsbreiten wählen, durch ausreichende Motorisierung, Vierradantrieb, Breitbereifung Schlupf und Druck vermeiden. Und niemals den Boden dann belasten, wenn er empfindlich reagiert, im nassen Zustand, schon gar nicht mit schweren Maschinen. Das alles sind wohlgemeinte Ratschläge, die in der Praxis aber häufig nicht befolgt werden oder auch gar nicht eingehalten werden können. Denn Saat und Ernte sind termingebunden und müssen auch unter ungünstigen Umständen erfolgen.

Die Schlußfolgerung kann deshalb lauten: Unter den Bedingungen der hochtechnisierten Landwirtschaft muß das System der Bearbeitung geändert werden, um die Problembereiche Bodenverdichtung und Erosion in den Griff zu bekommen.

Ein alternatives Bearbeitungssystem: Die Festboden-Mulchwirtschaft

Festboden-Mulchwirtschaft ist ein langfristiges, alternatives Bearbeitungssystem, das auf den Wendepflug ganz verzichtet. Die eingesetzten Bearbeitungsgeräte lockern und mischen den Boden flach und belassen dann Mulch an der Bodenoberfläche. In Oberflächennähe steigt der Gehalt an organischer Substanz, und die Mikroorganismenaktivität nimmt zu. Verzicht auf tiefgreifende Bodenwendung und Mulchbedeckung fördern den Regenwurmesatz und die biogene Durchporung. Regenwürmer schaffen Drainagelöcher an der Bodenoberfläche, die nur bei Starkregen wirksam werden. Durch den Makroporenfluß kann die Verlagerung von Nitrat in der Bodenlösung vermindert werden.

Gefügestabilität und Grobporen erhöhen die Regenverdaulichkeit der Böden unter Mulchwirtschaft und erniedrigen den C-Faktor der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung dramatisch. Im Verein mit geminderter Evaporation kann die pflanzennutzbare Wassermenge erhöht werden.

Bioporen unterstützen die Durchwurzelung und den Gasaustausch mit dem Unterboden. Verzicht auf den Wendepflug kann zu einer Auflockerung vorhandener Pflugsohlen führen. Die im Vergleich zur gepflügten Lockerkrume höheren Lagerungsdichten führen zu einer Erhöhung der Scherwiderstände und damit zu einer höheren mechanischen Belastbarkeit. Über die Jahre kann bei Zunahme der organischen Substanz die Selbststrukturierung oder "Garebildung" zunehmen und die Saatbettbereitung erleichtert werden (Ehlers 1991).

Die Schwierigkeiten des Systems können nur kurz erwähnt werden, sind aber an anderer Stelle ausführlicher gewürdigt worden (Ehlers 1992, Ehlers und Claupein 1993). Abbau großer Ernterestmengen, Begründung des Pflanzenbestandes in einer Mulchdecke, ausreichende Unkrautkontrolle allein mit Herbiziden. Gelingt es, mit diesen Problemen angemessen umzugehen, dann ist die Festbodenmulchwirtschaft auf allen Böden möglich, die über ein genügendes Maß an Bodenleben verfügen, die zur Selbststrukturierung in Oberflächennähe neigen und die bei Aufgabe der Wendepflugwirtschaft die Unterbodenzugänglichkeit für die Wurzeln bewahren. Dazu gehören Kalkmarschen, viele lößbürtige Böden und Rendzinen. Gleye und Pseudogleye, Auenböden, generell alle Böden mit Übernässung und Luftarmut scheiden aus. Ebenso wenig sind Psephose mit nicht-aufweitbaren Tonmineralen und auf der anderen Seite humusarme Sandböden und mischkörnige Sandböden geeignet, weil diese Sandböden zur extremen Dichtlagerung neigen.

Bei den zur Dichtlagerung neigenden Böden kann eine "Lockerboden-Mulchwirtschaft" erprobt werden, bei der nicht-wendende Geräte wie Flügelschargrubber oder Parapflug in regelmässigen Abständen zur Krümenlockerung eingesetzt werden. Liegen Unterbodenverdichtungen aus der Wendepflugzeit vor, kann mit Hilfe des Parapfluges oder des von der LUFA Thüringen entwickelten Schachtpfluges versucht werden, durch einmalige, meliorative Anwendung günstige Voraussetzungen für den Beginn einer Festbodenmulchwirtschaft zu schaffen. Am Rande des Solling wurde auf Lößkolluvium ein Versuch zu dieser Fragestellung angelegt. An diesem vergleichsweise kühlen und regenreichen Standort war die Wirkung meliorativer Tiefenlockerung nur von kurzer Dauer. Unter dem Einfluß der Lockerbodenwirtschaft wurden die Fest- und Lockerbereiche im Unterboden dicht unter der Krümenbasis schnell rückverdichtet. Unter Mulchwirtschaft dagegen war diese Rückverdichtung in den durch Schachtpflug oder Parapflug geschaffenen Lockerzonen kaum nachzuweisen (Abb. 2).

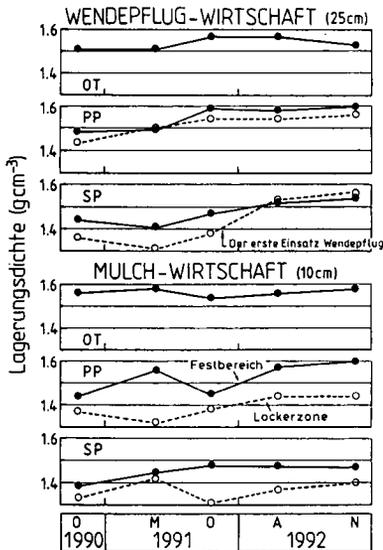


Abb. 2: Rückverdichtung im Unterboden (Lößkolluvium) unmittelbar unter dem jetzigen A_p-Horizont nach Meliorationslockerung mit dem Parapflug (PP) und Schachtpflug (SP) unter Lockerboden- und Mulch-Wirtschaft. Als Kontrolle dient ohne Tiefenbearbeitung (OT). Bei PP und SP wurden die aufgelockerten Profilbereiche besonders herausgestellt. Nach SP wurde der Wendepflug erstmalig im Herbst 1991 (Pfeil) eingesetzt (unveröffentlichte Daten, D. Werner, LUFA Jena).

Schlussfolgerung

Der Einsatz des Wendepfluges bedeutet erosionsfördernde und verdichtungsanfällige Lockerbodenwirtschaft. Gegenmaßnahmen zum Bodenschutz sind in diesem Bearbeitungssystem beim gegebenen Stand der Technik schwierig, weil die Lockerbodenwirtschaft im Grundsatz diesen Zielen entgegensteht. Eine permanente Festboden-Mulchwirtschaft kann hingegen auf vielen Böden aufgrund günstiger biologischer Regulationsmechanismen und aufgrund physikalischer Eigenschaften zur Erhaltung des Bodens, seiner ökologischen Funktionen und seiner Produktivität beitragen. Allerdings sind Schwierigkeiten mit Strohaufgaben, Unkräutern und in der Bestandegründung zu beachten. In den neuen Bundesländern mit vergleichsweise geringem Jahresniederschlag kann der wassersparende Effekt der Mulchwirtschaft das Ertragsniveau günstig beeinflussen.

Literatur

Boone, F.R. 1986. Towards soil compaction limits for crop growth. *Neth. J. Agric. Sci.* 34: 349-360.
 Czeratzki, W. 1972. Die Ansprüche der Pflanzen an den physikalischen Bodenzustand. *Landbauforsch. J. Völknerode* 22: 29-36.
 Ehlers, W. 1991. Wirkung von Bearbeitungssystemen auf gefügebabhängige Eigenschaften verschiedener Böden. *Berichte über Landwirtschaft, SH* 204, 118-137.
 Ehlers, W. 1992. Reduzierte Bodenbearbeitung - Ökologische Folgen und ackerbauliche Grenzen. *Reihe Kongressberichte, Kongressband 1992 Göttingen*. VDLUFA, Darmstadt: 35-58.
 Ehlers, W., U. Köpke, F. Hesse und W. Böhm. 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil Tillage Res.* 3: 261-275.
 Ehlers, W. und W. Claupein. 1993. Approaches towards conservation tillage in Germany. In: M.R. Carter (Hrsg.). *Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems*. Lewis Publ., Michigan, USA. In press.
 Kahnt, G. 1976. *Ackerbau ohne Pflug*. Eugen Ulmer, Stuttgart.
 Nieder, R. und J. Richter. 1986. C- und N-Festlegung in Böden Südostniedersachsens nach Krumenvertiefung. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 149: 189-201.
 Ruhm, E. 1983. Schlechte Voraussetzungen für eine gute Ernte. *Hann. Land- und Fortwirtsch. Z.* 136: 3-4.
 Schwertmann, U. und W. Vogl. 1986. *Landwirtschaft und Bodenerosion*. Reihe Kongressberichte, Kongressband 1985 Gießen. VDLUFA, Darmstadt: 7-17.
 Sommer, C. 1985. Ursachen und Folgen von Bodenverdichtungen sowie Möglichkeiten zu ihrer Verminderung. *Landtechnik* 9: 378-384

**Mechanisierungs- und Verfahrenslösungen zur
umweltverträglichen und effizienten Boden-
bearbeitung**

von

Reich, J.

1. Problemstellung

In der Bundesrepublik Deutschland, einem der größten Agrarproduzenten der EG zeichnet sich unter den Bedingungen der EG-Agrarreform und GATT-Beschlüsse längerfristig ein tiefgreifender Wandel in den agrarpolitischen Zielsetzungen ab. Gewachsenes Umweltbewußtsein in der Gesellschaft und die schrittweise Durchsetzung der Niedrigpreispolitik in der EG erfordern nunmehr zwingend den Einsatz kostensparender und zugleich umweltverträglicher Maßnahmen zur Landbewirtschaftung. Aus der Sicht der Bodenbearbeitung sind dazu im wesentlichen drei Wege zu beschreiten:

1. Regeneration leichter bis mittlerer Bodenschäden durch natürliche Vorgänge und unterstützt durch bodenverbessernde bzw. -schonende Begleitmaßnahmen
2. Beseitigung von Bodenschädigungen bei möglichst vollständiger Erhaltung der Tragfähigkeit strukturgeschädigter Standorte durch mechanischen Aufbruch verdichteter Bodenhorizonte
3. Vorbeugende Vermeidung von Bodenschädigungen durch ackerbauliche und verfahrenstechnische Maßnahmen der Bodenschonung und Erosionsminderung

Bei der Festlegung des jeweiligen Vorgehens zur Umsetzung des landwirtschaftlichen Bodenschutzes gelten die Grundsätze:

Schadensvermeidung ist sowohl auf intakten als auch durch mechanischen Eingriff regenerierten Standorten konsequent zu betreiben und hat Vorrang vor "Gefügereparaturen"; Schadensbeseitigung gewinnt als unverzichtbare Voraussetzung für eine schnellere und umfassendere Überleitung des Systems der konservierenden, sprich bodenschonenden und -schützenden sowie kostensparenden Bodenbewirtschaftung wieder einen höheren Stellenwert.

2. Einsatzbereiche

Bodenbearbeitungstechnik und -verfahren werden benötigt für sehr differenzierte Einsatzverhältnisse in den Bereichen

- Landwirtschaft einschließlich Gemüsebau,
- Obst- und Weinbau,
- Garten- und Landschaftsbau und
- Forstwirtschaft.

Das Bearbeitungserfordernis zur Beseitigung von Leistungsbegrenzungen auf Anbauflächen mit rückverfestigten bzw. schadverdichteten Bodenbereichen wird wesentlich von der Verdichtungsintensität, der Tiefenlage und/oder der Mächtigkeit der Hemmzone beeinflusst. Die in Frage kommenden typisierten Einsatzfälle für die Krumen- und Unterbodenbearbeitung veranschaulicht Abbildung 1.

Die Bodenbearbeitungsmaßnahmen zur Realisierung der Einsatzfälle 0 und I, die durch ein intaktes bzw. im Unterkrumenbereich schadverdichtetes Bodenprofil gekennzeichnet sind, lassen sich vorwiegend mit konventioneller Gerätetechnik ausführen. Im Gegensatz dazu überschreitet das Bearbeitungs- und Meliorationserfordernis für die Einsatzfälle II und III den Rahmen der üblichen Primärbodenbearbeitung beträchtlich, weil es von größeren Arbeitstiefen und zum Teil stark abweichenden Bearbeitungseffekten auszugehen hat.

* LUFA Thüringen, Naumburger Str. 98, 07743 Jena

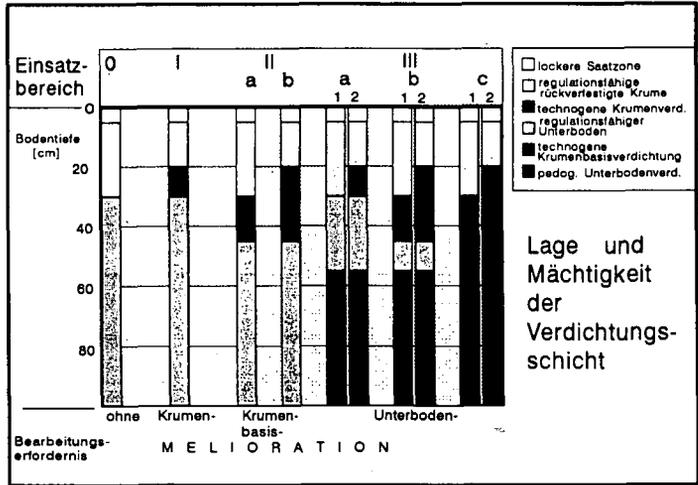


Abbildung 1: Einsatzfälle der Krümen- und Unterbodenbearbeitung

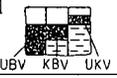
Für die Einsatzfälle IIIa-c ist das Meliorationserfordernis am konkreten Fall und unter noch sorgfältigerer Abwägung von Aufwand und Ergebnis als beim Einsatzfall IIa und b zu prüfen. Die Realisierung der Maßnahmen nach IIIa und b kann nur mit Aggregaten erfolgen, die für den Einsatzfall IIIc mit Arbeitstiefen ≥ 70 cm einsetzbar sind. Ihre Teilbearbeitung bzw. Instandsetzung im Tiefenbereich 25-45 cm, erfolgt unter Berücksichtigung des Verdichtungszustandes mit einer Gerätetechnik, die für die Einsatzfälle IIa und b geeignet ist.

3. Mechanisierungsvarianten

Die weltweit verbreitetsten Verfahren zur Bodenbearbeitung bzw. -auflockerung sind unter Angabe der Bearbeitungsintensität und des Arbeitsprinzips Abbildung 2 zu entnehmen.

Verfahrenslösungen mit ganz- bzw. großflächigem Bodenaufbruch bis auf Arbeitstiefe unterliegen einer hohen Wiederverdichtungsdisposition im Bearbeitungsraum. Besonders im gefährdetsten Tiefenbereich 25-45 cm ist bei Folgebearbeitung mit dem Pflug oftmals schon nach 2-3 Jahren eine Instandsetzung des Bodengefüges fällig. Partielle Lockerungsmaßnahmen hingegen erhalten bzw. verbessern die Bodeneignung bei nachhaltiger Wirksamkeit (REICH u. WERNER 1992). Das kombinierte Verfahren Schachtpflügen beispielsweise erledigt auf bindigen Böden die Grundboden- und Krümenbasisbearbeitung in einem Arbeitsgang. Durch nennenswert günstigere Leistungs- und Aufwandparameter (Tab. 1) sowie wesentlich erhöhte Wirkungsdauer und Mehrertragsleistung - 5,3...4,6 GE.ha⁻¹ über 5...7 Jahre auf Standorten mit relativ hohem Ertragsniveau und bei belastungsintensiver Folgebewirtschaftung mit dem konventionellen Pflugverfahren - ist auf diagnostizierten Gesamt- und Teilschlägen diese moderne Maßnahme mehrfach rentabler einsetzbar als die konventionellen Einzelverfahren Pflügen und Krümenbasislockerung.

Mit dem Lösungsansatz zum Spezialverfahren Schachtlockerung, dem man eine dem Schachtpflügen vergleichbare Wirksamkeit zusprechen kann, wird ein Einstieg partieller Lockerungsmaßnahmen auch auf Streifen-, Insel-, Kommunal-, Obstbau- und Weinbauflächen vorbereitet.

Verfahren	Fräsen Schichtengrubbern Pflügen Zweischichtpflügen Parappflügen ¹⁾ Tiefpflügen Spatenpflügen (Tiefspaten, -fräsen)	Tiefgrubbern Krumenbasis- und Zweischicht- meliorations- pflügen ²⁾ Krumenbasislockern Tieflockern	Schachtpflügen	Schachtlockern	Schachtgrubbern	
Bearbeitungsintensität	ganzflächig	großflächig	partiell			
Profil						
Arbeitselement ³⁾	Lockerungs- werkzeug (Fügelschar)	Spaten Rotor Lockerungswerkzeug (Meißelschar)	Schacht- baugruppe	Schacht- werkzeug	Grubber · Schacht- Werkzeug	
Arbeitsprinzip						
Entwicklungsstand	Serie		Serie	Versuchsmuster		

UBV - Unterbodenverdichtung KBV - Krumenbaueverdichtung UKV - Unterkrumenverdichtung
¹⁾ ganz- und großflächig ²⁾ großflächig und partiell ³⁾ Beispiele

Abbildung 2: Verfahrensblick zur Bodenbearbeitung bzw. -auflockerung

Verfahren	Einsatz- bedingungen	mittel/ schwer	mittel			schwer		
		Flächen- leistung	Arbeits- zeit- bedarf	Kraft- stoff- bedarf	Verfah- rens- kosten	Arbeits- zeit- bedarf	Kraft- stoff- bedarf	Verfah- rens- kosten
		ha·h ⁻¹	Akh ha ⁻¹	kg DK ha ⁻¹	DM ha ⁻¹	Akh ha ⁻¹	kgDK ha ⁻¹	DM ha ⁻¹
Krumenbasis- lockerung und Pflügen	absolut	0,71 ¹⁾	3,1	41,0	262	3,1	50,6	286
	relativ %		100			100		
Schachtpflügen	absolut	1,06 ²⁾	2,2	26,2	172	2,2	32,7	192
	relativ %	149	71	64	66	71	65	67

¹⁾ Durchschnitt Lockerer und Pflug; ²⁾ 2 Schachtpflüge

Tabelle 1: Leistungs- und Aufwandsvergleich der Einzelverfahren Krumenbaulockerung und Pflügen mit dem kombinierten Verfahren Schachtpflügen

Das kombinierte Verfahren Schachtgrubbern läßt sich bei erfolgreicher Entwicklung einreihen in Maßnahmen der pfluglosen, reduzierten bzw. konservierenden Bodenbearbeitung. Der dazu erforderliche Schachtgrubber kann eigenständig oder in Verbindung mit Gerätschaften zur Sekundärbodenbearbeitung und Aussaat bedarfsweise

partielle Lockerzonen in verdichtete Unterkrumenbereiche einbringen. Damit soll vermieden werden, daß die bodenverbessernden und -stabilisierenden Effekte solcher bodenschonenden und kostensparenden Maßnahmen durch tiefe, wendende oder tiefe, ganzflächig lockernde Bearbeitung unterbrochen wird. Nach MAUERSBERGER von der LUFA Thüringen konnten bei konventioneller, reduzierter und konservierender Bodenbearbeitung und gleichem Aufwand an Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmitteln auf einem bindigen Boden über 6 Jahre gleiche Erträge erzielt werden. Der Kostenaufwand in den beiden letzten Versuchsjahren lag jedoch bei den reduzierten bzw. konservierenden Bodenbearbeitungsvarianten nur bei 57 bzw. 48% der konventionellen Variante.

Kalkulationen auf der Grundlage von KTBL-Richtwerten zeigen, daß unter mittleren Einsatzbedingungen bei der konventionellen Bodenbearbeitung die Kombination der Arbeitsgänge zwar zu einer Reduzierung der Bodenbelastung, aber zu keiner durchschlagenden Aufwandsreduzierung führt. Anders bei der reduzierten bzw. konservierenden Bodenbewirtschaftung ohne Pflug. Bei 2 Arbeitsgängen liegt der Aufwand zwischen 70...75 % und bei einem Arbeitsgang zwischen 45...55 % der konventionellen Bearbeitung in 4 Arbeitsgängen. Die eindeutigen Vorteile einer pfluglosen Bodenbearbeitung können zumindest in der reduzierten Variante bereits von nahezu allen landwirtschaftlichen Betrieben genutzt werden, die über einen Schwergrubber verfügen. Konservierende Bodenbearbeitungsverfahren setzen hingegen eine kostenintensive Neuausrüstung voraus, die eine genaue Prüfung und Beratung erfordert. Insgesamt ist einzuschätzen:

- Bei der Mechanisierung der Bodenbearbeitung bzw. -lockerung besteht für den Praktiker die Möglichkeit, aus einer breiten Palette von Maschinen und Geräten die für seinen Standort und die angebauten Fruchtarten passende Technik auszusuchen und nach neueren ackerbaulichen und umweltverträglichen Gesichtspunkten zu kompletten Bodenbewirtschaftungssystemen zusammenzustellen. Hauptziele solcher modernen Systeme sind darauf gerichtet
 - ▶ die Technik vorsichtig und bodenschonend einzusetzen,
 - ▶ die bodeneigenen biologischen und physikalischen Vorgänge zu unterstützen,
 - ▶ die Bodenstruktur und Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und zu verbessern,
 - ▶ Bodenverdichtungen, Strukturschäden und Bodenerosion zu vermeiden.
- Kombinierte und/oder partiell auflockernde Verfahren für den Unterboden- und Unterkrumenbereich, die sowohl die Anforderungen des Bodenschutzes als auch der Ökonomie am besten erfüllen, sind zu wenig verbreitet. Während die Verfahren Schacht-, Krumbasis- und Zweischichtmelliorationspflügen in die Praxis eingeführt sind und eine stärkere Verbreitung durch die stagnierende Bereitstellung der Mechanisierungsmittel gehemmt wird, müssen zur Schachtlockerung und zum Schachtgrubbern noch der Wirkmechanismus überprüft und die Versuchsmuster weiterentwickelt werden.
- Die Akzeptanz partieller, reduzierter und konservierender Bodenbearbeitungstechniken in der Landwirtschaftspraxis ist nach wie vor zu gering, obwohl die Vorteile offenkundig sind. Ursachen dafür liegen offensichtlich in der einfacheren Handhabung und kurzfristig risikoloserer Ertragssicherung bei konventioneller Lockerbodenwirtschaft. Hinzu kommt, daß die pfluglose Technik mit herkömmlichen Vorstellungen eines exakten Ackerbaues kollidiert.

Literatur

REICH, J. u. WERNER, D.: Verfahren der Unterbodengefügemellioration mit dem Schachtpflug B 206 A; Forschungsbericht LUFA Thüringen, 1992

Mechanische Prozesse in landwirtschaftlich intensiv genutzten Böden und Möglichkeit der Wiederauflockerung von verdichteten Bodenstrukturen

von

Horn, R.

Einleitung

Es ist allgemein bekannt, daß Böden als Dreiphasensystem aus der festen, der flüssigen und gasförmigen Phase bestehen, wobei aufgrund ihrer Eigenschaften in der Landschaft auch die unterschiedlichsten Ansprüche an sie gestellt werden. Böden dienen als endliche und nicht erneuerbare Güter u.a. der Nahrungsproduktion, sowie aufgrund ihrer sorbierenden Oberflächen auch als Filter und Puffer zur Reinhaltung von Gewässern und damit der Grund- sowie Trinkwasserneubildung. Böden werden als Unterlage für Mülldeponierung ebenso wie als Baugrund eingesetzt bzw. als Fahrbahn für land- und forstwirtschaftliche Maschinen benötigt. Gleichzeitig werden sie für Naturschutz und Erholungszwecke und damit zur Freizeitgestaltung verwendet.

Diese Nutzungsvielfalt und die damit einhergehenden Nutzungs- und Zielkonflikte führen häufigst dazu, daß Böden nicht nur entgegen ihrem natürlichen Potential eingesetzt werden, sondern daß sie damit auch zusätzlich irreversibel verändert und folglich auch für weitere Nutzungen nur noch entsprechend ihrem neuen begrenzteren Potential verwendet werden können.

Vor diesem Hintergrund ist es immer vordringlicher, auch im Rahmen der Bodenschutzgesetzgebung durch Festlegung möglichst präziser Bodenfunktionsmerkmale die langfristige Erhaltung von Eigenschaften zu sichern und auch die Nutzung nur entsprechend ihrem Eignungspotential zu empfehlen.

Mechanische Aspekte des Bodenschutzes

Unter mechanischen Aspekten wird in der letzten Zeit vor dem Hintergrund der um das 3 - 4 Fache gestiegenen Maschinengewichte und -leistungen ebenso wie aufgrund der entsprechend gestiegenen Befahrungsintensität sehr viel häufiger entsprechend dem Gesetz von der actio des Menschen und der reactio des Bodens auch die Festlegung von entsprechenden Grenzwerten zur Quantifizierung der mechanischen Belastbarkeit bzw. des momentanen Verdichtungszustand diskutiert. Wenn man die jüngsten Arbeiten aus dem Bereich der neuen Bundesländer in diesem Zusammenhang richtig deutet, so sind als Ergebnis des früheren Einsatzes sehr großer und schwerer Maschinen häufig zu allen Jahreszeiten heute weit mehr als 10 % der thüringischen Böden erheblich schadverdichtet und folglich muß auch mit entsprechenden Ertragseinbußen gerechnet werden. Es ist in diesem Zusammenhang allgemein bekannt, daß als Ergebnis von Quellung und Schrumpfung ebenso wie als Ergebnis der biologischen Aktivität Bodenaggregate gebildet werden, die einerseits im Vergleich zum Gesamtboden deutlich dichter und dabei stabiler, gleichzeitig aber auch weniger durchwurzelbar für Wasser, Gas- und Wurzeln sowie weniger erreichbar für Dünger sind, andererseits aber gleichzeitig die sehr groben und großen Sekundärporen bei Folgebelastungen durchaus wieder zusammengedrückt werden können, noch lange bevor die einzelnen Aggregate selbst im Mitleidenschaft gezogen und damit der Boden wieder homogen geworden ist.

* Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Olshausenstr.40, 24098 Kiel

In diesem Zusammenhang muß jedoch darauf verwiesen werden, daß Aggregate selbst bei gleicher Form und Dichte durchaus unterschiedliche Stabilitätseigenschaften haben können. In Abhängigkeit von dem Alter der Aggregate und der maximalen Austrocknungsintensität wird die Zugfestigkeit mit zunehmender Häufigkeit der Be- und Entwässerung und maximalen Austrocknungsintensität größer bei gleichzeitig geringerem Durchmesser. Diese Stabilitätsunterschiede zeigen sich auch anhand der Werte für den Winkel der inneren Reibung, die für die Aggregate größer sind als für den strukturierten Gesamtboden, wobei bei hohen Auflasten die Werte für den Winkel der inneren Reibung weiter abnehmen und denjenigen des homogenisierten Substrates entsprechen.

Druckfortpflanzungsuntersuchungen

Abb.1 zeigt die Tiefenverläufe der mechanischen Belastbarkeit, dargestellt in Form des Wertes der Vorbelastung in 3 verschiedenen hochproduktiven Böden. Besonders im A1 Horizont der Parabraunerde ist nur eine sehr geringe Stabilität vorhanden, obwohl gerade auf diesem Horizont während der Pflugarbeit z.B. die gesamte Last liegt und er damit auch besonders intensiv überverdichtet und folglich auch das Porensystem deutlich zusammengedrückt wird. Wie tief die in den Boden eingetragenen Drücke fortgepflanzt werden, und welche Wechselwirkungen hinsichtlich der Tiefenverteilung und der Art der Drücke auch bei nachfolgenden Meliorationsmaßnahmen zu beachten sind, zeigt Abb.2. Bei gleichem Kontaktflächendruck und steigender Reifenkontaktfläche wird derselbe Druck im sehr viel größere Bodentiefen übertragen. Folglich werden tiefere Bodenbereiche verstärkt belastet und können in ihrem Hohlraum Aufbau soweit zusätzlich verdichtet werden, bis diese höhere Last wieder im Gleichgewicht mit den von außen einwirkenden Kräften steht.

Hierbei gilt es jedoch zu beachten, daß jeder in den Boden eingetragene Druck stets dreidimensional weitergeleitet wird und damit auch nicht nur Haupt- sondern auch stets Scher- und Normalspannungen in allen 3 Raumrichtungen zu erfassen sind, um die Spannungsverteilung im Boden tatsächlich vollständig zu beschreiben.

Besonders im Fall des Schlupfes können diese Scher- und Normalspannungen sehr hohe Werte erreichen und die vorhandene Bodenstruktur weitgehend zerschneiden bzw. in Gegenwart von Wasser zerkneten.

In Abb.3 sind die Spannungskomponenten während der Überföhrung einer Pseudogley Parabraunerde aus Geschiebemergel dargestellt. Man erkennt, daß abgesehen von den vertikalen Hauptspannungen besonders die Scher- und Normalspannungen sehr hohe Werte erreichen und damit auf die Gefahr einer intensiven Wiederverdichtbarkeit bzw. Bodengefügezerstörbarkeit hinweisen.

In noch viel stärkerem Umfang gilt dies für Schüttbodyden, die nicht nur im Bereich der Braunkohlentagebaue im Köln, sondern auch in den neuen Bundesländern während der ersten Jahrzehnte besonders wiederverdichtungsempfindlich sind. Im Vergleich zu der bei nur wenige kPa liegenden Eigenstabilität (entsprechend der Vorbelastung) sind die während der Überföhrung auftretenden Spannungen um ein Vielfaches höher und haben folglich auch entsprechende zusätzliche Gefügezerstörung mit der entsprechenden Dichtlagerung des Bodens zur Folge.

Fragt man vor diesem Hintergrund nach der Möglichkeit der Wiederauflockerung von schadverdichteten Böden so ist als eine Möglichkeit sicherlich die des Schachtpflügens zu diskutieren. Betrachtet man die Druckfortpflanzung in einem derartig gelockerten Boden bei rechtwinkliger Befahrung zu diesem Schacht, so zeigt sich, daß im Schacht selbst deutlich geringere Hauptspannungen und Scherspannungen gemessen werden können und folglich der gelockerte Boden besser geschützt wird als es bei ganzflächiger Lockerung der Fall ist. Allerdings kann durch eine Befahrung im zu feuchten Zustand aufgrund des positiven oder negativen Schlupfes das Bodenmaterial in den gelockerten Boden wieder vor dem Reifen her- und in den Schacht hineingeschoben werden. Damit wird das lockere und daher instabilere Bodenmaterial zusätzlich durch diese knetende Verformung verdichtet.

Außerdem werden Porensumverteilungen, Abnahmen der weiten Grobporen, der Luft- und Wasserleitfähigkeit sowie der Porenkontinuität auftreten, so daß danach der Boden deutlich schlechter einzustufen ist als vorher.

Je höher hierbei der Schlupf ist, desto mehr dominieren die Scher- und Normalspannungen und desto eher ist mit einer zusätzlichen plastisch zerkerntenden Verformung des Bodens bis in größere Tiefe zu rechnen.

Zusammenfassung

1. In Abhängigkeit von der Bodenentwicklung und der maximalen Austrocknungsintensität der einzelnen Bodenhorizonte bzw.-aggregate weisen Böden unterschiedliche Zugfestigkeit bzw. Scherwiderstände auf.
2. Je nach Aggregierungsgrad, Körnung, Humus, Carbonat und Lagerungsdichte sowie Porengrößenverteilung variiert der Wert der Vorbelastung zwischen wenigen hPa bis zu 10 MPa, besonders wenn auf instabilen Bodenhorizonten mit sehr großen Lasten häufig gefahren wird.
3. Jede Druckfortpflanzung erfolgt im Boden stets dreidimensional, sodaß nur durch den Einsatz der Stress State Transducer eine vollständige und reproduzierbare Erfassung der Spannungsponenten in allen Raumrichtung möglich ist.
4. Je lockerer gelagert, je häufiger die Befahrung, je tonreicher und feuchter der betrachtete Bodenausschnitt ist, desto tiefer wird der Druck in den Boden eingetragen, wobei auch die Größe der Kontaktfläche in Wechselwirkung mit der Radlast zu beachten ist.
5. Durch Einsatz des Schachtpfluges ist eine Wiederauflockerung schadverdichteter Böden möglich, allerdings darf der Boden nicht zu naß, die Fahrtrichtung muß rechtwinklig zur Schachtrichtung sein und der Wassergehalt in der entsprechenden befahrenen Tiefe deutlich über pF 3 liegen.
6. Ganzflächige Rekultivierung ist als ein deutlich schlechteres Verfahren einzustufen wenn anschließend nicht eine vollständige Schonung des Bodens bei gleichzeitiger Unterstützung der Lebendverbauung gegeben ist.

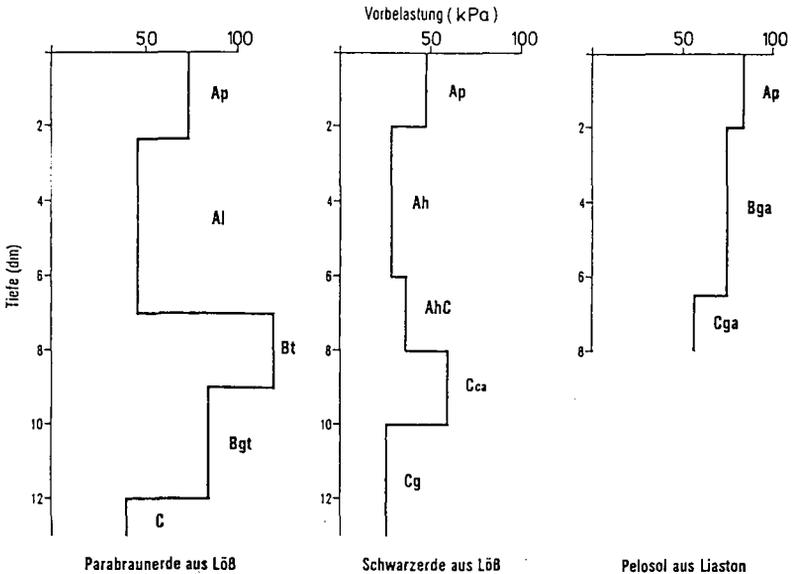


Abb. 1: Tiefenfunktion der Vorbelastung (kPa) in 3 Böden nach Vorentwässerung auf -30 kPa

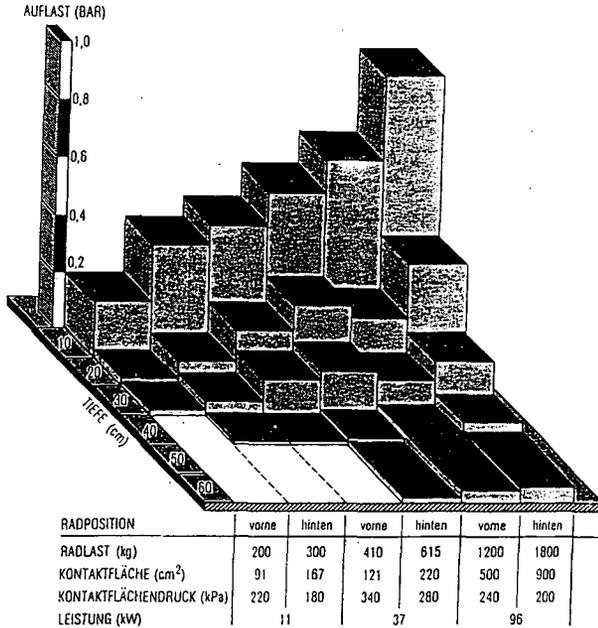


Abb.2: Einfluß der Kontaktfläche und der Kontaktflächendrücke auf die vertikale Druckfortpflanzung

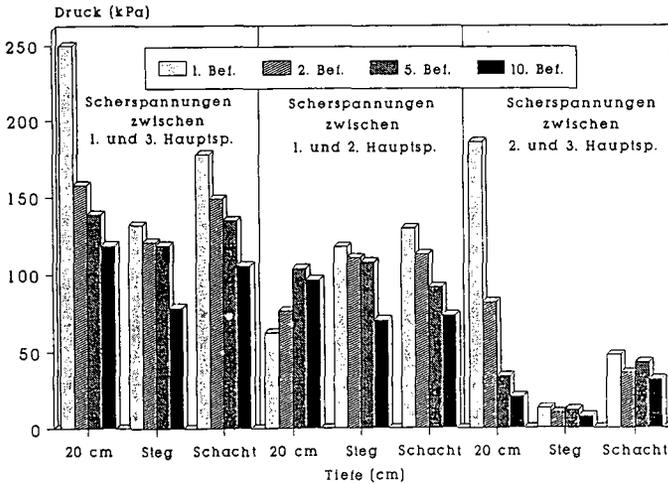


Abb.3: Maximale Scherspannungen in einer schachtgefügten Pseudogley - Parabraunerde aus Geschiebemergel

Veränderungen des Nährstoffhaushalts landwirtschaftlich genutzter Böden durch Flächenstilllegung

von

Stahr, K., R. Jahn, N. Billen, A. Lehmann und M. Sommer

Im Zuge des EG-Programms zur Reduktion der Agrarüberschüsse ist eine der Maßnahmen Produktionsflächen aus der bisherigen Nutzung zu nehmen. Eine solche Flächenstilllegung ist deshalb immer eine Nutzungsänderung. Sie bedeutet für die betroffenen Böden eine Verringerung der agrochemischen Einträge sowie eine verringerte bodenmechanische Belastung, andererseits entfällt die Ernte ganz oder teilweise. Aufgrund der Nutzungsänderung werden sich bestehende Gleichgewichte verändern und damit auch angrenzende Landschaftsteile wie Luft, Grundwasser und Nachbarböden beeinflusst.

Da stillgelegte Flächen in der Regel nicht für immer aus der Nutzung genommen werden sollen, müssen begleitende Maßnahmen die Bodenpotentiale erhalten, damit eine landwirtschaftliche Nutzung nach absehbaren Zeiträumen wieder unverändert möglich wird. Um in den Böden ablaufende Veränderungen zu beobachten und mögliche Gefährdungen durch Flächenstilllegung erkennen zu können, wurde unter anderem in Baden-Württemberg ein Forschungsprojekt begleitend zu dem Flächenstilllegungsprogramm durchgeführt. Am Forschungsprojekt waren die Bereiche 'Landschaftsökologie', 'Bodenkunde', 'Betriebswirtschaft', 'Pflanzenernährung', 'Bodenbiologie' und 'Bodenmikrobiologie', 'Phytomedizin' und 'Pflanzenbau/Grünland' beteiligt. Da als Eingangshypothese erwartet wurde, daß sich verschiedene Standorte unterschiedlich verhalten, wurde versucht, im Rahmen des Projektes eine flächenrepräsentative Aussage für alle in Fragen kommenden Standorte Baden-Württembergs zu erhalten. Um dies zu erreichen, wurde ein vierstufiges Forschungsprogramm erstellt, bei dem in der ersten Stufe sehr viele (300 Standorte) nur sehr grob erfaßt wurden (Vegetationsaufnahmen und bodenkundliche Standortaufnahme). In den Stufen zwei und drei sank die Zahl der bearbeiteten Standorte, die Intensität nahm aber zu. Schließlich wurde in einem Transekt (Stufe IV) von Rastatt im

*) Institut für Bodenkunde und Standortlehre der Universität Hohenheim, 7000 Stuttgart 70 (Hohenheim), Postfach

Rheintal bis nach Langenau im Donauried an insgesamt 6 Kernstandorten ein umfangreiches Meßprogramm durchgeführt, das kurz- und mittelfristige Veränderungen, sowie die Standortdynamik umfaßte. Mit Hilfe der anderen extensiveren Bearbeitungsstufen soll es möglich sein, die gewonnenen Aussagen auf die gesamte ackerbaulich genutzte Fläche Baden-Württembergs zu extrapolieren. Die gewählten Hauptstandorte sind so ausgesucht, daß sie das Spektrum der ackerbaulich genutzten Standorte hinsichtlich der Bodentemperatur, der Durchfeuchtung, der Bodenart und des Humusgehaltes in Baden-Württemberg abdecken. Die Untersuchung wurde in den Jahren 1989 bis 1992 durchgeführt.

Die Bearbeitung bestätigte die Eingangshypothese, daß sich die Standorte sehr unterschiedlich gegenüber dem Eingriff "Stillegung" verhalten, selbst wenn die begleitenden Maßnahmen gleich und gleichzeitig durchgeführt werden. Trotzdem lassen sich generelle Tendenzen erkennen.

Durch die Aufgabe der Pflugbearbeitung differenziert sich innerhalb kurzer Zeit der ehemalige Pflughorizont in einen oberen - wesentlich lockeren Bereich, während der untere zunächst unverändert die Lagerungsdichte wie vor der Flächenstillegung behält. Die Auflockerung des oberen dm beträgt in der Regel etwa $0,1 \text{ kg/dm}^3$ in einem Bereich von $1 - 1,5 \text{ kg/dm}^3$ nach einem Zeitraum von zwei Jahren. Ebenfalls für alle Standorte mit Ausnahme des Niedermoores und des Oberbodens einer sandigen Bänder-Parabraunerde läßt sich erkennen, daß die Aggregatstabilität im Oberboden und damit die Infiltration wesentlich zunehmen. Es wurde erwartet, daß nach Stillegung der pH-Wert abnahm, obschon bereits Schreiber und Schiefer (1985) zeigen konnten, daß bei Grünlandbrachen kaum pH-Unterschiede auftauchen. Die Bearbeitung der von uns untersuchten Standorte zeigte, daß innerhalb von zwei bis drei Jahren keine pH-Veränderungen bei kalkhaltigen Böden und solchen mit pH-Werten über 6,5 sowie bei Böden mit pH-Werten unter 4,5 zu beobachten sind. Andere Standorte im pH-Bereich zwischen 6,5 und 4,5, insbesondere solche mit geringer Pufferkapazität zeigen dagegen grundsätzlich eine pH-Erniedrigung, die von 0,1 bis 0,5 pH-Einheiten reicht. Durch die fehlende Ernte steigt die Streuzufuhr zum Boden gegenüber ackerbaulichen Nutzungen. Deshalb kann erwartet werden, daß der Humus- und Stickstoffvorrat steigt. Untersuchungen in der Literatur (Marschner und Stahr, 1993) belegen, daß eine Grünbrache etwa 1 t pro ha und Jahr Humusakkumulation erbringt in einem Zeitraum von 8 bis 40 Jahren bevor ein neuer Gleichgewichtszustand erreicht ist. Die eigenen Untersuchungen lassen noch keine einheitliche Tendenz erkennen, obwohl der Humusgehalt im oberen neugebildeten Ah-Horizont meist ansteigt, wogegen er im unteren Ap zunächst abfällt. Um hier Tendenzen sichern zu können, sind Beobachtungen von 10 bis 20 Jahren notwendig.

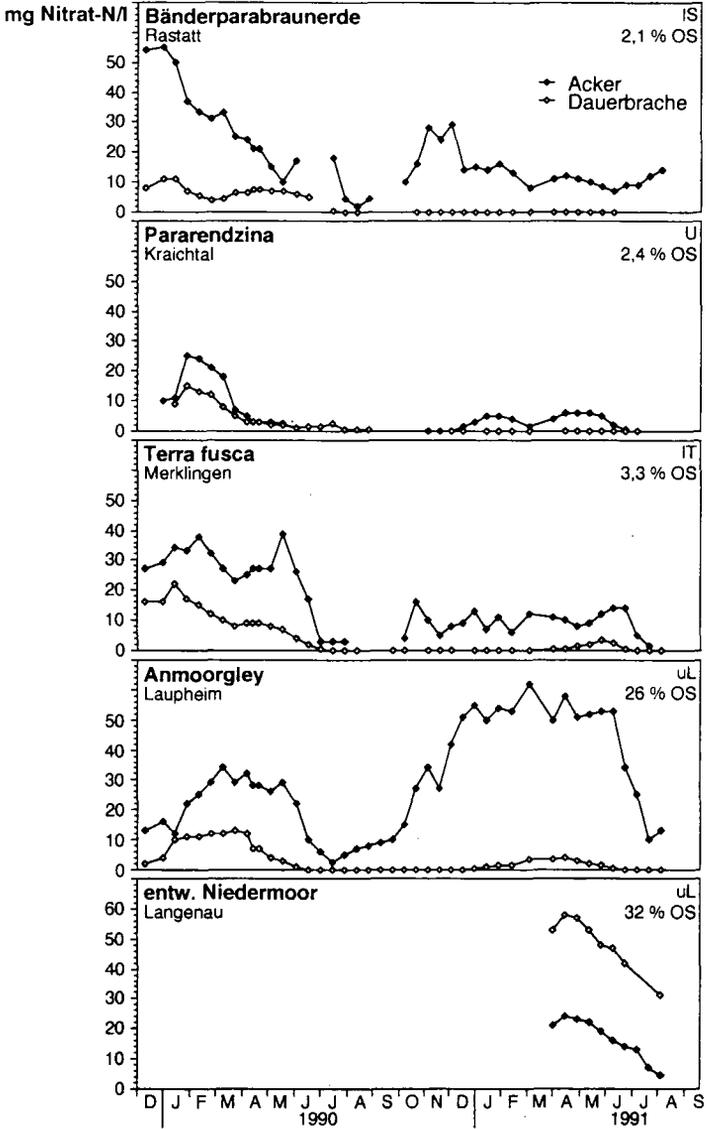


Abb.1: Verlauf der Nitrat-N-Konzentration in der Bodenlösung (Saugkerzen) unter Äckern und stillgelegten Flächen in jeweils 75 cm Tiefe in Baden-Württemberg

Sehr deutliche Änderungen ergeben sich bei den mobileren Größen im Stickstoffhaushalt (Abb. 1). Innerhalb etwa eines halben Jahres sinken die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser auf allen Standorten (außer dem Niedermoor) auf Werte unter 2 mg Nitrat N/l ab. Man kann also behaupten, daß durch Flächenstilllegung nitratfreie Sickerwässer entstehen. Beim Niedermoor blieb der Nitratspiegel im Sickerwasser gleich hoch oder gar höher als bei genutzter Fläche. Dies hängt mit dem hohen Mineralisierungspotential zusammen. Wurde das Niedermoor gleichzeitig aufgestaut, so sank auch dort die Nitratkonzentration ab (dann auch keine Grundwasserspense mehr). Die geringen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser sind hauptsächlich auf eine Reduktion der N-Mineralisierung zurückzuführen. Auf allen Vergleichsstandorten zeigte es sich, daß die N-Mineralisierungsrate unter Dauerbrache auf ein Drittel bis ein Viertel der Werte des Ackerlandes zurückgeht. Neben dem Stickstoffhaushalt wird auch der Haushalt anderer Nährstoffe verändert. Bei Phosphat ist eine Immobilisierung zu beobachten, wobei allerdings bei den von uns untersuchten Standorten die organischen P-Fractionen gegenüber den Ca- einerseits und den Al- und Fe-Phosphaten andererseits bevorzugt wurden. Durch Fortfuhr des Schnittgutes konnte innerhalb weniger Jahre eine deutliche Aushagerung bei P und K beobachtet werden. Wurde das Schnittgut am Standort belassen, so war dieser Vorgang nicht zu beobachten. Nur bei sehr sandigen und sorbtionsschwachen Standorten kam es zu einer deutlichen Basenauswaschung. Die Artenvielfalt der bodenlebenden Tiere und auch die Individuenzahl stieg bei der Meso- und Macrofauna deutlich.

Alle hier gemachten Generalisierungen beziehen sich auf eine ohne Leguminosen angesäte Dauerbrache. Andere Formen der Brache reagieren deutlich verschieden. Außerdem ist der Zustand des Standorts bei Stilllegung von Bedeutung für die erste Vegetationsperiode danach.

Danksagung: Das Ministerium für Ländlichen Raum Baden-Württemberg hat in großzügiger Weise das Forschungsprojekt "Begleitforschung zur Flächenstilllegung" gefördert. Bei allen Kollegen möchten wir uns für die gute und anregende Zusammenarbeit bedanken; bei Frau Greif für die aufwendigen Laboruntersuchungen.

Literatur:

Marschner, B. und K. Stahr, 1992: Auswirkungen von Flächenstilllegungen auf Bodeneigenschaften - In: Informationen zur Raumentwicklung (Hrsg. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung). Flächenstilllegung, Heft 7, S. 579 - 600.

Schreiber, K.-F.; Schiefer, J., 1985: Vegetations- und Stoffdynamik in Grünlandbrachen - 10 Jahre Bracheversuche in Baden-Württemberg. In: Sukzession auf Grünlandbrachen. Hrsg.: K.-F. Schreiber. Münster. Geographische Arbeiten, Univ. Münster, 20, S. 111 - 143.

Die Stoffbelastung von Böden und Gewässer durch langjährige Gülleverregnung

von

Weise, K. und K. Bischoff

Einleitung

Durch die langjährige Verregnung von Schweinegülle ist eine Kontamination des Bodens und des Wassers mit Nähr- und Schadstoffen zu erwarten. Die Erfassung und Bewertung des Gefährdungspotentials im Verregnungsgebiet Trampe/Heckelberg ist Gegenstand eines Forschungsprojektes des Landes Brandenburg. Das Gebiet umfaßt ca. 6.100 ha Beregnungsfläche, die rd. 10 Jahre mit Gülle des Schweinekombinates Eberswalde (im Mittel 0,5 % TS, 0,1 % N, 0,04 % K) und vorgereinigtem Abwasser aus Berlin beregnet wurde.

Material und Methoden

Auf Flächen mit unterschiedlicher Güllebelastung wurden im ersten Schritt Bodenproben von neun Profilen nach dem Catena-Prinzip in den Tiefenstufen 0 - 30, 30 - 60 und 60 - 100 cm mit 3facher Wiederholung entnommen. Desweiteren wurden in 15 Senken mit längerfristigen Gülleansammlungen Tiefbohrungen bis max. 9 m mit drei Parallelen durchgeführt. Aus dem oberen Meter wurden Bodenproben in drei Tiefenstufen und darunter im Abstand von 50 cm entnommen. Als Sonderuntersuchung wurden gleiche Bohrungen in einem geräumten unausgekleideten Güllespeicherbecken niedergebracht. Zur Erfassung des Einflusses des Reliefs sind auch einige Bohrungen in unterschiedlichen Hangpositionen (Unterhang, Mittelhang) vorgenommen worden. Vom LUFA Potsdam wurden die Proben hinsichtlich ihres Gehaltes an NO_3 , NH_4 , P, K, Mg, Zn, Cu, Ni, Cr, Hg, Cd und Pb analysiert. Zur Auswertung standen rd. 1.100 Bodenproben zur Verfügung. In das Untersuchungsprogramm wurden sieben stehende und 13 fließende Gewässer einbezogen, von denen quartalsweise Wasserproben entnommen und hinsichtlich der Inhaltsstoffe NO_3 , NO_2 , NH_4 , P, K, Cl, Fe, Mn, Pb und Cd vom Umweltanalytischen Labor Dr. Degler analysiert wurden.

+) ZALF Müncheberg, Institut für Bodenforschung,
Abt. Eberswalde, Dr. Zinn-Weg, 1300 Eberswalde-Finow

In diesen Untersuchungen ist auch die Auswertung einer langjährigen Dränabflußmessung mit wöchentlicher Probenahme und Bestimmung einiger Inhaltsstoffe enthalten.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse verdeutlichen, daß die Reliefpositionen einen großen Einfluß auf die Verteilung der Nähr- und Schadstoffe bei der Gülleverregnung haben. So zeigte sich bei den ersten Untersuchungen, daß im Unterhang/-Senkenbereich eine Erhöhung des Gehaltes an NO_3 um 70 %, an P um 12 %, an K um 18 % und an Mg um 35 % im Ap-Horizont gegenüber der Mittel-/Oberhang-Position stattgefunden hat. Diese Feststellung wird erhärtet durch die Ergebnisse der Tiefbohrungen, bei denen sich die N_{min} -Gehalte in der Schicht von 0 - 6 m in der Mittelhang-Unterhang-Senkenposition wie 1 : 1,3 : 2,0 verhalten. Bei P und K beträgt das Verhältnis 1 : 1,7 : 2,8 bzw. 1 : 3,9 : 4,3. Damit sind die Erfahrungen untermauert, daß besonders die Senkenbereiche von der Kontamination mit den Gülleinhaltsstoffen betroffen sind. Den Tiefbohrungen in diesen Senkenbereichen wurde deshalb besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die Ergebnisse lassen erkennen, daß sowohl die Form der Senke (flache Mulde, Kesselsenke) als auch die verregnete Güllemenge und die Anzahl der Beregnungsjahre einen Einfluß auf die angesammelte Güllemenge und damit auf die Belastung des Bodens ausübten. So schwanken z.B. die N_{min} -Gehalte in der Schicht von 0 - 6 m zwischen 600 und 2.000 kg/ha, davon befinden sich im Mittel aller Meßstellen rd. 30 % in der obersten Bodenschicht bis 1 m. Analoge Verhältnisse finden sich auch beim Phosphor und Kalium. Daraus ergibt sich, daß ein Teil der Nährstoffe in tiefere Schichten verlagert wurde. Die Verlagerung vollzieht sich bei sehr hohen Güllemengen in Form von Nitratfronten, auf die auch MAIDL u. FISCHBECK (1986) hingewiesen haben. Dabei werden Spitzenwerte von 10 - 12 mg $\text{NO}_3/100$ g Boden erreicht. In Senken, die nicht so stark belastet sind, schwankte die Nitratkonzentration zwischen 0 und 1,5 mg/100 g Boden im gesamten Profil. Stickstoff wurde überwiegend als $\text{NO}_3\text{-N}$ gefunden. Ausnahmen bildeten Bohrstellen mit vorwiegend anaeroben Verhältnissen, z.B. Güllespeicher und Havarieflächen, wo bis in größere Tiefen NH_4 -Konzentrationen gemessen wurden.

Die unterschiedliche Bodenbelastung durch Gülle wird beim P-Gehalt besonders in der obersten Bodenschicht (0 - 30 cm) deutlich. So

schwanken z.B. bei hohen Güllemengen die Gehalte zwischen 24 und 79 mg/100 g Boden, bei geringerer Belastung zwischen 10 und 15 mg. Analoge Verhältnisse zum Phosphor wurden beim Kalium gefunden.

Die ermittelten Schwermetallgehalte liegen in allen Tiefenstufen unter den Grenzwerten der Brandenburger Liste. Ein Vergleich der Schwermetallgehalte in der Krume mit den von EBERT u.a. (1992) publizierten Gehalten der landwirtschaftlich genutzten Böden Brandenburgs macht deutlich, daß die Begülluug besonders bei den Elementen Zn, Hg, Ni, Pb und Cu zu einer prozentualen Zunahme der Anteile höherer Gehaltsklassen führte. Die Verteilung einiger Schwermetalle über das gesamte Bodenprofil in Senken mit hoher Güllebelastung zeigt Abb. 2.

Bei den Oberflächengewässern weisen die Fließ- und stehenden Gewässer unterschiedliche Stoffbelastungen auf. Das zeigt sich besonders beim Stickstoff. Während die stehenden Gewässer einen mittleren NO_3^- -Gehalt von 10 mg/l aufweisen, sind die Fließgewässer im Mittel mit 97 mg/l belastet (Abb. 3). Die höchsten Werte wurden im Dränwasser gemessen. Die langjährige Meßreihe weist einen Anstieg mit der Dauer der Gülle-/Abwasserverregnung um das 18fache auf (Abb. 4). Bei Phosphor sind die Konzentrationen in den Oberflächengewässern äußerst gering. Abgesehen von wenigen Ausnahmen liegen sie bei $< 0,1$ mg/l. Blei und Cadmium sind nur in Spuren nachweisbar (< 1 ppm/l).

Zusammenfassend können die Ergebnisse dahingehend gewertet werden, daß die langjährige Gülleverregnung nicht zu einer gleichmäßigen Flächenbelastung führte, sondern nur zur Belastung von Teilflächen (Senkenbereiche), in denen die Güllemenge durch Zusammenfließen um ein Vielfaches erhöht wurde. Die einzelnen Senken stellen je nach Relief, Güllemenge und Anzahl der Beregnungsjahre unterschiedliche Gefährdungspotentiale dar, die einer angepaßten Sanierung bedürfen. Im Untersuchungsgebiet betrifft das eine Fläche von rd. 8 %.

Literatur

- EBERT, K.; THALMANN, E.; GRÜN, M.: Wie belastet sind Brandenburgs Böden? - Neue Landwirtschaft 9/92, S. 28 - 30
- MAIDL, F.X.; FISCHBECK, G.: Untersuchungen über die Nitratgehalte tieferer Bodenschichten bei intensivem Ackerbau - Landw. Forschg. 39, 1986, S. 287 - 297

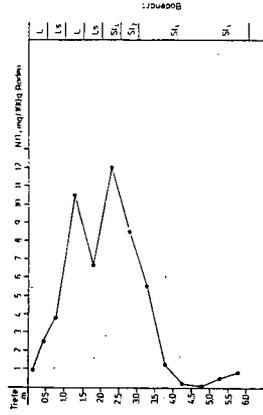


Abb. 1 Tiefenverlagerung von Nitrat bei hoher Güllebelastung

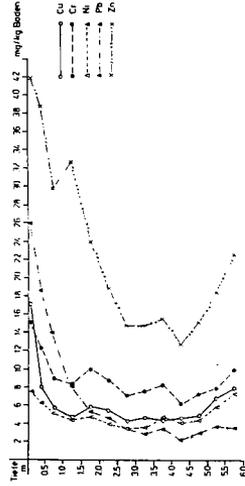


Abb. 2 Schwermetallgehalte in Böden mit hoher Güllebelastung

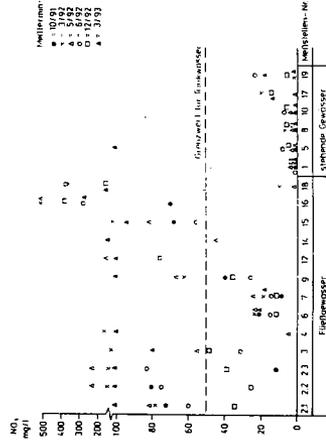


Abb. 3 NO₃-Konzentration in Oberflächengewässern

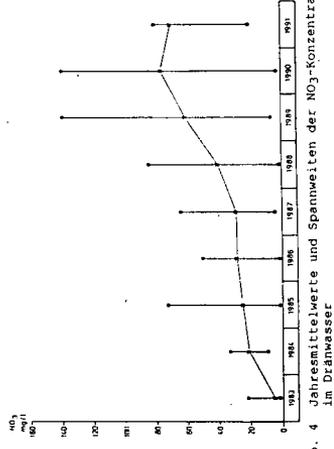


Abb. 4 Jahresmittelwerte und Spannweiten der NO₃-Konzentration in Trinkwasser

Einfluß von Bodenschutzmaßnahmen vor Erosion auf den Deckungsbeitrag der Landwirtschaft

von

Frielinghaus, M. und G. Kühn

1. Wichtung der durch Wasser- und Winderosion entstehenden Onsite- und Offsiteschäden

Die Bodenerosion durch Wasser und Wind ist standortspezifisch sehr differenziert zu bewerten. Das trifft sowohl für die Gefährdung als auch für bereits durch Bodenverlagerung initiierte veränderte Bodenparameter zu. Aktuelle Erosionserscheinungen und ihre Auswirkungen werden zunehmend unter dem Blickpunkt der Einträge von Erosionsfrachten in sensible Landschaftsbereiche beurteilt. Dadurch wird es möglich, abgestimmte Schutzziele als Vorgaben für einen effizienten Bodenschutz vorzugeben. Das bedeutet allerdings auch, daß in Zukunft keine für alle Standorte Deutschlands einheitliche Bewertung der Gefährdung der Landschaften durch Erosion und der Konzepte für den Bodenschutz möglich sein wird.

Am Beispiel der glazial entstandenen Landschaften des Nordostdeutschen Tieflandes wird deutlich, das für die Berechnung von Onsiteschäden durch Boden- und Nährstoff- sowie Schadstoffverlagerung auf den Ackerflächen keine Grundlagen vorhanden sind. Durch eine große Anzahl von Profiluntersuchungen wird belegt, daß mit der Profilverkürzung und dem Abtrag von ganzen Horizonten die ökologischen Bodenfunktionen wie Speicherung, Pufferung und Filterung nicht mehr ausreichend realisiert werden können. Dadurch werden zum Beispiel die Wasserzufuhr in tiefere Bodenschichten und der Grundwasserhaushalt beeinflusst.

Die gleiche Schwierigkeit tritt hinsichtlich der Berechnung von Offsiteschäden auf. Die Emissionen in Gewässer mit dem Oberflächenabfluß und dem Sedimenttransport sind in Abhängigkeit von der Sensibilität des Gewässers differenziert zu beurteilen. Gleiches trifft für winderosionsbedingte Staub- und Schadstoffemissionen in die Atmosphäre zu.

Für die erosionsbedingte Abnahme der Bodenfruchtbarkeit und der dadurch ausgelösten Ertragseinbußen und erhöhten Kosten gibt es erste Bewertungsvorschläge. BRUNOTTE (1991) bestimmt für Böden, bei denen der jährliche Verlust der Krume über der vermuteten Neubildungsrate liegt, den jährlichen Werteverlust in DM/ha. Er unterstellt einen flächenhaften Abtrag von 0.5 mm je Jahr, was einer Bodenmenge von 5 t/ha/Jahr entspricht. In einem Jahr entsteht demnach auf einem Boden mit einer Krümmmächtigkeit von 30cm und einer Bodenqualität von 80 Bodenpunkten eine Qualitätsminderung um 100,- DM.

Die Einbeziehung dieser Angaben in Deckungsbeitragsberechnungen ist äußerst problematisch, weil der tatsächliche Verlauf von Erosionsprozessen nicht beachtet werden kann. Allerdings wird dem Landwirt hiermit die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen zum Erhalt des Bodens als Pflanzenstandort deutlich.

2. Deckungsbeitrag integrierter Schutzmaßnahmen.

Auslösend für Erosionsereignisse infolge erosiver Niederschläge oder erosiver Winde sind gegenwärtig vorrangig durch die Bewirtschaftung initiierte erosionsfördernde Bodenzustände.

* Zentrum f. Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V. O-1278 Müncheberg

Demzufolge liegen in einer standortangepaßteren Pflanzenproduktion auch die effektivsten Möglichkeiten des Bodenschutzes. Von allen erosionsbeeinflussenden Faktoren spielt die Bodenbedeckung durch Pflanzen oder Pflanzenrückstände für den Verlauf und das Ausmaß der Bodenverlagerung die entscheidende Rolle. Ausschlaggebend ist daher der Anteil von Fruchtarten mit zeitlich langer und anbautechnisch ausreichender Bodenbedeckung. Untersucht wurden drei Anbausysteme mit differenzierten Zeiträumen ohne Pflanzen.:

1. 60% Getreide- 40% Hackfrüchte (20% Zwischenfrüchte),
2. 60% Getreide- 40% Hackfrüchte (60% Zwischenfrüchte)
3. 60% Getreide- 40% Klee gras (20% Zwischenfrüchte).

Als Kriterium für beginnende Schutzwirkung wurde jeweils der Zeitpunkt gewählt, von dem an 50% und mehr Bodenbedeckung erreicht waren.

Im System 1 war die Bodenoberfläche in etwa 1/3 des Rotationsablaufes (32 %) nur unzureichend oder nicht bedeckt. Das führte zum höchsten Bodenabtrag. In der Variante 3, in der die Hackfrüchte durch mehrjähriges Klee gras ersetzt wurden, waren nur noch 11 % der fünfjährigen Rotationszeit ohne Bedeckung, demzufolge sank der Bodenabtrag erheblich. Vergleicht man die Deckungsbeiträge dieser drei Systeme, so werden bei System 2 90 % und bei System 3 56 % des Systems 1 erreicht. Diese Resultate gelten sowohl für den Raum Uckermark als auch für den Osten Brandenburgs mit erheblichem Niederschlagsdefizit im Jahresverlauf.

Der höchste Abtrag wurde in den Reihenkulturen und im Feldgemüse gemessen. Da dieses die Fruchtarten sind, durch die der höchste Deckungsbeitrag zu erzielen ist, müssen Schutzverfahren standortspezifisch getestet werden, bei deren Anwendung auf mäßig gefährdeten Ackerflächen der Bodenabtrag minimiert wird.

SOMMER u.a. (1989,1991), BRUNOTTE (1990), DIEZ (1990) u. a. haben für niederschlagsreiche Lagen Mittel- und Süddeutschlands Mulchsaatverfahren für Mais und Zuckerrüben entwickelt. Dabei wird in der Hildesheimer Börde ein Deckungsbeitrag von 107 % gegenüber der konventionellen Bestellung realisiert (BRUNOTTE, 1991)

Eigene Untersuchungen zur Adaption dieser Verfahren auf Sandböden im Jungmoränengebiet führten ebenfalls zur Reduzierung des Bodenabtrags, wenn eine Rückstandsmenge von mehr als 2 t Trockenmasse je ha auf der Bodenoberfläche nach Mulchsaat verblieb.(FRIELINGHAUS u. a. 1992) Allerdings wurde hier bisher nur ein Deckungsbeitrag von 73 % im Vergleich zur konventionellen Bestellung erzielt.

3. Spezielle Schutzmaßnahmen einschließlich der Kosten.

Während die in die Pflanzenproduktion zu integrierenden Schutzmaßnahmen in der Regel akzeptierbar und von den Landwirten zu leisten sind, sind zusätzliche Aufwendungen bei starker Gefährdung gegenwärtig in Ostdeutschland nur über Fördermittel realisierbar. Für Windgehölzanzpflanzungen sind beispielsweise ein Kapitalbedarf von 510 DM je ha und laufende jährliche Kosten von 59 DM je ha aufzubringen.(JAROSCH u. a. 1992) Bei Flächenstilllegung und Aufforstung entstehen Kosten von etwa 4.000 DM je ha.

4. Schlußfolgerungen

Im Paragraph 27 des Bodenschutzgesetzes heißt es "... die landwirtschaftliche Bodennutzung so zu erfolgen, daß soweit wie möglich 1. Bodenabträge vermieden werden...". Hierfür stehen wirkungsvolle Maßnahmen zur Verfügung ; zu deren Durchsetzung : "... kann die zuständige Behörde im Einvernehmen mit der nach Landesrecht zuständigen Landwirtschaftsbehörde Anordnungen treffen..." Ein Instrumentarium zur Durchsetzung notwendiger Maßnahmen liegt

Bodenbedeckung und Bodenabtrag bei 3 Nutzungssystemen 1986 bis 1990

	1986				1987				1988				1989				1990				Tage mit weniger als 50% Bodenbedeckung		Bodenabtrag t · ha ⁻¹		
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	absol.	relativ			
I	WW				WG			ZF	WR				K				M				581	32	7,8		
II	WW				WG				WR				ZF	K				ZF	M				364	20	7,4
III	WW				WG			ZF	WR				U	Kleegras								202	11	0,06	

= Hauptfrucht mit Bodenbedeckung über 50 %
 = Zwischenfrucht mit Bodenbedeckung über 50 %

demnächst vor. Weitere integrierbare und standortangepaßte Verfahren müssen entwickelt werden. Wie die Auswertung der Experimente zeigt, leisten die wirksamsten Schutzsysteme im nordostdeutschen Tiefland den geringsten Deckungsbeitrag

Schwerer wiegen die erosionsbedingten Belastungen der Oberflächengewässer mit Stickstoff, Phosphor und Pflanzenschutzmitteln. Hierzu liegen noch keine ausreichenden Daten für alle Gefährdungsgebiete vor, die eine Quantifizierung und Bewertung zuließen. Da die teilweise notwendigen Schutzmaßnahmen zu einer stärkeren Kostenbelastung führen können und subventioniert werden müssen, können zum Beispiel Flächenstilllegungsprogramme so konzipiert werden, daß sie den Belangen des Umwelt-/ Gewässerschutzes Rechnung tragen. Für diese übergeordneten Schutzziele kann nicht in jedem Falle eine Deckungsbeitragsrechnung für eine angepaßte schonende Landnutzung vorgenommen werden..

*Mittlere verfahrensspezifische Kosten und Leistungen der 3 Nutzungssysteme
1986 - 1990*

		Nutzungssysteme		
		I	II	III
Marktfähige Leistung	DM/ha	2.639,-	2.616,-	1.576,-
verfahrensspez. Kosten	DM/ha	1.625,-	1.702,-	1.010,-
verfahrenskostenfreie Leistung (DBI)	DM/ha	1.014,-	914,-	566,-
	relativ	100	90	56

Literatur

- BRUNOTTE, J (1990): Landtechnische Maßnahmen zum bodenschonenden und bodenschützenden Zuckerrübenanbau. Dissertation Kiel 1990, 205 S.
- BRUNOTTE, J. (1991): Maßnahmen zum Bodenschutz im Zuckerrübenanbau KTBL - Arbeitspapier 159, 101 Seiten
- DIEZ, T. (1990) : Erosionsschäden vermeiden. AID Schriftenreihe
- FRIELINGHAUS, M.; BARKUSKY, D.; KÜHN, G. (1992): Bewertung von Nutzungssystemen in Hinblick auf den Bodenschutz vor Erosion im nordostdeutschen Tiefland . 104. VDLUFA-Kongreß 1992- Kongreßband
- JAROSCH; J.; HETZEL, E.; FRIELINGHAUS, M. (1992) : Methodik der ökonomischen Bewertung von Schutzmaßnahmen gegen Winderosion
- Zeitschrift für Angewandte Umweltforschung 5 (1992) H. 4 Analytica Verlag
- SOMMER, C. ; RIMPAU, J. (1989): Ackerbau mit oder ohne Pflug ? Vorträge RKL - Tagung 4.1.1.0, S.33
- SOMMER; C. ; ZACH; M: (1991) : Konservierende Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben, Feldwirtschaft, DLV Berlin, 1 , S 20-22

Fachliche Leitgedanken zum Bodenschutz-Gesetz des Bundes

von

Bannick, C.G. und G. Bachmann

1 Der Weg zum Bundes-Bodenschutz-Gesetz

Anfang der 80 iger Jahre begann die Debatte um die Entwicklung eines Konzeptes für den Bodenschutz. Im Vergleich zu den beiden anderen großen Schutzbereichen Luft und Wasser, war in bezug auf einen Schutz des Bodens ein erhebliches Defizit festzustellen. Insbesondere die Belastung mit Schwermetallen führte zu der Erkenntnis, den Schutz des dritten Mediums zu stärken (von Lersner).

Bereits 1983 hatte das Bundeskabinett entschieden, "daß der Schutz des Bodens künftig umfassend wie Naturschutz und Landschaftspflege, Luftreinhaltung, Sicherung des Wasserhaushalts und Abfallbeseitigung wahrgenommen werden soll."

Die 1985 vorgestellte Bodenschutz-Konzeption war sehr umfassend, so daß bis heute keine qualitative neue Bodenbelastung, keine neue "Dimension" des Bodenschutzes hinzugekommen ist, die nicht schon 1985 bekannt und hier bereits allgemein angesprochen war. Die Konzeption wurde anschließend zwei Jahre lang auf Bundesebene, mit den Ländern und den beteiligten Bundesministerien beraten.

Als Ergebnis konnten dann in einem weiteren Schritt 1988 die "Maßnahmen zum Bodenschutz" verabschiedet werden. Im wesentlichen bestimmt die Bodenschutz-Konzeption den Handlungsansatz eines Bodenschutzes, der seine beiden Hauptziele - Minimierung des Stoffeintrages und Trendwende im Landschaftsverbrauch - als Querschnittsaufgabe der Umweltweltpolitik begreift.

2. Das Bundes-Bodenschutz-Gesetz

Das letztlich auf diesem Konzept aufbauenden Bundes-Bodenschutz-Gesetz besteht aus insgesamt sechs Teilen.

1. Teil - allgemeine Vorschriften
2. Teil - schädliche Bodenveränderungen
3. Teil - Altlasten
4. Teil - Landwirtschaftliche Bodennutzung
5. Teil - Gebietsbezogene Maßnahmen und Festsetzungen
6. Teil - Schlußvorschriften

*) Umweltbundesamt, Bismarkplatz 1, 1000 Berlin 33

Zweck des Gesetzentwurfes ist der Schutz des Bodens als zentralem Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen. Weil Boden nicht vermehrbar ist und eingetretene Schäden häufig nicht oder nur mit erheblichem Aufwand reparabel sind, zeichnet sich dann auch das Gesetz durch den Schutz und die Vorsorge gegen schädliche Bodenveränderungen aus. Der Bodenschutz ist konzeptionell durch den Schutz der Bodenfunktionen bestimmt.

Natürliche Funktionen sind,

- Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen
- Teil des Naturhafts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen
- Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften.

Nutzungsfunktionen sind,

- Rohstofflagerstätte
- Standort für die land- und forstwirtschaftliche Erzeugung und den Anbau nachwachsender Rohstoffe
- Fläche für Siedlung und Erholung
- Standort für die wirtschaftliche Nutzung, Verkehr, Ver- und Entsorgung
- Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

Natürliche und Nutzungsfunktionen sind nicht gleichrangig. Das Gesetz spricht von Gefahren bzw. Schäden nur in Hinblick auf die natürlichen Funktionen. Derartige Gefahren sind unter Berücksichtigung der Nutzungsfunktionen, sowie der "Prägung des Gebietes" zu bewerten. Diese gesetzliche Vorgabe definiert praktisch, daß Bodenschutz letztlich nutzungsbezogen ist und ein Schutz des "Bodens an sich", d.h. als Naturkörper hier nicht angestrebt wird. Allerdings ist ein solcher ökozentrischer Schutz bereits heute nach dem Bundes-Naturschutz-Gesetz möglich.

Die wesentliche umweltpolitische Begründung für das Bodenschutzgesetz ist die bundeseinheitliche Bewertung einer zulässigen Nutzung. In Fällen, in denen schädliche Bodenveränderungen vorliegen oder zu erwarten sind, müssen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr erfolgen. Dies kann z.B. den Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln, die Eignung als Baugrundstück für Wohnhäuser oder bestimmte Anforderungen an Industrieanlagen betreffen. Diese Anforderungen werden im einzelnen in den untergesetzlichen Regelungen behandelt.

Was **schädliche Bodenveränderungen** sind, wird in § 3 definiert. Auf eine Kurzform gebracht sind hier alle Veränderungen gemeint, die die unter § 2 genannten Bodenfunktionen beeinträchtigen und dadurch Gefahren für die Schutzgüter herbeiführen.

Boden im Sinne des Gesetzes ist die obere Schicht der Erdkruste, soweit sie Träger der in § 2 genannten Bodenfunktionen ist, einschließlich der flüssigen Bestandteile (Bodenlösung) und der gasförmigen Bestandteile (Bodenluft), ohne das Grundwasser. Diese Formulierung ist als Ergebnis der

Abgrenzung zu bestehenden rechtlichen Regelungen und der Überlegung zu sehen, eine möglichst kurze Definition zu bringen. Andere mehr pedologisch ausgerichteten Definitionen wären denkbar. Nur sollte hier berücksichtigt werden, daß Boden von den verschiedenen, beteiligten Fachdisziplinen durchaus unterschiedlich gesehen wird, eine Beteiligung aller Disziplinen aber erwünscht ist. Im Hinblick auf den Halbsatz "ohne das Grundwasser" ist zu ergänzen, daß die Altlastensanierung allerdings das Grundwasser mit einbezieht. Insoweit ist nicht die Boden-Definition, sondern § 4 Nr. 2 maßgeblich, der bei Altlasten von "schädlichen Bodenveränderungen und sonstigen Gefahren" (Wasser, Luft, etc.) spricht.

Als ein Schwerpunkt des Gesetzes kann die **Vorsorge** gegenüber schädlichen Bodenveränderungen angesehen werden. Sie wird in dem § 6 des Gesetzes geregelt. Mit der Vorsorge gegenüber dem Entstehen schädlicher Bodenveränderungen geht das Gesetz über die bloße Gefahrenabwehr hinaus. Vorsorgemaßnahmen sind geboten, wenn wegen der räumlichen, langfristigen oder komplexen Auswirkungen die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht, z.B. bei der Anreicherung von Stoffen.

Die im Entwurf enthaltene Vorsorgepflicht beinhaltet auch einen sparsamen und schonenden Umgang mit dem Boden. Dies wird allerdings nicht weiter konkretisiert. Der bodenschutzrechtliche Vorsorgegrundsatz für die landwirtschaftliche Bodenutzung und den gebietsbezogenen Bodenschutz ist genauer geregelt.

Bislang wurde der Landwirtschaft unterstellt, daß sie - gestärkt durch das Eigentum an Boden - ein natürliches Eigeninteresse an der dauerhaften Erhaltung der Nutzbarkeit der Böden hat. Es soll auch nicht verkannt werden, daß landwirtschaftliche Bodenbewirtschaftung vielerorts zu Erhaltung und Schutz der Böden beiträgt. Doch läßt sich daraus keine Allgemeingültigkeit mehr ableiten. In den letzten Jahren hat sich ein weitergehender Bodenschutz als dringlich erwiesen, ähnlich wie dies bei den Medien Wasser und Luft erfolgt ist. Dabei wird unter Bodenschutz insbesondere der Schutz der natürlichen Bodenfunktionen verstanden.

Folgende Problempunkte machen die Erforderlichkeit des Bodenschutzes deutlich:

- die Schadstoffbelastung der Böden insbesondere durch Schadstoffe, wie (Cadmium, Blei, Arsen, PAK,PCB,PCDD/PCDF u.ä.)
- schädliche Bodenveränderungen durch Erosion und Verdichtung
- nicht mehr hinzunehmende Bilanzüberschüsse an Stickstoff und Phosphor

Der Bodenschutz hat in bezug auf die Landwirtschaft zwei Aufgaben

- Schutz der Böden durch Verunreinigungen
- Schutz der Böden vor Schäden durch die Landwirtschaft

Geregt ist dieser Aspekt im 4. Teil des Gesetzes, im § 27 in dem entsprechenden Ziele formuliert sind. "Zur Erfüllung der Pflicht nach § 6 Abs. 1 hat die landwirtschaftliche Bodennutzung standortgemäß so zu erfolgen, daß so weit wie möglich Bodenabträge, Bodenverdichtungen und eine Verminderung des Humusgehaltes vermieden und die biologische Aktivität des Bodens sowie eine günstige Bodenstruktur erhalten oder gefördert werden."

Zusammengefaßt, ist mit diesem Paragraphen ein wirtschaften nach guter fachlicher Praxis oder der ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung gemeint. Was hierunter zu verstehen ist, sozusagen im Grundsatz oder als Programmsätze, haben die Landwirtschaftsminister 1987 in ihren Beschluß formuliert. Die ordnungsgemäße Landbewirtschaftung umfaßt folgende Einzelaspekte,

- Gestaltung der Feldflur
- Bodenbearbeitung
- Anbau und Bodennutzung
- Pflanzenernährung
- Pflanzenschutz

Wenn für ein Gebiet die Besorgnis besteht, daß schädliche Bodenveränderungen hervorgerufen werden können, kann ein Bodenschutzplan zur Vorsorge aufgestellt werden. In wie weit allerdings die landwirtschaftliche Bodennutzung den Anforderungen des Bodenschutzes entsprechen soll, ist erst bei Vorlage der untergesetzlichen Regelungen zu erkennen.

3. Untergesetzliche Regelungen

Der Gesetzentwurf enthält an verschiedenen Stellen Ermächtigungen an Bund und Länder, Rechtsverordnungen zur Konkretisierung der allgemein formulierten Anforderungen zu erlassen. Dies gilt insbesondere für die Umsetzung des zentralen Begriffes des Gesetzes "schädliche Bodenveränderungen". Insbesondere ist dies in § 9 Abs. 1 und 2 geregelt.

Es sind hier unter anderem folgende Kriterien zu entwickeln

- Gefahren-, Interventions- und Vorsorgewerte
- technische Verfahrensweisen
- Grundsätze und Methoden zur Bewertung von Bodenveränderungen
- Maßnahmen zur Gefahrenabwehr

Diese untergesetzlichen Regelungen steuern den Charakter des Gesetzes ganz wesentlich.

**Bewertungsrahmen zur Charakterisierung der
ökologischen Situation landwirtschaftlicher
Betriebe**

von

Eckert, H.

Landwirtschaftliche Bodennutzung wird heute mit Umweltzerstörung assoziiert. Das hat wesentlich zur Identitätskrise der Landwirtschaft, zur abnehmenden Akzeptanz in der Bevölkerung und zur Verunsicherung des Berufsstandes beigetragen. Es sind vor allem 3 Bereiche, die als kritisch angesehen werden.

1. Verarmung und Ausräumung der ehemals vielfältigen Kulturlandschaft, durch die Reste naturnaher Ökosysteme vernichtet und vielen Arten der Lebensraum entzogen wurde,
2. Stoffbelastungen durch Dünger und Pflanzenschutzmittel, die Qualitätsbeeinträchtigungen von Nahrungsmitteln, Wasser und Luft zur Folge haben, angrenzende Ökosysteme eutrophieren und damit eine Artenverschiebung und Artenverarmung bewirken und
3. Bodenschädigungen durch technogene Verdichtung und Erosion.

Eine Analyse der ökologischen Situation muß zu diesen Problemen aussagefähig werden und Wege aus der Krise aufzeigen.

Die vorliegende Ausführung versucht, über die Methode der kritischen Belastung einen Bewertungsrahmen zur ökologischen Risikoeinschätzung landwirtschaftlicher Betriebe vorzustellen, der gleichzeitig einen ökologischen Rahmen zur Umweltverträglichkeit vorgeben kann.

Material und Methoden

Die ökologische Analyse muß

- ökologische Defizite aufzeigen,
- zur ökologischen Prozeßoptimierung führen,
- der Umweltrechnungslegung dienen,
- den Informationsbedarf der Bevölkerung erfüllen und
- eine politische Entscheidungshilfe darstellen.

Durch eine verbale Einschätzung von Umweltsachverhalten kann diese Aufgabe nicht gelöst werden. Es waren somit in Anlehnung an ökologieorientierte Controllinginstrumenten der Industrie (BIET et al. 1992, Müller 1993) methodische Ansätze auszuarbeiten, die es erlauben, Umweltbeeinflussungen mit landwirtschaftlicher Zuordnung zu quantifizieren.

a) Untersuchungsrahmen

Um zu den eingangs erwähnten Vorwürfen aussagefähig zu werden und das ökologische Risiko eines Landwirtschaftsbetriebes einordnen zu können, untersucht die als Risikoabschätzung aufgebaute Analyse 7 Kriterien, innerhalb derer die konkreten Gefährdungspotentiale durch Kategorien definiert und durch einen Indikator

¹ Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUF) Thüringen,
Naumburger Str. 98, 0-6909 Jena

quantifiziert werden (Tab. 1).

Ausgegrenzt wurde zunächst die Problematik umweltgerechter Tierhaltung, weil der Abbau der Tierbestände in Ostdeutschland noch nicht abgeschlossen ist. Methodische Ursachen liegen der Ausgrenzung der Bodenbiologie und der Bestimmung der Artendiversität im gesamten Agrarraum zugrunde, die nur über längere Zeiträume verlässliche Aussagen liefern. Die geforderten Parameter zur Humusreproduktion und die Ausweisung von Landschaftselementen als Refugialgebiete berücksichtigen jedoch indirekt diese Kriterien.

b) Parametererfassung

Die Kategorien, die die Gefährdungspotentiale der Kriterien definieren, werden durch Indikatoren bzw. Methoden quantifiziert, um den Umweltsachverhalt in eine naturwissenschaftlich-technische Einheit oder in eine Bonitur umzusetzen. Für die dafür benutzten Methoden gibt es derzeit noch keine Verbindlichkeit. Überwiegend kamen aber anerkannte oder konsensfähige Methoden zur Anwendung, die auf Standardvorschriften basieren, in denen auch die Anforderungen an statistische Zuverlässigkeitskriterien geregelt sind. Wichtungsverfahren, die eine Boniturnote generieren, müssen im allgemeinen mit einer Streuung von 20 - 30 % betrachtet werden, die für Einzeluntersuchungen (Artendiversität) auch sehr viel höher liegen können.

c) Bewertung

Die Bewertung ist als Bilanz aufgebaut, die auf einem Soll-Ist-Vergleich basiert, in dem der durch Indikatoren quantifizierte oder über eine Boniturnote qualitativ beschriebene ökologische Sachverhalt an der kritischen Belastung gemessen wird. Die Bewertung erfordert somit die Kenntnis oder die Annahme einer kritischen Belastung als Postulat (Tab. 1), deren Fixierung ungeachtet der nicht übersehenen Komplexität notwendig wird, um die Betrachtung nicht im Dunstkreis unklarer Definitionen (umweltverträglich, ökologiegerecht) zu lassen.

Die kritische Belastung ist - sofern nicht durch staatlich sanktionierte Grenzwerte fixiert - eine konsensbedürftige Ermessensfrage, die strittig sein kann, weil sie eine Zielvorstellung für den Agrarraum vorgibt und noch nicht durchgängig experimentell abgesichert ist.

Den in Tabelle 1 dargestellten Werten liegen folgende Anforderungen zugrunde:

- Sicherung der nachhaltigen Funktionsfähigkeit und Produktivität des Agrarökosystems,
- Minimierung von Gewässer- (einschließlich Grundwasser) und Atmosphärenbefruchtungen mit Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln sowie Verhinderung negativer Auswirkungen auf benachbarte Ökosysteme,
- Erhalt der Transformationsfähigkeit des Bodens zur Immobilisierung und Bindung potentieller Schadstoffe,
- Gestaltung einer produktiven und zeitgemäßen aber ästhetisch ansprechenden Kulturlandschaft,
- Schutz landschaftsprägender Biotope im Agrarraum und damit Erhalt der mit dem Agrarökosystem verbundenen Arten.

Unter vorrangiger Orientierung an der festgelegten kritischen Belastung erfolgt

Tabelle 1: Kriterien, untersuchte Kategorien und kritische Belastungen zur Erstellung der ökologischen Analyse¹⁾

Kriterium	Kategorie	Beginn der kritischen Belastung	Dimension
Düngung	N-Bilanz } ausgehend	- 50; + 50	kg/ha N
	P ₂ O ₅ -Bilanz } von	- 50; + 50	kg/ha P ₂ O ₅
	K ₂ O-Bilanz } Gehalts-	- 40; + 60	kg/ha K ₂ O
	MgO-Bilanz } klasse C	- 20; + 30	kg/ha MgO
	Gehaltsklasse P ₂ O ₅	A bzw. E	Geh.klasse
	Gehaltsklasse K ₂ O	A bzw. E	Geh.klasse
	Gehaltsklasse MgO	A bzw. E	Geh.klasse
	Boden-pH-Stufe	Abw. v. E	pH-Stufe
	N _{min} -Gehalt (Frühjahr)	60 - 120 ⁹⁾	kg/ha N (F) %
	Humusbilanz	< 70; > 100	(AF)
NO ₃ -Auswaschung ¹⁾	≥ 4 ⁸⁾	Bonitur 1-5	
P-Abtrag ²⁾	≥ 4 ⁸⁾	Bonitur 1-5	
Bodenschutz	Erosion	> 10	t/ha.a
	Bodenverdichtung	> 8	Vol% Luft
	Schlaggröße ³⁾	≥ 4 ⁸⁾	Bonitur 1-5
	(Auswaschungsdisposition)	≥ 4 ⁸⁾	Bonitur 1-5
PSM/WR-Einsatz	Wirkstoffmenge	> 3,5	kg/ha WS
	Mitteltoxizität ⁴⁾	> 3	% T+ und T
Agrarraumgestaltung	Landschaftselemente ⁵⁾	< 10	% der LF
Artenvielfalt	Kulturartendiversität	0,8	Div.index ⁶⁾
	Kulturartensequenz	8,0	Bonitur 1-13
	Wildkrautdiversität (AF)	1,3	Div.index
	Artendiversität (GF)	1,5	Div.index
	Leguminosenanteil	< 8	% AF
	Getreideanteil	> 80	% AF
Energieeinsatz	Energieinput (fossil) ⁷⁾		
	Pflanzenbau	> 20	GJ/ha LF
	Tierhaltung	> 20	GJ/GV
	Energiegewinn (gesamt)		
	Pflanzenbau	< 30	GJ/ha LF
	Tierhaltung	< -10	GJ/GV
Energieeffizienz			
Pflanzenbau	< 3	Outp.:Inp.1:	
Tierhaltung	< 0,5	Outp.:Inp.1:	
Tierbesatz	Tierbesatz	0,6; 2,0	GV/ha LF

- 1) Wichtung aus N-Bilanzüberhang und Auswaschungsdisposition
- 2) Wichtung aus P-Bilanzüberhang, P-Gehaltsklasse und Erosionsdisposition
- 3) Wichtung aus Bodeninventar, Schlagrelief, Schlaggeometrie, Ästhetik
- 5) Flurgehölze, Gras- und Staudenfluren, Gewässer, Kleinstrukturen
- 6) nach SHANNON-WEAVER (REMMERT 1989)
- 7) Mineraldünger, Pflanzenschutzmittel, Treibstoffe, Brennstoffe, ...
- 8) Bonitur. 1 = optimal; 5 = ökologische Schäden
- 9) 60 kg/ha N gilt für leichte, 120 kg/ha N für schwere Böden

¹⁾ Die Analyse der Kriterien und Erarbeitung der kritischen Belastung erfolgte für die Kriterien Düngung durch Dr. sc. Kerschberger; Pflanzenschutz durch Dr. Degner; Bodenschutz durch Dr. habil. Werner; Agrarraumgestaltung durch Prof. Roth und Artenvielfalt durch Dr. Xyländer.

die Kategorienbewertung als Wichtung anhand einer verbal beschriebenen 10stufigen Bonitur, die standortbedingte bzw. landschaftstypische Besonderheiten sowie mögliche Wechselwirkungen mit anderen Kategorien berücksichtigt. Bei dieser Wichtung beschreibt die Boniturnote 1 das ökologische Optimum und 10 die nicht hinnehmbare, gefährliche ökologische Situation. Ergebnis jeder Kategorienbewertung ist somit eine Boniturnote zwischen 1 und 10, bei der die Boniturnote 6 den Beginn der kritischen Belastung markiert.

Auf eine Aggregation der untersuchten 32 Kategorien (Tab. 1) im Sinne einer ökologischen Gesamtnote für den Betrieb wird verzichtet. Es erfolgt auch keine Aggregation der Kategorien um eine Gesamtnote des Kriteriums zu generieren, weil es für die komplexen Sachverhalte vorerst keine wissenschaftliche Basis gibt. Durch eine prioritätsbezogene Rangfolge kann aber eine Wichtung ökologischer Defizite im Betrieb ermöglicht werden.

d) Ursachenanalyse und Korrektur

Boniturnoten ≥ 6 erfordern die Ursachenanalyse der registrierten ökologischen Defekte und das Formulieren von Korrekturerfordernissen. Die Ursachenanalyse muß aufzeigen, ob die betrachteten Defizite Altlastenschäden sind, auf die Disposition des Standorts zurückgeführt werden können, intensitätsbedingt sind oder Managementfehler darstellen. Daraus ableitend sind die Korrekturerfordernisse zu formulieren und evtl. auch ein förderpolitisches Instrumentarium vorzuschlagen.

Ergebnisse

Anhand dieser vorgeschlagenen Analyse sind 12 Referenzbetriebe der LUFA Thüringen, die mit 5 Rechtsformen und 6 Landnutzungssystemen in 8 der wesentlichsten Landschaften Ostdeutschlands die ostdeutsche Landwirtschaft gut repräsentieren, hinsichtlich ihres ökologischen Risikos untersucht und bewertet worden. Das Ergebnis ist insofern interessant, als die ökologische Situation weniger kritisch ist, als allgemein angenommen.

Mit dem drastischen Rückgang der Tierbestände (im Mittel Ostdeutschlands auf $< 0,6$ GV/ha), einem deutlich geringeren Mineraldüngerverbrauch und extrem niedrigen Pflanzenschutzmittelaufwand (2,2 kg Wirkstoff/ha AF) sind Stoffbelastungen in den untersuchten Betrieben kaum noch ein Thema. Das bestätigt, daß das eigentliche Stoffbelastungsproblem der Landwirtschaft ein zu hoher Tierbesatz ist.

Nur 4 von 30 untersuchten Referenzsituationen mußten als grenzwertüberschreitend eingestuft werden. Die Stoffbelastungssituation erscheint somit nicht kritisch, auch wenn teilweise ungeeignete Applikationstechnik zu lokalen Stoffbelastungen führen. Im Gegensatz dazu sind Bodenschutzprobleme (technogene Verdichtung und Erosion) sowie Defizite in der Agrarraumgestaltung typische Altlasten der ostdeutschen Landwirtschaft, die weiter wirken und deren Beseitigung Zeit und fiskalpolitische Rahmenbedingungen erfordert.

Literatur

1. MÜLLER, A. (1993/94): Unternehmen auf dem Prüfstand. Umweltmarkt S. 10-12
2. BIET, J. et al. (1992): Ökobilanzen für Produkte. Bedeutung, Sachstand, Perspektiven. Umweltbundesamt Berlin Juli 1992
3. REMMERT, H. (1989): Ökologie: ein Lehrbuch. Springer-Verlag Berlin, New York.

Zum Aufbau des Bodenkontrollsystems in Thüringen

von
Krause, O.

Das Untersuchungswesen der LUFA Thüringen hat als amtliche Untersuchungsstelle des Thüringer Landwirtschaftsministeriums auch die Aufgabe, für die landwirtschaftlich genutzten Böden die aktuelle stoffliche Ausgangssituation und die zeitlichen Veränderungen der Gehalte an Nähr- und Schadstoffen zu kontrollieren. Damit werden im Rahmen der Bodenuntersuchung zugleich Überwachungsfunktionen für den Schutz des Bodens wahrgenommen.

Elemente des Bodenkontrollsystems sind:

1. Die Datenspeicher "Turnusmäßige Bodenuntersuchung" und "N_{min}"
2. Das Schwermetallkataster
3. Boden-Dauerbeobachtungsflächen

Nährstoffversorgung und Nährstoffbelastung der landwirtschaftlichen Nutzflächen

Zur Kontrolle der Nährstoffversorgung der Böden und ihrer Veränderung existiert in der LUFA ein Programmpaket zur Erfassung, Einstufung und Auswertung aller Bodenuntersuchungsergebnisse auf pH, P, K, Mg und Mikronährstoffe. Durch die Offizialberatung werden seit Jahrzehnten Düngungsempfehlungen gegeben, die auf die Erreichung einer mittleren, für hohe Erträge ausreichenden Nährstoffversorgung ausgerichtet sind. Sehr hohe, für den optimalen Ertrag nicht erforderliche Nährstoffgehalte müssen insbesondere bei P vermieden werden. Durch Bodenerosion nimmt mit erhöhtem P-Gehalten im Boden der P-Austrag stark zu und fördert die Eutrophierung der Oberflächengewässer. Im Zeitraum 1969 bis 1988 betrug die durchschnittliche P-Düngung in Thüringen 101 kg P₂O₅/ha LF (davon 56 kg über mineralische und 45 kg über organische Düngung) bei einer P-Abfuhr mit den Ernteprodukten von 48 kg P₂O₅/ha LF. Der Anteil sehr hoch mit P versorgter Flächen (Versorgungsstufe E) stieg auf dem Ackerland von 1975 bis 1986 um das Dreifache an. 1989, nach einer Grenzwertänderung, lag der Anteil von Flächen mit hoher P-Versorgung (Versorgungsstufe D) noch immer bei 33 % und der mit sehr hoher P-Versorgung (Versorgungsstufe E) bei 16 %. Von 1989 bis heute ist der P-Status der Böden nahezu unverändert geblieben. Eine besonders hohe Versorgung weisen vor allem Gemüse und Obstbaulächen sowie stärker begüllte Schläge in der Nähe ehemaliger großer Stallkomplexe auf. Vereinzelt sind Spitzenwerte von > 150 mg P₂O₅/100 g Boden anzutreffen. Auf derartigen Flächen muß die P-Düngung drastisch reduziert bzw. ausgesetzt werden. Da aber der Viehbesatz sich in Thüringen seit 1989 bis heute von 1,2 auf 0,6 GV/ha LF verringert hat und der Mineraldüngereinsatz gleichfalls

†) Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA)
Thüringen, Naumburger Str. 98, 07743 Jena

stark rückläufig ist, kann nunmehr von einer verstärkten Nutzung der angesammelten P-Reserven und mittelfristig von einer Abnahme der P-Gehalte ausgegangen werden. Der Agrarbericht Thüringen 1992 weist einen Gesamtmineraldüngeraufwand an N, P, K, Mg und Ca für 53 Testbetriebe - Agrargenossenschaften von insgesamt nur 98,-- DM/ha LF aus (alte Bundesländer: 220,-- DM/ha LF).

Kontrolle der Nitratgehalte der LF

Bezüglich der Nitratgehalte im Boden als Pflanzennährstoff, aber auch als potentiell auswaschungsgefährdeter Wasserschadstoff, realisiert die LUFA Thüringen zwei Bodenuntersuchungskontrollprogramme:

- Die Beprobung und Untersuchung von über 150 Trinkwasserschutzgebieten in allen Thüringer Kreisen im Spätherbst und Frühjahr, wobei ein Teil der Schläge auch nach der Ernte beprobt wird.
- Auswertung der Frühjahrs-N_{min} Untersuchungen für landwirtschaftliche Betriebe von Praxisschlägen

Positiv ist zu vermerken (siehe Tabelle 1), daß die herbstlichen Nitratstickstoffgehalte in der beprobten Schicht von 0 - 60 cm 1992 auf den Testflächen der Trinkwasserschutzgebiete deutlich unter denen von 1990 und 1991 liegen. Auch auf den Praxisschlägen sind die frühjährlichen Nitratwerte 1993 wesentlich niedriger als in den zurückliegenden Jahren 1992 und 1991. Drastisch gesunkener Viehbesatz und verringerter Mineraldüngereinsatz an Stickstoff beginnen sich hinsichtlich eines Absinkens der Nitratgehalte auf den landwirtschaftlich genutzten Böden auszuwirken.

Tabelle 1: Entwicklung der Nitratgehalte

	Jahr	Anzahl Schläge (n)	kg NO ₃ -N/ha
Gehalte im Spätherbst (Nov./Dez) von Trinkwasserschutzgebieten	1990	1231	71)
	1991	554	77) Median-
	1992	859	63) wert
Frühjahrsgehalte von Praxisschlägen	1991	1325	92)
	1992	2365	88) Mittel-
	1993	3236	70) wert

Kontrolle der Schwermetallgehalte der LF

Zur Kontrolle der Schwermetallbelastung der Thüringer Böden erfolgten von 1990 bis 1992 gezielte Probenahmen von landwirtschaftlichen Nutzflächen, bei denen ein anthropogener Schwermetalleintrag durch Industrieemissionen, unkontrollierten Klärschlamm Einsatz, Abwasser-Verregnung etc. vermutet wurde (Verdachtsflächen). Außerdem ist die LUFA seit 1991 mit der Untersuchung der zu beschlammenden Flächen im Rahmen der AbKlärV und mit der Führung des entsprechenden Katasters beauftragt. Bei letzteren handelt es sich um Flächen, bei denen man nicht von vornherein eine Kontamination mit Schwermetallen vermuten kann.

Die Ergebnisse der Untersuchungen (siehe Tabelle 2) zeigen die außerordentlich geringe Schwermetallbelastung der normalen landwirtschaftlichen Nutzflächen, die im Rahmen der Durchführung der AbfklärV untersucht worden sind. Diese niedrigen Gehalte gilt es zu bewahren. Die Überschreitung der Grenzwerte bei Nickel ist größtenteils geogen bedingt. Auf den Schwermetallverdachtsflächen bestätigen sich Grenzwertüberschreitungen bei den einzelnen Elementen in nur etwa 5 % der Fälle; dennoch ist die Belastung hier deutlich höher als auf den Flächen im Rahmen der AbfklärV. Partiell wurden sehr hohe absolute Schwermetallwerte und belastete Flächenareale gefunden. Die exakte Ausgrenzung dieser kontaminierten Flächen verbunden mit der Konzipierung spezieller Richtlinien für ihre weitere Nutzung ist Arbeitsgegenstand der LUFA Thüringen. Seit 1991 wird weiterhin ein Schwermetallmonitoring Boden - Pflanze von schwermetallbelasteten und von Referenzflächen zur Kontrolle des Schwermetalleintrages in die Nahrungskette durchgeführt.

Tabelle 2: Schwermetall (SM)-Gehalte von SM-Verdachtsflächen (n = 2921; 17988 ha) und Flächen im Rahmen der AbfklärV (n = 1516; 4210 ha); Stand März 1993, LUFA Thüringen

SM	SM-Grenzwert lt. AbfklärV mg/kg Boden	SM-Flächen AbfklärV			SM-Verdachtsflächen		
		Median mg/kg Boden	% der Proben, ≤ GW	% der Proben, > GW ²⁾	Median mg/kg Boden	% der Proben, ≤ GW	% der Proben, > GW ²⁾
Cd	1,5 (1) ¹⁾	0,11	99,9	0,1	0,20	95,8	4,2
Cu	60	20,3	99,3	0,7	22,7	94,6	5,4
Cr	100	28,2	99,3	0,7	28,7	96,9	3,1
Pb	100	25,0	99,9	0,1	26,5	96,4	3,6
Ni	50	24,8	96,4	3,6	24,4	94,4	5,6
Zn	200 (150) ¹⁾	58,5	99,1	0,9	71,6	92,9	7,1
Hg	1	0,08	100,0	-	0,08	99,3	0,7
Summe aller Proben die mit mindestens einem SM grenzwertüberschreitend be- lastet sind				6 %	16 %		

¹⁾ Grenzwert für leichte Böden ²⁾ GW = Grenzwert

Boden-Dauerbeobachtungsflächen

Ein neues wichtiges Glied im Rahmen der Arbeiten zum landwirtschaftlichen Bodenschutz und Element des Bodenkontrollsystems der LUFA Thüringen bilden Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Ziel der Anlage und des Monitorings von Boden-Dauerbeobachtungsflächen ist es, Veränderungen von Bodeneigenschaften typischer Standorte durch unterschiedliche Nutzung, Bewirtschaftungsweise und Umwelteinflüsse rechtzeitig zu erkennen und Schlußfolgerungen für bodenschonende Maßnahmen abzuleiten. Dazu werden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, die repräsentativ für Thüringer Landschafts- und Bodenelemente, aber auch typisch für die Art der landwirtschaftlichen Nutzung sind, auf Produktionsschlägen Kontrollflächen von 50 m x 50 m Größe eingemessen, die der selben praxisüblichen Bewirtschaftung wie der Gesamtschlag unterliegen. Mit der Anlage der Flächen erfolgt eine genaue bodenkundliche Standortaufnahme, die Ermittlung des Ausgangszustandes der chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften (Startwerte). In einem Langzeitprogramm, der sogenannten Dauerbeobachtung, sind in periodischen Abständen von 1 bis mehreren Jahren

erneute Kontrollmessungen der Untersuchungsparameter bei gleichzeitiger Erfassung der stofflichen input- und output-Größen (Ertrag, Düngung etc.) vorgesehen.

1992 hat die LUFA Thüringen in Abstimmung mit der Thüringer Landesanstalt für Bodenforschung die ersten sechs Boden-Dauerbeobachtungsflächen auf repräsentativen Keuper-, Löß- und Tonschieferstandorten angelegt. 1993 kommen 4 Testflächen auf Muschelkalk und Buntsandstein hinzu. Geplant ist im weiteren die Einbeziehung von Flußauenstandorten.

Das Netz der landwirtschaftlichen Boden-Dauerbeobachtungsflächen ist standortmäßig stets mit einem Bodenwasser- und Witterungsmeßnetz gekoppelt, wodurch die Auswertungsmöglichkeiten erhöht werden. Einige Boden-Dauerbeobachtungsflächen sind in das Strahlenschutzvorsorgeprogramm der Landesmeßstelle für Radioaktivität integriert. Typisch für die Boden-Dauerbeobachtungsflächen als Element im Bodenkontrollsystem ist somit die komplexe Erfassung und Beobachtung einer Vielzahl von Parametern unter den selben Standort- und Umweltbedingungen.

Zusammenfassung:

Im Rahmen von Bodenuntersuchungen für die Praxis, des Vollzugs der AbfklärV sowie spezieller Untersuchungsprogramme erfolgt durch das Untersuchungswesen der LUFA Thüringen eine laufende Kontrolle des stofflichen Belastungsgrades der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit Nähr- und Schadstoffen.

Bisherige Ergebnisse der Kontrolluntersuchungen deuten einen Rückgang der Nitratgehalte in 0 - 60 cm Bodentiefe von 1990 zu 1992 an. Die Belastung der landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Schwermetallen ist gering. Auf normalen landwirtschaftlichen Flächen, die im Rahmen der AbfklärV untersucht wurden, konnte nur in 6 % der Fälle eine Überschreitung der Grenzwerte ermittelt werden. Stark mit Schwermetallen belastete Flächen werden ausgegrenzt und im Rahmen eines Boden-Pflanze-Monitorings weiter kontrolliert. Durch die mehrjährige Verabreichung sehr hoher, wissenschaftlich nicht gerechtfertigter P-Düngergaben in der Vergangenheit weist ein Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche heute sehr hohe P-Gehalte auf.

1992 wurde mit dem Aufbau eines Netzes von landwirtschaftlichen Boden-Dauerbeobachtungsflächen auf repräsentativen Thüringer Standorten begonnen.

Die Förderung umweltgerechter, den natürlichen Lebensraum schützender Produktionsverfahren als Beitrag zum landwirtschaftlichen Bodenschutz in Thüringen

von

Breibarth, G.

Die intensive Bearbeitung landwirtschaftlicher Flächen hat deren Ertragspotential verbessert, aber auch zu verschiedenen Belastungen des Bodens im Hinblick auf seine biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften geführt.

Bodenbelastungen werden in Form von Bodenerosion, Verschlechterung des Bodengefüges, Beeinträchtigung der Bodenorganismen und am Eintrag von Schadstoffen sichtbar.

Bodenschutz muß daher die Komponenten

- Erhaltung des Bodens (der Fläche) als Produktionsstandort,
 - Bewahrung und Mehrung der Bodenfruchtbarkeit und
 - Schutz des Bodens vor Schadstoffeinträgen
- einschließen.

Während der Landwirt traditionell großen Wert auf den Schutz des Bodens und der natürlichen Umwelt legte, führte die im Verhältnis zur lebendigen Arbeit immer bessere Verfügbarkeit der übrigen Produktionsfaktoren zur Intensivierung der landwirtschaftlichen Bodennutzung.

Die Umstrukturierung der Landwirtschaft in Thüringen soll nicht nur zu effizienten Unternehmensformen auf der Grundlage freier Entscheidung über die Art der Bodennutzung führen, sondern die landwirtschaftliche Erzeugung auch zunehmend umweltverträglicher werden lassen.

*) Thüringer Ministerium für Landwirtschaft und Forsten,
Hallesche Straße 16, 5024 Erfurt

Die Thüringer Landesregierung hat diesen Prozeß bereits mit der Förderung z. B. des Baus von Güllelagerstätten, der technischen Überprüfung der Pflanzenschutztechnik, der Anlage von Erosionsschutzpflanzungen oder nicht zuletzt der Betriebsumstellung auf ökologischen Landbau unterstützt.

Als eine der sogenannten "flankierenden Maßnahmen" der Reform der gemeinsamen Agrarpolitik ist EG-weit die Förderung umweltgerechter Produktionsverfahren vorgesehen. Grundlage dafür ist die Verordnung (EWG) Nr. 2078/92 des Rates vom 30. Juni 1992 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren. Sie sieht eine Umsetzung in gebietsspezifischen Förderprogrammen vor, gestattet aber, Förderanliegen von genereller Bedeutung auch als sogenannte horizontale Regelung im gesamten Mitgliedsstaat anzubieten.

Im Thüringer Ministerium für Landwirtschaft und Forsten wird derzeit das "Thüringer Programm zur Förderung von umweltgerechter Landwirtschaft, Erhaltung der Kulturlandschaft, Naturschutz und Landschaftspflege" (KULAP) erarbeitet, zu dessen Zielstellung und wesentlichen Fördertatbeständen nachfolgend informiert wird.

Das Gesamtprogramm gliedert sich in vier Teilprogramme:

- A. Umweltgerechte Produktionsverfahren im Ackerbau
- B. Extensive Grünlandwirtschaft
- C. Gestaltung der Kulturlandschaft, Naturschutz und Landschaftspflege
- D. Lehrgänge und Praktika.

Mit den vorgesehenen Maßnahmen soll für Landwirte ein Anreiz geschaffen werden, sich zu Produktionsverfahren zu verpflichten, die mit den erhöhten Belangen des Schutzes der Umwelt und der Erhaltung des natürlichen Lebensraumes vereinbar sind und gleichzeitig zum Gleichgewicht auf den Agrarmärkten beitragen.

Schwerpunkt ist der Teil Ackerbau, da es für die Landwirte in diesem Erzeugungsbereich besonders schwierig ist, die steigenden Anforderungen zum Schutz der Umwelt mit wirtschaftlichen Zwängen und den Ansprüchen des Marktes in Übereinstimmung zu bringen.

Eine Abstufung nach dem Grad der Extensivierung und die Honorierung differenzierter Leistungen für die Umwelt sollen die Akzeptanz dieses Programmteiles bei den Landwirten ermöglichen. Die einzelnen Maßnahmen tragen auf verschiedene Weise dazu bei, spezifische Gefährdungen der Umwelt zu verringern und zielen gleichzeitig auf eine Marktentlastung.

Förderfähig sind im einzelnen:

1. Umstellung des Gesamtbetriebes auf ökologischen Landbau,
2. Verzicht auf chemisch-synthetische Düngemittel sowie Pflanzenschutzmittel im Gesamtbetrieb,
3. Verzicht auf die Anwendung von Herbiziden in den Betriebszweigen Ackerbau, Obstbau, anderen Dauerkulturen, außer Grünland,
4. Verzicht auf leicht-lösliche Düngemittel und Pflanzenschutzmittel im Getreidebau, außer Qualitätsdüngung zu Brotgetreide,
5. Integriert-kontrollierter Anbau von Obst, Feldgemüse und Dauerkulturen,
6. Ökologische Bereicherung der Kulturlandschaft durch Anbau von Extensivkulturarten,
7. Bereicherung der ökologischen Vielfalt und Erhaltung von Ackerwildpflanzen durch vielartige Fruchtfolgen und extensive Bewirtschaftung.

Mit etwa 20 Prozent der LF ist das Grünland in Thüringen ein sehr wesentliches Element sowohl der landwirtschaftlichen Erzeugung als auch der Kulturlandschaft. Erste Schritte zur extensiven Nutzung wurden gegangen. Ziel der Beihilferegelungen im Programmteil B ist es auch, ein Brachfallen von landschaftsprägendem Grünland zu verhindern und Grünlandneuansaat zu fördern.

Die Landwirte können zwischen folgenden Verpflichtungen wählen:

1. Einhaltung einer extensiven Bewirtschaftung des gesamten Dauergrünlandes des Betriebes mit höchstens 1,4 RGV/ha Hauptfutterfläche,
2. Extensive Grünlandbewirtschaftung im Gesamtbetrieb durch Weidenutzung mit höchstens 1,4 RGV/ha Hauptfutterfläche und maximal 60 kg/ha Gesamtstickstoffdüngung,
3. Extensive Bewirtschaftung von Wiesen und Streuobstwiesen (einzelflächenbezogen),
4. Umwandlung von Ackerflächen in extensiv zu nutzendes Dauergrünland.

Neben umweltgerechten Erzeugungspraktiken gewinnen Maßnahmen zum Erhalt von Biotopen und bedrohten Arten sowie unmittelbare landschaftspflegerische Leistungen an Bedeutung. Die Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung zu Naturschutzzwecken und weitere Leistungen zum Erhalt sowie zur Gestaltung der Kulturlandschaft sollen im Programmteil C gefördert werden. Dabei sind folgende Einzelmaßnahmen vorgesehen:

1. Extensive Bewirtschaftung von Ackerrandstreifen,
2. 20-jährige Stilllegung von Ackerflächen zu Naturschutzzwecken
3. Pflege von Mager- und Trockenrasenstandorten, Streuobstwiesen und Bergwiesen (über 400 m) durch extensive Beweidung,
4. Pflege von Mager- und Trockenrasenstandorten, Streuobstwiesen und Bergwiesen (über 400 m) sowie Grünland in Wiesenbrüteregebieten durch Mahd,
5. Pflege aufgegebener landwirtschaftlicher Nutzflächen,
6. Schaffung von Zwischenstrukturen durch Stilllegung von Ackerrandstreifen,
7. Flächenbereitstellung für Schutzpflanzungen,
8. Zucht vom Aussterben bedrohter lokaler Nutztierassen.

Der Programmteil C wird überwiegend in Zuständigkeit des Thüringer Ministeriums für Umwelt und Landesplanung umgesetzt. Die Maßnahmen 3 und 4 stellen eine Ergänzungsförderung für gezielte naturschutzfachliche Leistungen neben der vom Landwirtschaftsressort als Grundmaßnahme geförderten extensiven Grünlandbewirtschaftung dar.

Da das Programm noch der Abstimmung zwischen den Ressorts und der Notifizierung durch die EG-Kommission bedarf, sind Detailänderungen nicht ausgeschlossen.

MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT

Referate

Sitzung des Arbeitskreises B "Paläopedologie"

vom 20. bis 22. Mai 1993

in

GIESSEN

Band 72

Heft II

1993

Mikromorphologische Ansätze zur Rekonstruktion tertiärer Umwandlungsprozesse im Aufschluß "Eiserne Hose" bei Lich/Oberhessen

von

Altemüller, H.J.* und T. Poetsch**

Einführung

Die tertiärzeitlichen "lateritischen Roterden" am Westrand des Vogelsberges sind in den langen Zeiträumen seit ihrer Bildung so stark umgelagert worden, daß ihr ursprünglicher Aufbau allenfalls noch rudimentär erhalten geblieben ist. Auch die Einmischung von Fremdmaterial und nachfolgende pedogene Prozesse müssen in Betracht gezogen werden. Dadurch wird die Einsicht in die Entwicklung dieser Böden außerordentlich erschwert.

Auf Grund ihres örtlichen Vorkommens und ihrer stofflichen Beschaffenheit, wurde die Bildung dieser roten Böden aus basaltischem Gestein oder Basaltzersatz (Saprolith), wie auch die Ähnlichkeit mit tropischen Bodenbildungen, insbesondere mit den Lateriten schon früh erkannt (SCHOTTLER, 1918; HARRASSOWITZ, 1921; sh. auch SCHÖNHALS; 1954). In der Folgezeit wurden die Böden von SCHELLMANN (1966) und WIRTZ (1972) ausführlich bearbeitet.- Dies nur als Anhalt; weitere Literaturhinweise finden sich in den zitierten Arbeiten.

Heute ist vor allem die sehr unterschiedliche Namengebung auffallend. Dies hängt zum Teil mit den Neufassungen der bodenkundlichen Nomenklaturen zusammen (FAO, USA), vielleicht aber zum größeren Teil mit den Unsicherheiten über die Einstufung dieser Böden. Diesen Problemen soll jedoch hier nicht nachgegangen werden.

Mikroskopische Gefügeuntersuchungen fehlen noch weitgehend, obwohl sie in besonderem Maße geeignet sind, die mineralogischen, petrographischen und bodengenetischen Zusammenhänge aufzudecken, die in der Abfolge "Basalt", "Saprolith" und "Boden" verborgen sind. Am Beispiel des Aufschlusses "Eiserne Hose" haben ALTEMÜLLER und POETSCH (1984), dann SCHWARZ (1987), die Bedeutung von Dünn-
schliffuntersuchungen aufgezeigt. Diese Arbeiten und weitergeführte, eigene mikromorphologische Untersuchungen, liegen den folgenden Ausführungen zu Grunde.

Der Aufschluß "Eiserne Hose"

In dieser ehemaligen Bauxitgrube, etwa 2 km ostwärts von Lich, steht die "lateritische Roterde" als über 7m mächtige Schuttdecke an, die bis 1975 abgebaut wurde. Sie ist durchsetzt von sog. Bauxitknollen und, mehr nach der Tiefe, von Bruchstücken aus Brauneisenschwarten. Der Anschluß zum darunter befindlichen Saprolith ist nicht aufgeschlossen.

Ein weißlichgrauer, durch verschiedene Infiltrationen farblich z.T. veränderter Saprolith, der heute noch in kleinerem Umfang abgebaut wird, steht jedoch im Westteil der Grube bis nahe an die Geländeoberfläche an. Dort geht er, soweit nicht durch Abbau gestört, in einen rotlehmartigen Boden über, den ALTEMÜLLER u. POETSCH (1984) auf Grund der mikromorphologischen Merkmale als autochthon ansehen.

Saprolith und rekonstruiertes Ausgangsgestein

Die an frischen Bruchstücken, besonders unter einer Lupe (10x) gut erkennbare, lockere, weißlichgraue Grundmasse (Matrix) wird im Dünnschliffpräparat bei Hellfeld-Durchlichtbeleuchtung vollkommen durchscheinend. Wegen annähernd gleicher Lichtbrechung wie im Einbettungsmedium (1,55-1,56), verschwinden auch die Konturen, d.h. die Matrix wird größtenteils unsichtbar.

* Platanenweg 8, 38159 Vechelde

** Inst. f. Geographie, Universität Hamburg, Bundesstr.55, 20146 Hamburg

Die Doppelbrechung ist sehr gering (0,003-0,006). - Das Innengefüge der Matrix tritt erst im Phasenkontrast hervor (über die Voraussetzungen zur Anwendung an Dünnschliffen siehe ALTEMÜLLER, 1964). Man erkennt nun einen zellig-porösen Verband aus belag- und saumartigen, vernetzten Gebilden, die nach ihren optischen Eigenschaften auf kaolinitische und halloysitische Tonminerale, verbunden mit Lichtopt. amorphem Anteilen deuten.

Durch Vergleiche von unterschiedlich zersetzten Basalten im weiteren Umfeld wurde deutlich, daß die beschriebenen Merkmale in erster Linie auf der Umwandlung von Plagioklasen beruhen, deren Formen sogar teilweise noch angenähert pseudomorph erhalten sind. Eine Zuordnung zu bestimmten Plagioklasen lassen die vorhandenen Gebilde allerdings nicht zu. Nach unseren Vergleichen ist aber Andesin mit randlich höheren Na-Gehalten zu vermuten, wie er in den untersuchten Gesteinen dominiert.

Ebenfalls pseudomorph, aber nur noch an Fe/Mn-infiltrierten Rändern mit etwas höherer Doppelbrechung auszumachen, zeigen sich ehemalige Pyroxene in typischer, aggregierter Anordnung. Von den Mineralen selbst ist nichts mehr vorhanden. -

Besonders auffallend sind die markant ausgeprägten Pseudomorphosen nach Olivin, die hier als "Iddingsit" vorliegen (mineralogisch vorwiegend Goethit). Die Umwandlung von Olivin zu Iddingsit vollzieht sich im Basalt vor der Veränderung der Plagioklase und Pyroxene. Die Form und Anordnung der Iddingsite im Saproolith entspricht noch vollkommen der Form und Anordnung der Olivine im vorausgegangenen Basalt. Wegen ihrer großen Stabilität, auch gegenüber nachfolgenden pedogenen Prozessen, sind die Iddingsite von hohem diagnostischem Wert. - Das einzige unverändert erhalten gebliebene Mineral ist Ilmenit, der in kleinen opaken Täfelchen vorliegt, die im Dünnschliff meist leistenförmig erscheinen. - Gibbsit haben wir in den früheren Probenahmen (vor 1984) im Saproolith zunächst nicht gefunden. Erst in späteren Abbaustadien der aufgeschlossenen Wände wurden härtere, bankartige Bereiche im oberen Teil des Saprooliths untersucht, die dann eine Füllung mit feinkristallinem Gibbsit zeigten. SCHWARZ weist besonders auf eine dünne, besonders harte Bauxitbank im Saproolith hin.

In der Grube "Eiserne Hose" liegt kein Anschluß zum angewitterten oder frischen Basalt vor. Es ist also geboten, aus dem vorhandenen Saproolith das Ausgangsgestein zu rekonstruieren. Unsere frühere Zuordnung zu einem Alkalibasalt war vorläufig. Wir stimmen mit SCHWARZ (1987) überein, der einen tholeiitischen Basalt nennt. - Wenn die Feldspäte keine nähere Beurteilung mehr zulassen, was hier der Fall ist, dann entscheiden für tholeiit. Basalte die Anteile an Olivin (bis 15%) und Ilmenit als dominierendes Erz (SCHRICKE, 1975).

Bodenreste an der Obergrenze des Saprooliths

Rotlehmartige Bodenzone, die an einigen Stellen der Grube trotz des Saproolithabbaus noch erhalten sind, gehen stets kontinuierlich in den darunter befindlichen Saproolith über. Man findet eine deutlich ausgeprägte Gliederung in kantige, glattflächige, tonige Polyeder, die im Inneren ziemlich homogen rot bis violettrot sind. Nach unten folgen größere, mehr prismatische Absonderungen, die im Inneren schon unter der Lupe die Saproolith-Merkmale zeigen, aber rötlich gefärbt sind. In Dünnschliffen wird der Zusammenhang mit dem Saproolith bis in die homogen roten Zonen hinein nachweisbar. Geht man in der Beobachtung vom Saproolith aus, so verschwindet nach und nach die farblose, poröse kaolinitische Matrix mit den Plagioklas- und Pyroxen-Pseudomorphosen. Sie wird zerteilt, wohl auch mehr oder weniger aufgelöst und von rötlichem Feinton infiltriert. Dabei schwimmen die Iddingsite in ihren Teilstücken auseinander, bleiben aber erhalten. - Ilmenit wird vollkommen umgewandelt: die vorm opaken, im Durchlicht schwarz erscheinenden Leisten zerfallen in rötlich durchscheinende Schüppchen, teilweise umgeben von hochlichtbrechenden feinstkörnigen, farblosen Neubildungen. In Zusammenarbeit mit dem Geologisch-Paläontologischen Institut Hamburg konnte röntgenographisch Hämatit nachgewiesen werden. Die farblosen Bildungen sind sogenannter Leukoxen, d.h. Titanoxide (vorw. Rutil).

Der verlagerte Feinton besteht vor allem aus hämatitreichen Fe-oxiden, mit

schlecht kristallisiertem Kaolinit und etwas Gibbsit. Er bildet auffällige Beläge auf Klüften bis tief in den Saprolith hinein. - Wie früher (1984) beschrieben, ist es wahrscheinlich, daß der rotlehmartige Ton aus einem ehemals mächtigeren Horizont herzuweisen ist. Er stammt aber mit Sicherheit nicht aus fremdem Deckmaterial. Dann würde er eine andere Zusammensetzung haben. Wir neigen dazu, die "Auflösung" des Saprolith-Gefüges als einen Verwitterungsprozess zu verstehen, aus dem diese bewegliche Tonkomponente ev. teilweise durch Dispergierung hervorgeht. Außerdem könnte dieser Verwitterungsprozess die Entstehung von Gibbsit erklären, der in Tonbelägen oft enthalten ist, aber auch als Horizont im Saprolith vorkommt.

Eine fortschreitende Verwitterung könnte schließlich die Veränderung zur "Roterde" hin plausibel machen, die gegenüber dem "Rotlehm" deutlich ärmer an Kieselsäure und reicher an Fe-Oxiden ist. Die Ilmenitverwitterung ist dabei insoweit von Bedeutung, als dadurch die rote Hämatitkomponente zutage tritt. Bei der von ANAND u. GILKES (1975) untersuchten Ilmenitverwitterung in der Bleichzone von Lateriten in Australien blieben nur die Leukoxen-Komponenten (Rutil und Anatas) am Ort erhalten, während der neu gebildete Hämatit der Auflösung und Auswaschung unterlag. - In unserem Falle hier bleibt der Hämatit stabil.

Die lateritische Roterde

Ebenso wie der direkte Kontakt zwischen Roterde und Saprolith im Aufschluß nicht zu finden ist, fehlt auch der direkte Kontakt von der Roterde zum rotlehmartigen Bodenrest der oben dargestellt ist. - Ein von DREESMANN (1986) in einer Profilreihe aus Langsdorf beschriebener direkter Übergang von Latosol (= "Roterde") zum Saprolith muß nach mikromorphologischer Prüfung (ALTEMÜLLER, nicht veröff.) als nicht kontinuierlich angesehen werden (starke Einmischung von Fremdmaterial bis zur Saprolith-Obergrenze).

Im Aufschluß "Eiserne Hose" bestehen zwischen dem autochthonen Rotlehm und dem Schutt aus Roterde beträchtliche Unterschiede. Der Roterde-Schutt besteht aus mehr oder weniger rundlichen, bräunlich-zinnoberroten, erdigen Aggregaten unterschiedlicher Größe in ziemlich loser Anordnung.

Neben den erdigen, krümeligen Aggregaten finden sich aber stets auch polyedrisch zerfallende, dichtere Bereiche in unregelmäßiger Verteilung. Diese zeigen äußerlich eine gewisse "Rotlehm-Verwandtschaft".

In Dünnschliffen ist die Morphologie sehr vielgestaltig und uneinheitlich. Der Schutt-Charakter des Materials wird markant unterstrichen. Die Umlagerungen zeigen ihre Spuren bis in 10µm-Bereiche. Von den Komponenten im Saprolith sind nur noch die Iddingsit-Reste leicht zu erkennen. Die allgemein dominierende Matrix ist stark mit Fe-oxiden angereichert, aber auch uneinheitlich und trümmerartig. In genügend dünnen Schliffpräparaten zeigen sich Farbvarianten von rötlich bis gelblich. Örtlich kommen auch Tonbeläge vor, die den im vorigen Absatz im Rotlehm Beschriebenen praktisch gleich sind. Es ist aber nicht ohne weiteres klar, ob es sich in den Bereichen mit Tonanlagerung um Reliktgefüge handelt.

Makroskopisch als "rotlehnmähnlich" angesehene Brocken, zeigen mikroskopisch oft nur ein dichtes, Fe-reiches Innengefüge ohne die typischen Merkmale von eingelagertem Feinton. Man könnte solches Material aber als tonverarmtes Relikt über dem Tonanreicherungs-horizont des ehemaligen Bodens ansehen, denn die grundsätzliche Materialverwandtschaft steht außer Zweifel.

Bauxitknollen

Zum weitaus größten Teil basieren die Bauxitknollen auf einem Saprolith-Grundgefüge. Die von SCHWARZ (1987) beschriebenen Varianten weisen nicht nur auf tholeiitische Basalte sondern auch auf Basanite, so daß die Herkunft nicht nur örtlich zu verstehen ist. Auf jeden Fall ist damit eindeutig ausgesagt, daß die Knollen nicht in der Roterde gebildet sein können. Immerhin wären die Infiltrationen von rötlichem Feinton, die in vielen Knollen vorkommen noch dort möglich. Da die Tonbeläge sehr stabil sind - vor allem in geschützten Räumen - können sie aber durchaus schon vor den Umlagerungen vorhanden gewesen sein. Die Ausscheidung von Gibbsit im Saprolith hat in der Regel die Erzkomponente vor der Verwit-

terung bewahrt. In den Knollen findet sich oft mehr Magnetit als Ilmenit oder nur Magnetit (Hinweis auf Basanit-Saprolith).

Folgerungen

Angesichts des enormen Formenreichtums im Gestein, im Saprolith und in den Bodenbildungen, ferner mit Rücksicht auf die langen Zeiträume, können alle Untersuchungen eigentlich nur als Versuche zur schrittweisen Annäherung betrachtet werden. Mikromorphologische Methoden sind dabei unverzichtbar.

- Zu den sicheren Aussagen gehört die Rekonstruktion des Ausgangsgesteins aus dem Saprolith. Diese ist, wegen der häufigen Wechsel im Gestein, sogar zuverlässiger als die Ableitung aus benachbarten Gesteinen.
- Ein enger mikromorphologischer Zusammenhang besteht auch vom Saprolith zu dem untersuchten rotlehmartigen Bodenrest, der deshalb als autochthon angesehen wird.
- Ein direkter Übergang vom Saprolith zur "lateritischen Roterde" ist bisher nicht rekonstruierbar.
- Die Beziehung vom rotlehmartigen Bodenrest über dem Saprolith zum Roterde-Schutt ist zwar stofflich naheliegend, jedoch vom Gefüge her noch nicht kontinuierlich darzustellen, vor allem deshalb, weil die "Roterde" bis jetzt nur in stark umgelagerter Form angetroffen wurde.
- Die Bauxitknollen basieren fast ausschließlich auf einem saprolithischen Grundgefüge; sie sind also im Saprolith entstanden. In ihren größeren Hohlräumen finden sich mehr oder weniger "geschützt" auch rotlehmartige Tonbeläge und feinsten Roterde-Schutt. Es wäre notwendig, die in den Knollen konservierten Gefüge noch gründlicher zu untersuchen.
- Die hier verwendeten Begriffe Rot"erde" und Rot"lehm" sind als gefügekundliche Hilfsbegriffe zu verstehen, die vorläufig keine typologische Zuordnung ausdrücken sollen. Auch über den "Laterit" wird hier vorerst nichts gesagt.

Literatur

- ALTEMÖLLER, H.-J. (1964) Die Anwendung des Phasenkontrastverfahrens bei der Untersuchung von Bodendünnschliffen. In: JONGERIUS, A. (Herausg.): Soil Micromorphology, 371-390, Amsterdam.
- ALTEMÖLLER, H.-J. u. Th. POETSCH (1984) Zur Mikromorphologie der Bodenbildung aus basaltischem Zersatzmaterial. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft., 39, 61-66.
- ANAND, R.R. and R.J. GILKES (1984): Weathering of Ilmenite in a lateritic pallid zone. Clays and clay minerals, 32, 363-374.
- DREESMANN, S. (1986): Begrenzende Faktoren der Ertragsbildung auf roten Reliktböden im Vorderen Vogelsberg. Dipl.-Arb., 134S., Gießen, (Themenstellung: Prof. Dr. T. Harrach).
- HARRASSOWITZ, H. (1921): Die Entstehung der oberhessischen Bauxite und ihre geologische Bedeutung. Z. Dtsch. Geol. Ges. 73, Mber. 189.
- SCHELLMANN, W. (1966): Die Bildung von Roterde und Bauxit im Vogelsberg. N. Jb. Miner. Mh. 11, 321-341.
- SCHÖNHALS, E. (1954): Die Böden Hessens und ihre Nutzung. Abh. Hess. L.-Amt f. Bodenforsch., 2, 1-288, Wiesbaden.
- SCHÖTTLER, W. (1918): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Großherzogtums Hessen, 1 : 25 000, Blatt Laubach, Darmstadt.
- SCHRICKE, W. (1975): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen, 1: 25 000 Blatt Nr. 5319 Londorf, 192 S., Wiesbaden.
- SCHWARZ, T. (1987): Eigenschaften und Entstehung von Laterit im Vogelsberg - die Bauxitgrube "Eiserne Hose" bei Lich (Hessen). Diplomarbeit, 159 S., Fachbereich Geowissenschaften FU Berlin, Inst. f. Angew. Geologie.
- WIRTZ, R. (1972): Beitrag zur Kenntnis der Paläosole im Vogelsberg. Abh. Hess. L.-Amt f. Bodenforsch. 61, 1-159, Wiesbaden.

Herrn Kollegen Harrach danken wir für Beratungen im Gelände, für Hilfen bei Probenahmen und für zahlreiche Diskussionen.

Mikromorphologisch-mineralogische Untersuchungen
pedogener Basaltverwitterung unter besonderer
Berücksichtigung der Dreischicht-Tonminerale

von

Poetsch, T.

Einführung

Im Vogelsberg, einem der größten zusammenhängenden Basaltgebiete des europäischen Festlandes, zeigen die Geländebefunde, daß die Verwitterung und Bodenbildung auf Basalt örtlich stark wechselt (SCHRICKE, 1975). Dieser Wechsel ist u.a. darin begründet, daß die einzelnen Basaltströme häufig aus unterschiedlichen Basaltvarietäten bestehen, die eine sehr stark differenzierende Verwitterungsanfälligkeit aufweisen. An dem von SABELBERG ET AL. (1976) beschriebenen Profil Dreihausen war es möglich auf sehr lange Distanz diese Zusammenhänge genauer zu untersuchen.

Außerdem war zu beobachten, daß das Basaltverwitterungsprofil an mehreren Stellen mit lößverfüllten Eiskeilen durchsetzt war, was beweist, daß die Basaltverwitterung in diesen Abschnitten ein präjungwürmzeitliches Alter aufweist.

Aus bodenmineralogischer Sicht steht aber vor allem die Beziehung zwischen den primären Mineralphasen des Basaltes, ihrer Verwitterung und der Entstehung von pedogenen Neubildungen im Vordergrund.

Institut für Geographie, Univ. Hamburg, Bundesstr. 55,
20146 Hamburg

Material und Methoden

Dreihausen befindet sich am nordwestlichen Abfall des Vorderen Vogelsberges zum Ebsdorfergrund. In der Abb.1 wird der aus einem langen Profildefile ausgewählte und näher untersuchte Ausschnitt dargestellt.

Das Profil läßt sich folgendermaßen gliedern:

- U n t e r e r Profilteil
 - Kugelschalenförmig verwitterter Basalt

- O b e r e r Profilteil
 - Stark aufgelockerter Basaltzersatz

Die den u n t e r e n Profilteil aufbauenden kugelschalenförmigen Gefügeeinheiten bestehen jeweils aus einem:

- Kernbereich (weiter nur als K e r n bezeichnet)
- Schalenbereich (weiter nur als S c h a l e bezeichnet)

Für die Untersuchungen wurden Proben vom Kern, Schale und von dem stark aufgelockerten Zersatz entnommen und Dünnschliffe hergestellt. Die mikroskopischen Präparate wurden polarisations-, phasenkontrast- und interferenzkontrastmikroskopisch untersucht (PICHLER & SCHMITT-RIEGRAF, 1987, ALTEMÜLLER, 1974). Die tonmineralogischen Befunde wurden durch röntgenographische Analysen untermauert.

Ergebnisse und Diskussion

U n t e r e r Profilteil

Der untersuchte K e r n enthält vor allem Olivin- und Augiteinsprenglinge, als helle Minerale reichlich Analcim ($\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$) und Plagioklas (Andesin), weiterhin etwas vulkanisches Glas, Magnetit als Erzmineral und akzessorisch Biotit und Apatit. Die Olivinkörner sind größtenteils viriditisiert und teilweise iddingsitisiert.

Die **Schale** (Abb.3) ist durch ausgeprägte Verwitterung und ein deutliches Rißnetz gekennzeichnet. Die Risse weisen bereits feinkolloidale geschichtete Tonanlagerungen auf. In der Grundmasse und in neu entstandenen Hohlräumen sind schüppchenförmige Mineralneubildungen zu erkennen. Phasenkontrastmikroskopisch sind an den Rißwänden und in anderen Hohlräumen stellenweise feine Kieselgel-Lamellen sichtbar (Präp.-Nr.1003; Koordinaten 10/108,8). Dem Verwitterungszustand entsprechend sind die primären Silikate angelöst. So sind die Augite durch schwache, die Analcime und das Glas dagegen durch sehr markante Korrosionsformen gekennzeichnet.

Oberer Profileil

Der **stark aufgelockerte Zersatz** (Abb.2) ist wahrscheinlich etwas umgelagert, dennoch fügt sich das Bild der Verwitterungserscheinungen gut in die Beobachtungsreihe ein.

Im Vergleich mit dem in der Abb.3 dargestellten verwitterten Basalt ist der Analcim nur in kleinen Resten vorhanden, auch das vulkanische Glas ist größtenteils verwittert. Wie im unteren Profileil, kommt als Neubildung feines Kieselgel vor (Präp.Nr.1005; Koordinaten 12,5/109,3). Im Vergleich zum unteren Profileil haben die schüppchenförmigen Mineralneubildungen mengenmäßig stark zugenommen. Überwiegend zeigen die auch radialstrahlig angeordneten Sekundärminerale (Abb.4) charakteristische Licht- und Doppelbrechungseigenschaften, die auf Smectite hindeuten (vgl.KERR, 1959). Eine orientierende röntgenographische Analyse der glyceringesättigten Texturpräparate zeigte einen die anderen Reflexe stark überragenden 18 A -Reflex, der ebenfalls für eine Smectitdominanz spricht.

Damit zeigt sich eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen von SCHWERTMANN & NIEDERBUDE (1968) die in **gesteinsnahen** Horizonten von deutschen Böden aus Basalt vorwiegend Montmorillonit gefunden haben. Wichtig ist jedoch festzuhalten, daß im Gegensatz zu einer rezenten Bodenbildung, in dem untersuchten Gesteinszersatz die Montmorillonit-Bildung zu einem großen Teil ein mindestens **präjungwürmisches** Alter besitzt.

Zusammenfassung

Der bei Dreihäusen im Vorderen Vogelsberg untersuchte, geologisch alte Basaltzersatz ist durch eine ausgeprägte Montmorillonit-Bildung gekennzeichnet. Außerdem tritt Kieselgel als Neubildung auf. Die Entstehung dieser Minerale ist vor allem auf Analcim- und Glasverwitterung zurückzuführen.

Literatur

Altemüller, H.-J. (1964): Mikroskopie der Böden mit Hilfe von Dünnschliffen.- In: H.Freund : Handbuch der Mikroskopie in der Technik IV/2, 309-367.

Kerr, P.F. (1959): Optical mineralogy.- McGraw Hill, New York.

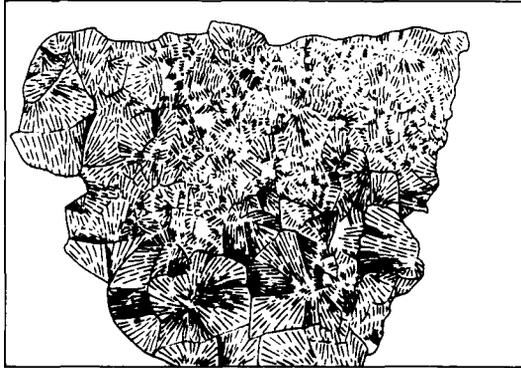
Pichler, H. & Schmitt-Riegraf, C. (1987): Gesteinsbildende Minerale im Dünnschliff. - Enke, Stuttgart.

Sabelberg, U., Mavrocordat, G., Rohdenburg, H., Schönhals, E. (1976): Quartärgliederung und Aufbau von Warmzeit-Kaltzeit- Zyklen in Bereichen mit Dominanz periglazialer Hangsedimente, dargestellt am Quartärprofil Dreihäusen/Hessen.- Eiszeitalter und Gegenwart 27, 93-120.

Schricke, W. (1975): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen, 1:25 000, Blatt Nr. 5319 Londorf.

Schwertmann, U., Niederbudde, E.-A. (1969): Der Mineralbestand der Fraktion < 2 einiger Böden aus basischen Magmatiten und seine Eigenschaften.- Zeitschr. Pflanzenernährung und Bodenkunde 122, 193-205.

Abb. 4



50 μm

Abb. 1: Dreihäusen - Basaltverwitterungsprofil

- 1: Oberflächenboden
- 2: Aufgelockertes Basaltzersatz
- 3: Kugelschalenförmig verwitterter Basalt

Abb. 2: Dünnschliff des aufgelockerten Zersatzes
Nach einer Hellfeldaufnahme gezeichnet (schematisch)
Vergleichsmaß 200 μm

- A: Überwiegend Augit
- E: Erzmineral (Magnetit)
- M: Nicht weiter differenzierte Matrix
- H: Hohlraum

Abb. 3: Dünnschliff des kugelschalenförmig verwitterten Basalts
(Schalenbereich). Nach einer Hellfeldaufnahme gezeichnet
Vergleichsmaß 200 μm

Abb. 4: Dünnschliff des aufgelockerten Zersatzes (vgl. Abb. 2)
Nach einer Detailaufnahme der Matrix gezeichnet
Polarisatoren gekreuzt

- S: Smectit

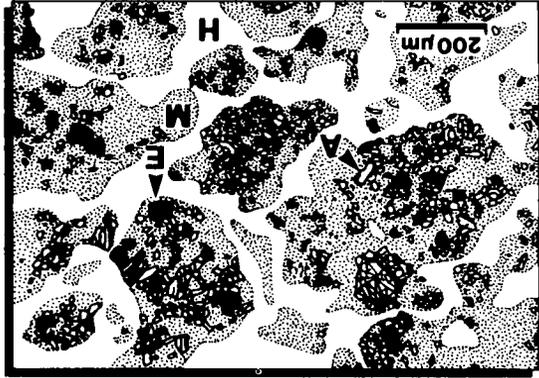


Abb. 2

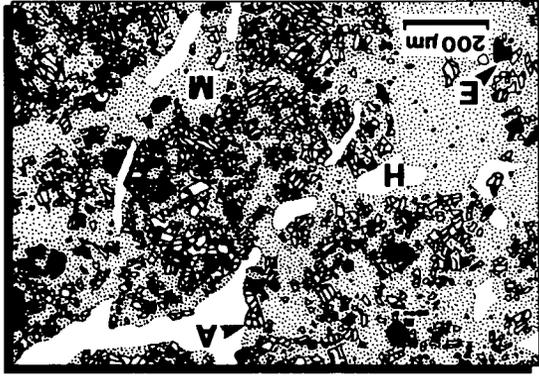


Abb. 3

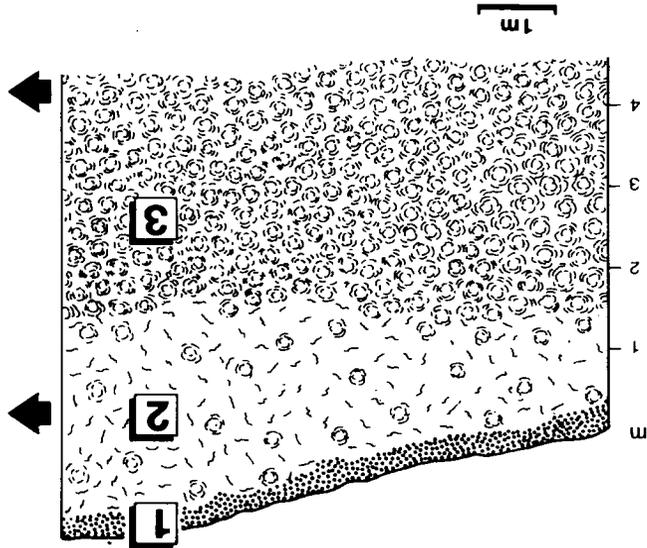


Abb. 1

Profil Dreihäusen

**Laterit und Bauxit als Relikte tropischen
Paläoklimas im Miozän Oberhessens**

von

Schwarz, T.

Einleitung

Im Bereich des heutigen Vogelsberges konnten sich im Jungtertiär durch das Zusammentreffen mehrerer Faktoren, wie tropische Klimabedingungen und basaltisches Ausgangsgestein durch intensive chemische Verwitterung Bauxit und Laterit bilden (SCHWARZ 1989). Diese lateritischen Paläoböden in einer geographischen Breite von etwa 45° deuten auf ein Paläoklima, das sich grundsätzlich von dem heutigen unterscheidet.

Die jungtertiäre Phase tiefgründiger chemischer Verwitterung steht im Anschluß an eine ältere, mesozoisch-alttertiäre Verwitterungsphase, deren Produkte im Rheinischen Schiefergebirge weitverbreitet auftreten (FELIX-HENNINGSEN 1990). Von dieser ersten Phase der Verwitterung ist lediglich die flächenhafte Verbreitung von Saprolith erhalten geblieben, während in der zweiten, jungtertiären Verwitterungsphase zu tropischen Klimabedingungen noch der zweite für die Bauxitbildung essentielle Faktor hinzukam, das geeignete Ausgangsgestein - in diesem Fall Basalt.

Prä-basaltische Verwitterung

In ganz Mitteleuropa finden sich Zeugen einer mesozoisch-tertiären Verwitterungskruste, deren Relikte sich von der Bretagne (ESTELOULE-CHOUX 1983) über das Rheinische Schiefergebirge (FELIX-HENNINGSEN 1990) und die Böhmisches Masse (STÖRR et al. 1978) bis in die Ukraine (RUSKO 1987) und nach Kasachstan erstrecken (PETROV 1991). Möglich war diese tiefgründige Verwitterung durch eine lang anhaltende Festlandsphase im Mesozoikum und Tertiär sowie global warmfeuchte Klimabedingungen in Oberkreide und Alttertiär (FRANKES 1992). In Hessen äußert sich die ältere, prä-mitteloligozäne Phase intensiver chemischer Verwitterung in einer tiefgründigen Kaolinisierung (KUTSCHER 1954, BIRKENHAUER 1970).

Basalt

Die Hauptmasse der Basalte im Vogelsberg wurde innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums vor etwa 17-15 Ma gefördert (SCHRICKE 1986). Das Ende der mit Intrusionen abschließenden vulkanischen Aktivität lag im Torton (HOTTENROTT 1985). Während dieses Zeitraums sind tholeiitische und alkalibasaltische Laven und Tuffe in unregelmäßigem Wechsel übereinander abgelagert worden. Diese Gesteine stellen einerseits ein für die Bauxitbildung besonders günstiges Ausgangsgestein dar, und liefern andererseits ein Maximalalter für die zeitliche Einstufung der Verwitterung.

* T.U. Berlin / BH 4, FG Lagerstättenforschung, Ernst-Reuter-Platz 1, 10587 Berlin

Verwitterung auf Basalt

Gegen Ende sowie nach der Förderung der Vulkanite setzte deren intensive chemische Verwitterung ein. Hierbei wurde vulkanisches Gestein bis in eine Teufe von 50 m zu Saprolith zersetzt. Dieses auch als Basaltzersatz bezeichnete Material zeichnet sich durch die reliktsche Erhaltung des basaltischen Gesteinsgefüges aus (ALTEMÜLLER & POETSCH 1984). Weiterhin bildeten sich Anreicherungen von Sesquioxid-reichen Sedimenten, die heute in Form flächenhafter Roterdedecken mit eingelagerten Bauxitknollen vorliegen. Schnurartige Brauneisen-Vererzungen bildeten sich bevorzugt in Saprolith und untergeordnet in Bauxitschottern.

Die Verbreitung lateritischer Roterden hat in den flächenhaften Vorkommen im westlichen Vogelsberg, insbesondere in der Umgebung von Lich, ihren Schwerpunkt. Es sind jedoch auch Roterde mit Bauxitknollen aus dem Raum Ostheim-Rüdigheim N' Hanau sowie bei Flieden ((42 km NE' von Lich), sowie Bauxitknollen zwischen Alsfeld und Lauterbach beschrieben worden.

Ein vollständiges Verwitterungsprofil, das basaltisches Ausgangsgestein, den basalen, smektitischen Saprolith, den oberen, kaolinitischen Saprolith sowie bauxitischen Laterit zeigt, ist im Vogelsberg nicht aufgeschlossen. Dafür läßt sich diese Abfolge jedoch jeweils ausschnittsweise an verschiedenen Aufschlüssen verfolgen (Abb. 1; SCHWARZ et al. 1993).

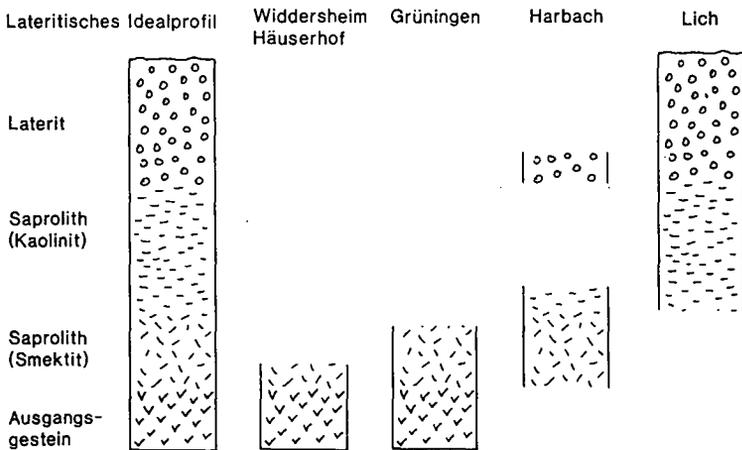


Abb. 1: Schematische Darstellung der in verschiedenen Aufschlüssen angeschnittenen Ausschnitte aus einem idealen Verwitterungsprofil.

Charakteristisch für die Bauxitvorkommen des Vogelsbergs ist das Auftreten von Gibbsit und Böhmit in Form von "Knollen" in Roterde (SCHELLMANN 1966). Hierbei handelt es sich um Konkretionen, die sich ursprünglich in-situ im Saprolith gebildet haben und als solche auch in der Grube "Eiserne Hose" bei Lich aufgeschlossen sind (SCHWARZ 1987). Die Konkretionen bilden sich durch Absolutanreicherung von Aluminium, das zum Teil in Form von idiomorphen Gibbsitkristallen Hohlräume auskleidet (SCHWARZ 1988). Anhand der Reliktgefüge läßt sich oft das genaue basaltische Ausgangsgestein der Bauxite bestimmen.

Paläoklimatische Bildungsbedingungen

Ausgehend von tropischen und subtropischen Klimabedingungen in der Oberkreide vollzog sich im Tertiär ein Klimawandel zu periglazialen Verhältnissen im Pleistozän. Die mittelmiozänen Basalte des Vogelsbergs stellen das Maximalalter der lateritischen Verwitterungsdecken dar. Relevant für die Verwitterungsprozesse ist demnach die paläoklimatische Entwicklung nach der Basaltextusion bis hin zu den letzten Phasen tropischer Klimabedingungen in Hessen. Das Pollenbild der "Karpolithenkohle" von Salzhausen (15 km SE' Lich) stellt das "jüngste Miozän, das bisher im Vogelsberg angetroffen wurde" dar (HOTTENROTT 1985 S.80). Im Vergleich mit Vorkommen in der Lausitz (MAI 1967) entspricht das Pollenspektrum den jüngsten Zonen mit subtropischem Charakter, die im Tertiär vorkommen. Nur "geringfügig älter" (HOTTENROTT 1985 S.80) ist eine Kieselsgur-Kraterfüllung bei Beuern (12 km N' Lich), die von einem 1,5 m mächtigen Braunkohlenflöz überlagert wird, in dem Blätter von Eiche, Ahorn, Weide, Magnolie und Zimtbaum auftreten. Zimtbäume stellen neben hier schon nicht mehr vorkommenden Sabal (Palmenart) tropische bis subtropische Formenelemente dar. Frösche, Molche, Karpfen sowie Krokodile, die zusammen mit Mastodon und Rhinoceros auch in einem fast altersgleichen Vorkommen 3 km N' bei Climbach gefunden wurden, deuten ebenso auf ein wärmeres Klima. Als Bildungszeitraum der Laterite kann also die letzte Phase feuchtwarmer Klimabedingungen während des Torton (Obermiozän) angesehen werden, wobei eine starke Abkühlung bereits vor etwa 10 Ma einsetzte.

Global gesehen handelt es sich dabei um die letzten Auswirkungen einer jungmesozoisch-tertiären Phase mit Treibhausbedingungen als Folge erhöhter CO₂-Gehalte der Atmosphäre (Abb. 2). Bemerkenswert ist, daß unter solchen Bedingungen eine Bauxitbildung auch in höheren Breiten durchaus möglich war. Eine ähnliche Situation stellt sich im Altpaläozoikum

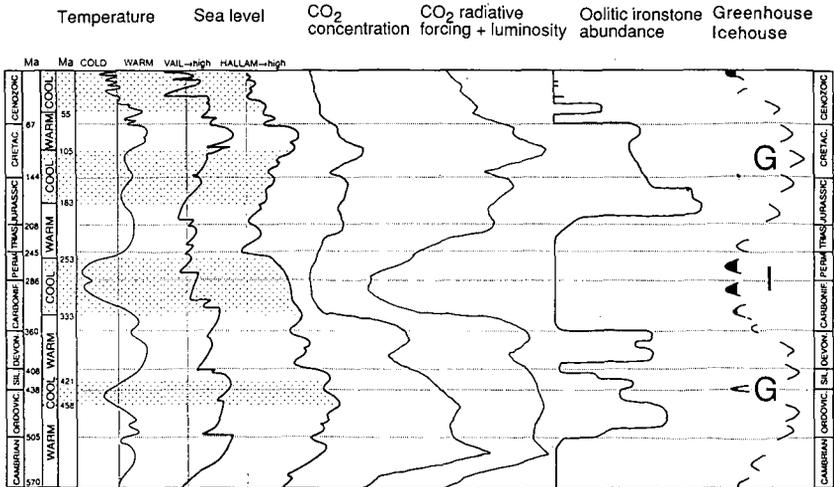


Abb. 2: Vergleich verschiedener klimarelevanter Parameter im Phanerozoikum (A: nach FRAKES 1992, B: nach BERNER 1991, C: nach CROWLEY & BAUM 1992, D: nach VAN HOUTEN & ARTHUR 1989, E: nach FISCHER 1984)

Nordostafrikas dar, wo ebenfalls bauxitische Laterite in hohen Paläobreiten sowie in räumlicher und zeitlicher Nähe zu glazialen Sedimenten auftreten (GERMANN et al. 1993). Dort jedoch handelt es sich nicht um den Übergang einer Treibhaus- in eine Eishausphase, sondern um ein generelles Treibhausklima mit einer möglicherweise nur sehr kurzen Vereisung im obersten Ordovizium. Auch hier können lateritische Paläoböden einen wichtigen Beitrag zur Entschlüsselung der Klimageschichte liefern.

Literatur

- ALTEMÜLLER, H.J. & POETSCH, T. (1984): Zur Mikromorphologie der Bodenbildung aus basaltischem Zersatzmaterial.- Mitt. dtsh. Bodenkdl. Ges., 39, 61-66, Bonn.
- BERNER, R.A. (1991): A model for atmospheric CO₂ over Phanerozoic time.- Amer. J. Sci., 291, 339-376, New Heaven - Connecticut.
- BIRKENHAUER, J. (1970): Der Klimagang im Rheinischen Schiefergebirge und in seinem näheren und weiteren Umland zwischen dem Mitteltertiär und dem Beginn des Pleistozäns.- Erdkunde, 24, 268-284, Bonn.
- CROWLEY, T.J. & BAUM, S.K. (1992): Modeling late Paleozoic glaciation.- Geology, 20, 507-510, Boulder.
- ESTEOULE-CHOUX, J. (1983): Kaolinitic weathering profiles in Brittany: Genesis and economic importance.- In: WILSON, R.C.L. (ed.), Residual Deposits: Surface Related Weathering Processes and Materials, 33-38, Oxford (Blackwell).
- FELIX-HENNINGSSEN, P.F. (1990): Die mesozoisch-tertiäre Verwitterungsdecke (MTV) im Rheinischen Schiefergebirge - Aufbau, Genese und quartäre Überdeckung.- Relief Boden Paläoklima.- Vol. 6, 192 pp., Berlin - Stuttgart (Borntraeger).
- FISCHER, A.G. (1984): The two Phanerozoic supercycles.- In: BERGGREN, W.A. & VAN COUVERING, J.A. (eds.), Catastrophes and Earth History, Ch. 7, 129-150, Princeton (Univ. Press).
- FRAKES, L.A., FRANCIS, J.E. & SYKTUS, J.I. (1992): Climate Modes of the Phanerozoic.- 274 pp., Cambridge (University Press).
- GERMANN, K., WIPKI, M. & SCHWARZ, T. (1993): Cambro-Ordovician bauxitic laterites of NW-Sudan.- In: THORWEIHE, U. & SCHANDELMEIER, H. (eds.), Geoscientific Research in northeastern Africa, 335-340, Amsterdam (Balkema).
- HOTTENROTT, M. (1985): Palynologie und Stratigraphie im Vogelsberg mit besonderer Berücksichtigung der Tiefbohrung Salzhausen.- Geol. Jb. Hessen, 113, 75-82, Wiesbaden.
- KUTSCHER, F. (1954): Die Verwitterungsrinde der voroligozänen Landoberfläche und tertiäre Ablagerungen im östlichen Hunsrück (Rheinisches Schiefergebirge).- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 82, 202-212, Wiesbaden.
- MAI, D.H. (1967): Die Florenzonen der Florenwechsel und die Vorstellungen über den Klimaablauf im Jungtertiär der Deutschen Demokratischen Republik.- Abh. Zentr. Geol. Inst., 10, 55-81, Berlin.
- PETROV, V.P. (1991): The nature of thick zones of paleoweathering.- Internat. Geol. Rev., 33, 49-61, Silver Spring.
- RUS'KO, J.A. (1978): Über Alter und Genese der Kaoline der Ukrainischen SSR.- In: STÖRR, M. (ed.), V. Internat. Symp. - Genese des Kaolins, Dresden 1975 - Schriftenreihe für geologische Wissenschaften, 243-254, Berlin (Akademie-Verlag).
- SHELLMANN, W. (1966): Die Bildung von Roterde und Bauxitknollen im Vogelsberg.- N. Jahrbuch f. Mineralogie, Mh., 321-341, Stuttgart.

- SCHRICKE, W. (1986): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Blatt 5320 Burg-Gemünden.- 135 pp., Wiesbaden.
- SCHWARZ, T. (1987): Eigenschaften und Entstehung von Laterit im Vogelsberg - die Bauxitgrube 'Eiserne Hose' bei Lich (Hessen).- 142 pp., FU Berlin (unveröff. Diplomarbeit).
- SCHWARZ, T. (1988): Laterit im Vogelsberg (Hessen): Bauxitkonkretionen und umgelagerte Roterde.- Bochumer geol. u. geotechn. Arb., 29, 179-183, Bochum.
- SCHWARZ, T. (1989): Lateritic bauxite in the Vogelsberg area (West-Germany).- Geoöko-Plus, 1, 257, Darmstadt.
- SCHWARZ, T., EMMERICH, K.-H., MOLDENHAUER, K. & VORDERBRÜGGE, T. (1993): Bodenbildung und tertiäre Verwitterung auf den Basalten des Vogelsberges.- 12. Tagung des AK Paläopedologie in Gießen.- 62 pp., Berlin.
- STÖRR, M., KUZVART, M. & NEUZIL, J. (1978): Alter und Genese der Verwitterungskruste in der Böhmisches Masse.- In: STÖRR, M. (ed.), V. Internat. Symp. - Genese des Kaolins, Dresden 1975 - Schriftenreihe für geologische Wissenschaften, 265-282, Berlin (Akademie-Verlag).
- VAN HOUTEN, F.B. & ARTHUR, M.A. (1989): Temporal patterns among Phanerozoic oolitic ironstones and oceanic anoxia.- In: YOUNG, T.P. & TAYLOR, W.E.G. (eds.), Phanerozoic Ironstones.- Geol. Soc. Spec. Publ., Vol. 46, 33-50, London (Geol. Soc.).

Die mesozoisch tertiären Verwitterungsdecken von
Nigerianischem und Rheinischem Schild Ein
Vergleich

von

Zeese, R.

Ein Vergleich der Verwitterungsdecken von Rheinischem Schild und Nigerianischem Schild mag zunächst spekulativ erscheinen. Sowohl im Bau des Untergrundes als auch in ihrer klimazonalen Lage weisen beide Schilde erhebliche Unterschiede auf. Im Nigerianischen Schild stehen vor allem präkambrische Metamorphite und Intrusiva an, im Rheinischen Schild dominieren überwiegend devonische Sedimentite, die zum Teil geschiefert sind. Die jüngste Orogenese im Nigerianischen Schild war im Kambrium abgeschlossen (Panafrikanische Orogenese), im Rheinischen Schild endete sie mit dem Karbon (Variszische Orogenese). Der Rheinische Schild unterliegt den Einflüssen eines ganzjährig feuchten kühlgemäßigten subozeanischen Klimas, der Nigerianische Schild wird von tropisch-sommerhumiden Klimaten mit nach Süden zunehmender Dauer der Regenzeit bestimmt.

Parallelen sind jedoch in der plattentektonischen und paläoklimatischen Entwicklung ersichtlich: So kann ein älterer, basischer bis saurer Vulkanismus (Obereozän bis Oberoligozän) von einem jüngeren basischen Vulkanismus (ab Obermiozän) unterschieden werden (LIPPOLT 1983; ZEESE et al. 1993), das Treibhausklima der Oberkreide schwächte sich im Verlauf des Alttertiärs ab und wurde mit dem Pliozän durch die Klimaschwankungen des Eiszeitalters abgelöst. Die Folgen von Krustenbewegungen und Klimaschwankungen lassen sich anhand von Verwitterungsprofilen aus Zentralnigeria exemplarisch darstellen und zeitlich einordnen.

Im Jos-Plateau, der zentralen Erhebung des Nigerianischen Schildes, sind überwiegend verwitterte Abfolgen von Vulkaniten und Sedimentiten erhalten, die als Fluviovolkanische Serie (=FVS) bezeichnet werden (FALCONER 1921). Anhand unverwitterter Reste von Basalten und Seetonen waren relative (TAKAHASHI & JUX 1989) und absolute Altersdatierungen (ZEESE 1992) möglich, nach denen die FVS einen erheblichen Zeitraum des Tertiärs repräsentiert (<Unteroligozän bis >Mittelmiozän). Im Rahmen eines interdisziplinären Projektes, für dessen Förderung der DFG auch an dieser Stelle gedankt sei, wurden unter anderem drei Verwitterungsprofile aus der FVS genauer untersucht (ZEESE et al. 1993; zur Diskussion der Literatur s.a.: VALETON 1991; ZEESE 1991).

Unterschiedliche Saprolit/Solum-Abfolgen lassen sich innerhalb der FVS feststellen:

Phase 1: Kaolinisierung und Bleichung (Alttertiär und älter)

In den ältesten Profilabschnitten ist der Saprolit kaolinitisch geprägt und oft intensiv gebleicht. Sein blendend weißer Farbton ist sowohl im Gelände als auch in Luftbildern auffällig. Der über dem Saprolit entwickelte massige bis lamellierte Ferricret ist geringmächtig, aber sehr eisenreich

†) Anschrift des Verfassers:
Albertus-Magnus-Platz, 50 923 Köln

(bis 80 % Mol.gew. Fe_2O_3). Er besteht aus relativ gut auskristallisierten Eisenoxiden (Hämatit und Goethit) mit geringer Al-Substitution. Ehemalige Porenräume sind durch palisadenartig angeordnete Goethitkristalle weitgehend verfüllt. An fossilen Wurzelhorizonten kann die Goethitummantelung der Wurzelbahnen wenige Dezimeter in den Saproilit reichen. Als Ausgangsgestein der Verwitterung und Bodenbildung kann anhand des Zr/TiO₂-Verhältnisses, dem verstreuten Auftreten bis zwei Millimeter breiter Quarzkörner und einem Fließreliktgefüge ein intermediärer Vulkanit, wahrscheinlich Andesit, angenommen werden. Dem Vulkanit auflagernde geringmächtige Quarzsande sind, sofern ein Ferricret in ihnen entwickelt ist, stark korrodiert.

Aus den Profilen läßt sich ein stagnierendes Grundwasser und die Bildung eines Oxidationshorizontes (G₀) erschließen, der viel Fe durch laterale Zufuhr erhielt (s. dazu FITZPATRICK & SCHWERTMANN 1982). Aus der Mächtigkeit der Kaolinisierungszone im Saproilit kann ein langer Zeitraum der chemischen Verwitterung bei weitestgehend fehlender subaerischer Abtragung abgeleitet werden. Es ist deshalb anzunehmen, daß die geschilderten Profilabschnitte einen Zeitraum mit feuchtwarmem Klima und sehr flacher Landoberfläche dokumentieren. Damit sind die Umweltbedingungen charakterisiert, die bis ins Oligozän auf dem nigerianischen Schild wirksam waren. Es wird ersichtlich, daß im Alttertiär die wiederauflebende Plattentektonik, die sich aus den zum Teil datierten Vulkaniten ableiten läßt, noch keine wesentliche Reliefdifferenzierung im nigerianischen Schild bewirkt hatte.

Damit ist die Situation mit der im Rheinischen Schild vergleichbar, wo trotz erster lokaler Grabenbildungen in feuchtwarmem Klima die tiefgründige Saproilitisierung weiterging, die zur Ausbildung einer über 100 m mächtigen mesozoisch-alttertiären Verwitterungsdecke führte ("MTV" von FELIX-HENNINGSSEN 1990; "Mitteloazäne Landschaft der Weißverwitterung" von GLATTHAAR & LIEDTKE 1984; s.a. PFEFFER 1984). Für diesen frühen Zeitabschnitt der Landschaftsentwicklung wird sowohl für das Rheinische Schiefergebirge als auch für andere Teile Mitteleuropas eine starke Primärquarzkorrosion angenommen (BORGER 1992; BURGER 1987).

Phase 2 Bauxitisierung (Unter- bis Mittelmiozän)

Die ältesten Teile der FVS im Jos-Plateau sind an vielen Stellen verkippt oder gegeneinander gestellt. Vulkanite eines mafischen Vulkanismus, in dem erstmals ilmenithaltige Basalte auftauchen, die auch im saproilitisierten Zustand leicht zu identifizieren sind, werden oft durch eine Winkeldiskordanz von der liegenden Saproilit/Ferricretfolge getrennt. Der kaolinitische Saproilit dieses mittleren Abschnitts ist nicht gebleicht, sondern durch eine Primärfleckung gekennzeichnet, bei der ein durch lagig orientierte Hämatitaggregate (TORRENT & SCHWERTMANN 1987) verursachter Violetton auffällt (bis 5 RP = purple-red der Munsell-Skala). Auch wird der Saproilit von massigen bis lamellierten Ferricrets durchzogen, die oft Klüfte nachzeichnen. Palisadengefüge, oft hoher Eisengehalt, geringe Al-Substitution und gute Kristallinität der Eisenoxide lassen erkennen, daß es sich um absolute Anreicherung in einem Milieu mit wenig Kristallisationshemmern handelt (ZEESE et al. 1993).

Auffällig ist die Differenzierung des Saprolit durch eine Bauxitzone. Das Reliktgefüge des Basaltes ist in manchen Dünnschliffen ausgezeichnet zu erkennen. Die Stelle des Feldspates nehmen Gibbsitkristalle ein, die Außenränder ehemaliger Pyroxene werden von Hämatitleisten nachgezeichnet, der Rest des ehemaligen Kristalles ist verschwunden. Daneben sind angewitterte oder zu Pseudorutil verwitterte Ilmenite zu erkennen. All dies kann als Folge relativer Anreicherung durch intensive Lösungsverwitterung gedeutet werden. In die Hohlräume, die durch Lösung der Pyroxene entstanden, sind große Gibbsitkristalle (10 µm und größer) eingewachsen, die an den Hämatitstegen ansetzen. Sie können als Folge absoluter Anreicherung gelten. Die Bauxitzone weist, sofern die Profile nicht nachträglich gekappt wurden, keine Spuren biotischer Aktivität auf und liegt deutlich (z.B. 5 m in einem genauer untersuchten Profil; ZEESE et al. 1993) unter dem Oxidationshorizont eines fossilen Bodens, auf den in diesem Rahmen nicht eingegangen werden soll.

Die Entstehung der bauxitischen Zone erfordert ein hohes Niederschlagsaufkommen, aber auch eine gute Dränage durch fluktuierendes Grundwasser, um die Desilifizierung und Ferrallitisierung zu gewährleisten (BARDOSSY & ALEVA 1990). Deshalb ist auf eine deutliche Abdachung durch positive Krustenbewegungen bei noch feuchtwarmen Klimaten zu schließen.

Die bisher ältesten datierten ilmenitführenden Basalte weisen ein K/Ar-Alter von rund 27 Ma auf. Auf Basalten mit K/Ar-Altern von 10 Ma und weniger sind keine bauxitischen Profile entwickelt. Deshalb ist das Mittelmiozän als Zeitraum letztmaliger kräftiger Bauxitbildung auf der zentralen Erhebung des Nigerianischen Schildes wahrscheinlich.

Solch junge Bauxite sind zwar vom Rheinischen Schild bisher nicht bekannt, vom benachbarten Vogelsberg jedoch mehrfach beschrieben (s. SCHWARZ 1989). Die lamellierten bis massiven Ferricretes, die den Saprolit der FVS durchziehen, weisen manche Gemeinsamkeiten mit den Hunsrückern auf, die als tertiäre Verwitterungsbildungen auf dem in Hebung begriffenen Rheinischen Schild gedeutet werden (FELIX-HENNINGSEN 1990).

Aus dem Vergleich wird ersichtlich, daß es in den aus dem Tertiär (bis Mesozoikum) überlieferten Verwitterungsprofilen erhebliche Übereinstimmungen zwischen Nigerianischem und Rheinischem Schild gibt. Sie resultieren aus vergleichbaren Veränderungen der Umweltbedingungen durch Krustenbewegungen und Klimaschwankungen.

Während man für die Krustenbewegungen davon ausgehen kann, daß die relative Hebung von Teilstücken der Schilde und damit die Voraussetzung von Reliefbildung in beiden Teilräumen vergleichbar war, und im Plio/Pleistozän beschleunigt ablief (ZEESE 1989, 1992), ist in der Klimaentwicklung wahrscheinlich im Pliozän, möglicherweise erst im Oberpliozän, ein erheblicher Umbruch erfolgt. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um diesen Übergangszeitraum zum eigentlichen Eiszeitalter besser beurteilen zu können.

Literaturnachweis:

- BARDOSSY, G. & G.J.J. ALEVA (1990): Lateritic bauxites.- Amsterdam (Elsevier), 624 S..
- BORGER, H. (1992): Paleotropical weathering on different rocks in Southern Germany.- Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd.91, 95-108.
- BURGER, D. (1987): Kalkmulden im Rheinischen Schiefergebirge, Strukturformen aus mikromorphologischer Sicht.- Z. Geomorph. N.F., Suppl. -Bd.66, 15-21.
- FALCONER, J.D. (1921): The geology of the Plateau tinfields. - Bull. Geol. Surv. Nigeria 1.
- FELIX-HENNINGSSEN, P. (1990): Die mesozoisch-tertiäre Verwitterungsdecke (MTV) im Rheinischen Schiefergebirge.-Berlin/Stuttgart(Borntraeger), 192 S.
- FITZPATRICK, R.W. & U. SCHWERTMANN (1982): Al- substituted goethite- An indicator of pedogenic and other weathering environments in South Africa.- Geoderma 27, 335-347.
- GLATTHAAR, D. & H. LIEDTKE (1984): Die tertiäre Reliefentwicklung zwischen Sieg und Lahn.- Ber. z. dt. Landeskunde 58, 129-146.
- LIPPOLT, H.J. (1983): Distribution of volcanic activity in space and time.- FUCHS, K. et al. (Eds.): Plateau Uplift, 112-120, Berlin/Heidelberg (Springer).
- PFEFFER, K.-H. (1984): Die präquartäre Reliefentwicklung des Reliefs in der westlichen Eifel.- Tagungsber. u. wiss. Abh. 44. Dt. Geographentag Münster, 79-83
- SCHWARZ, T. (1989): Lateritic Bauxite in the Vogelsberg Area, West-Germany.- In: BUSCHE, D. (Ed.): Second International Conference on Geomorphology, Frankfurt Sep 3-9, 1989, Abstracts of Posters and Papers.- Geoöko-Plus 1,257.
- TAKAHASHI, K. & U. JUX (1989): Palynology of Middle Tertiary lacustrine deposits from the Jos Plateau, Nigeria. - Bull. Fac. Liberal Arts, Nagasaki Univ., Natural Sci. Vol. 29/2, 181-367.
- TORRENT, J. & U. SCHWERTMANN (1987): Influence of hematite on the color of red beds.- J. Sedimen. Petrol 57, 121-125.
- VALETON, I. (1991): Bauxites and associated terrestrial sediments in Nigeria and their position in the bauxite belts of Africa. - In: LANG, J. (Ed.): Sedimentary and diagenetic dynamics of continental Phanerozoic sediments in Africa, J. of African Earth Sciences 12, no 1/2,297-310.
- ZEESE, R. (1989): Einwirkungen junger Tektonik auf die Reliefentwicklung in der Umgebung des Jos-Plateaus Nigeria. - Z. Geomorph. Suppl. 74, 83-93.
- ZEESE, R. (1991): Paleosols of different age in Central and Northeast Nigeria. -In: LANG, J. (Ed.): Sedimentary and diagenetic dynamics of continental Phanerozoic sediments in Africa, J. of African Earth Sciences, vol.12, no.1/2, 311-318.
- ZEESE, R. (1992): Der Wandel endogener und exogener Steuerung in der Landschaftsentwicklung von Zentral- und Nordostnigeria seit dem Ausgang des Mesozoikums.- Zbl. Geol. Paläontol. Teil I, 1991, H.11, 2713-2719.
- ZEESE, R., U. SCHWERTMANN, G.F. TIETZ & U. JUX (1993): Mineralogy and stratigraphy of three deep lateritic profiles of the Jos plateau (Central Nigeria), Catena Suppl. Bd. *, im Druck.