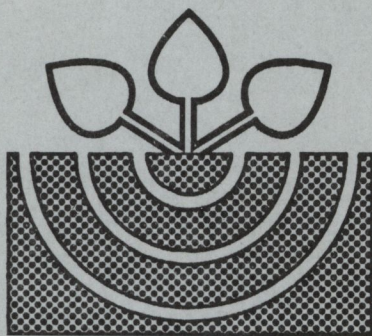


MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT



Band 85
Heft III
1997

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 1997

6. bis 14. September 1997

in

KONSTANZ

Referate. Workshop: „Digitale geowissenschaftliche Daten -
Bedarf, Nutzung, administrative Regelungen“

4.Juni 1997

in

Halle/Saale

Band 85

HEFT III

1997

BEITRÄGE

KOMMISSION V

Band 85

Heft III

1997



Bodenentwicklung am Rande eines oligotrophen Moores im Raum Berlin

von

ALAILY, F.; BRANDE, A.; SCHINDLER, D.

Einleitung

Am Rande von oligotrophen Niedermooeren in Tal- und Flugsandbereichen des Berliner Raumes treten polygenetische Böden auf. Die typische Bodencatena des untersuchten Bereiches besteht aus Moorpodsolgley, Naßpodsolgley, Podsolgley, Gleypodsol. Die Moorpodsolgleye haben die Horizontkombination Hf/Hh/Ge/Ghr/Gr, Naßpodsolgleye Ofh/Ah/Ge/Ghr/Gr, Podsolgleye Ofh/Ah/Ae/Bh/Go-Gr und Gleypodsole Ofh/Ae/Bh/(Bs)/Go/Gr. Ziel der Untersuchungen ist es die Genese und Chronologie der bodenbildenden Prozesse der Podsolgleye zu erfassen. Dafür sind die Randbereiche von mehreren Standorten mit oligotrophen Mooren detailliert kartiert worden, um die Beziehungen der genannten Böden zu Relief, Humifizierungsgrad des Torfes und Grundwasserstand zu erfassen und um geeignete Untersuchungsobjekte zu bekommen. Außerdem wurde das Moor biostratigraphisch und nach Humifizierungsgrad untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Geländeuntersuchungen zeigen (Abb. 1), daß die Moore mit der oben genannten Bodenreihenfolge umrandet sind (Neumann 1976, Blume 1981). Die Farbe des Gh-Horizontes ist leichtbraun (10YR4/3 trocken und 10YR2/2 feucht) und ähnelt sehr stark einem Bv- oder Bs-Horizont. Die Mächtigkeit der Huminstoffanreicherungshorizonte nimmt in der Reihenfolge zum Rand hin ab. Der Ge-Horizont von Moorpodsolgley und Naßpodsolgley ist nicht immer vorhanden. Außerdem ist eine relativ starke Rostfleckigkeit im Go-Horizont der Podsolgleye und Gleypodsole zu beobachten.

Die Laboruntersuchungen ergaben, daß die untersuchten Böden sandig und sauer sind (Tab. 1). Im Vergleich zu Bh-Horizonten von Landpodsolen ist der Gh-Horizont fast frei an Fe und Mn, extrem reich an pedogenen Al-Oxiden (Tab. 2) und reich an organischen Stoffen, die relativ breite C/N-Quotienten aufweisen (Tab. 1). Diese Ergebnisse lassen folgende Aussagen zu:

- Farbe sowie C/N-Quotienten der organischen Stoffe der Gh-Horizonte ähneln den Fulvosäuren von Landpodsolen.
- Aluminium scheint mit den Huminstoffen in den Gh-Horizonten angereichert worden zu sein.
- Eisen ist aus dem Moorbereich (Moorpodsolgley und Naßpodsolgley) unter reduzierenden Bedingungen durch zentrifugale (lateral vom Moor in Richtung Moorrandbereich) Grundwasserbewegung in den Go-Horizont der Podsolgleye und Gleypodsole am Rande des Moores angereichert worden.

- Mangan ist mit dem Grundwasser aus dem Untersuchungsbereich transportiert worden. Es wurde in keinem der untersuchten Horizonte Mn in größerer Menge gemessen.
- Die zentrifugale Grundwasserbewegung wird verursacht durch:
 - die Waldvegetation am Moorrand, die eine höhere Interzeption und Evapotranspiration im Vergleich zur Moorvegetation hat, sowie von
 - der hohen Wasserkapazität des Moores im Vergleich zu seiner sandigen Umgebung.

Außerdem zeigen die Befunde der Bio-, Litho- und Chronostratigraphie des untersuchten Moores (Pollen- und Torfanalyse), daß die Podsolierungsprozesse und somit die ersten Ansätze zur Entwicklung von Moorpodsolgley, Naßpodsolgley (insb. des Gh-Horizontes) und Podsolgley (insb. des Go-Horizontes) vom Prä- bis Subboreal stattfanden (Abb. 2). In dieser Zeitspanne von 6000 Jahren muß Trockenheit und tiefer Grundwasserstand zu starker Huminstoffbildung geführt haben. Mit den Huminstoffen ist Fe, Mn und Al in tiefere Horizonte und in den damaligen Moorrandbereich umgelagert worden. Durch späteren Anstieg des Grundwassers seit dem älteren Subatlantikum wuchs das Moor. Eisen und Mangan wurden reduziert und mit dem Grundwasser zu dem neuen Randbereich umgelagert. Dieser Prozeß wurde im jüngeren Subatlantikum verstärkt durch die Auswirkungen des Berliner Müllensstaus (plötzlicher Grundwasser-Anstieg). Nur Eisen ist in den Go-Horizonten im unmittelbaren Moorrandbereich angereichert worden. Zur Fällung von Mn scheinen die Bedingungen (niedrige Redoxverhältnisse) in dem Go-Horizont ungeeignet zu sein (= niedrige Redox).

Literatur:

Blume, H.-P. (1981): Typische Böden Berlins.- Mitt. Deutsch. Bodenk. Gesellsch. **31**, 1-352.
Neumann, F. (1976): Struktur, Genese und Ökologie hydromorpher Bodengesellschaften West-Berlins.- Diss., TU-Berlin.

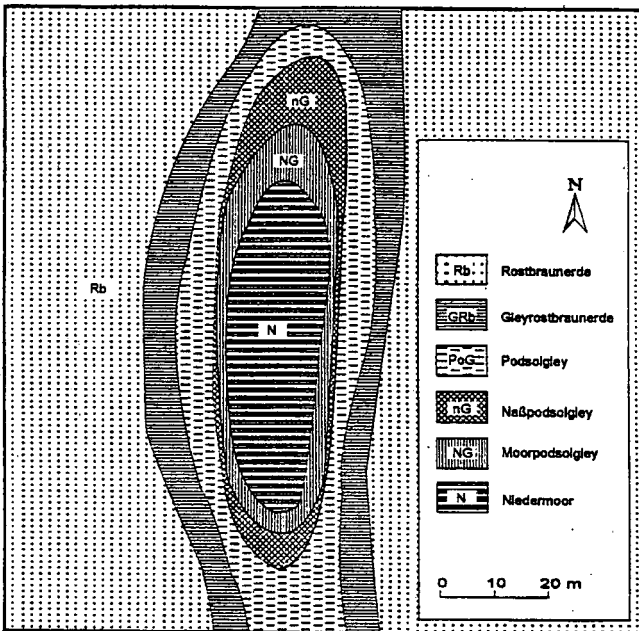


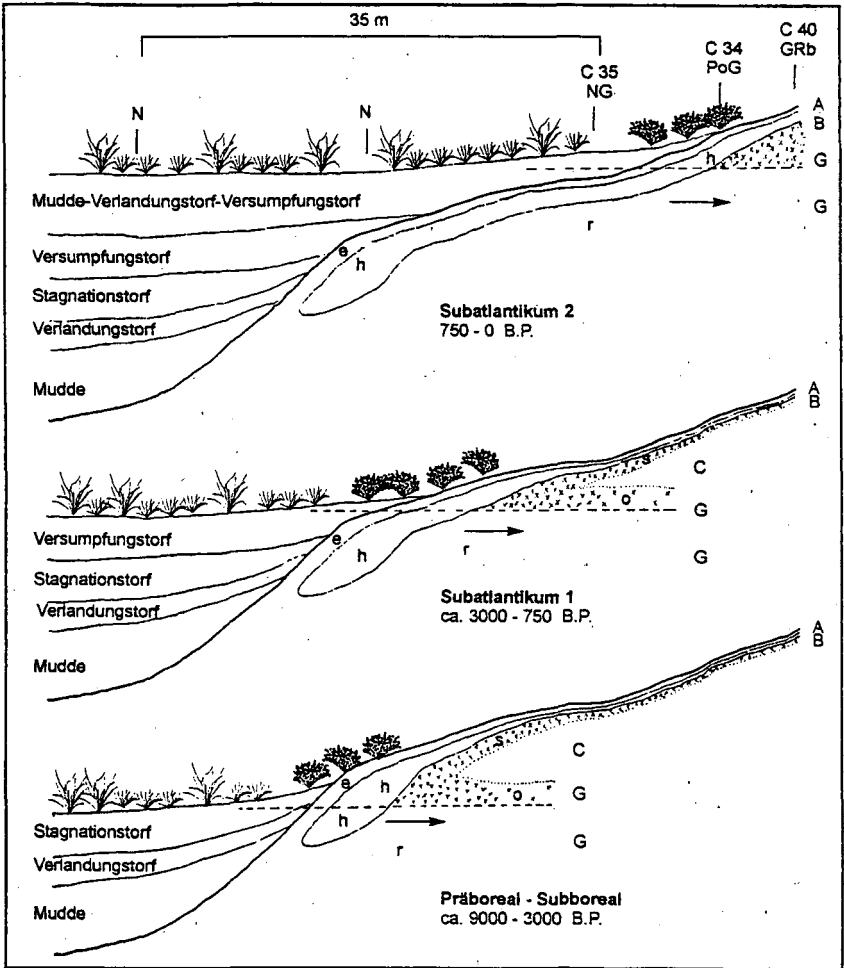
Abb. 1: Die Bodenkarte vom Kleinen Luch am Standort Berlin-Schmöckwitz.

Tab. 1: Einige chemische Eigenschaften der untersuchten Böden.

Probe Nr.	Tiefe cm	Hor.	pH H ₂ O	C _t %	N _t µg/kg	Org %	C/N
<u>Gley-Rostbraunerde</u>							
C40.01	00-07	LOf					
C40.02	-10	Oh	3,9	14,17	4350	24,40	32,5
C40.03	-20	Aeh	4,2	1,18	450	2,07	26,7
C40.04	-30	Bsh	4,6	1,48	500	2,58	29,9
C40.05	-48	Go	4,5	0,15	85	0,28	17,6
C40.06	-67	Go	4,5	0,06	40	0,13	18,6
C40.07	-100	Go	4,3	0,04	30	0,09	17,3
C40.08	-130	Gor	4,7	0,01	20	0,04	12,0
C40.09	-151	Gr	4,7	0,00	20	0,04	10,5
<u>Moorpodsol-Gley</u>							
C35.01	0-9	Hn					
C35.02	-33	Fh	4,0	6,5	4210	11,3	15,4
C35.3a	-36	fAh/Gr	4,1	1,9	600	3,3	31,7
C35.03	-39	Ger	4,5	1,1	650	1,9	16,9
C35.04	-60	Ghr	4,8	2,9	1270	5,0	22,8
C35.05	-80	Gr	5,4	0,2	420	0,4	4,8

Tab. 2: Gesamt- (t) und oxalatlösliche (o) Fe-, Al- und Mn-Gehalte und deren Quotienten.

Probe Nr	Hor.	Tiefe cm	Fe			Al			Mn		
			Fe _o mg/kg g	Fe _t mg/kg g	Fe _o % v. Fe _t	Al _o mg/kg g	Al _t mg/kg g	Al _o % v. Al _t	Mn _o µg/kg	Mn _t µg/kg	Mn _o % v. Mn _t
<u>Gley-Rostbraunerde</u>											
C40.01	LOf	00-07									
C40.02	Oh	-10	1,32	5,8	23	0,80	11,7	6,8	8	111	7,2
C40.03	Aeh	-20	0,29	1,5	19	0,21	11,5	1,8	4	79	5,1
C40.04	Bsh	-30	1,62	4,5	36	3,48	20,5	17,0	7	84	8,3
C40.05	Go	-48	0,88	3,8	23	0,63	15,3	4,1	5	88	5,7
C40.06	Go	-67	1,15	3,6	32	0,35	12,7	2,8	4	73	5,5
C40.07	Go	-100	0,91	4,4	21	0,21	13,7	1,5	4	85	4,7
C40.08	Gor	-130	0,20	1,6	13	0,17	11,6	1,5	3	74	4,1
C40.09	Gr	-151	0,14	1,3	11	0,15	11,8	1,3	3	73	4,1
<u>Moorpodsol-Gley</u>											
C35.01	Hn	9-0									
C35.02	Fh	-24	0,25	1,4	18	0,96	14,0	6,9	0	87	0
C35.3a	fAh/Gr	-27		0,3			11,7			78	0
C35.03	Ger	-30	0,05	0,5	11	0,44	12,4	3,5	0	76	0
C35.04	Ghr	-51	0,26	1,3	20	6,35	24,6	25,8	0	84	0
C35.05	Gr	-71	0,04	1,8	2	0,78	17,8	4,4	0	83	0



NG = Moorpodsolgley N = Niedermoor PoG = Podsolgley GRb = Gleyrostbraunerde
 A, B, C, G = Bodenhorizonte e, h, o, r, s = diagnostische Horizontmerkmale
 [h] Huminstoffanreicherung [o] Fe-Anreicherung → Grundwasserfließrichtung

Abb. 2: Torf- und Moorrandbodenentwicklung.

**Die Moorböden des Drömlings
- gegenwärtiger Zustand - Prognose - Bodenschutz -**

von

ALTERMANN, M.; REFIOR, K.

1. Lage, Einführung

Der Drömling ist eine etwa 320 km² große Niederung, die im nördlichen Teil Sachsen-Anhalts, westlich der Colbitz - Letzlinger - Heide und nördlich des Flechtinger Höhenzuges sowie nördlich des Lößgebiets liegt. Die Landschaft des Drömlings bildet eine eigene naturräumliche Einheit, die durch ein Becken mit fast 30 km Ausdehnung charakterisiert ist. Im Norden bringt die Ohre, im Süden die Aller Wasser in den Drömling. Geringer gefällebedingter Abfluß führte zur Versumpfung und Vermoorung. Seit 1770 forcierte die Preußische Regierung die Planung und Durchführung von Meliorationsmaßnahmen, so daß Ende des 18. Jahrhunderts eine geregelte Grünlandwirtschaft möglich war. Hermann Rimpau setzte ab 1862 die Moordammkulturen mit Sandbedeckungen von 10-20 cm auf den Moorflächen durch. Eine dritte Meliorationsetappe war mit dem Bau des Mittellandkanals verbunden. Die beiden Drömling-Vorfluter Aller und Ohre wurden über Entlasterkanäle und Einlaßbauwerke an den Kanal angeschlossen, der so überschüssiges Drömlingwasser aufnehmen und in Trockenzeiten auch wieder abgeben kann. Im Zuge der Großraumbewirtschaftung der DDR wurden zentrale Gewässer und Binnengräben im Drömling ausgebaut, Flächen dräniert und zur Wasserregulierung Schöpfwerke gebaut. Außerdem mußte ein Teil der historischen Moordammkulturen zugunsten breiterer und tieferer Moordammgräben zur Schaffung größerer Dammfächen weichen. Diese Meliorationsmaßnahmen ermöglichten 1984 im sachsen-anhaltischen Drömling (260 km²) folgende Flächennutzung: 40 % Grünland, 37 % Acker, 7% Wald, Rest 16 %: Kanäle, Gräben, Wege. Dabei war der Ackeranteil extrem hoch. Die Drömling-Niederung hat sich seit der Inkulturnahme bis in die Gegenwart grundlegend verändert, was sich insbesondere auf die Böden auswirkte.

Die Bedeutung des Drömlings für Naturschutz und Landschaftspflege war seit Jahrzehnten bekannt. Der Drömling wurde in das nach 1989 in Ostdeutschland durchgeführte Nationalparkprogramm aufgenommen und schließlich 1990 als Naturpark verordnet. 1992 erfolgte die Bewilligung zur Förderung des Drömlings als Naturschutzgroßprojekt mit gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung. Als erste Aufgabenstellung wurde in den Jahren 1993 - 1995 der Pflege- und Entwicklungsplan (PEP) erarbeitet. Als wesentliche Schutz- und Handlungsziele sind darin u.a. aufgeführt: Sicherung des Moores (nach Möglichkeit Aktivierung der Moorbildung), Verbesserung des Wasserhaushalts durch Anhebung der Grundwasserstände zur Ausnutzung des Gebietsspeichervermögens. Die bodenkundlichen Untersuchungen erfolgten im Rahmen des PEP.

2. Geologische Grundlagen

Das Becken des Drömlings wurde vermutlich durch Salzauslaugung angelegt, und es diente als Abflußsystem (Aller-Urstromtal) während der Saale-Kaltzeit. Mit dem Zurückweichen des Saaleeises flossen die Schmelzwässer entlang dem etwa 20 m tiefer gelegenen Elbe-Urstromtal nach Nordwesten ab, so daß ein tieferer Taleinschnitt im Gebiet des heutigen Drömlings ausblieb und eine frühweichselzeitliche Talsandakkumulation möglich war. Datierte Torfbänder im Talsand etwa im Bereich 1-1,5 m unter Flur belegen eine frühweichselinterstadiale Vertorfung, die in die spätere periglaziäre Überprägung einbezogen wurde. Im Hangenden dieser genannten Bildungen findet sich wiederum eine geringmächtige Talsanddecke mit deutlichen kryogenen Strukturen. Diese Torfe

* Büro für Bodenökologie, Bodenkartierung, Bodenschutz; Lichtemannsbreite 10, 06118 Halle;

** LPR Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH; Wasserwerkstr. 19, 06842 Dessau

sind nur in Relikten vorhanden und nicht Bestandteil der heutigen Torfdecken an der Oberfläche - allerdings sind Reste in tieferen Rinnen an der Basis der Niedermoore nicht völlig auszuschließen. Die großflächige Verlandung des „Drömlingsees“ begann - zumindest in einigen Bereichen - bereits in den wärmeren Abschnitten der Weichsel-Spätglazials und erreichte im Holozän bis zur Inkulturnahme ihren Höhepunkt. An der Basis der Torfdecken sind häufig 1-3 dm mächtige Schluff- und Lehm- sowie Torfmudden, seltener Kalk- und Tonmudden ausgebildet. Im Zuge der Torfakkumulation wurden alle ehemaligen Rinnen und Senken aufgefüllt, die ursprünglich Torfmächtigkeiten bis >2m aufwiesen. Es handelt sich um einen Erlenbruchwaldtorf.

3. Böden, Bodeneigenschaften

Nach bodenkundlichen Gesichtspunkten kann man den Drömling in 4 Bodengebiete mit folgenden dominierenden Böden gliedern: Moordrömling: Niedermoore unterschiedlicher Ausprägung; Anmoor-Drömling: Anmoorgleye, überwiegend aus Niedermooren hervorgegangen (Moordrömling und Anmoor-Drömling kennzeichnen die ursprüngliche Ausdehnung der Niedermoorgebiete); feuchter Sanddrömling: Humusgleye und Gleye in einem mehr oder weniger breiten Gürtel um den Moor- und Anmoor-Drömling; trockener Sanddrömling: Braunerde-Gleye, Reliktgleye, Braunerden, Podsol-Braunerden als Übergangssaum zu den angrenzenden Hochflächen sowie als größerer Komplex im östlichen Drömling. Die humusreichen Böden werden durch folgende Bodenformen repräsentiert (Tabelle 1):

Tabelle 1: **Zusammenstellung der Bodenformen humusreicher Böden im Drömling**

dominierende Bodenformen (n. KA 4, AK Bodensystematik d. DBG 1997)	Humusgehalt [%]	Humus-(Torf-) Mächtigkeit [dm]
Humusgley aus Kryosand	7-13	(3)...4
Humusgley aus Mineralmudde über Kryosand		
(Norm-)Anmoorgley aus Kryosand		
(Norm-)Anmoorgley aus (flacher) Mineralmudde über Kryosand	20-25	3...4
Niedermoorgley aus flachem Torf über Kryosand		2...3
Erdniedermoor aus Torf über Mineralmudde	>30-75	3...5
Erdniedermoor aus Torf über Kryosand		
(übersandetes) Erdniedermoor aus flachem Anthosand ü. Torf	35-83	3...5

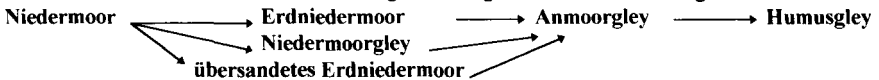
Humusgleye sind großflächig verbreitet, und diese Standorte werden landwirtschaftlich genutzt. Das C/N-Verhältnis liegt bei 10. Die Humusgleye aus sandigen Substraten sind mit solchen aus einer flachen Schluff-/Lehmdecke (schluffig-lehimiger Humushorizont) vergesellschaftet. Anmoorgleye sind im wesentlichen durch 2 Bodenformen, Anmoorgleye aus Kryosand und Anmoorgleye aus flacher Mineralmudde (Schluff bzw. Lehm) über Kryosand, vertreten. Die Schluff- oder Lehmdecke bei den genannten Humusgleyen und Anmoorgleyen entstammt der Mineralmudde an der ehemaligen Torfbasis, die durch Humusabbau und landwirtschaftliche Bearbeitung in den Ap-Horizont eingearbeitet ist.

Im Untersuchungsgebiet sind Niedermoore durch mehrere Bodenformen vertreten, wobei sie sich durch unterschiedliche Torfmächtigkeit, Muddeunterlagerung des Torfes bzw. fehlende Muddeunterlagerung oder anthropogene Überdeckung (Sanddeckkultur) unterscheiden. Die im Drömling vorherrschenden vererdeten Niedermoore werden als Erdniedermoore typisiert. In der Horizontabfolge dieses Bodentyps dominieren im Oberboden Torfvererdungshorizonte, die Krümelgefüge aufweisen. Torfvermüllungshorizonte wurden meistens nur in den oberen 5 cm der Torfdecken festgestellt. Torfschrumpfungshorizonte fehlen im Untersuchungsgebiet weitgehend. Aus diesem makromorphologischen Aufbau der Torfhorizonte und aus Analysendaten ist zu schließen, daß die Moordegradierung im Drömling im allgemeinen die Stufe der Vererdung erreicht hat, jedoch beginnt die Vermüllung an der Oberfläche des Moorkörpers. Letzteres trifft für die übersandeten Niedermoore nicht zu. Eine Aggregation des Gefüges in den basalen Torfhorizonten der etwas mächtigeren Torfdecken zu Torfbröckel oder zu durch Schrumpfung bedingtem Säulen- oder Kohärentgefüge sind zwar nicht auszuschließen, aber nicht

durchgängig vorhanden. Nach der Torfmächtigkeit sind alle Niedermoorstandorte des Drömlings als sehr flachgründige bis flachgründige Moore zu klassifizieren. Bei den etwas mächtigeren Torfdecken (5..7 dm) steigen die Humusgehalte im unteren Teil der Torfdecke im Vergleich zum oberen etwas an. Der Humusgehalt der unterlagerten Muddeschichten schwankt zwischen 10 und 80 %, je nach dem ob eine Mineralmudde (Schluff-, Lehmmudde) oder eine Organomudde (Torfmudde) vorliegt. Die Porenvolumina von über 75-90Vol.-% sind für Niedermoor torfe charakteristisch und bestätigen die relativ günstigen Gefügestrukturen (Vererdung, kaum Vermullung). Die Wasserleitfähigkeit in den Torfdecken ist mittel bis hoch, seltener gering. Es gibt kaum Verdichtungen infolge Gefügeverschlechterung in der Torfdecke. Abweichend von den bisher besprochenen Niedermoorböden sind die **sandbedeckten Niedermoo**re zu beurteilen. Die Sanddecke, 15-25 cm mächtig, hat einen sehr stark schwankenden Humusgehalt (<2-25%), der vom Alter der Sanddecke und vom Grad der Durchmischung mit Torf abhängt. Der unter der Sanddecke folgende Torfkörper ist überwiegend durch höhere Humusgehalte gegenüber den nicht sandüberdeckten Mooren gekennzeichnet. Offenbar wurde der Moorschwind durch die Übersandung eingeschränkt - ein Ziel des Rimpauschen Meliorationsverfahrens. Die C/N-Verhältnisse der Torfe in den sandüberdeckten Niedermooern sind etwas weiter - die höchsten Werte liegen bei 30 - als bei den nicht sandbedeckten.

4. Bodenentwicklung, Prognose

Für die humusreichen Standorte des Drömlings kann folgende Bodenentwicklung rekonstruiert werden:



Dabei sind die Anmoorgleye und Humusgleye bei der Bildung aus muddunterlagerten Torfdecken im Ah- (bzw. Ap-), Aa-Horizont schluffig-lehmig zusammengesetzt, bei fehlenden Muddeschichten dagegen sandig bis lehmsandig. Anmoore entstanden auch aus sandbedeckten flachen Niedermooern durch ackerbauliche Durchmischung der Sanddecke mit dem liegenden Torfkörper. Die Umwandlung der Humusgleye in (Norm-)Gleye durch Humusabbau und tiefgründige landwirtschaftliche Bearbeitung konnte für das Untersuchungsgebiet ebenfalls nachgewiesen werden.

Die **Niedermoorstandorte** haben eine lange Entwicklungszeit hinter sich. Ihr Bildungsoptimum lag im Holozän und wurde mit der Inkulturnahme vor mehr als 200 Jahren unterbrochen. Innerhalb des Kerngebiets des Drömlings nehmen die Niedermoorböden 1/3 der Fläche ein, fast gleiche Anteile haben die Anmoore sowie Humusgleye und Gleye zusammen, wobei die Humusgleye dominieren. Legt man die Fläche des gesamten Naturparks Drömling zugrunde, erreichen die Niedermoorböden kaum 20% Flächenanteil. Mit der Kultivierung des Drömlings begannen Moorsackung und Moorschwind. Die durch Volumenminderung infolge Entwässerung bedingte Moorsackung findet heute nicht mehr statt, dagegen der Moorschwind durch Mineralisierung. Als dessen Folge sinken Humusanteil, das C/N-Verhältnis sowie die Mächtigkeit der Torfdecken. Folgeerscheinung ist die Umwandlung von Niedermooern in Anmoore. Neben Anmooren liegen heute als Ergebnis der Moormineralisierung überwiegend flachgründige Niedermooere vor. Bereits vor 25 Jahren dominierten nach der durchgeführten Moorbodenkartierung die flachgründigen Moore (90% der Moorfläche). Über die ursprünglichen Moortiefen gibt es keine genauen Angaben. RIMPAU (1887) nennt eine Moormächtigkeit von 1-5 Fuß (=30-150 cm). Die „Schlickschicht“ (Mudde) gibt RIMPAU (1887) mit 6-12 Zoll an (= etwa 15-35 cm). Zur Zeit Rimpaus war sicher - 100 Jahre nach Nutzungsbeginn - das Maximum der Moorsackung bereits überschritten. So ist anzunehmen, daß die Niedermooere im Drömling - die Randbereiche ausgenommen - vor der ersten Entwässerung im Durchschnitt 1 m bis über 2 m, vor 100 Jahren jedoch nur noch etwa 3-15 dm mächtig waren (RIMPAU 1887). Es erfolgte also damals schon in erheblichem Maße die Umwandlung der flachgründigen Niedermooere in Anmoore, und die mächtigeren wurden durch Moorschwind (kaum noch durch Sackung) erheblich reduziert. Aus den mächtigen Mooren (von RIMPAU, 1887 noch mit etwa 150 cm angegeben) sind bis in die Gegenwart - bei einem jährlichen Moorschwind von etwa 1 cm - nur noch Moordecken von durchschnittlich etwa 50 cm übriggeblieben.

Das ging einher mit einer weiteren Zunahme der Anmoore. Die durchgeführten Mächtigtkeits-Vergleiche (Bodenschätzungs-Grablochbeschriebe und 1994er Messungen) auf der Basis der Klassenflächen der Bodenschätzung ergaben für die letzten 50..60 Jahre einen Moorschwind von etwa 25 cm. Moorsackung und Moorschwind, der sowohl auf das frühere Moorbrennen als auch auf die Mineralisierung im Zuge landwirtschaftlicher Maßnahmen (Bearbeitung, Meliorationen, Sandbedeckung) zurückzuführen ist, reduzierten nach überschlägiger Rechnung in den letzten 200 Jahren die Torfdecken um etwa 150 cm. Außerdem führte die Umwandlung vieler Niedermoore in Anmoore zu immensem Anstieg der Anmoorfläche. Mindestens 75 % der Anmoorareale - insbesondere die Anmoore mit Lehm-/Schluffdecken (Mineralmudde) - waren vor der Inkulturnahme des Drömlings Niedermoorflächen. Bei weiterer intensiver Bodennutzung und fortschreitender Moormineralisierung wird nach einer vorsichtigen Prognose in etwa 80 Jahren der Drömling lediglich aus einer Sandfläche mit einzelnen Moorinseln bestehen. Die Umwandlung der Niedermoore in Anmoore und der Moorschwind sind irreversibel.

5. Renaturierung, Bodenschutz

Nach einer ökologische Bewertung der Böden im Drömling haben diese vorrangig die Wasserspeicherefunktion, die Filterfunktion und die Lebensraumfunktion zu erfüllen. Das trifft insbesondere für die humusreichen Böden zu. Diese sind schutzbedürftig gegenüber Humusabbau, Schadstoffeintrag und Verdichtung. Zur Realisierung der Bodenschutzziele sind etwa folgende Grundwasserflurabstände (in cm) anzustreben (z.T. in Anlehnung an WOJAHN & SCHMIDT, 1987, zit. bei ZEITZ, 1993; W=Winterhalbjahr, S=Sommerhalbjahr): Humusgley: 20-40 (W), 30-50 (S); Anmoorgley: 0-20 (W), 20-40 (S); Niedermoorgley, Erdniedermoor: über Geländeoberfläche (W), 0-20 (S); übersandetes Erdniedermoor: 0-20 (W,S). Die Wiedervernässung des Drömlings verfolgt die Moorkonservierung. Der gegenwärtige Zustand der Moorböden im Drömling läßt eine Wiedervernässung zu, denn Vermullung und ungünstige Gefügebildung sind noch nicht so stark fortgeschritten.

Für den Drömling sind folgende Maßnahmen des Bodenschutzes vorrangig:

- Kein Bodenentzug durch Bebauung und Versiegelung auf den humusreichen Böden;
- Radikale Verringerung des Humusabbaus (und damit auch des Stickstoffaustrags) durch Grundwasseranstieg und Wiedervernässung sowie Einstellung der Ackernutzung auf den humusreichen Böden;
- Einschränkung der Winderosionsgefährdung der Niedermoore durch Nutzungsänderung (keine Ackernutzung) bzw. Auffassung (Reservat), Einschränkung der Winderosion auf den trockenen Sandstandorten durch Flurgestaltungsmaßnahmen; ggf. partielle Aufforstung;
- Vermeidung jeglicher Schadstoffeinträge durch Boden-/Standortnutzung (z.B. Konzentration von Tierproduktionsanlagen) und Schadstoff-(und Gefahrsstoff-)transporte durch den Drömling;
- Verringerung der Befahrung mit schwerer Technik;
- Durchsetzung einer ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung (auch in den Randgebieten und angrenzenden Hochflächen!) mit reduzierten Düngermengen zum Gewässerschutz;
- Vermehrte Schaffung von Reservaten mit Nutzungsverbot zur Erhaltung der Niedermoore;
- stufenweise Durchsetzung einer extensiven Grünlandbewirtschaftung (um die erhöhten Stickstoffausträge durch Umstellung der Bewirtschaftungsweise zu minimieren);
- Durchsetzung von ackerbaulichen Maßnahmen zur Humuserhaltung und Humusmehrung auf Standorten mit humusarmen Gleyen, Braunerde-Gleyen, Reliktgleyen, Braunerden (Podsol-Braunerden).

Literaturauswahl:

- ALTERMANN, M. in LPR; REICHHOFF, L. u.a.(1996): Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgroßprojekt Drömling. - Teil Böden. Kurzfassung veröffentlicht vom Min. f. Umwelt, Naturschutz und Raumordnung Sachsen-Anhalt, 1996.
- RIMPAU, T.H. (1887): Die Bewirtschaftung des Rittergutes Cunrau insbesondere des Niedermoores durch Moordammkultur und Kultur des leichten Sandbodens. - Verl.P.Parey, Berlin.
- ZEITZ, J. (1993): Möglichkeiten der Vernässung von Teilflächen des Oberen Rhinluchs. - Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, Sonderheft Niedermoore, S.26-29, Potsdam.

Stadtbodenkartierung Krefeld
- Praxisnahe Bewertung von Bodenfunktionen in einem urban-industriell
geprägten Raum -

von

BAUMGARTEN,H.; FEYK,M.; HORNIG,G.; KERSTING,A.; PINGEL,P.;
SCHRAPS,W.-G.

I EINLEITUNG

Die zunehmende Konzentration von Siedlung, Industrie und Verkehr führt besonders in den Ballungsgebieten zu einem enormen Flächenverbrauch, zu Bodenveränderungen und Bodenbelastungen. Hoher Nutzungsdruck auf die wenigen verbliebenen Freiräume innerhalb von Städten und zahlreiche Interessenskonflikte spiegeln den erheblichen Bedarf an Bodenflächen wider. Industriebrachen müssen saniert und umgenutzt, Altlasten erfaßt, Flächen entsiegelt und die Lebensqualität städtischer Räume für die Bewohner erhalten oder verbessert werden. Um das vielfältige Aufgabenspektrum zu erfüllen, bedarf es geeigneter Informationsgrundlagen über die Beschaffenheit städtischer Böden.

In Stadtgebieten ist die Art und Intensität der anthropogenen Bodenbeeinträchtigung kleinräumig sehr variabel: Bodenartenschichtungen, Zusammensetzung der Ausgangssubstrate, Grund- und Stauwasserverhältnisse sowie die historische und aktuelle Nutzung verändern Bodeneigenschaften und funktionale Kennwerte. Durch Versiegelung, Verdichtung, Auftrag, Aufhaldung, Lockerung und Durchmischung, Abgrabung, Verfüllung, Grundwasserabsenkungen und stoffliche Einwirkungen sind die Eigenschaften und Funktionen von Böden verändert. Charakteristisch für urban geprägte Bodenbildungen sind u.a.

- * geringes Alter; keine bzw. nur schwach ausgeprägte Horizontausbildung
- * untypische Gefügebildung
- * meist anthropogen umgelagertes Material
- * oft starke Verdichtungen oder Verfestigungen
- * natürliche, technogene oder Gemenge beider Substrate als Ausgangsmaterial
- * große horizontale und vertikale Substratvariabilität
- * schichtweise Substratlagerung bei Auftrag/Verfüllung
- * hohe Skelettgehalte, z.T. mit extremen Eigenschaften
- * häufig hohe Carbonatgehalte; extreme pH-Werte
- * erhöhte Schadstoffgehalte durch belastete Substrate und Immissionen.

An einem bundesweit bisher einmaligen Projekt erarbeitet das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen eine Methodik zur flächendeckenden Erfassung und Bewertung anthropogen überformter Böden in Ballungsräumen. Nach vorangegangenen Pilotkartierungen in Herne und Oberhausen wird das gesamte Stadtgebiet Krefelds (138 km²) im Maßstab 1:5000 bodenkundlich kartiert und die Böden für bodenschutz- und umweltrelevante Planungen bewertet; hierzu sind flächendeckende Aussagen zu Verbreitung, Eigenschaften und Funktionen von Böden, ihrer Belastung und Belastbarkeit erforderlich.

II MATERIAL UND METHODEN

Die Informationsgewinnung beginnt mit einer Analyse der historischen Stadtentwicklung, um nutzungsbedingte Veränderungen im natürlichen Bodenaufbau ableiten zu können. Die anschließende Bodeninventur im Gelände muß die urbanen Merkmalsausprägungen und Besonderheiten (u.a. Bodenart, Skelettgehalt, Lagerungsart, Gefügestruktur, Verdichtungen, Reduktion, Farbgebung, Mikrorelief) zur Ableitung von Schätzgrößen (nFk, kf, KAK, mikrobielle Aktivität u.a.) berücksichtigen. Ergänzende Feld- und Laboranalysen liefern Informationen, die nicht im Gelände abgeleitet werden können (pH-Wert, Salzgehalt, Schwermetallgehalt u.a.); ebenfalls dienen sie der Präzisierung und Absicherung der aus Schätzgrößen abgeleiteten Geländeinformationen.

III ERGEBNISSE

Folgende Veränderungen, natürliche Funktionen und Nutzungsfunktionen der Böden werden ermittelt, bewertet und unter Berücksichtigung fachplanerischer Belange kartographisch umgesetzt (Beispiele):

	Vega (Braunauenböden) (Profil 39) -Mähwiese-	Gley (Profil 40) -Kleingarten-	Pararendzina aus technogenen Substraten (Profil 48) -Deponie-
Art der Veränderung ¹⁾			
Verdichtung	nein	nein	ja
Lockerung	nein	ja	nein
Überdüngung	ja	ja	nein
Auswaschung	nein	ja	ja
Überkalkung	ja	ja	ja
Versauerung	nein	nein	nein
Schadstoffanreicherung			
- PAK	nein	ja	ja
- PCB	nein	nein	nein
- Schwermetalle	ja	ja	ja
Ausgewählte Bodenfunktionen ²⁾			
Filterung für Wasser	+	+	-
Pufferung für			
- org. Schadstoffe	+	+	-
- Schwermetalle	+	+	0
- Säuren	+	+	0
Quellenwirkung für			
- org. Schadstoffe	nein	nein	ja
- Schwermetalle	ja	nein	0
Ausgewählte Nutzungsfunktionen ³⁾			
Pflanzenproduktion	0	+	-
Wohnbebauung	-	+	-
Dezentrale Niederschlagsversickerung	-	+	-
Naturschutzfunktion			
- Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	+	+	-
- Lebensraumfunktion für Flora und Fauna	+	+	+
Gesamtbewertung aus ^{1), 2), 3)}	eingeschränkt nutzbar, besonders schutzwürdig	nahezu multifunktional nutzbar, besonders schutzwürdig	eingeschränkt nutzbar, keine sensible Nutzung

Zeichenerklärung:

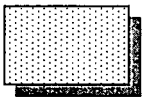
- + geeignet
- ungeeignet
- 0 nicht eindeutig zu entscheiden

- zu ¹⁾ Schätzwerte gemäß Bodenansprache nach KA4 und Analyseergebnissen
- zu ²⁾ Abgeleitete Bewertung aus chemischen und physikalischen Analysedaten
- zu ³⁾ Beurteilung nach Abwägung der Ergebnisse ¹⁾ und ²⁾

Die umfangreichen Daten aus den detaillierten Beschreibungen der ausgegrenzten Flächen werden durch Angaben zur Zusammensetzung des Bodens, zu Grund- und Stauwasserverhältnissen, zu Bodenbelastung und -gefährdung, zu Bodeneigenschaften sowie durch Empfehlungen zum Bodenschutz ergänzt. In Form digitaler thematischer Karten werden die Ergebnisse der Stadtbodenkartierung bedarfsorientiert und praxisgerecht aufgearbeitet für die Planung vorgehalten. Aktualisierungen der Daten und Anpassungen an bestimmte Fragestellungen können EDV-technisch jederzeit von den Kartennutzern selbst vorgenommen werden.

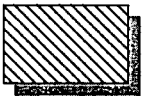
Der Stadtbodenkunde kommt dabei die Aufgabe zu, neben der Beschaffung von Daten auch eine Auswertung und Interpretation planungsrelevanter bodenkundlicher Sachverhalte - auch für den Nicht-Bodenkundler - zu liefern (z.B. Nähr- und Schadstoffpotentiale, Eignung zur dezentralen Versickerung von Niederschlagswasser). So erfolgt z.B. eine Zuordnung der Böden in Bewertungsklassen. Da für Planungsentscheidungen häufig eine "Wertzsetzung" der Böden notwendig ist, stellt eine solche Auswertung eine wichtige Entscheidungshilfe für die Fachplanungen im städtischen Raum dar. Die Karte zeigt Qualitätsstufen der Böden als integrative Bewertung u.a. von Natürlichkeitsgrad, Art und Intensität der mechanischen und chemischen Profilbeeinflussung sowie Nutzungsmöglichkeiten.

Legende zur Karte der Bodenbewertungsklassen, Stadtbodenkartierung Krefeld



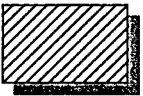
Klasse A

naturahe Bodenbildung aus natürlichen Substraten; überwiegend Acker- und Grünland, Brach- und Waldflächen (z.T. ökologisch wertvolle Bereiche)



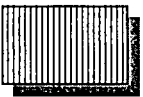
Klasse B

naturahe Bodenbildung aus natürlichen Substraten; (leicht) erhöhte Schadstoffgehalte im Oberboden in Industrie- und Verkehrswegnähe oder in Sedimentations- und Überschwemmungsbereichen



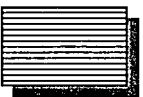
Klasse C

anthropogen geprägte Bodenbildung aus stark gestörten, natürlichen Substraten; z.T. mit belasteten Fremdbeimengungen natürlichen und/oder technogenen Ursprungs



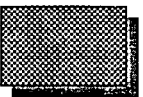
Klasse D

anthropogen geprägte Bodenbildung aus überwiegend technogenen Substraten; meist mit natürlichem Bodenmaterial (Bodenaushub) bedeckt



Klasse E

anthropogen geprägte Bodenbildung aus punktuell belasteten, überwiegend technogenen Substraten; mit fehlender bzw. geringmächtiger Überdeckung



Klasse F

anthropogen geprägte Bodenbildung aus punktuell stark belasteten, überwiegend technogenen Substraten; mit fehlender bzw. geringmächtiger Überdeckung

IV AUSBLICK

Die Ergebnisse der Pilotprojekte können dazu beitragen, daß zukünftig bodenkundliche Informationen stärker in die kommunale Planung einbezogen werden. Durch die enge Zusammenarbeit mit dem Umweltamt, Grünflächenamt und Bauamt der Stadt Krefeld ist sichergestellt, daß die Methodenerarbeitung zur flächenhaften Erfassung und Bewertung von Böden in einem urban-industriell geprägten Raum praxisbezogen ist.

Mittelfristig wird in Nordrhein-Westfalen angestrebt, neben der Bodenkartierung zur landwirtschaftlichen und forstlichen Standorterkundung im Maßstab 1 : 5 000 auch die „Stadtböden“ systematisch zu erfassen und in einem landesweiten Kartenwerk - Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 5 000 (BK 5) - gemeinsam darzustellen.

V LITERATUR

AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover.

Arbeitskreis Stadtböden (Blume, H.-P., Burghardt, W., Cordsen, E., Finnern, H., Fried, G., Grenzius, R., Kneib, W.D., Kues, J., Pluquet, E., Schraps, W.-G. & Siem, K.-H.) (1989): Kartierung von Stadtböden. Empfehlung des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die Bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden).- UBA-Texte 18/89, 162 S.; Berlin.

Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (1997): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartierung urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden).- Teil 1: Feldführer, 111 S.; Kiel.

Feyk, M. (1997): Erste Auswertungsergebnisse der Analysendaten zu den organischen Schadstoffen (PAK, PCB) im Stadtgebiet Krefeld.- Zwischenbericht (unveröffentlicht); 13 S.

Kersting, A. (1996): Städtischer Bodenwasserhaushalt - Merkmale und Maßnahmen zu seiner Verbesserung.- In: AK Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (Hrsg.): Urbaner Bodenschutz.- 217-227; Springer, Berlin-Heidelberg.

Kersting, A., Pingel, P., Schneider, S. & Schraps, W.-G. (1993): Stadtbodenkartierung Herne-Sodingen, ein Pilotprojekt des GLA NW.- Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 72 II: 967-970; Oldenburg.

Schraps, W.-G. (1987): Bodenkartierung städtischer Freiflächen.- Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 53: 269-274; Oldenburg.

Schraps, W.-G. (1989): Zur Systematik anthropomorpher Böden im Ruhrgebiet.- Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 59 II: 981-982; Oldenburg.

Schraps, W.-G. & Baumgarten, H. (1996): Stadtböden kartieren - Grundlage für den kommunalen Bodenschutz.- Umwelt (Zeitschrift des VDI), Bd. 26, Nr. 9: 30-32; Düsseldorf.

Beziehungen zwischen Punkt- und Flächendaten am Beispiel der BÜK 50 Blatt Potsdam

von

BAURIEGEL,A., HANNEMANN,J.; KÜHN,D.

EINLEITUNG

Die fertiggestellte digitale Bodenkarte des Blattes Potsdam (L 3744) bildet das Musterblatt für das Kartenwerk BÜK 50 Brandenburg. Im Zusammenhang mit dieser Bodenkarte wurden umfassende relationale Punkt- und Flächendatenstrukturen erarbeitet und in verschiedenen Datenbanken innerhalb des FIS BODEN realisiert (siehe Abb. 1). Alle Punkt- und Flächendaten zum Blatt Potsdam sind in den dafür vorgesehenen Datenbanken eingelagert.

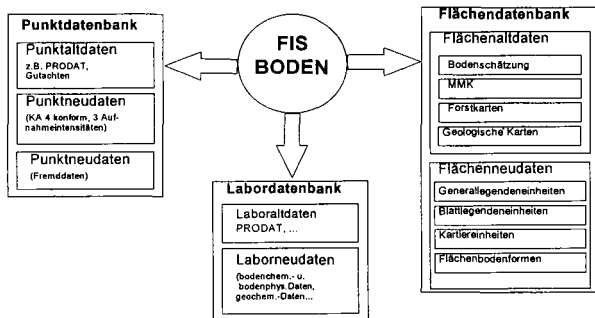


Abb. 1 Datenbanken im FIS BODEN

Das FIS BODEN bildet einen Bestandteil der Geowissenschaftlichen Datenbank Brandenburgs (GeoDaB) im LGRB.

DATENBANKKONZEPT

Das Datenbankkonzept baut auf thematisch orientierten und relational verknüpften Tabellen auf. Grundlage für die Definition der Datenfelder, einschließlich der zu verwendenden Schlüssel, sind die Festlegungen der KA4 und der UAG FIS Boden. Darüber hinaus wurden geologisch relevante Schlüssel mit dem Symbolschlüssel Geologie des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) abgestimmt. Das hat den Vorteil, daß eine Vergleichbarkeit gegeben ist und geologische Aussagen besser in bodenkundlich relevante Fragestellungen involviert werden können. Das gleiche gilt auch für den umgekehrten Fall. Von der Profilbeschreibung im Gelände bis hin zur Karte werden die Daten auf digitalem Weg erhoben. Lediglich die Ausgrenzung der Kartiereinheiten (Einzelflächen) und die Erstellung der Autorenoriginals erfolgt vor der Digitalisierung der Konturen analog, unter Einbeziehung aller zur Verfügung stehenden Flächeninformationen. Dabei wird jede einzeln abgegrenzte Fläche auch mit einem Flächendatensatz beschrieben. Dies bietet den Vorteil einer höheren inhaltlichen Auflösung und ermöglicht die Reproduzierbarkeit der Legendenfindung auch bei unterschiedlichen Bearbeitern. Ferner bietet sich bei Auswertungen die Möglichkeit, mit dem präzisen Datensatz für die jeweilige Fläche zu rechnen. Diese Relationen sind somit Grundlage sämtlicher Auswertungen und Aggregationen. Sie sind die Schnittstelle zwischen Flächenbodenformenarchiv und der General- bzw. Blattlegende. Auch die Verknüpfung mit den Punktdaten erfolgt bei Bedarf auf dieser Ebene.

PUNKTDATEN

KURZBESCHREIBE (Punkte und Kurzaufnahme)

Werra, Thüringen

364403

NR.	Höhe	Ergabe Horizontalschicht	Erg. Substratschicht	SA	Ausgabe Horizont / Substrat
1	31	L	Of	-	L-Of
2	15		Ash	sh(S)	Ash: pky-st(S)
3	30	Ah	Bv	sh(S)	Ah-Bv: pky-st(S)
4	40		Bv	sh(S)	Bv: pky-st(S)
5	200		Kv	Sp	Kv: Sp

Legende:
 sh Sandton
 su Sand(schluff)
 shv Sandgeröll
 sz Sandstein
 t Ton
 tk Tonkaas
 to Tonstein

Abb. 2 Formular Verkürzte Dokumentation

Alle neuen Punktdaten von boden-geologischen Aufschlüssen werden bei der Erhebung digital erfasst und in einer relationalen Datenbank abgelegt. Hierzu sind Erfassungsmasken erstellt worden, die diese Punktdaten entsprechend der drei Aufnahmeintensitäten (unterschiedlicher Umfang zu erfassender Daten nach KA4) in Tabellen speichern.

Die drei Aufnahmeintensitäten setzen sich aus der normalen (vollständigen) Profilaufnahme (2-seitig), der vereinfachten Profilaufnahme (1-seitig) oder der verkürzten Dokumentation (siehe Abb. 2) zusammen.

Die Mehrheit der Felder ist mit Schlüsselnamen hinterlegt, um Eingabefehler zu vermeiden und Recherchen nach Schlüsselnamen zu ermöglichen.

FLÄCHENDATEN

Die Verknüpfung von Altdaten (Punkt- und Flächendaten) und neuen Punktdaten erfolgt während der Kartierung. Sie bildet die Basis für die zu erhebenden Flächendaten, einschließlich ihrer Abgrenzung.

Kartiereinheiten

K.NR.: 3644001

Max.	Min.	Bodenform	PL. PROF.	HUMFORM.	NAEASSE	GWS	EROSION
3644001	1	Gln.	B+II		40		
3644002	2	Hn	ogIn		40		
3644003	3	Hn	ogIn		10		
3644004	4	Gdn.	B+II		10		

Legende:
 Gln. Gln.
 Hn Hn
 Gdn. Gdn.
 B+II B+II
 ogIn ogIn
 on on
 or Or (Vollregl)
 or (reduz) (reduzierter)
 p p
 p-pendular p-pendular

Abb. 3 Formular Kartiereinheiten

Die Flächeninhaltsbeschreibung erfolgt für jede Einzelfläche (Kontur). Diese bildet dann eine Kartiereinheit. Der Datensatz für die Kartiereinheit besteht dabei aus den Lagedaten, einschließlich der Kontur, sowie dem Inventar an Flächenbodenformen, deren Anteil und Verteilungsmuster in der Kartiereinheit, den Angaben zur Geologie, zur Bodenschätzung sowie zur MMK. Bei den inventarisierten Flächenbodenformen handelt es sich um idealisierte Profile mit Horizontdaten. Sie stammen aus dem Flächenbodenformenarchiv, welches einen erweiterbaren Fundus darstellt und unter Einbeziehung von Punktdaten abgeleitet wird. Sie sind eine wichtige Grundlage für die Adaption von Auswertemethoden. Damit liefern sie Daten mit großer Auflösung für flächenbezogene

Aussagen und sind bei Bewertungen von Kartiereinheiten (Bodenfunktionen, -potentiale) erforderlich. Die Kartiereinheit bildet innerhalb der Flächendaten die Grundlage aller Zuordnungen zu Legendeneinheiten. Inhaltliche Aggregationen oder thematische Ableitungen werden von der Einzelfläche nach festgelegten Regeln realisiert. Für diese kann über die Flächenbodenformen auf horizontbezogene Referenzwerte zurückgegriffen werden.

AGGREGIERUNG ZUR GENERAL- UND BLATTLEGENDENEINHEIT

Die Kartiereinheiten werden hinsichtlich ihres Inventars nach fachlich definierten Kriterien, über Zuordnungsregeln und Zuordnungsstufen, gruppiert (siehe Abb.4 und Abb. 6).

Diese Stufen entsprechen hierarchischen Niveaus, nach denen sich sowohl die General- wie auch die Blattrandlegende gliedern lassen. Die gruppierten Kartiereinheiten werden inhaltlich zu einem Generallegendenbeschrieb aggregiert. Die inhaltliche Aggregation führt zu einer Flächenaggregation, wenn benachbarte Kartiereinheiten inhaltlich in einen Generallegendenbeschrieb aufgehen.

Die Generallegendeneinheiten sind hinsichtlich ihrer inhaltlichen und räumlichen Auflösung auf das Gesamtkartenwerk BÜK 50 Brandenburg orientiert. Die Generallegendeneinheiten bilden eine Rahmenlegende die während Kartierung fortgeschrieben wird. Die Generallegendeneinheit ist also eine rein fachlich-inhaltliche, reproduzierbare und nicht blattschnittsbezogene Zusammenfassung von Kartiereinheiten (Einzelflächen). Überführungsmöglichkeiten dieser Inhalte in kleinere Maßstäbe werden in dem Beitrag „Anwendung der Substratsystematik in der Kartierung im Land Brandenburg (KÜHN, BAURIEGEL & HANNEMANN)“ aufgezeigt.

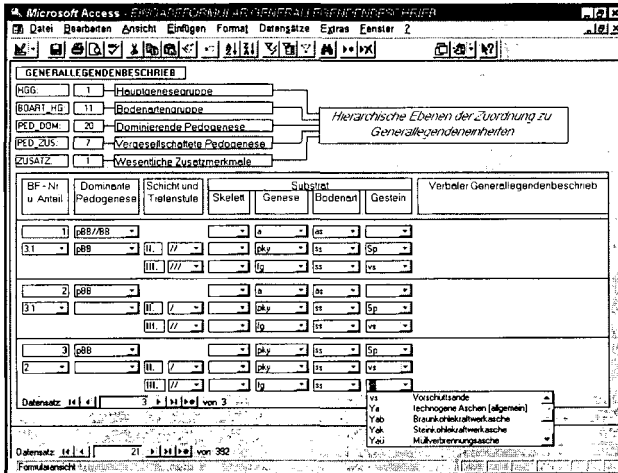


Abb. 4 Generallegendenbeschrieb

Die definierten Regeln für die Zuordnung von Kartiereinheiten zu Generallegendeneinheiten haben eine hohe Anzahl von Generallegendeneinheiten auf dem Blatt zur Folge (> 400 auf Blatt Potsdam). Um zu einer darstellbaren Anzahl von Einheiten auf der Blattrandlegende zu kommen, ist eine weitere Zusammenfassung erforderlich. Den Grad dieser inhaltlichen und räumlichen Aggregation bestimmen blattbezogene Darstellungszwänge. Alle Zuordnungen oder Ableitungen werden aber über die Kartiereinheiten realisiert. Die Einzelfläche bleibt damit die zentrale Informations- und Zuweisungsgrundlage. Die Blattlegendeinheit stellt somit eine spezifische (blattbezogene) Aggregation der Generallegendeneinheiten dar. Auf dem Blattrand werden die Nummern der Zuordnungsebenen aufgelistet.

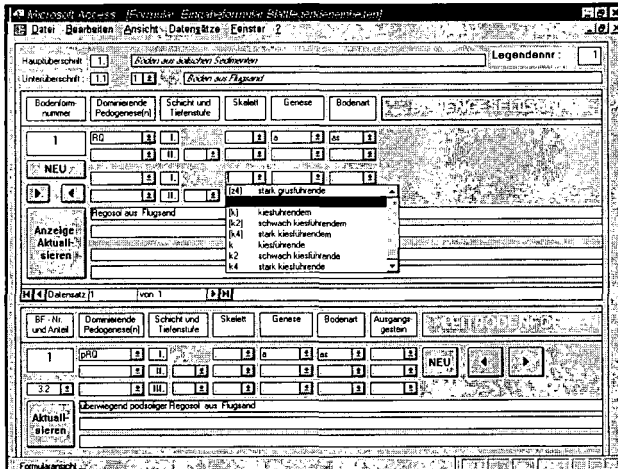


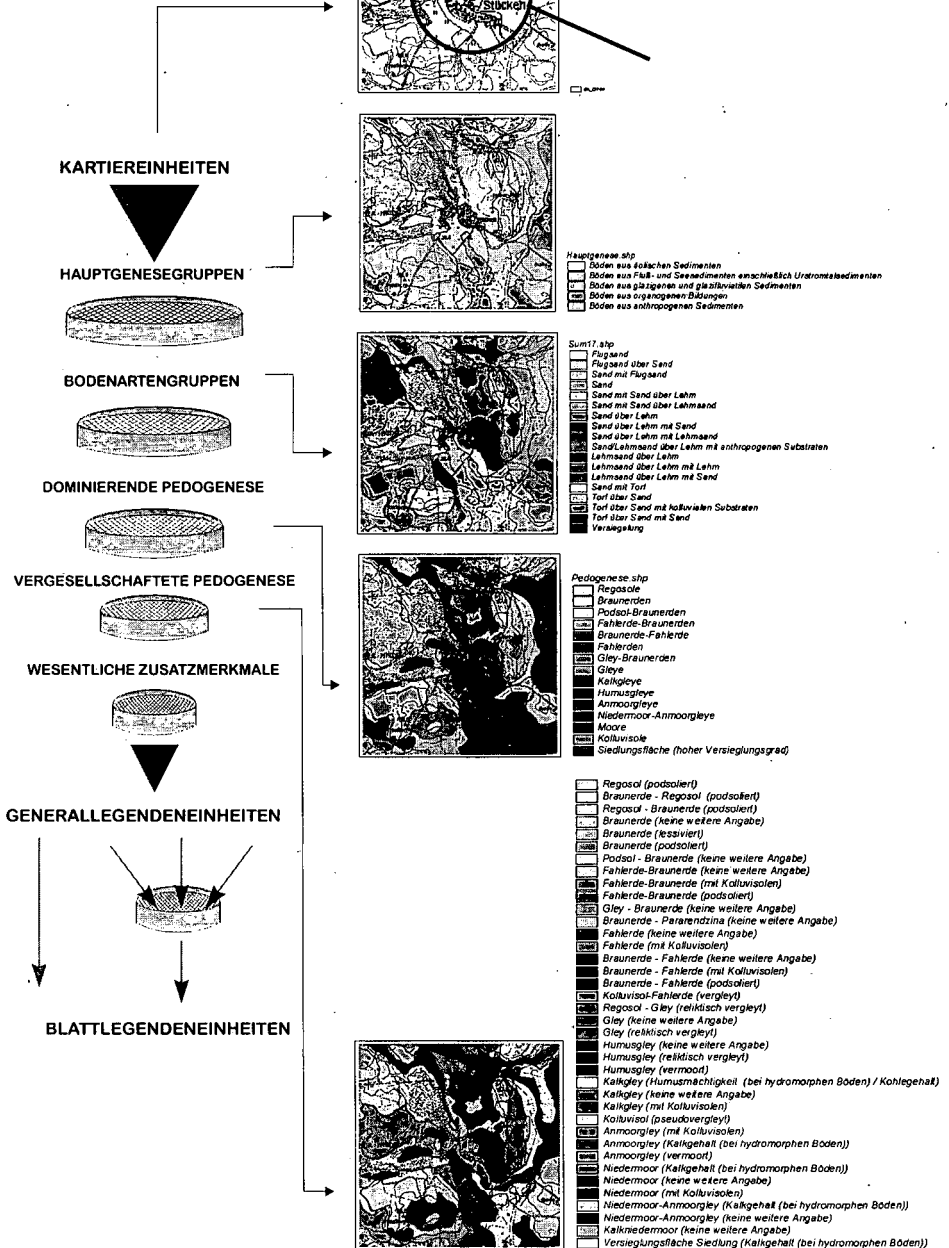
Abb. 5 Blattlegendenbeschrieb

Die Legendenbeschriebe (General- und Blattrandlegende) erfolgen digital über Kürzeleingaben. Die Übersetzung der Kürzel in der Verbaltext für die analogen Legenden erfolgt über automatisierte Abfragen.

Zusammenfassend ergeben sich aus diesem Flächendatenkonzept folgende Vorteile.

1. Die Flächendatensätze besitzen durch die Einzelflächenbeschriebe ein hohes inhaltliches und räumliches Auflösungs-niveau.
2. Der Bezug zur Kartiereinheit ist auf jeder Zuordnungsstufe bis zur General- oder Blattrandlegende herstellbar, damit wird der Weg von der Kartiereinheit bis zur Blattlegendeinheit reproduzierbar.
3. Die Aggregierungsregeln und die Zuordnungsniveaus sind definiert bei Bedarf (neue wesentliche bodenkundliche Inhalte) aber auch ergänzbar.
4. Alle Zuordnungsstufen zwischen Kartiereinheit und Generallegende sind blattschnittsunabhängig.
5. Für thematische Auswertungen kann auf verschiedene inhaltliche Auflösungs-niveaus zurückgegriffen werden.

Abb. 6
Aggregierungsebenen



Reduktosole - eine neue Klasse der deutschen Bodensystematik

von

BLUME, H.-P.

Einführung

Die Bildung redoximorpher Bodeneigenschaften ist normalerweise auf einen durch Wasserüberschuß verursachenden Luftmangel zurückzuführen. Das gilt für Gleye, deren Gr-Horizont reduktomorph infolge permanenter Grundnässe verändert ist, während der Go-Horizont oximorphe Merkmale besitzt (Abb. 1a). Stauwasserböden sind als Haftpseudogleye rostfleckig, als Pseudogleye im Skw naßgebleicht und konkretionär, Stagnogleye im Srw naßgebleicht, während die Sd-Horizonte der Pseudo- und Stagnogleye marmoriert sind und dabei gebleichte Aggregatoberflächen aufweisen (Abb. 1d-f).

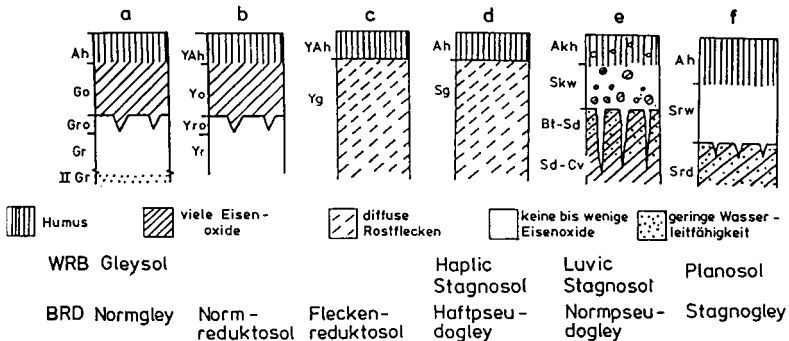


Abb. 1: Archetypen von Böden mit redoximorphen Eigenschaften (BRD: AG Boden 1994 (ergänzt); WRB: Spaargaren 1994)

Neben diesen klassischen Böden mit redoximorphen Eigenschaften existieren Böden, deren Redoximorphie nicht durch Wasserüberschuß verursacht wurde, sondern durch aufsteigende Reduktgase (Kohlendioxid, Methan) von Mülldeponien, aus Leitungsleckagen oder postvulkanischen Mofetten (Abb. 1b-c). Auch hohe Gehalte an leicht zersetzbarer organischer Substanz können ohne Wassersättigung zur Ausbildung redoximorpher Merkmale führen. Derartige Böden werden neuerdings als **Reduktosole** bezeichnet (AG Boden 1994) und sollen im folgenden erläutert werden.

Morphologie

Böden auf oder neben Mülldeponien (Tab. 1c) weisen durch Metallsulfide schwarz gefärbte Unterböden auf, während ihr Oberboden oft durch Ferrihydrit rotbraun gefärbt ist und zwar besonders entlang von Wurzelröhren. Letzteres gilt auch für die Oberböden über postvulkanischen Mofetten, deren Unterböden aber graugrün bis weiß gefärbt ist (Tab. 1a). Die Morphe dieser Böden ist mithin derjenigen vieler Gleye ähnlich. Böden mit langjähriger Abwasserverrieselung (Tab. 1d) sowie Böden

Tabelle 1: Reduktosole; a) mit Heide über postvulkanischer Mofette; b) mit Ruderalvegetation einer 7 Jahre alten Mülldeponie; c) mit Brennesseln und Holunder einer 7 Jahre alten Klärschlammdeponie; und d) mit Grünland eines 40 Jahre alten Rieselfeldes (nach Blume 1996)

Hori- zont	Tiefe cm	Matrix	Farbe	Aggr.Oberfl.	Feuchte- zustand	org.C. %	Stein- %	pH CaCl ₂	Schluff %	Ton %	Kalk %	Fe _d %
a) Dystropher Ockerreduktosol einer Fließerde, Rengen, Eifel												
Ah	0-10		2.5Y3/2		feucht	11	10	4.1	36	37	0	1.6
Yo	18-50	5Y5/1		5YR4.5/6	feucht	2.4	0	4.1	18	74	0	7.5
Yr	50-70		5Y6.5/1		naß	1.5	0	4.0	29	70	0	0.2
b) Eutropher Normreduktosol aus Bauschutt/Müll-Gemisch, Berlin-Wannsee												
YoAh	0-20	7.5YR4/2		5YR3/3	feucht	1.0	16	7.0	11	6	2.2	3.0
Yo	-38	7.5YR5/2		5YR3/3	feucht	1.0	12	7.0	19	10	3.0	3.3
Yr	-110		2.5Y4/2		feucht	0.6	11	7.2	13	11	0.9	3.2
c) Eutropher Normreduktosol aus Klärschlamm (Kalk/FeCl ₂ -konditioniert)												
YoAh	0-38	8YR3/4		5YR3/4	frisch	6.5	4	7.6	23	26	32	2.9
Yr1	-55		N2/O		feucht	14	11	7.9	42	36	35	4.0
Yr2	-147		5Y4/1		feucht	14	3	9.6	35	30	29	3.1
d) Redukto-Braunerde eines Abwasser-Verrieselungsfeldes												
Ap	0-37	10YR3/2		10YR6/3	feucht	2.8	1	5.2	12	9	0	0.3
Bhv	-52		10YR5/4		feucht	0.2	1	5.5	13	8	0	0.1
YgBv	-70	7.5YR6/7		10YR6/4	feucht	0.1	1	5.6	14	8	0	0.1

unter Tankstellen, Dungstätten oder Rübenblatt-Mieten sind demgegenüber oft rostfleckig bis marmoriert entsprechend vielen Haftpseudogleyen.

Genese

Kohlendioxid-Gas postvulkanischer Mofetten verdrängt im grobporenarmen Unterboden die Bodenluft, bewirkt damit O₂-Mangel, der zur Reduktion und Lösung dreiwertige Eisenverbindungen führt. Die Fe²⁺-Ionen steigen mit dem Kapillarwasser auf und werden im lockeren Oberboden als Ferrihydrit angereichert (s. Fe_d-Tiefenfunktion in Tab. 1a), und zwar bevorzugt an Aggregatoberflächen. Gleichzeitig verursacht Kohlensäure eine starke Versauerung des Bodens. Müll-, Klärschlamm- oder Hafenschlammdeponien enthalten viel eiweißreiche, leicht zersetzbare organische Substanz. Das führt einige Monate nach der Deponierung unter stark reduzierten Bedingungen zur Methan- und Kohlendioxidbildung. Diese aufsteigenden Reduktgase verhindern einen Sauerstoffeintritt aus der Atmosphäre. Eisenoxide und Sulfate werden reduziert und bewirken eine Schwarzfärbung durch Metallsulfide. Im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium werden die gebildeten Sulfide durch Luft-sauerstoff zunächst im Oberboden oxidiert, und es entsteht rostbrauner Ferrihydrit. Eine nennenswerte Umverteilung des Eisens findet dabei nicht statt (s. Tiefenfunktionen des Fe_d in Tab. 1b und c). Die dabei entstehende Schwefelsäure wird in kalkhaltigen Substraten neutralisiert, kann in kalkfreien Substraten den Boden hingegen stark versauern (was häufig in Böden unter Gaswerken beobachtet wird; s. z.B. Profil 12 in Blume und Schleuß 1997).

Wiederholte Kontamination durch Flüssigkeiten mit gelöster bzw. leicht abbaubarer organischer Substanz wie Abwasser, Gülle, Silageextrakte oder Kraftstoffe können ebenfalls eine starke mikrobielle Aktivität in infiltrierten Böden bewirken, wodurch reduzierte Verhältnisse entstehen, die (selbst in besser belüfteten Böden) zu Rostflecken führen (s. z.B. YgBv in Tab. 1d).

Dynamik

Abb.2 zeigt die Bodendynamik einer nicht abgedeckten Mülldeponie: Fast das ganze Jahr hindurch ist der Oberboden feucht bis trocken, mithin luftreich. Die Bodenluft enthielt in 30-80 cm Tiefe 10-60 % CH₄ und unterhalb 80 cm 40-60 %, was mit einer Schwarzfärbung dieser Horizonte einherging. Im rotbraun gefärbten Oberboden schwanken die Methangehalte zwischen 0 und 10 %. Die Redoxpotentiale dieses (kalkhaltigen) Bodens lagen im feuchten Oberboden zwischen 50 und 200

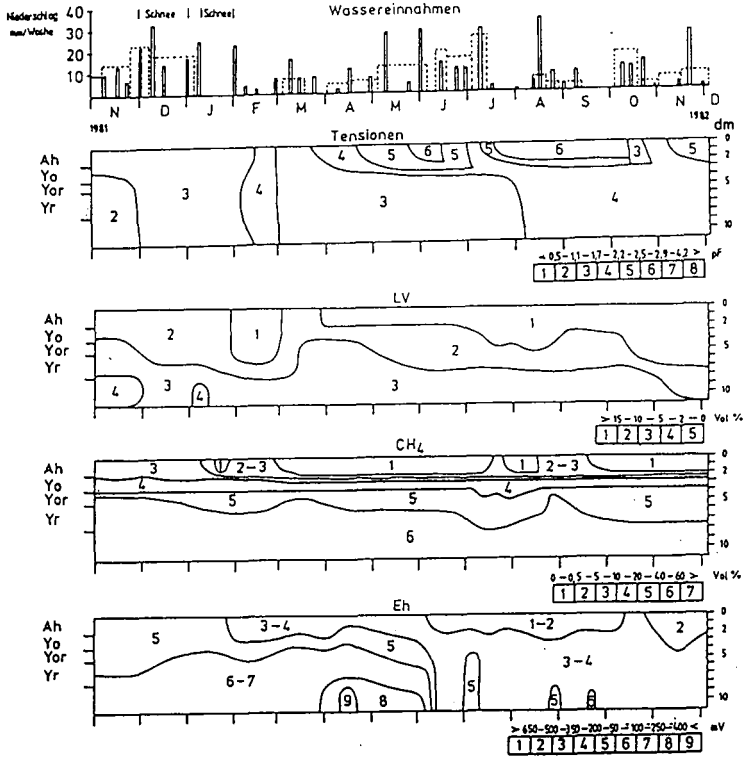


Abb.2: Niederschlag (in mm), Tensionen (pF-Werte), Luftvolumina, CH₄-Gehalte der Bodenluft und Redoxpotentiale (Eh in mV) eines Reduktosols aus einem Müll/Bauschutt-Gemisch einer (nicht abgedeckten) Deponie in Berlin-Wannsee (aus Mouimou 1983)

mV, ansonsten darüber. Im feuchten Unterboden waren sie hingegen negativ, im frischen Unterboden wurden Werte zwischen 50 und 400 mV gemessen.

Klassifikation

Die geschilderten Böden werden als Reduktosole bezeichnet (AG Boden 1994). Früher wurde teilweise der Name Methanosol benutzt.

Reduktosole sind durch reduzierend wirkende bzw. Sauerstoffmangel verursachende Gase wie Methan, Schwefelwasserstoffe und/oder Kohlendioxid geprägte Böden mit einem **Y-Horizont** als diagnostischem Horizont. Die Gase entstammen (post)vulkanischen Mofetten, Leckagen von Gasleitungen oder werden aus leicht zersetzbarer organischer Substanz, die infiltriert sein kann oder bereits im Substrat enthalten ist, unter stark reduzierten Bedingungen gebildet. Böden natürlicher Entstehung, in denen Reduktgase (bzw. Sumpfgase) mikrobiell durch Sauerstoffmangel infolge Wassersättigung gebildet werden, werden nicht als Reduktosole klassifiziert sondern den Marschen, Mooren, Sapropelen bzw. Wattböden zugeordnet.

Yr-Horizonte besitzen Reduktionsfarben, d.h. einen Munsell-Farbtone von N1 (schwarz) bis N8 (weiß), oder von 5Y (grau), 5Vg (grau-grün), bzw. 5B (blaugrau) bei einem Chroma < 1.5 (bei 5G2.5), O₂-freie, CH₄- und/oder CO₂-reiche Bodenluft sowie rH-Werte ≤ 19 (bzw. mittels 1% K₂

[Fe(CN)₆]-Lösung Dunkelblaufärbung, oder mittels 0.2% 2,2'-Bipyridin-Lösung (in 10 % Essigsäure) Rotfärbung).

Yo-Horizonte sind durch Fe-Oxide rotbraun gefärbte (vor allem entlang Wurzelröhren und an Aggregatoberflächen) Y-Horizonte mit zumindest zeitweilig erhöhten (> 10 Vol.%) CH₄- und/oder CO₂-Gehalten der Bodenluft und dann rH-Werten ≤ 19 (bzw. rH-Stufe 1-3 n. Schlichting et al. 1995).

Vorgeschlagen wird, als **Yg-Horizonte** Y-Horizonte mit Rostflecken (vor allem im Aggregatinnern) und z.T. gebleichten Aggregatflächen, sowie zeitweilig niedrigen Redoxpotentialen (analog Yo) zu bezeichnen.

Die Klasse der Reduktosole besteht aus dem **Typ** Reduktosol. Als Subtypen werden unterschieden:

- **Normreduktosol** mit A(o)h/Yo/Yr-Profil, Ah/Yo < 40 cm
- **Rohrreduktosol** mit (Y)Ai/Yr-Profil
- **Ockerreduktosol** mit Ah/Yo/Yr-Profil, Ah/Yo > 40, Yo > 10 cm
- **Fahlreduktosol** mit Ah/Yr-Profil
- **Fleckenreduktosol** mit Ah/Yg-Profil (Vorschlag).

Als Varietäten werden vorgeschlagen:

- **Organischer**.....Reduktosol mit > 30 cm m. > 30% org.S.
- **Eutropher**.....Reduktosol mit BS ≥ 50 %
- **Dystropher**.....Reduktosol mit BS < 50 %

Übergangsformen (Beispiele)

Braunerde-Reduktosol, Gley-Reduktosol, Redukto-Pararendzina.

Vorkommen und Ökologie

Reduktosole treten vor allem in städtisch/industriellen Verdichtungsräumen auf und haben sich dann unter anthropogenem Einfluß entwickelt. Natürliche Reduktosole treten in der Eifel auf. Diese wurden erstmals von Kerpen (1960) beschrieben und als CO₂gleye (= Dystrophe Normreduktosole), Pseudogley - CO₂gleye (= Fleckenreduktosole) sowie Braunerde - CO₂gleye (= Braunerde-Reduktosole) bezeichnet.

Reduktosole sind Luftmangelstandorte. Häufig werden Tiefwurzler geschädigt und sterben ab, während Flachwurzler normal wachsen. Auch hohe Mn-Konzentrationen können die Ursache von Wuchsschäden sein. In dystrophen Reduktosolen sind toxische Al-Konzentrationen in der Bodenlösung zu erwarten. Intensive Mikroorganismenaktivität bewirkt oft eine Erwärmung des Bodens und damit eine Verlängerung der Vegetationsperiode.

Literatur

- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartierungsanleitung; Schweizerbart, Stuttgart, 202-203
- Blume, H.-P. (1996): Böden städtisch-industrieller Verdichtungsräume; in H.-P. Blume, P. Felix-Henningsen, W.R. Fischer, H.-G. Frede, R. Horn und K. Stahr (eds.): Handbuch der Bodenkunde; ecomed, Landsberg; Kap. 3.4.4.9
- Blume, H.-P. und U. Schleuß (Hrsg. 1997): Bewertung anthropogener Stadtböden. Schriftenr. Inst.Pflanzenern., Bodenk. Univ. Kiel, Nr. 38
- Kerpen, W. (1960): Die Böden des Versuchsgutes Rengen, Kartierung, Eigenschaften und Standortwert. Wissenschaftl. Ber. Landw. Fak. Univ. Bonn, Heft 5
- Moumou, D. (1983): Genese, Dynamik und Ökologie der Böden auf und neben einer Mülldeponie. Dissertation, Technische Univ. Berlin
- Schlichting, E., H.-P. Blume und K. Stahr (1995): Bodenkundliches Praktikum. 2. Aufl. Blackwell, Berlin
- Spaargaren, O.C. (ed., 1994): World reference base for soil resources. ISSS/ISRIC/FAO, Wagenin-gen/Rome, p. 115

Landbewertung von Upland- und Lowland-Standorten im Bigombo-Tal NW-Tansanias

von

BOJE,G.; RÜCKER,G.; SENZIGE,S.; SKOWRONEK,A.

Einleitung

Auf der Grundlage einer detaillierten bodenkundlichen Kartierung 1996 im Bigombo-Tal im Ngara Distrikt/NW-Tansania wird eine Auswertung zur Feststellung der Anbaueignung vorgenommen. Parallel zu dieser Untersuchung und zeitgleich ist für den gesamten Distrikt eine offizielle Bestandsaufnahme der natürlichen Ressourcen als Grundlage für die Landnutzungsplanung durchgeführt worden (NGARA DISTRICT COUNCIL 1997). Das Ziel dieser Maßnahme ist die Verbesserung der Lebensverhältnisse der ländlichen Bevölkerung durch Steigerung der Nahrungspflanzenproduktion und Diversifizierung des Anbaus.

Der Ngara-Distrikt als Teil des tropischen Hochlandes liegt in der Ferralsol-Zone (FAO-UNESCO-ISRIC 1990). In den Tälern treten weit verbreitet Sümpfe auf, die überwiegend Gleysols und Fluvisols aufweisen (Karteneinheit Val.o, Fläche 39.720 ha bzw. 10,6 % des Distrikts, NGARA DISTRICT COUNCIL 1997).

Der traditionelle Anbau auf den flacheren Hängen (Upland) während der Regenzeiten birgt aufgrund der sehr variablen Niederschläge ein hohes Ertragsrisiko. Daher wird das Hauptentwicklungspotential der Region in den sumpfigen Talebenen (Lowland) gesehen, die bei größerer Bodenfruchtbarkeit höhere Erträge erwarten lassen und im Trockenzeitanbau Ertragssicherheit bieten (NGARA DISTRICT COUNCIL 1997). Lokal sind dazu Entwässerungsmaßnahmen erforderlich, wie z. B. das "Bigombo Valley Development Project" (VAN OORT 1985). Aus diesem Untersuchungsgebiet werden repräsentative Böden benachbarter Upland- und Lowland-Standorte vorgestellt und ihre Anbaueignung exemplarisch für die Hauptfrucht Bohne (*Phaseolus vulgaris*) nach der semiquantitativen FAO/Genter Methode (SYS et al. 1991) bewertet. Darüber hinaus wurde durch die Anwendung der "Participatory Rural Appraisal"-Methode (PRETTY et al. 1995) die lokale Erfahrung der Landnutzer mit einbezogen. Ein Vergleich der Ertragspotentiale beider Standorte soll klären, ob die hohen Erwartungen bezüglich des Lowland-Gebietes gerechtfertigt sind.

Standort, Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Nähe des Ortes Rulenge (30°38'E, 2°43'S, 1380 m über NN) im Bigombo-Tal. Dieses erstreckt sich in Nord-Süd-Richtung und weist einen ebenen Talboden, flache Hänge auf der westlichen und steile Hänge auf der östlichen Seite auf. Geologisches Ausgangsmaterial sind präkambrische, saure Sedimentgesteine und Metamorphite. Die Mitteltemperatur aller Monate bewegt sich um 20°C mit großen Tag/Nacht-Differenzen. Bei einer bimodalen Verteilung und starken Schwankungen werden Jahresniederschlagsmengen von ca. 1000 mm erreicht. Die hydrologische Situation des Talbodens ist gekennzeichnet durch jährliche Überschwemmung und gehemmten Abfluß. Innerhalb der natürlichen Feuchtsavanne war der Talboden ein Papyrus-Sumpfbereich.

* Institut für Bodenkunde, Universität Bonn, Nussallee 13, 53115 Bonn

** Agricultural Development and Improvement Program, Caritas Rulenge, P.O. Box 50, Rulenge, Ngara District, Tanzania

Da das "Bigombo Valley Development Project" als langjähriges Pilotprojekt (seit 1975) des Sumpfanbaus eine wichtige Schlüsselstellung einnimmt, wurde hier zusätzlich eine detaillierte Standortuntersuchung durchgeführt. Die Klimadaten (Tab. 1) wurden seit 1970 in der "FAO Hydrometeorological Station Rulenge" aufgezeichnet. Die untersuchten Böden im Upland-Gebiet entsprechen der Bodeneinheit Stagni-mollic Cambisols (FAO-UNESCO-ISRIC 1990), wobei die deutlich ausgeprägten Staunässemerkmale allerdings erst im Unterboden ab 70 cm Tiefe auftreten. Im Lowland-Bereich sind Mollic Gleysols entwickelt. Die pflanzenbaulich bedeutsamen Kennwerte des Geländes und der Böden sind in der Bewertungstabelle (Tab. 2) aufgeführt.

Bei der Landbewertung nach der FAO/ITC Gent-Methode (SYS et al. 1991) wird die Anbaueignung (land suitability) für bestimmte Nutzpflanzen nach Standardtabellen eingeschätzt, die zuvor an die Standortbedingungen angepaßt wurden. Zur Bewertung werden die Pflanzenansprüche mit den Standortverhältnissen verglichen. Zur genaueren Differenzierung wurde hier die semiquantitative Parametermethode gewählt, bei der den einzelnen Charakteristika Zahlenwerte von 0 - 100 zugeordnet werden (wobei 100 das pflanzenbauliche Optimum darstellt; in seltenen Fällen sind Werte > 100 möglich). Die Index-Berechnung erfolgte nach der Storie-Formel.

Die Anbaueignung wird in drei Schritten ermittelt:

Zunächst werden die klimatischen Ansprüche der Bohne mit den örtlichen Klimaverhältnissen während der Anbauzeiten abgeglichen (Klima-Index). Im zweiten Schritt werden Gelände- und Bodenansprüche berücksichtigt und die Übereinstimmung mit den entsprechenden Standortfaktoren festgestellt (Land-Index). Danach werden beide Teile zu einem Gesamtergebnis kombiniert. Die Anbaueignung wird in vier Klassen eingestuft:

100 - 75 S 1: (sehr) gute Eignung; 75 - 50 S 2: mittelmäßige Eignung;

50 - 25 S 3: marginale Eignung; 25 - 0 N: ungeeignet.

Ergebnisse

Die klimatische Standorteignung bezieht sich auf die Kategorien Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Sonneneinstrahlung. Aus jeder Gruppe wird die stärkste Limitierung zur Berechnung des Klima-Index ausgewählt. Im Lowland-Bereich entfällt die Kategorie Niederschläge, da gespeichertes Wasser genutzt wird. Eine mäßige Entwässerung (imperfect drainage) mit Einhaltung eines Grundwasserspiegels in ca. 50 cm Tiefe ist für den Trockenzeitanbau hier optimal. Mit einem Index von 74 (gegenüber 63 im Upland) ist der Trockenzeitanbau im Lowland etwas günstiger wegen ständiger Wasserverfügbarkeit und geringer Luftfeuchtigkeit.

Tab. 1: Klimatische Eignung für den Anbau von Bohnen

	Upland		Lowland	
	Data	Rating	Data	Rating
Growing cycle	1/3 - 31/5		1/7 - 31/10	
Precipitation of growing cycle (mm)	374	90	not relevant	
Mean temp. of growing cycle (°C)	19.9	95	20.1	95
Mean min. temp. of growing cycle (°C)	13.5	99	12.3	99
Relative humidity of devel. stage (%)	74	86	57	98
Relative humidity of maturation stage (%)	71	87	62	90
n/N of development stage	0.42	90	0.59	96
n/N of maturation stage	0.50	85	0.52	86

Klima-Index (Ic)

Upland: $90 \times 95/100 \times 86/100 \times 85/100 = 63$

Lowland: $95 \times 90/100 \times 86/100 = 74$

Die Gelände- und Bodeneignung wird in den relevanten Kategorien Topographie, Wasserverhältnisse, physikalische Bodenmerkmale und chemische Bodenfruchtbarkeit ermittelt, aus denen 7 Charakteristika zur Indexberechnung ausgewählt werden. Dabei werden Textur/Struktur und Bodentiefe zusammengefaßt und aus der Gruppe Basensättigung, Summe basischer Kationen und pH-Wert der am stärksten limitierende Faktor ausgewählt.

Die beiden Standorte unterscheiden sich topographisch aufgrund minimaler Hangneigung in der Hangfußzone kaum, ebenso im Bereich der Wasserverhältnisse, wenn diese im Lowland-Gebiet optimal geregelt sind. Größere Unterschiede treten hinsichtlich der bodenphysikalischen Eignung auf, da die Upland-Böden deutlich grobkörniger und damit ungünstiger sind. Der Hauptunterschied liegt jedoch im Bereich Bodenfruchtbarkeit. Vor allem an organischem Kohlenstoff und basischen Kationen ist der Upland-Standort sehr viel ärmer. Insgesamt ist die Anbaueignung des Upland-Bereichs mit einem Index-Wert von 37 gegenüber 90 im Lowland-Gebiet deutlich geringer.

Tab. 2: Gelände- und Bodeneignung für den Anbau von Bohnen

	Upland		Lowland	
	Data	Rating	Data	Rating
Topography (t)				
Slope (%)	2	95	0	100
Wetness (w)				
Flooding	F0	100	F0	100
Drainage	mod. well	95	imperf.	100
Physical soil characteristics (s)				
Texture/structure	SL	85	SiCL	100
Soil depth (cm)	80	87	>100	100
Soil fertility characteristics (f)				
Apparent CEC (cmol (+)/kg clay)	16.2	85	22.2	93
Base saturation	59	100	69	100
Sum of basic cations (cmol (+)/kg soil)	3.2	80	12.7	100
pH (H ₂ O)	5.8	91	5.7	88
Organic carbon (%)	0.98	71	2.9	110

Land-Index (LI)

Upland: $95 \times 100/100 \times 95/100 \times 85/100 \times 85/100 \times 80/100 \times 71/100 = 37$

Lowland: $100 \times 100/100 \times 100/100 \times 100/100 \times 93/100 \times 88/100 \times 110/100 = 90$

Bei der Gesamtbewertung (Tab. 3) wird der zuvor berechnete klimatische Index in ein "Rating" nach der Formel $R = 16,67 + 0,9 \times Ic$ umgewandelt und dann mit der Gelände- und Bodeneignung/100 multipliziert.

Tab. 3: Anbaueignung des Upland- und Lowland-Standortes

Standort	Klima-Index	Klima-"Rating"		Land-Index/100	Gesamtergebnis
Upland	63	73	X	0.37	= 26
Lowland	74	83	X	0.90	= 75

Schlußfolgerungen

Zwar schneidet der Upland-Standort in der Gesamtbewertung gegenüber dem Potential des Lowland-Standortes schlecht ab, doch ist zu bedenken, daß es sich beim Upland-Standort um ein natürliches Ertragspotential handelt, während das Potential des Lowland-Standortes erst künstlich durch Ent- und Bewässerung hergestellt werden muß. Bei Verschlechterung der Entwässerung (poor drainage) halbiert sich das Lowland-Potential wegen der Staunässe-Empfindlichkeit der Bohnen und liegt dann im gleichen S 3 Bereich wie das Upland. Wo es außerdem noch zeitweilig zur Überflutung während der Anbauzeit kommt, halbiert sich das Ertragspotential ein weiteres Mal (entspricht den natürlichen Standortverhältnissen) und liegt dann deutlich unter dem des Upland-Gebietes in der Klasse N (ungeeignet).

Die Diskussion mit den Landnutzern zeigte, daß die nach der großen Regenzeit jährlich notwendige Instandsetzung des Staudamms und der Entwässerungssysteme in Gemeinschaftsarbeit ihre organisatorischen und arbeitstechnischen Möglichkeiten übersteigt (Hauptgräben > 2 m breit und tief, zusedimentiert und überwachsen); denn gleichzeitig sind die ca. vierhundert beteiligten Kleinbauern primär mit der Rodung (ca. 2 m hohe grüne Vegetation) und Neuanlage ihrer Lowland-Felder in mühsamer Handarbeit mit der Hacke beschäftigt. Diese Schwierigkeiten haben inzwischen zum Abbruch aller sieben bisherigen Entwässerungsprojekte im Ngara-Distrikt geführt (NGARA DISTRICT COUNCIL, 1997).

Unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit wird die Entwicklung der Hangfußzone, die dem Feuchtgebiet unmittelbar benachbart ist, im Vordergrund weiterer Untersuchungen (fertility management) stehen. Im Bereich des hier vorgestellten Upland-Standorts ist 1995 die "Bigombo Integrated Farm" als Musterbetrieb des organischen Landbaus gegründet worden, für den diese Geländeaufnahme im Maßstab 1:2.000 die Initial-Kartierung darstellt.

Literatur

- FAO-UNESCO-ISRIC (1990): Soil map of the world. Revised Legend. Reprinted with corrections. World Soil Resources Report 60, FAO, Rom, 119 S.
- NGARA DISTRICT COUNCIL, Ngara District Rural Development Programme (1997): Land Resources Inventory of Ngara District. Vol. I Main Report 56 S., Vol. II Technical Annex 130 S., 7 Karten, ETC East Africa, Ngara.
- PRETTY, J.N.; GUIJT, I.; SCOONES, I. und J. THOMPSON (1995): A Trainer's Guide for Participatory Learning and Action. IIED Participatory Methodology Series. International Institute Environment and Development. London, 267 S.
- SYS, C.; E. VAN RANST; J. DEBAVEYE und F. BEERNAERT (1991): Land Evaluation I, II, III. International Training Center for post-graduate Soil Scientists, University Ghent, Agric. Publ. 7, General Administration for Development Cooperation Brussels, 273 S., 247 S., 199 S.
- VAN OORT, W. (1985): Rulenge Diocese Valley Development Project - Research, Observations & Recommendations. Rulenge/Tanzania. Unveröffentlicht. 58 S.

Untersuchungen über Eigenschaften, Entwicklung und Funktionen von anthropogenen Böden unter Wald in der mitteldeutschen Braunkohlen Bergbaufolgelandschaft am Beispiel anthropogener Staub-Depositionen

von

BRÄUNIG,A.; WÜNSCHE,M.; SCHMIDT,J.

Einleitung

Der mitteldeutsche Braunkohlen-Bergbau begann vor über 100 Jahren und umfasst eine unmittelbare Landinanspruchnahme von ca. 47 000 ha. Davon sind etwa 50% rekultiviert bzw. renaturiert mit nahezu gleichen Anteilen an forst- und landwirtschaftlicher Folgenutzung.

Im Rahmen eines F&E-Vorhabens der DBU und der LMBV werden die Eigenschaften, Entwicklung und Funktionen von Kippenböden auf 101 Referenzflächen (1000-2500 m²) untersucht. Auswahlkriterien für die Untersuchungsstandorte waren im wesentlichen das Kippsubstrat (Sande, Lehme, Schluffe, Tone, Gemengesubstrate) in Kombination mit der Baumartenzusammensetzung und dem Bestandesalter (15 bis 75 Jahre).

Ausgangssubstrate für die Bodenentwicklung in der Braunkohlen-Bergbaufolgelandschaft sind verkippte quartäre und tertiäre Lockergesteine. Mit Beendigung der technischen Rekultivierung (Verkipfung, Planie-3rung) treten zunächst ausschliesslich Lockersyrose auf. Neben den Substrateigenschaften und den klimatischen Verhältnissen bestimmen das durch den Bergbau gestaltete Relief, das infolge des stillgelegten Bergbaus sukzessive wiederansteigende Grundwasser und die biotische Rekultivierung bzw. Renaturierung Richtung und Dynamik der Bodenbildung. Anthropogene atmosphärische Staub-Depositionen aus der Kohleverbrennung (vor allem Kraftwerke) und der Kohleverarbeitung (vor allem Brikettfabriken) wirken zusätzlich im besonderem Masse auf die Eigenschaften und Entwicklung der Kipp-Rohböden ein.

Ergebnisse zu Auswirkungen anthropogener Staub-Depositionen

Die atmosphärischen Staub-Depositionen beeinflussen insbesondere die Humusauflagen und die A-Horizonte, die oft durch makroskopisch im Gelände erkennbare Staubpartikel geprägt werden. Die mehrere cm bis dm mächtigen Akkumulationen sind immer sehr stark durchwurzelt.

Analytisch können diese Staub-Depositionen aufgrund ihrer ferromagnetischen Eigenschaften, ausgedrückt als Magnetische Suszeptibilität (MS) in Hz/kg, gemessen im *Ferromagnetischen Analysator* nachgewiesen werden. Die Staub-Emissionen und Aschen der Braunkohleverbrennung und -verarbeitung haben eine mittlere MS von 200 Hz/kg (Schwankungen ca. 150-250 Hz/kg), wogegen die verkippten quartären und tertiären Substrate geogene Werte von nur 0,1-2 Hz/kg aufweisen. Da das ferromagnetische Eisen im Boden nur sehr langsam verlagert wird, sind die Mengen der Staub-Depositionen, die auf den Standort eingewirkt haben quantifizierbar.

Die auf 70 Standorten ermittelten Staub-Depositionsmengen (Abb.6) erstrecken sich von 2 bis 165 kg/m² bzw. 90-3000 g/(m²·a). Daraus ergibt sich bei einer Lagerungsdichte von 0,5 g/cm³ eine Auflage von maximal 33 cm. Die unterschiedlichen Depositionsmengen können in Abhängigkeit zur Exposition zum Emittenten, zum Rekultivierungsalter und zur Entwicklung der Emissionsraten erklärt werden.

Abbildung 1 zeigt den sehr engen Zusammenhang der MS und des Eisens in den beprobten Humusauflagen. In der Humusaufgabe korrelieren ebenfalls sehr eng Ca und Cd Mengen mit den ermittelten Staub-Depositionen (Abb. 2 und 3).

In Abbildung 4 ist in einem Streudiagramm die Wirkung der Staub-Depositionen auf den pH-Wert dargestellt. Solange der Einfluss des Staub-Depositionen gering ist, spiegelt sich die kippsubstratspezifische Spanne des „geogenen“ pH-Wertes von 2,5-7,5 wider. Ab einer Staub-Deposition grösser 50 g/kg liegt der pH-Wert mit einer Ausnahme nicht mehr unter 5,0 und ab Staub-Depositionen grösser 200 g/kg nicht unter 5,6.

Abbildung 5 veranschaulicht die Akkumulation von rezemem Corg (TC-TIC), dieser setzt sich aus biogenem (Streufall) und anthropogen Corg (Staub-Depositionen) zusammen. Jede Untersuchungsfläche wird im Diagramm durch einen Punkt dargestellt. Die geringe Abhängigkeit vom Reaktivierungsalter lässt sich im Einzelfall durch die Exposition der jeweiligen Untersuchungsfläche zum Ermittelten erklären.

Zusammenfassend bzw. ergänzend kann bezüglich der Staub-Depositionen folgendes festgestellt werden:

- sehr hohe Ca und hohe Mg Einträge bewirken pH-Werte von 5-7 und hohe Basensättigungen (>80%) in der Humusaufgabe und im A-Horizont
- hohe C_{org} -Einträge erweiterten das C/N und C/P Verhältnis in der Humusaufgabe und im A-Horizont, insbesondere in den Emissionsspitzen der 60er und 70er Jahre.
- sehr hohe S (10 g/kg), Fe (30g/kg) u. Al Gehalte (20 g/kg) sowie erhöhte elektrische Leitfähigkeiten (20-50 mS/m) in stark staubbeeinflussten Humusaufgaben
- Schwermetalleinträge von bis zu 0,1 g/m² Cd, 5 g/m² Cu, 5 g/m² Pb und 10 g/m² Zn (sehr geringe geogene Schwermetallgehalte in den Kipp-Substraten)
- Bodenphysikalisch können die Staub-Depositionen (fS-gU) durch ein sehr hohes Porenvolumen (70-80 V.%) und sehr hohe nutzbare Feldkapazitäten (30 V.%) charakterisiert werden.
- Die mehrere cm bis dm mächtigen Akkumulationen sind immer sehr stark durchwurzelt.
- Es bildeten sich im Aufbau befindliche Sonderhumusformen mit unterschiedlichen Anteilen an makroskopisch sichtbaren Stäuben, die analytisch mittels *Ferromagnetischem Analysator* quantifiziert werden können.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Kipp-Rohböden wurden nach der Verkipfung, also mit Beginn der Bodenentwicklung durch Staub-Depositionen geprägt. Sie sind ein typischer Bestandteil der mitteldeutschen Braunkohlen-Bergbaufolgelandschaft. Die über Jahrzehnte permanent angefallenen Staub-Depositionen führten zu einer Verbesserung der Nährstoffversorgung, die sich in einem erhöhten Pflanzenwachstum (Baum- und Bodenvegetation) ausdrückt. Die Anreicherung von Schwermetallen wirkte sich offensichtlich nicht nachteilig auf das Pflanzenwachstum aus.

Das bedeutet:

- Ältere Kippen-Waldökosysteme haben einen Stoffhaushalt, der erheblich von Staub-Einträgen begünstigt wurde. Die Nährstoffeinträge führen zu einem höheren Niveau im Stoffkreislauf bzw. -umsatz.
- Neue, zu rekultivierende Kippenareale werden durch verbesserte Filteranlagen voraussichtlich nicht mehr in diesem Masse durch Ca und Mg haltige Staub-Depositionen begünstigt.
Die atmosphärischen Depositionen veränderten sich erheblich nach 1990 in ihrer chemischen Zusammensetzung, so nimmt z.B. das Verhältnis an „Säurebildnem“ zu.

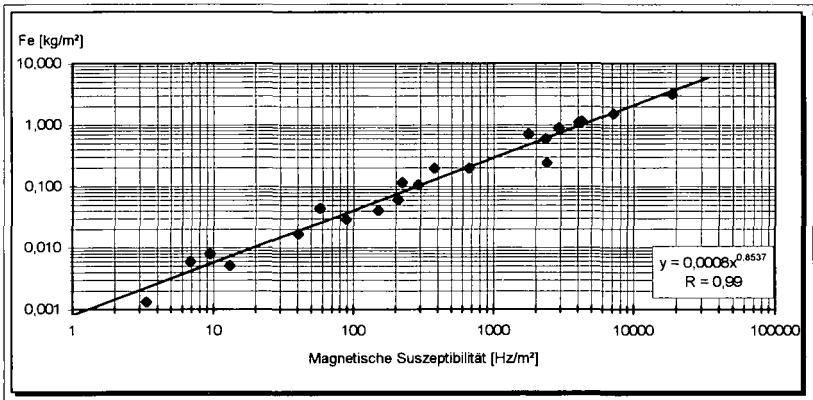


Abb. 1: Magnetische Suszeptibilität und Eisen (Königswasseraufschluss) in der Humusauflage

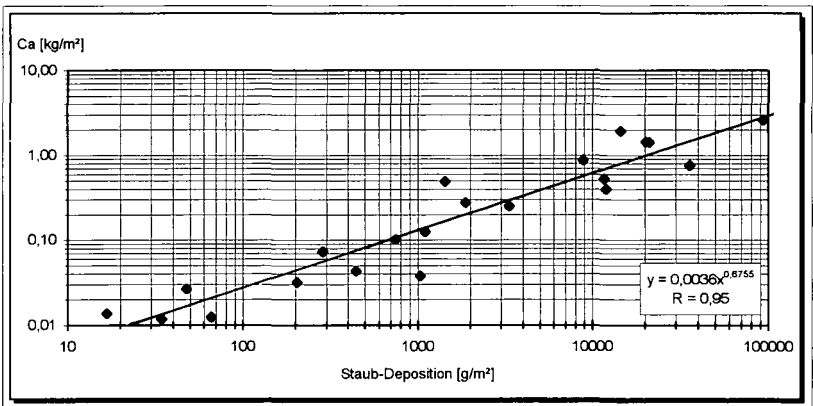


Abb. 2: Staub-Deposition und Ca (Königswasseraufschluss) in der Humusauflage

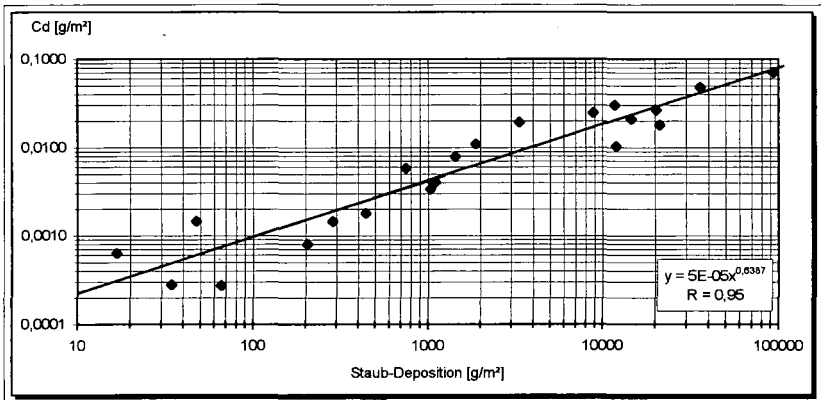


Abb. 3: Staub-Deposition und Cd (Königswasseraufschluss) in der Humusauflage

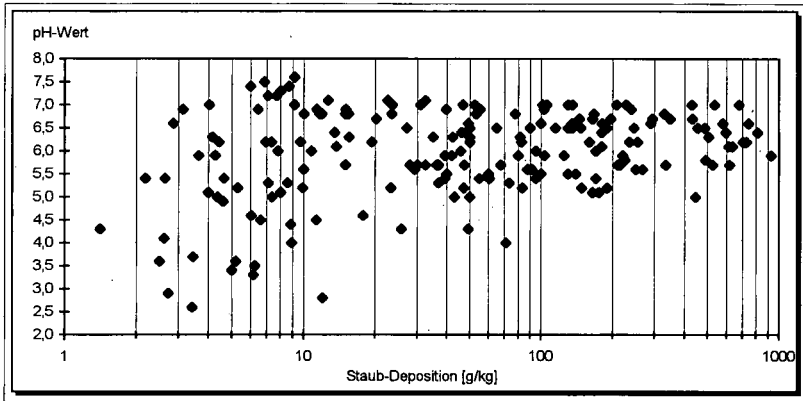


Abb. 4: Beziehung pH-Wert und Staub-Deposition untersuchter Bodenproben

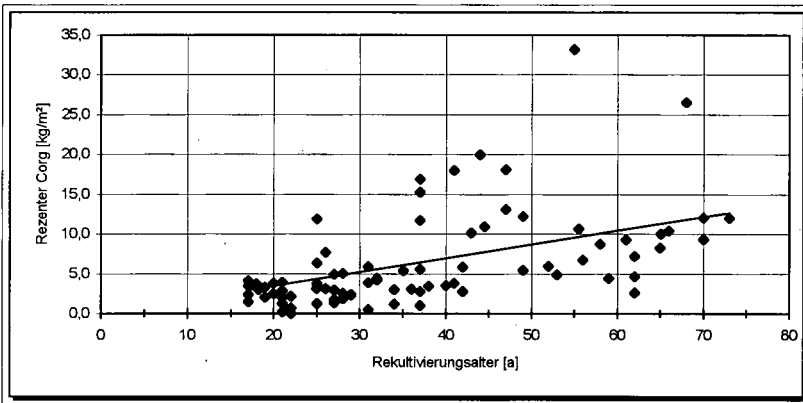


Abb. 5: Rezent akkumulierter Corg und Rekulтивierungsalter der Untersuchungsstandorte

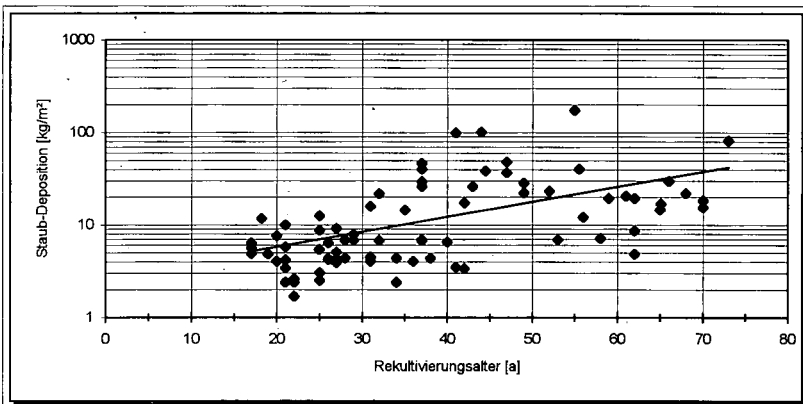


Abb. 6: Staub-Deposition und Rekulтивierungsalter der Untersuchungsstandorte

Skelettgehalte von Böden aus technogenen Substraten

von

BURGHARDT, W.

1 Einleitung

Stadt-, Industrie- und Bergbauböden enthalten häufig größere Mengen Steine, Kies und Grus. Sie weisen damit den Charakter von Gebirgsböden auf. Die Quellen des Skeletts in Stadt-, Industrie- und Bergbauböden sind Substrate technogener Entstehung oder aus technogener Aufbereitung natürlicher Gesteine, z.B. aus Bahn- und Straßenbau oder dem Bergbau. Der folgende Beitrag möchte eine kurze Übersicht über den Gehalt an Skelett von Bodenhorizonten aus technogen entstandenen Substraten geben.

2 Bedeutung des Skelettgehaltes

Einige der Hauptwirkungen des Bodenskeletts enthält Tabelle 1 (siehe auch Burghardt 1993).

Tabelle 1: Wirkung des Bodenskeletts

Hauptwirkungen beruhen auf Verringerung des Feinbodengehaltes, dadurch

- Verringerung der Speichergrößen wie FK, nFK, KAK
- geringere Verdünnung von Stoffeinträgen,
- höhere Konzentrationen von Schad- und Nährelementen
- Verringerung des Fließquerschnittes
- Erhöhung der Perkolations-tiefe, Sickertiefe

Daneben treten weitere zahlreiche Wirkungen, u.a. infolge Veränderung der Porenzusammensetzung, von Schattenbildungen, Erosionsminderungen, Porosität des Skeletts auf.

Die Folgen der verringerten Feinbodenanteile werden z.B. bei der Schadstoffanreicherung und der Verteilung der Konzentrationen der Schadstoffe aus Immissionen sichtbar. Abbildung 1 enthält ein Beispiel aus der Bleideposition. Das durch starke Gehaltsschwankungen gekennzeichnete Tiefenverteilungsmuster der Bleigehalte löst sich in einen Verlauf allmählich abnehmender Bleigehalte auf, wenn die Skelett- bzw. Feinbodengehalte berücksichtigt werden (Burghardt 1996).

Die Kennzeichnung des technogenen Ursprungs des Bodenskeletts hat jedoch auch für die Darstellung der Zusammensetzung des Feinbodens Bedeutung. Ist die Größenordnung des Skelettgehaltes und damit auch des Feinbodengehaltes reiner technogener Substrate bzw. technogener Substratgemenge bekannt, dann kann aus einer Mischung aus Natursubstraten und technogenen Substraten der Anteil technogenen Feinbodens geschätzt werden.

Dies ist insofern von Bedeutung, als der Feinboden technogener Substrate andere Eigenschaften aufweisen kann, als dies bei natürlichen Mineralböden der Fall ist.

In welchem Umfang Mischungen vorliegen können, zeigt Abbildung 2. Die untersuchten ehemaligen Industriestandorte weisen alle Skelettgehalte auf. Bei 65% der Horizonte lagen die Gehalte unter 10% Volumenanteil, was auf Mischungen hinweist.

3 Skelethaltige technogene Substrate in Böden

Einige technogene Substrate bestehen nur aus Feinboden, andere nur aus Skelett. Die flächen- und mengenmäßig dominierenden technologischen Substrate enthalten jedoch Mischungen aus Skelett und Feinboden. Die Mischungen lassen sich auf mehrere Ursachen zurückführen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Typisierung skelethaltiger Substrate

Reine Skelettsubstrate	<ul style="list-style-type: none">- Schotter aus Gesteinsbruch- Schotter aus Schlacken- Gießereischlacken (Kupolofenschlacke)- Schlacken (Aschen) aus der Schmelzfeuerung (z.B. Müllverbrennungsanlagen)
Verwitternde Skelettsubstrate	<ul style="list-style-type: none">- Ziegelgrus- Bergematerial der Steinkohle
Skelettsubstrate mit Feinboden aus Abrieb	<ul style="list-style-type: none">- Gruben- und Steinbruchboden- Schlackewirtschaftsboden (Schlackensand-, Baggerschlackengewinnung)
Skelett-Feinbodengemenge von Monosubstraten	<ul style="list-style-type: none">- Rostaschen- Kesselaschen der Trockenfeuerung- Bahnaschen
Skelett-Feinbodengemenge von Substraten aus Materialgemengen	<ul style="list-style-type: none">- Hochbauschutt aus Ziegelsteinen, Mörtel, Beton etc.- Trümmerschutt (u.a. ganze Ziegel entfernt, sortiert)- Hausmüll, überwiegend Asche, Vegetabilienanteile- Hausmüll aus Küchenabfällen, Papier, Pappe, Kleinteile, Glas, Kunststoffen, Metallen etc.- Schutt-Müllgemenge
Gemenge natürlicher und technogener Substrate / Beimengungen in natürlichen Substraten.	

Felduntersuchungen ergeben, daß Böden auf Aschen zu über 50% Skelettgehalte von 50-75 Gew.% aufweisen (Abbildung 3). Aschen lassen sich u.a. in die Kategorien Kraftwerksaschen, Aschen aus dem Bahnbetrieb, Aschen aus dem Hausbrand und Müllverbrennungsaschen unterteilen.

Müllverbrennungsaschen entstehen aus der Schmelzfeuerung. Die dabei entstehenden Schlacken weisen zu fast 100% Korngrößen von > 2 mm Ø auf. Aschen aus dem Hausbrand bilden den Hauptbestandteil der Müllhalden (Abbildung 3, Müll) vor etwa 1960/1990 in den alten/neuen Bundesländern.

Abbildung 3 zeigt, daß zwischen den einzelnen Aschentypen Unterschiede der Skelettgehalte bestehen. Kraftwerksaschen weisen ein weites Spektrum an Skelettgehalten auf. Es fällt auf, daß Gehalte über 75% Skelett bei Kraftwerksaschen nicht vorliegen. Bei den Aschen der alten Hausmülldeponien treten Skelettgehalte in einem engeren Bereich auf. Fast 75% der erfaßten Bodenhorizonte weisen Gehalte zwischen 50-75% Skelett auf. Bei Bahnaschen, aus denen vor

allein die Begleitwege der Bahnanlagen bestehen, sind die Skelettgehalte häufig über 50%, teils auch über 75% .

Bei etwa 75% der erfaßten Bodenhorizonte aus Hochbauschutt treten Skelettgehalte zwischen 30 und 75 Gew.% auf. Zwischen den Schutttypen bestehen jedoch starke Unterschiede (Abbildung 4). Trümmerschutt hat geringere Skelettgehalte als Schutt aus Siedlungstätigkeiten vorangegangener Jahrhunderte (Historischer Schutt) und als moderner Bauschutt. Weit über 75% Skelettanteile sind bei verwitternden Ziegelsteinlagen aus mörtelarmen Ziegelschutt, z.B von montanindustriellen Bauten anzutreffen.

4 Schlußfolgerungen

In den verschiedenen technogenen Substraten dominieren unterschiedliche Skelettgehalte. Daraus lassen sich den einzelnen technogenen Substraten unterschiedliche, an die Feinbodenmenge gekoppelte Bodeneigenschaften zuordnen. Weiterhin ergibt sich die Möglichkeit, bei Gemengen über die Substrat- und Skelettgehaltsansprache den aus den verschiedenen Substraten stammenden Feinbodenanteil grob abzuschätzen.

Literatur

Burghardt, W.: (1991): Wasserhaushalt von Stadtböden. In H. Schuhmacher und B. Thiesmeier (Hrsg.): Urbane Gewässer, Reihe Ökologie 4, Westarp-Wissenschaften, 395-412.

Burghardt, W. (1993): Böden auf Altstandorten. In Alfred-Wegener-Stiftung (Hrsg.): Die benutzte Erde. Ernst, Berlin 217-229.

Burghardt, W. (1996): Substrate der Bodenbildung in urban, gewerblich und industriell überformten Böden. In: Arbeitskreis Stadtböden der DBG (Hrsg.): Urbaner Bodenschutz, Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York 25-44.

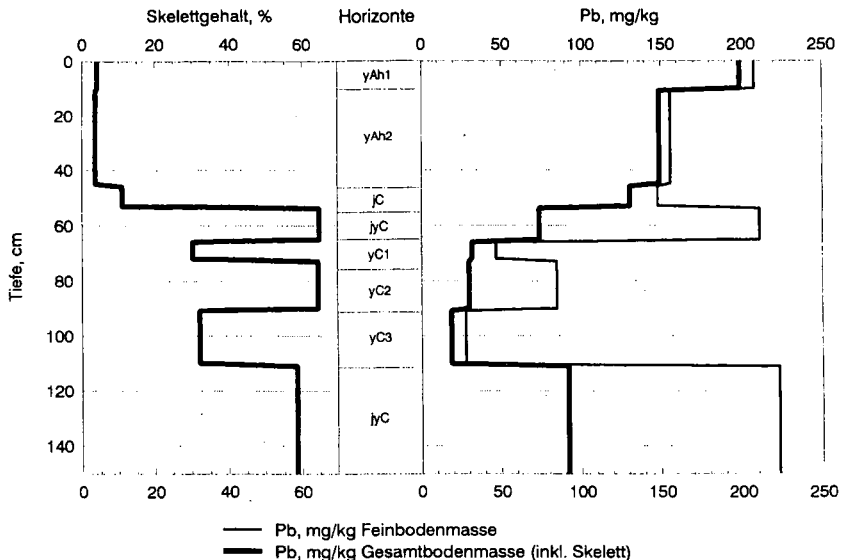


Abbildung 1: Einfluß des Skelettgehaltes auf den Bleigehalt in der Feinbodenmasse eines Kokereibodens (Burghardt 1996)



Fachinformationssystem Bodenschutz - Modul Bodenbewertungssystem (BoBeS)

von

CLEMENS,G.; BARTEL,L.; LEHLE,M.; LENNARTZ,H.; WOLF,D.

Das Bodenschutzgesetz von Baden-Württemberg hat nicht nur die Vermeidung von Gefahren durch Bodenbelastungen zum Ziel sondern will Böden als Lebensgrundlage und Naturgut in seiner Gesamtheit schützen. Das Gesetz fordert die Berücksichtigung der Belange des Bodenschutzes bei Planungen und sieht hierfür die Unterrichtung und Anhörung der Bodenschutzverwaltung vor.

Als Hilfe für den Verwaltungsvollzug zur Bewertung von Planungen und Gestattungsverfahren wurde vom Umweltministerium Baden-Württemberg ein Leitfaden entwickelt, nach dem Böden danach beurteilt werden, in welchem Maße sie in der Lage sind, ihre verschiedenen Funktionen im Naturkreislauf zu erfüllen [1]

Um die zum Teil aufwendige Ableitung von bewertungsrelevanten Bodenkennwerten aus Bodenprofilaufnahmen zu vereinfachen, und um die Auswertung von Bodenkarten des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg zu ermöglichen, wurde an der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg ein PC-gestütztes Programm entwickelt.

Bodenfunktionen und Bewertungskriterien

Die Ableitung der Leistungsfähigkeit von Böden erfolgt ohne Berücksichtigung der aktuellen Nutzung, d. h. Böden und ihre Funktionen werden hinsichtlich ihrer potentiellen Leistungsfähigkeit beschrieben. Bisher sind Bewertungen der Böden in folgenden Funktionen möglich:

- Standort für natürliche Vegetation

Für die Bewertung herangezogen wird die „Bodenkundliche Feuchtestufe“ (modifiziert nach [2, 3]) zur Charakterisierung des Wasser- und Lufthaushaltes und zur Charakterisierung des Nährstoffhaushaltes die Menge an austauschbar gebundenen basisch wirkenden Kationen.

Böden, in denen einer oder beide Merkmale Extreme aufweisen, werden als leistungsfähig in ihrer Funktion als „Standorte für die natürliche Vegetation“ betrachtet.

- Standort für Kulturpflanzen

Die Leistungsfähigkeit eines Bodens/Standortes als "Standort für Kulturpflanzen" wird durch die natürliche Ertragsfähigkeit bestimmt. Eine hohe potentielle Ertragsfähigkeit wird demnach als hohe Leistungsfähigkeit bewertet.

Da beim heutigen Stand der land- (und forst-) wirtschaftlichen Bodennutzung die Nährstoffnachlieferung aus dem Boden keine ausschlaggebende Rolle mehr spielt, wird die Leistungsfähigkeit aus der Bewertung des Wasser- und Lufthaushalts (Bodenkundliche Feuchtestufe[n]) abgeleitet. Bei ungünstiger Jahresdurchschnittstemperatur, Hangneigung oder hohem Steingehalt im

¹ Windhalmweg 3, 70599 Stuttgart, ² Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Griesbachstr. 1, 76185 Karlsruhe

Oberboden werden Abschläge bei der Leistungsfähigkeit vorgenommen. Unterschiedliche Ansprüche bestimmter Nutzungen (Acker, Grünland, Wald) oder bestimmter Kulturarten werden nicht berücksichtigt.

- **Ausgleichskörper im Wasserkreislauf**

Um Böden als größten Wasserspeicher in der Fläche zu schützen und zu bewahren, wird ihre abflußverzögernde Wirkung bewertet.

Als Bewertungskriterien werden die Wasserdurchlässigkeit im Profil und das Speichervermögen herangezogen. Bei großen Hangneigungen (>18%) erfolgt wegen erhöhtem Oberflächenabfluß ein Abschlag; in abflußträgen Lagen wird zusätzlich zur nutzbaren Feldkapazität die Luftkapazität als kurzfristiger Wasserspeicher berücksichtigt. Eine hohe Speicherleistung des Untergrundes z.B. bei Porengrundwasserleitern oder porösem Ausgangsgestein kann qualitativ berücksichtigt werden. Unterschiedliche klimatische Verhältnisse werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt. Eine vergleichende Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Böden für diese Funktion ist deshalb nur innerhalb ähnlicher klimatischer Verhältnisse zulässig.

- **Filter und Puffer für organische und anorganische Schadstoffe sowie Säuren**

Für die Bewertung werden Humus- und Tonmengen der Böden herangezogen sowie bei anorganischen Schadstoffen der über die Feinbodenmenge der Horizonte gewichtete pH-Wert, bei organischen Schadstoffen das aus der Humusform abgeleitete mikrobielle Abbauvermögen und bei Säuren der gewichtete pH-Wert und das Vorhandensein von Carbonaten.

Größere Humus- und Tonmengen sowie höhere pH-Werte bzw. ein höheres mikrobielles Abbauvermögen führen jeweils zu einer besseren Einstufung der Leistungsfähigkeit. Dies bedeutet auch, daß bei anorganischen Schadstoffen nur solche Schadstoffe charakterisiert werden, deren Mobilität mit abnehmendem pH-Wert zunimmt.

Eine Bewertung der im Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg verankerten Funktionen "Lebensraum für Bodenorganismen" und "Landschaftsgeschichtliche Urkunde" ist derzeit noch nicht möglich, weil die Datengrundlage nicht ausreichend ist.

Datengrundlage

Die Bewertungen berücksichtigt die im Land verfügbare Datengrundlage. Auswertungen sind auf der folgenden Datengrundlage möglich:

- Bodenschätzungskarten der Finanzbehörden (1:5000 bzw. 1:2500) und des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg (1:10 000)
- Bodenkarten des Geologischen Landesamtes (Bodenübersichtskarten 1:200 000, Bodenkarte 1:25000)
- Bodenkartierungen (Profilaufnahmen)

Ergänzend werden Daten zum Klima und zur Topographie benötigt. Für die Auswertung von Bodenkarten werden die erforderlichen Boden-Kennwerte vom GLA berechnet und über eine Schnittstelle in das Programm eingelesen.

Verfahrensschritte

Das Bewertungsverfahren gliedert sich in folgende Abschnitte:

- Dateneingabe
- Ableitung oder Berechnung von Kennwerten
- Bewertung
- Datenausgabe

Eingangsdaten

Zu unterscheiden sind:

a) Angaben zum jeweiligen Vorhaben, für das die Auswertungen durchgeführt werden. Diese Daten sind unabhängig von der Methode, die bei der Bewertung eingesetzt wird.

b) Methodenspezifische Daten

- Verwendung von Bodenschätzkarten

Die kleinsten Einheit eines zu bearbeitenden Objekts (Standort genannt) ist der Klassenabschnitt, der indentifiziert wird durch eine frei zu vergebende Standort-Nummer. Alternativ kann ein Standort über Karten-Nr. / Gemarkung / Tagesabschnitt / Klassenfläche-Nr. / Klassenabschnitt-Zeichen identifiziert werden.

Für die Bewertung sind folgende Daten anzugeben:

- Acker- / Grünlandzahl
- Klassenzeichen
- sonstige Angaben (Sondersignaturen, Hangneigung, Vorhandensein von Porengrundwasserleiter etc.)

Bei der Verwendung von Bodenschätzkarten 1:10 000 des GLA's werden für die Funktion "Standort für natürliche Vegetation" und "Standort für Kulturpflanzen statt der (nicht angegebenen) Acker- bzw. Grünlandzahl die Boden- bzw. Grünlandgrundzahl aus dem Klassenzeichen abgeleitet.

- Verwendung von Bodenkarten

Die kleinste Einheit eines zu bearbeitenden Objekts ist hier die "Bodengenetische Einheit" oder "Bodenformgruppe" einer Kartiereinheit der Karte. Sie wird durch die Angabe der Kartennummer und der Nummer der Kartiereinheiten, der Bodenformgruppen und Bodengenetischen Einheiten identifiziert.

Die Angaben, die für die Bewertung erforderlich sind, unterscheiden sich in solche, die vom Bearbeiter/der Bearbeiterin einzugeben sind (Angaben zur topographischen und klimatischen Lage des Standorts) und in solche, die vom Geologischen Landesamt aus den Daten zu den entsprechenden Standorten berechnet werden und über eine Schnittstelle in das System eingelesen werde (nFK, LK, mikrobielle Aktivität etc.).

- Bearbeiten von Profilaufnahmen

Das Profil als kleinste Einheit eines zu bearbeitenden Objekts ist zu identifizieren durch die Angabe der Nummer der Topographischen Karte und des Hoch-/Rechtswertes.

Für die Bewertung werden Daten von einem Profilaufnahmeformular übertragen.

Ableitung und Berechnung von Kennwerten

Bei der Bewertung auf der Grundlage von Bodenkartierung oder Bodenkarten ist eine umfangreiche Datenverarbeitung erforderlich. Die Verarbeitung besteht darin, daß **Eigenschaften** und **Kennwerte** der Böden

- den allgemeinen Angaben zum Standort, zum Bodenprofil oder zum Bodenhorizont direkt zugewiesen werden (z. B. Ableitung der "Bodenkundlichen Feuchtestufe-Frühjahrszahl" von Stauwasserböden aus der Bezeichnung des Bodentyps [2], Bodenarten werden mittlere Tongehalte zugewiesen),
- aus der Kombination von allgemeinen Angaben und direkt zugewiesenen Eigenschaften in hierarchischer Weise abgeleitet werden (z.B. Korrektur des Klimabereichs aufgrund der Hangneigung und Exposition) und
- durch die Kombination von Horizontangaben mit direkt zugewiesenen Eigenschaften berechnet werden (z.B. Tonmenge eines Horizonts aus Tongehalt und Feinbodenmenge).

Kenngrößen, die letztendlich für die Bewertung erforderlichen sind, werden als Zielparameter bezeichnet.

Bei der Bewertung auf der Grundlage von Profilaufnahmen werden Zwischenergebnisse angezeigt, wie z.B. Feinbodenmenge, Tongehalte, Wasserleitfähigkeit von Horizonten; bei der Verwendung von Bodenkarten werden die durch das GLA berechneten Daten auf dem Schirm sichtbar gemacht.

Bei der Verwendung von Bodenschätzkarten gehen die Eingabedaten direkt bzw. nach direkter Zuweisung in die Bewertung ein.

Bewertungsmodul

Bei der Bewertung von Böden greift das System auf Eingabedaten und Zielparameter zurück und ermittelt für die 4 Bodenfunktionen numerische Bewertungsklassen (1-5). Dabei hat das System neben Eingabedaten und Zielparameter eine Vielzahl von Besonderheiten und Ausnahmeregeln zu berücksichtigen.

Datenausgabe

Die Datenausgabe erfolgt in der Form eines Reports. Es sind 3 unterschiedlich ausführliche Niveaus zu unterscheiden:

1. Ausgabe der Bewertungsergebnisse eines Standorts mit der Begründung des Ergebnisses (stichwortartig, z.B. nFK und Menge austauschbar gebundener basischer Kationen bei Funktion "Standort für natürliche Vegetation) und der Standortkennung.
2. Ausgabe der Bewertungsergebnisse eines Standorts mit der Begründung des Ergebnisses (stichwortartig), der Standortkennung und den Eingabedaten (z.B. Profilaufnahme), die eine Neubewertung ermöglichen.
3. Ausgabe der Bewertungsergebnisse aller Standorte eines Objekts (ohne Begründung).

Die Übergabe der Daten erfolgt auf Diskette oder gedruckt. Das Ausgabeformat gewährleistet eine weitere Verarbeitung mit Microsoft Standard - Software (Win-Word).

DV-technische Rahmenbedingungen

Zielgruppe für das System sind Planer, Gutachter und Verfahrensträger sowie die an verschiedenen Planungs- und Gestattungsverfahren beteiligten Behörden (Bodenschutz).

Das Programm wurde auf der Grundlage der „SQL-Base“ Datenbank und mit dem "Centura" Entwicklungstool der Firma Gupta entwickelt und ist Bestandteil des „Fachinformationssystem Bodenschutz (FIS-Bo)“ von Baden-Württemberg.

Vorraussetzung für Einsatz des Programms sind das Betriebssystem "Win95" oder "Windows NT" und die SQL-Datenbank.

Literatur:

- [1] **Umweltministerium Baden-Württemberg (1995):** Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit, Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. Schriftenreihe: Luft, Boden, Wasser, Heft 31.
- [2] **Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB) (1992):** Dokumentation zur Methodenbank des Fachinformationssystems Bodenkunde, Technische Berichte zum NIBIS. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- [3] **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (1994):** Methodendokumentation Bodenkunde. Geologisches Jahrbuch, Reihe F (31). Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Zur kleinmaßstäbigen pedoregionalen Repräsentanz von Hintergrundwerten

von

DÜWEL, O.; UTERMANN, J.; HARTWICH, R.

1 Problemstellung und Zielsetzung

Vor dem Hintergrund einer einheitlichen Bodenschutzgesetzgebung in Deutschland werden länderübergreifend verfügbare, punktbezogene Datenquellen zusammengetragen, um sie im Hinblick auf die Hintergrundbelastung auszuwerten. Die näherungsweise Übertragung von Punktinformationen in die Fläche und damit ihre bundesweite Aussagefähigkeit setzt voraus, daß die beprobten Standorte eine maßstabsabhängig hinreichende Repräsentanz unter Substrat- und Nutzungsaspekten aufweisen.

Da ein geostatistischer Ansatz zur Prüfung der Repräsentativität von Profilen zur Ableitung von Hintergrundwerten aus Gründen der erforderlichen Datendichte mit dem derzeitigen Datenbestand nicht anwendbar erscheint (vgl. UTERMANN ET AL. 1996), wird ein möglicher Ansatz zur Prüfung der pedoregionalen Repräsentanz von Punktdaten im bundesweiten Maßstab (1:1 Mio.) vorgestellt. Diese Repräsentanzanalyse hat primär flächenbezogene Aussagen zum Ziel, bei der kleinräumige Differenzierungen von Hintergrundwerten maßstabsbedingt nur begrenzt möglich sind. Der vor allem unter methodischen Gesichtspunkten dargestellte Ansatz läßt zudem eine Unterscheidung nach Bodennutzungen vorerst außer Acht. Der methodische Aspekt der dargestellten Betrachtungen bleibt davon jedoch unberührt.

2 Vorgehensweise

Da die Ableitung von Hintergrundwerten in erster Priorität eine Differenzierung nach Ausgangsmaterial der Bodenbildung voraussetzt (vgl. LABO 1995), wird der Flächenbezug über eine kleinmaßstäbige Karte der Bodenausgangsgesteine im Maßstab 1:1 Mio. (**BAG 1000**) hergestellt. Diese Karte wurde für das Gebiet der BRD auf der Grundlage der Bodenübersichtskarte 1:1 Mio (**BÜK 1000**) (HARTWICH ET AL. 1994), deren insgesamt 72 Legendeneinheiten (**LE**) die notwendigen Informationen zum Ausgangsmaterial der Bodenbildung enthalten, entwickelt. Aus den 72 LE der BÜK 1000 wurden 15 Gruppen der Bodenausgangsgesteine gebildet, die sich hinsichtlich Hierarchisierung der Parameter an den von der LABO (1995) vorgeschlagenen Bodenausgangsmaterialien orientieren. Als Kopplungselemente beim Transfer vom Punkt in die Fläche stehen daneben Informationen zu den flächenhaft dominierenden Bodenarten zur Verfügung.

Die Vorgehensweise zeigt das Fließschema in **Abbildung 1**. Der Auswertungsalgorithmus basiert einerseits auf den Flächeninformationen der BAG 1000 (linke Seite des Fließdiagramms) und andererseits auf Informationen zu 1812 Oberböden von Profilen zur Ableitung von Hintergrundwerten (HINDEL & FLEIGE 1991; BACHMANN ET AL. 1994; HINDEL ET AL. 1995; HINDEL ET AL. 1997) (rechte Seite des Fließdiagramms).

* Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover

** Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Außenstelle Berlin, Wilhelmstr. 25-30, 13539 Berlin

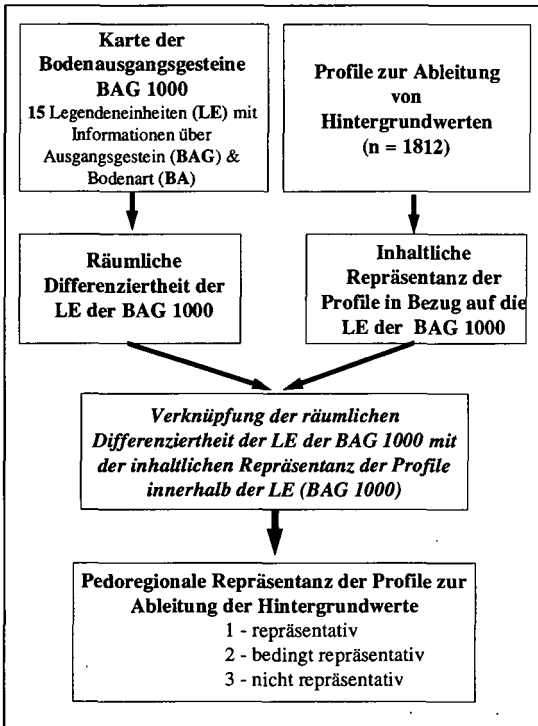


Abb.1: Vorgehensweise der pedoregionalen Repräsentanzanalyse von Bodenprofilen zur Ableitung von Hintergrundwerten

2.1 Bewertung räumlicher Differenziertheit der Legendeneinheiten der BAG 1000

Da mit zunehmender Zergliederung und Verteilung der LE über das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland die für eine hinreichende Repräsentanz erforderliche Anzahl an Profilen steigen muß, werden in einem ersten Schritt die LE der BAG 1000 im Hinblick auf ihre **räumliche Differenziertheit** im Sinne von räumlicher Aufgliederung nach den folgenden zwei Kriterien bewertet:

- **räumliche Verbreitung der LE** über das Bundesgebiet (Arc/Info-Flächenmaß)
- **Gesamtfläche der LE**

Die räumliche Differenziertheit (RD) der LE ergibt sich als Quotient aus **der räumlichen Verbreitung der LE [km²]** und **der Gesamtfläche der LE [km²]**. Die Bewertung stellt damit ein relatives Maß dar, dessen Gültigkeit auf das analysierte Kartenwerk bei gegebenem Maßstab und inhaltlicher Differenziertheit begrenzt ist.

Die ermittelten RD-Werte der 15 LE der BAG 1000 werden in drei Bewertungsklassen mit den 33. und 66. Perzentilen der Summenhäufigkeitsverteilung als Klassengrenzen aufgeteilt:

BW.-Kl. 1 ⇒ geringe, BW.-Kl. 2 ⇒ mittlere, BW.-Kl. 3 ⇒ hohe räumliche Differenziertheit.

2.2 Bewertung inhaltlicher Repräsentanz von Legendeneinheiten der BAG 1000

Auf der rechten Seite des Fließdiagramms (**Abb. 1**) wird geprüft, inwieweit die Profile jene Flächen (LE) der BAG 1000 **inhaltlich** repräsentieren, in denen sie unter ihrem konkreten Koordinatenbezug (Hoch- und Rechtswerte) liegen. Hierzu werden unter Rückgriff auf die Legendenein-

halte der BÜK 1000 den einzelnen LE der BAG 1000 Bodenartengruppen nach KA4 entsprechend ihrem flächenhaften Auftreten innerhalb der jeweiligen LE zugewiesen.

Durch den Vergleich lassen sich den Profilen jeweils eines der folgenden drei Attribute zuweisen:

- „BAG+BA“ \Rightarrow Profil entspricht Bodenausgangsgestein (BAG) und einer der in der LE der BAG 1000 vorkommenden Bodenarten (BA)
- „BAG“ \Rightarrow Profil entspricht nur Bodenausgangsgestein (BAG) der LE der BAG 1000
- „weder BAG noch BA“ \Rightarrow Profil entspricht weder Bodenausgangsgestein (BAG) noch Bodenart (BA) der LE der BAG 1000

Für die Bewertung der inhaltlichen Repräsentanz der LE wird weiterhin auf der Grundlage eines Mindeststichprobenumfangs (in erster Näherung $n \geq 20$ (vgl. LABO 1995)) ein **Verteilungsindex** (distribution index, **DI**) berechnet, der ein relatives Maß für die Verteilung der Probenahmepunkte in einer LE der BAG 1000 entsprechend der räumlichen Dominanz von Bodenartengruppen darstellt. Der DI kann Werte zwischen null und eins annehmen. Er erreicht den Wert eins, wenn jede Bodenartengruppe einer LE mit der flächenanteiligen Mindestanzahl (1-20) getroffen wird. Bezogen auf die LE der BAG 1000 werden zur Bewertung der inhaltlichen Repräsentanz der Profile die folgenden vier Bewertungsklassen gebildet:

- *BW.-Kl. 1* \Rightarrow hohe inhaltliche Repräsentanz (BAG+BA ($n \geq 20$), Verteilungsindex $\geq 0,75$)
- *BW.-Kl. 2* \Rightarrow mittlere inhaltliche Repräsentanz (BAG+BA ($n \geq 20$), Verteilungsindex $\geq 0,5$ und $< 0,75$)
- *BW.-Kl. 3* \Rightarrow geringe inhaltliche Repräsentanz (BAG+BA ($n \geq 20$), Verteilungsindex $< 0,5$)
- *BW.-Kl. 4* \Rightarrow sehr geringe inhaltliche Repräsentanz (alle anderen Fälle mit $n \leq 20$).

3 Ergebnis: Bewertung der pedoregionalen Repräsentanz

Das Ergebnis der Bewertung der räumlichen Differenziertheit zeigt, daß dem überwiegenden Flächenanteil der Bundesrepublik eine geringe bis mittlere räumliche Differenziertheit zuzuweisen ist (zusammen ca. 75 %). Räumlich stark differenziert (BW.-Kl. 3) sind dabei definitionsgemäß jene Legendeneinheiten, die zu geringen Flächenanteilen über eine größere Teilfläche der Bundesrepublik verteilt auftreten (z.B. Auenböden, Sandsteine, basische Magmatiten und Metamorphite oder Moore). Vergleichsweise kompakt auftretenden Bodenausgangsgesteinen (z.B. Löss) wird hingegen eine geringe räumliche Differenziertheit zugewiesen.

Im Ergebnis der Bewertung der inhaltlichen Repräsentanz wird der überwiegende Teil der LE (80%) den Klassen 1 bis 3 zugeordnet, d.h. auf diesen Flächen liegen jeweils für mindestens 20 Standorte mit den LE'n der BAG 1000 korrespondierende Informationen zu Ausgangsmaterial der Bodenbildung und Bodenartengruppe im Oberboden vor. Die LE'n der Bewertungsklasse 1 (hoch repräsentativ) repräsentieren mehr als die Hälfte (55 %) der Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland.

Die eigentliche Zielgröße der durchgeführten Repräsentanzanalyse ist die pedoregionale Repräsentanz der Profile zur Ableitung von Hintergrundwerten im Vergleich zur BAG 1000. Diese wird durch Verschneidung der Bewertungsergebnisse zur räumlichen Differenziertheit der LE der BAG 1000 und der inhaltlichen Repräsentanz der Profile nach LE d. BAG 1000 ermittelt (vgl. **Abb. 1**). Die jeder LE für beide Teilaspekte der Repräsentanzbetrachtung zugewiesenen, ordinal skalierten Bewertungsklassen werden hierzu entsprechend einer Verknüpfungsmatrix gemittelt und die **pedoregionale Repräsentanz der Hintergrundwerte** mit den folgenden Bewertungsklassen ausgewiesen:

- *BW.-Kl. 1* \Rightarrow hoch (repräsentativ),
- *BW.-Kl. 2* \Rightarrow mittel (bedingt repräsentativ),
- *BW.-Kl. 3* \Rightarrow gering (unzureichend repräsentativ)

Tabelle 1 zeigt das Ergebnis der bundesweiten pedoregionalen Repräsentanzbetrachtung.

Tab. 1: Pedoregionale Repräsentanz der Profile zur Ableitung von Hintergrundwerten

Pedoregionale Repräsentanz	Anzahl der LE der BAG 1000	Flächenanteil an der BAG 1000 [%]
<i>BW.-Kl. 1:</i> „repräsentativ“	4	56,1
<i>BW.-Kl. 2:</i> „bedingt repräsentativ“	1	9,2
<i>BW.-Kl. 3:</i> „nicht repräsentativ“	10	34,7

4 Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Ohne eine weitere Nutzungsdifferenzierung werden auf Grundlage des entwickelten Bewertungsverfahrens durch die 1812 Probenahmestandorte von den insgesamt 15 LE der BAG 1000 4 LE gut, 1 LE bedingt und 10 LE unzureichend repräsentiert. Die hinreichend repräsentierten fünf LE (Sande, Lössle, Carbonatgesteine, Tongesteine und Sandsteine) decken dabei insgesamt mehr als 65 % der Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland ab.

Zur Verbesserung der pedoregionalen Repräsentanz sind vor allem LE hoher räumlicher Differenziertheit stärker regionalisiert zu betrachten. Außerdem ist die Ableitung von Hintergrundwerten erst unter einer nutzungsdifferenzierten Auswertung sinnvoll. Regionalisierung und Nutzungsdifferenzierung bedingen jedoch einen erhöhten Datenbedarf zur element- und substratspezifischen Beurteilung.

5 Literatur

- BACHMANN, S., STOLZ, W., KANTOR, W. & G. KUHN (1994): Begleitstudie zur bundesweiten Bodenzustandserhebung im Walde, UBA Texte 6/94, Umweltbundesamt Berlin
- HARTWICH, R., BEHRENS, J., ECKELMANN, W., HAASE, G., RICHTER, A., ROESCHMANN, G. & R. SCHMIDT (1994): Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000.- Erläuterungen, Textlegende und Leitprofil - BGR, Hannover
- HINDEL, R. & H. FLEIGE (1991): Schwermetalle in Böden der Bundesrepublik Deutschland - geogene und anthropogene Anteile.- UBA Texte 10/91, Umweltbundesamt Berlin
- HINDEL, R., FLEIGE, H., BECKER-GREtenKORD, B., BOMBEN, H., GEHRT, E., HEISLER, J., MOLDENHAUER, K.M., SCHÖN, J. & E. WEIDNER (1995): Kennzeichnung der Empfindlichkeit der Böden gegenüber Schwermetallen unter Berücksichtigung von lithogenem Grundgehalt, pedogener An- und Abreicherung sowie anthropogener Zusatzbelastung (Teil II); Endbericht Arbeitsblock IV/2: Kartiertechnisches Konzept zur flächenhaften Erfassung von Schwermetallgehalten in Böden.- UBA Forschungsbericht 107 01 001/02
- HINDEL, R., GEHRT, E., KANTOR, W. & E. WEIDNER (1997): Geogene Grundgehalte von Schwermetallen und Metalloiden in Böden der Bundesrepublik Deutschland.- In Vorbereitung
- LABO (1995): Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (Heft 4): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden.- Bayr. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.)
- UTERMANN, J., ADLER, G., DÜWEL, O., HARTWICH, R. & R. HINDEL (1996): On the pedo-regional representativeness of site-specific data referring to small scale soil maps.- Proc. EU Workshop 'Land - Information Systems - Developments for planning the sustainable use of land resources', Hannover, zum Druck eingereicht

Das vorgestellte Verfahren wurde im Rahmen eines vom Umweltbundesamt finanzierten F&E Vorhabens erarbeitet.

**Bereitstellung von Bodeninformationen im Rahmen von Planungsverfahren. -
Berücksichtigung von Bodenschutzbelangen bei Agrarstrukturplanungen unter
Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS)**

von

ERDMANN, K.; MÜLLER, U., OELKERS, K.-H.

1. Einleitung

Die Erkenntnis und Akzeptanz der zentralen Stellung des Bodens und seiner Funktionen im Landschaftshaushalt fand ihren Niederschlag in Bodenschutzkonzepten und Bodenschutzprogrammen, die teilweise in Bodenschutzgesetzen mündeten (z.B. Sachsen, EBBoschG). Die Umsetzung der damit gestiegenen Anforderungen wird die Komplexität der Planungsabläufe und Entscheidungsprozesse vergrößern. So werden einerseits umfassende und differenzierte bodenkundliche Grundlageninformationen benötigt. Andererseits werden die hierfür zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel einer immer stärker werdenden Restriktion unterworfen. Soll daher die Qualität bodenkundlicher Entscheidungsgrundlagen nicht hinter den gestiegenen Anforderungen zurückbleiben, ist eine verbesserte Nutzung verfügbarer Informationsquellen sowie eine Konkretisierung und Abstimmung bodenkundlicher Fachbeiträge in den unterschiedlichen Planungsverfahren und Planungsebenen erforderlich.

2. Koordination bodenkundlicher Fachbeiträge in Planungsverfahren

In der Regel erfolgt die Aufstellung der Fachplanungen länderspezifisch. Dabei ist insbesondere die Ausgestaltung hinsichtlich des Bodenschutzes in den fachlichen Instrumenten länderspezifisch geregelt. Für die jeweiligen Planungsverfahren werden auf Landesebene im wesentlichen auf drei Planungsebenen (Tab. 1) bodenkundliche Informationen benötigt. Hierbei ist im wesentlichen die Darstellung bodenkundlicher Grundlagedaten und die Bewertung von Potentialen und Empfindlichkeiten hinsichtlich stofflicher Belastbarkeit, Substanz- und Strukturbeeinträchtigung, Bewirtschaftung und allgemeiner Standortbewertungen gefragt [4, 6]. Bei der Berücksichtigung der Belange des Bodenschutzes im Rahmen von Planungsprozessen zeigen sich Defizite in der Erfassung des Schutzgutes Boden als geoökologischer und agrarwirtschaftlicher Standortfaktor sowie in der Bewertung seiner Funktionen, Potentiale und Empfindlichkeiten. Im Vergleich zu anderen Schutzgütern fehlen oftmals abgestimmte und akzeptierte Vorgehensweisen und Bewertungskriterien zur Berücksichtigung der Belange des Bodens bei der Erfassung und Bewertung der Funktionen und Werte des Naturhaushaltes sowie der darauf aufbauenden planerischen Gesamtbeurteilungen der Fachplanungen. Die ressortübergreifende Bearbeitung der Planungsverfahren und die daraus folgenden unterschiedlichen fachlichen Aspekte sowie die Einbringung in eine räumliche Gesamtplanung erfordern eine Konkretisierung bodenkundlicher Anforderungskataloge. Dabei sollten die Verfahrensweisen und

* Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB), Stilleweg 2, 30655 Hannover
email: KLAUS.ERDMANN@BGR.DE

Inhalte der bodenkundlichen Fachbeiträge bei wiederkehrender Fragestellung exemplarisch dokumentiert werden. So soll eine gleichgerichtete Nachvollziehbarkeit und Vergleichbarkeit in den Planungsverfahren gewährleistet werden. Abgestimmte Vorgehensweisen und Mehrfachnutzung bereits vorliegender bodenkundlich relevanter Informationen mittels Bodeninformationssystemen können den zeitlichen und finanziellen Planungsaufwand deutlich senken [4].

3. Agrarstrukturplanung

Im Rahmen der landwirtschaftlichen Fachplanung stellt die Agrarstrukturplanung eine eigenständige Fachplanung dar (Tab. 1). Neben der Agrarstrukturplanung stehen die landwirtschaftlichen Fachgutachten als Beiträge für die Landschafts- u. Raumplanung sowie für Einzelberatungen.

Ebenen und Instrumente der Agrarstrukturplanung		
Flurbereinigungsprogramm	Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung	Flurbereinigung
festlegen von:	aufzeigen von:	durchführen von:
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Zielen und Schwerpunkten der Flurbereinigung ◆ landesweite Maßnahmenplanung 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Konfliktbereichen ◆ Entwicklungsmöglichkeiten ◆ Entscheidungsbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Verbesserung der Agrarstruktur u. Förderung der allgemeinen Landeskultur und Landentwicklung
<i>obere Planungsebene</i>	<i>mittlere Planungsebene</i>	<i>untere Planungsebene</i>

Tab. 1: Agrarstrukturplanung als eigenständige landwirtschaftliche Fachplanung

Die Agrarstrukturplanung muß neben betriebswirtschaftlichen auch standörtliche Belange berücksichtigen. Hierfür werden in Form eines bodenkundlichen Fachbeitrages Bodeninformationen benötigt. Erst eine breite, zuverlässige Informationsgrundlage ermöglicht bodenbezogene Entscheidungsgrundlagen für Managemententscheidungen, die einem vorsorgenden Bodenschutz dienen.

Gesetzliche Rahmenbedingungen und Planungsinstrumente - Agrarstrukturplanung -	Planungsebenen, Maßstabbereiche und Datenbasis	Themenschwerpunkte für bodenkundliche Auswertungen	Bsp. f. d. Bereitstellung einzelner Auswertungsmethoden (NIBIS)
<i>Gesetz ü. d. Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung d. Agrarstruktur u. d. Küstenschutzes; FlurbG; ROG; UVPG; BNatSchG; NNatG; u.a. Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung (AEP)</i>	mittlere: 1:50.000 / 1:25.000 BÜK50 BK25 GK25	Stoffliche Belastungen ▶	Organika, Schwermetalle, Nitratauswaschung
<i>FlurbG; „Leitlinie Naturschutz“; NNatG; UVPG; u.a.</i>	untere: 1:10.000 / 1:5.000	Substanz- u. Strukturbeeinträchtigungen ▶	Erosion, Verschlämmung, Verdichtung
Flurbereinigungsverfahren (insbes. Plan nach §41 FlurbG)	Bodenschätzung (i.M. 1:5.000)	Standortbewertung ▶	Sickerwasserrate, Ertragspotential, Biotopentwicklungspotential
		Bewirtschaftung ▶	Beregnung, Bearbeitung

Tab. 2: Der Bedarf bodenkundlicher Planungsgrundlagen für den Aufgabenbereich der Agrarstrukturplanung (Quelle: Zusammengestellt nach 2, 5)

Hierfür sind detaillierte und flächendeckende Informationen über die Belastbarkeit und Belastungen von Böden erforderlich sowie Modelle, mit denen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen prognostiziert werden können. Dies ist nur über eine Auswertung digitaler Daten im Rahmen von Bodeninformationssystemen möglich. Die Nutzungsmöglichkeiten der Informationsgrundlagen des NIBIS für bodenkundliche Fachbeiträge bei Agrarstrukturplanungen ergeben sich aus den gesetzlichen Zielvorgaben und deren Einordnung in die jeweilige Planungsebene. Für die Maßnahmen der Flurbereinigung ist die Notwendigkeit bodenkund-

licher Fachbeiträge auf der mittleren und besonders der unteren Planungsebene gegeben (siehe Tab. 2). Hieraus lassen sich auch die Themen der benötigten Auswertungsmethoden und die für die Fragestellung notwendige Datenbasis ableiten.

4. Fallbeispiel Flurbereinigungsverfahren

Die Flurbereinigung als das Planungsinstrument des ländlichen Raumes muß die räumlichen und standörtlichen Schutzgutausprägungen erfassen und auf dieser Grundlage regional differenzierte Entwicklungsziele definieren.

Eine Bewertung des Schutzgutes Boden auf der Grundlage von Bodenschätzungsdaten als Basisinformation wurde beispielhaft für den Planungsprozeß der Flurbereinigung durchgeführt. Über den Daten- und Methodenbestand des NIBIS wurden die naturräumlichen Voraussetzungen (boden- u. ertragskundliche Eigenschaften, Stoffflüsse u. a.) für eine ressourcenschonende Landnutzungsplanung anhand von thematischen Auswertungen abgeleitet und in Form von Planungskarten dargestellt. Für eine integrative Bewertung mehrerer thematischer Komplexe wurden die mit der Methodenbank des NIBIS ermittelten Ergebnisse über Verbundmethoden oder Methodenverknüpfungen mittels Matrizen zu differenzierteren Aussagen generiert [1]. Dabei sollten keine fertigen Handlungskonzepte vorgegeben, sondern ein bodenkundlicher Fachbeitrag als praxisnahe Entscheidungshilfe für Planungsaussagen bereitgestellt werden.

Die räumliche Ausweisung von Handlungsschwerpunkten durch die Aspekte „Empfindlichkeit“ und „Schutzwürdigkeit“ des Bodens soll die Ableitung von Flächenansprüchen zur Erhaltung oder Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes unterstützen. Als Zielkonzept wurden dabei die folgenden Schwerpunktbereiche für eine umfassendere bodenkundliche Bewertung festgelegt, wovon zwei der Bewertungsschwerpunkte anschließend kurz dargestellt werden:

- ◆ Flächen mit besonderer Bedeutung für den **Bodenschutz**
- ◆ Flächen mit besonderer Bedeutung für den **Grundwasserschutz** unter Berücksichtigung der Filter- und Puffereigenschaften der Böden
- ◆ **Vorrangflächen** für die **Landwirtschaft** mit Berücksichtigung der Filter- und Puffereigenschaften sowie der Substanz- und Strukturbeeinträchtigungen der Böden
- ◆ Ermittlung standortbedingter **ökologischer Potentiale** für eine Umwidmung landwirtschaftlicher Nutzflächen

Die Ermittlung „**Landwirtschaftlicher Vorrangflächen** unter Berücksichtigung standörtlicher Nutzungseinschränkungen“ erfolgte durch die integrative Bewertung von Flächen mit hoher Bedeutung für die Landwirtschaft (mittleres bis hohes ackerbauliches Ertragspotential (NIBIS-Methode)) in Verbindung mit Risikobereichen mit hoher Empfindlichkeit gegenüber Belastungen. Die Zielflächen wurden wie folgt definiert:

- ◆ Flächen mit sehr hoher Bedeutung für die Landwirtschaft (ohne Einschränkungen)
- ◆ Flächen mit hoher Bedeutung für die Landwirtschaft (ohne Einschränkungen)
- ◆ Flächen mit hoher bis sehr hoher Bedeutung für die Landwirtschaft, aber Vorsorgemaßnahmen für Grundwasser- und Bodenschutz erforderlich

Für die Risikobereiche sind Vorsorgemaßnahmen für den Grundwasserschutz und den Bodenschutz erforderlich. Die Darstellung von Vorrangflächen für die Landwirtschaft soll die landwirtschaftliche Nutzung nicht auf diese Flächen begrenzen, sondern den hohen Wert dieser Flächen für die landwirtschaftliche

Nutzung und für den Landschaftshaushalt hervorheben. Bei der Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen durch Planungsmaßnahmen können die besonders schützenswerten Flächen durch die differenzierte Darstellung besser in den Planungsprozess einbezogen werden.

In Tab. 3 ist die Ableitung der **Vorsorgeflächen für den Bodenschutz** dargestellt. Für eine nachhaltige Sicherung der ökologischen Bodenfunktionen sind bei der Bodennutzung langfristig angelegte Vorsorgekonzepte der nachträglichen Sanierung von Schäden vorzuziehen. Die Schwerpunkte eines solchen Zielkonzeptes liegen in der Erhaltung der Bodenpotentiale durch Verhinderung von Degradationen durch Substanzverlust und Strukturbeeinträchtigungen. Im Ergebnis erfolgt hierbei eine Darstellung aller potentiell durch Belastung gefährdeter Böden in ihrer räumlichen Verbreitung sowie die Ausweisung von Räumen mit dringenden oder vorsorgenden Handlungsschwerpunkten für den Bodenschutz.

Auswertungsmethode	Gefährdungsstufe / Kennwert		
	Erosion Wasser	mittel / 3	groß / 4
Erosion Wind	mittel / 3	groß / 4	sehr groß / 5
Verschlämmung	mittel / 3	stark / 4	sehr stark / 5
Verdichtung	hoch / 4	sehr hoch /	äußerst hoch / 6
Bewertung	hohe Bedeutung für den Bodenschutz <i>Handlungsbedarf gegeben</i>		sehr hohe Bedeutung für den Bodenschutz <i>dringender Handlungsbedarf gegeben</i>

Tab. 3: Matrix zur Ableitung von Landwirtschaftsflächen mit besonderer Bedeutung für den Bodenschutz und sich daraus ergebendem Handlungsbedarf

5. Ausblick

Für eine optimale Berücksichtigung von Bodenschutzbelangen ist eine auf die fachplanerischen Belange ausgerichtete flächenhafte Bewertung des Schutzgutes Boden vorzunehmen. Diese wird dann als Abwägungs- und Entscheidungsgrundlage in den Ablauf der Fachplanung einbezogen. Für Verfahren im Rahmen des Grundwasserschutzes und Raumordnungsverfahren in Niedersachsen wurde der bodenkundliche Fachbeitrag konkretisiert und eine abgestimmte Vorgehensweise festgelegt [3, 4]. Die Erarbeitung eines Kataloges über Anforderungen des Bodenschutzes bei der Durchführung von Planungsverfahren im Rahmen der Agrarstrukturplanung in Niedersachsen erfolgt zur Zeit in Zusammenarbeit mit den beteiligten Fachbehörden. In einem Leitfaden soll die Nutzung und Auswertung von Bodendaten (NIBIS) für die Planungsinstrumente der Agrarstrukturverwaltung aufgezeigt werden. Ziel ist die koordinierte Umsetzung und Integration von Belangen des Bodenschutzes in allen wesentlichen Fachplanungen und Planungsebenen.

6. Literatur

- [1] Erdmann, K. (1996): Ableiten von Planungskarten für eine landschaftsökologisch orientierte Flurbereinigung aus digitalen Bodendaten des NIBIS. Dipl. Arb. Geogr. Inst Univ. Hannover (unveröffentlicht), Hannover, 120 S.
- [2] Fieber, B., Kues, J. & Oelkers, K.-H. (1993): Konzept zur Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS, Teil: FIS-Bodenkunde. Geol. Jb. A 142, Hannover, S. 7-38
- [3] Kues, J., Billerbeck, S. & Stelzer, R. (1995): Nutzung des Niedersächsischen Fachinformationssystems Bodenkunde für die landwirtschaftliche Zusatzberatung im Rahmen des Grundwasserschutzes. Arbeitsheft Boden 1/1995, Hannover, S. 33-40
- [4] Müller, U. (1997): Bereitstellung von Bodeninformationen für Planungsverfahren. In: Bodenschutz in der Planung, Script zur Jahrestagung des Bundesverband Boden (BVB), Berlin, S. 55 - 62
- [5] Müller, U. (1997): Auswertungsmethoden zum Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS. 6. erweiterte und ergänzte Auflage, Hannover, (in Vorbereitung)
- [6] Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ) & Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFb) (1996): Bodenschutz in Niedersachsen in den Geschäftsbereichen des NLÖ und NLFb, Hannover, 30 S.

Methodik zur Prognose des Stoffaustrages (K, Ca, Mg) am Beispiel eines typischen Wasserteileinzugsgebietes der Stör in Schleswig-Holstein

von

FINNERN, J.; BLUME, H.-P.

Einleitung

Ökosysteme sind abiotische und biotische Prozeßräume, in denen Organismen in einem bestimmten Wirkungsgefüge miteinander verknüpft sind und ständigen Veränderungen unterliegen. Das Ökosystem wird indirekt durch den Menschen beeinflusst, indem er die Änderung des Klimas, des Reliefs, der Vegetation und des Grund- und Oberflächenwassers bewirkt. Ferner werden Ökosysteme direkt durch anthropogene Bodenveränderungen, durch Kulturmaßnahmen, beeinflusst (Blume & Sukopp, 1976).

Zur Lösung umweltrelevanter Probleme, wie beispielsweise die Minderung der diffusen Stoffeinträge in Fließgewässer, sind Stoffaustragsprognosen mit einer Abschätzung der Bedeutung verschiedener Quellen, wie Düngung, Deposition und Verwitterung von hoher Bedeutung. Im folgenden wird geprüft, ob eine Abschätzung der Stoffausträge aus dem Wurzelraum eines Teileinzugsgebietes möglich ist und ob diese mit den Austrägen, die aus den Nährstoffkonzentrationen im Fließgewässer abgeleitet werden, vergleichbar sind.

Methodik

Um zu einer gebietsbezogenen Abschätzung der Austräge zu kommen, wurde mittels eines Geographischen Informationssystems (GIS) eine Verschneidung von Nutzungs- und Bodendaten vorgenommen.

Anschließend wurden die mittleren Austräge aus mehrjährigen Meßergebnissen basierend auf Saugkerzenanalysen von Bodenprofilen vergleichbarer Landschaften nach Unterscheidung der Nutzung, der Bodenart sowie der Entwicklungsstufe (Verwitterungsgrad) des Bodens (Bodentyp) für das Einzugsgebiet der Osterau tabellarisiert.

* Ökologie-Zentrum Kiel, Schauenburger Straße 112, 24 118 Kiel

** Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel, Olshausenstraße 40, 24 118 Kiel

Tab. 1: Gemessene Stoffausträge (kg/ha·a), sowie prognostizierte Austräge aus dem Wurzelraum (ca. 1,50 m Bodentiefe) extensiv und intensiv landwirtschaftlich genutzter Standorte Nordwestdeutschlands in Abhängigkeit von Bodenart und Entwicklungsstufe.

K	Wald, extensiv Grünland				Acker, intensiv Grünland	
	Meßwerte		Prognose		Meßwerte	Prognose
	stärker verwittert	schwächer verwittert	stärker verwittert	schwächer verwittert		
Sand	1 - 7		4,8		35 - 74	56
Lehm	1 - 3		1,8		1 - 2	2
Ca						
Sand	8 - 13	21 - 49	10	30	31 - 169	100
Lehm	69 - 148		110		144 - 214	200
Mg						
Sand	3 - 6	7 - 11	4	9	11 - 35	20
Lehm	5 - 10		7		12 - 34	22

Auf Basis der nutzungs-, bodenarten- und bodentypologischen Gruppierung (Tab. 1) erfolgte dann unter Zuhilfenahme des GIS (ArcInfo) die flächenspezifische Zuordnung einzelner Prognoselevels, mit dem Ziel, flächenspezifische Aussagen für ein Wasserteileinzugsgebiet der Stör (hier Teileinzugsgebiet der Osterau) möglich zu machen.

Die Validierung der prognostizierten Austräge konnte anhand der von Ripl (1996) aus den Wasserabflüßmengen und Elementkonzentrationen errechneten Austräge vorgenommen werden.

Für die Elemente Kalium sowie Magnesium wurde eine gute Übereinstimmung festgestellt. Für Kalium wurde ein Wert von 17 kg/ha·a prognostiziert, gegenüber gemessenen 16 kg/ha·a. Der prognostizierte Wert für Magnesium beträgt 11 kg/ha·a. Von Ripl (1996) gemessen wurde ein Austrag von 10 kg/ha·a.

Bei Calcium liegen die Meßwerte ca. um den Faktor zwei über den prognostizierten Austrägen. Während die Prognose einen Austrag von 81 kg/ha·a Calcium angibt, wurde in der Messung ein Wert von 193 kg/ha·a ermittelt.

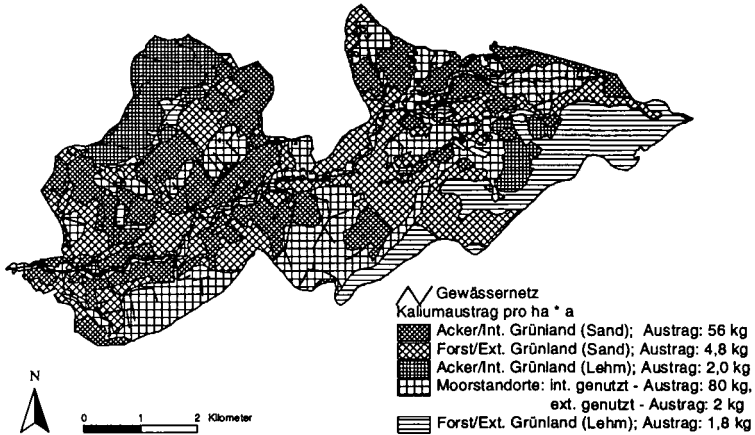


Abb. 1: Karte des geschätzten Kaliumaustrages (kg/ha-a) aus dem Wurzelraum der Böden des Einzugsgebietes der Osterau in Schleswig-Holstein.

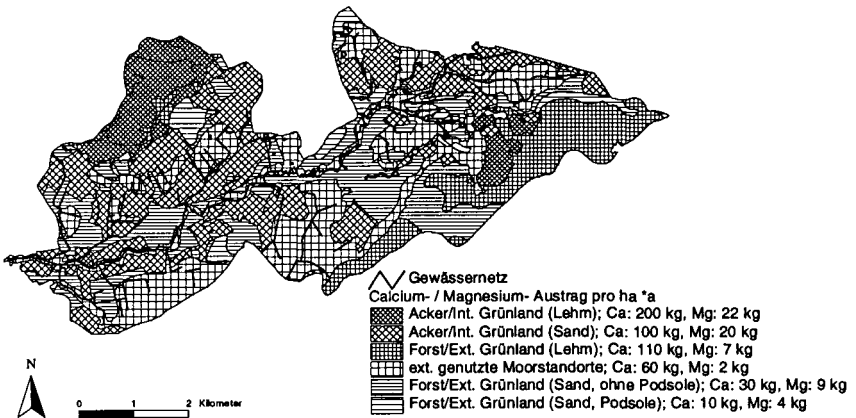


Abb. 2: Karte des geschätzten Calcium- und Magnesiumaustrages (kg/ha-a) aus dem Wurzelraum der Böden des Einzugsgebietes der Osterau in Schleswig-Holstein.

Ergebnisse

Im Gebiet der Osterau, einem Wasserteileinzugsgebiet der Stör mit einer Größe von 35 km², wird ein mittlerer Austrag an Kalium von 17 kg/ha-a prognostiziert. Einen bedeutenden Anteil (86%) des Kaliumaustrages nehmen die intensiv ackerbaulich genutzten, reinen Sandstandorte ein (Abb. 1), die jedoch nur 27% der Gesamtfläche ausmachen.

Die Prognose des Calciumaustrages zeigt ein Niveau von 82 kg/ha-a, das durch die sandigen sowie lehmigen Standorte intensiver Nutzung bestimmt wird (Abb. 2). Dabei haben die sandigen Standorte 35% und die lehmigen Standorte 24% Anteil an der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes.

Für Magnesium konnte aufgrund dieses Prognoseverfahrens ein Austragsniveau von 11 kg/ha-a ermittelt werden. Auch hier wird der Austrag maßgeblich durch die Ackerstandorte mit der Hauptbodenart Sand bestimmt (Finnern 1997).

Literatur

- Blume, H.-P. & H. Sukopp (1976): Ökologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen. Schriftenreihe Vegetationskunde 10, 75-89.
- Finnern, J. (1997): Böden und Leitbodengesellschaften des Störeinzugsgebietes in Schleswig-Holstein. Vergesellschaftung und Stoffaustragsprognose (K, Ca, Mg) mittels GIS. Dissertation am Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der CAU Kiel, 190 S.
- Ripl, W. (1996): Entwicklung eines Land-Gewässer Bewirtschaftungskonzeptes zur Senkung von Stoffverlusten an Gewässer (Stör-Projekt I und II). In: Gesellschaft für Gewässerbewirtschaftung und TU Berlin: Endbericht BMBF/Stör-Projekt.

Entwicklung und Merkmale der Kluftparabraunerde

von

GEHRT, E.; RATHGEBER, A.; BECKMANN, Th.

Zusammenfassung

Im niedersächsischen Bergland (Sackwald) wurde die Bodenentwicklung auf den Gesteinen des Flammenmergels (Unterkreide) genauer untersucht. Neben den bekannten von der Deckschichtausbildung abhängigen Bodenformen von der Rendzina auf jungen Hangschutten und der Parabraunerde bei Vorkommen lößreicher Mittellagen finden sich in den grobbodenreichen Deck- und Basislagen sowie den Festgesteinen Böden mit Entkalkung, Verbraunung und Tonverlagerung. Für diese Böden mit spezifischer Morphologie wird in Analogie zur Bänderparabraunerde der Subtyp Kluftparabraunerde vorgeschlagen.

Einleitung

Die Bodengenese ist in Mitteleuropa oft in engem Zusammenhang zum Ausgangsgestein der Bodenbildung zu sehen. Im Bergland und Mittelgebirge haben die periglazialen Schuttdecken einen deutlichen Einfluß. Rendzinen und Ranker sind dabei typische Böden für Festgesteine und grobbodenreiche Substrate. Bei geringmächtigen lößhaltigen Schuttdecken entstehen häufig Braunerden. Parabraunerden sind in der Regel an das Vorkommen lößreicher Mittellagen gebunden. Das folgende Beispiel zeigt, daß in bestimmten Fällen auch in Festgesteinen und grobbodenreichen Substraten sehr weit fortgeschrittene Bodenentwicklungen festzustellen sind.

Geologie

Der Flammenmergel ist eine 90 bis 190 m mächtiges, küstennah abgelagertes Sedimentgestein der Unterkreidezeit. Es handelt sich um biogene, kieselige Mergel mit wechselndem Tongehalt und Karbonatgehalte von 10 bis 20 %. Eine Untergliederung des Flammenmergel wurde JORDAN (1968) vorgenommen. Während die Flammenmergelschichten 1, 2a, und 3 im wesentlichen aus stärker tonigen Mergeln bestehen, ist der Silikatgehalt im Flammenmergel 2b, 4 und 5 deutlich erhöht. Die Gesteine der letztgenannten Fazies sind Härtlinge, die sich in der Landschaft geomorphologisch als Schichtkämme oder als Steilhänge abbilden. Die Festgesteine des Flammenmergels sind i.d.R. durch periglaziale Fließberden oder in Steilhanglagen holozäne Hangbildungen bedeckt.

Beschreibung des Bodens

Die Genese der Böden ist vereinfacht nicht von der des Lösses zu unterscheiden. In jungen Hangschutten finden sich Pararendzinen. Bei abnehmender Schutttiefe leiten Braunerden zu Böden mit Tonverlagerung und -anreicherung auf den Kluftflächen über. Das Stadium mit Tonverlagerung steht im Zentrum dieser Beschreibung. Bei noch weiter fortgeschrittener Bodenentwicklung mit starker pH-Absenkung aber ohne sichtbare Sesquioxidverlagerung zerfallen die grusigen Bestandteile in schluffige bis tonige Bodenarten. Diese Entwicklung führt zu komplexen Horizontausbildungen, die von denen des Lösses abweichen.

Tab. 1: Horizonte, Bodenart, Kornverteilung, Humusgehalte und pH-Werte der Kluftparabraunerde

Tiefe cm	Horizont	Bodenart [KA4]	Ton		Grobschluff Gew. %	Sand Gew. %	Humus Gew. %	pH
			Gew. %	Fein- + Mittel- schluff Gew. %				
0-5	Ah	Ut3 / gr2	13.4	28.4	45.9	12.3	3.1	3.1
5-50	Al	Ut3 / gr3,x1	12.3	25.7	41.6	20.4	0.5	3.8
50-90	mBt	Lu / gr3,x1	29.2	30.9	29.6	10.4		
90-120	Cv-mBt	Tu3 / gr3,x2	35	35.9	26	3		
120-170	mBt-Cn	Mstc,t3	36.9	22.2	23.8	17.1		

Tiefe [cm]	Horizont	Beschreibung
0 cm	Ah	lößhaltig, schwarz, einzelne Silikat Körner gebleicht, humos
5-50	Al	schwach lößhaltig bis lößhaltig, Grobbodengehalt je nach Reliefposition schwankend, in steileren Hangpositionen deutlich erhöht, braungrau, bei Abtrocknung hellgrau, schwach humos,
50-90	mBt	lößfrei, Grobbodengehalt z.T. sehr hoch, Grusanteil nach unten abnehmend, i.d.R. Steine von 5 bis 10 cm Durchmesser, grau bis dunkelgrau, bei Abtrocknung hellgrau, Steine überwiegend entkalkt, nur einzelne größere Stücke weisen einen carbonathaltigen Kern auf, Grobporen tongefüllt, Ton grau Braun
90-120	Cv-mBt	Steine, durchsetzt mit wenig Grus und Feinboden, dunkelgrau bis grau, bei Abtrocknung hellgrau, im Gesteinsinneren regelmäßig carbonathaltig, Grobporen tongefüllt, Ton grau Braun
120-170	mBt-Cn	Festgestein dunkelgrau bis grau, bei Abtrocknung hellgrau, in Klüften und Schichtfugen deutliche grau braune Tonfüllungen, nur äußere Bereiche der Steine entlang der Klüfte entkalkt
>170	mCn	Festgestein, durchgehend carbonathaltig

Abb. 1: Schematische Skizze der Kluffparabraunerde mit kurzer Beschreibung der Horizonte

Mikromorphologie der Horizonte

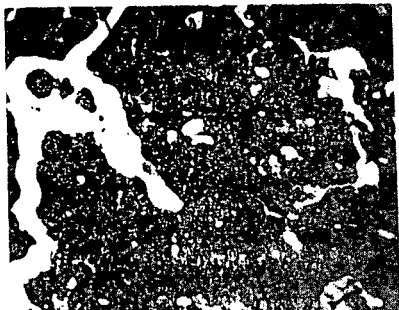


Abb 2a: Al-Horizont, Durchlichtaufnahme
(untere Kante der Bilder entsprechen ca. 3 cm, Erläuterungen im Text)

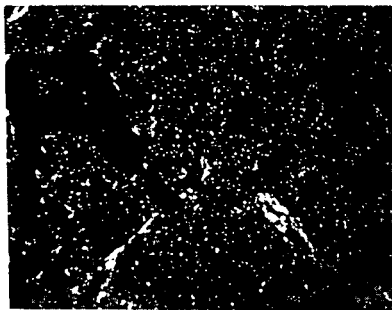


Abb. 2b: Al-Horizont, Aufnahme mit gekreuzten Nicols

Der **Al-Horizont** ist durch eine gleichförmige Matrix aus Schluffkörnern geprägt. Der Schluff ist dabei sowohl lößbürtig (helle Punkte in Abb. 2b) als auch Zerfallsprodukt des "Flammenmergels". Regelmäßig finden sich einzelne Eisen-Manganausfällungen (dunkle Punkte in Abb. 2a). Auffallend sind die Nadelstichporen (hell in Abb. 2a und schwarz in Abb.2b). An Porenändern sind z.T. orientierte Tonbeläge zu finden, die bei gekreuzten Nicols hell erscheinen (Abb. 2b).

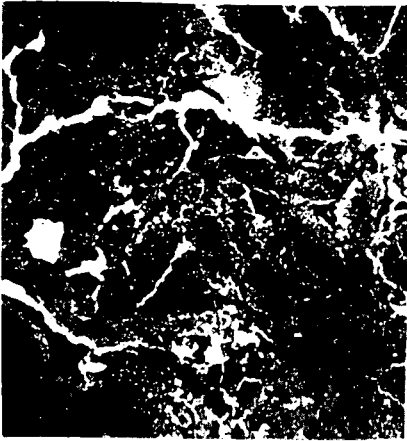


Abb 3a: Al-Horizont, Durchlichtaufnahme

untere Kante der Bilder ca. entspricht 4 cm, Erläuterungen im Text



Abb. 3b. Al-Horizont Aufnahme mit gekreuzten Nicols

Erläuterungen im Text

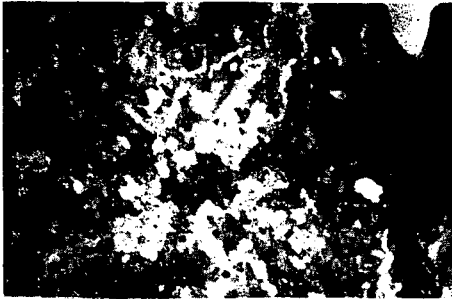


Abb 4a: mBt- Horizont, Durchlichtaufnahme

untere Kante der Bilder entspricht ca. 0,8 cm, Erläuterungen im Text

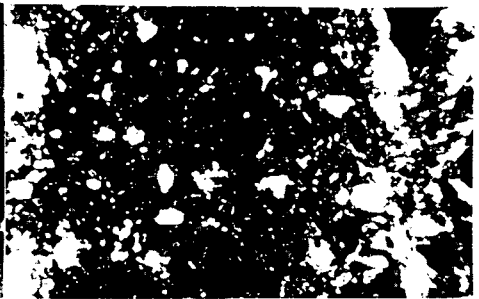


Abb. 4b: mBt-Horizont Aufnahme mit gekreuzten Nicols

Die Tonanlagerung im mBt-Horizont konzentriert sich auf die Grobporen zwischen dem Gestein, in Gesteinsrissen, auf Schichtflächen und echten Klüften. In Abb. 3a erscheinen die Poren hell. Bei den dunklen Bereichen an den Porenrändern handelt es sich um die Toneinlagerung. Bei gekreuzten Nicols erscheinen diese hell (Abb. 3b) und belegen damit die Orientierung der Tonbeläge und damit die pedogene Einlagerung. Die Gesteinsmatrix erscheint in Abb. 3a dunkelgrau bis grau. In Abb. 3b (gekreuzte Nicols) ergibt sich eine deutliche Differenzierung. Die Kerne erscheinen hell und im Übergang zu den Poren erscheint ein dunkler Saum. Die hellen Kerne sind noch carbonathaltig. Der dunkle Saum kennzeichnet die Entkalkungszone. Es ergibt sich somit eine charakteristische Zonierung mit kalkigem Kern, Entkalkungszone und Toneinlagerung.

Diese Zonierung ist in Abb. 4a und b (gekreuzte Nicols) vergrößert dargestellt. Auf der linken Seite der Bilder findet sich der kalkige Kern, in der Mitte die Entkalkungszone und rechts die Toneinlagerung. Neben den schon beschriebenen Merkmalen wird in der Vergrößerung macht deutlich, daß in dem entkalkten Saum neue Poren entstehen.

Porenanteile in %

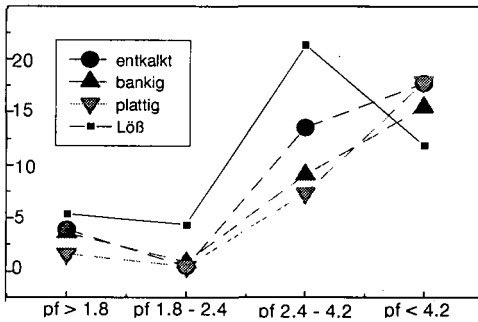


Abb. 5: Porenraumverteilung der Mergelsteine des Flammenmergels in plattiger und bankiger Ausbildung, des entkalkten Gesteins und Löss

Die Bestimmung der Porenverteilung der Gesteinsbruchstücke des Flammenmergels erfolgte an rechtwinklig geschnittenen Blöcken. Nach dem Schnitt wurden diese plangeschliffen und wassergesättigt und anschließend bei den definierten pf-Stufen abgedrückt. Abschließend wurden die Blöcke versiegelt. An diesen versiegelten Blöcken wurde durch Tauchwägung das Volumen ermittelt.

Durch die Entkalkung der Gesteine des Flammenmergels werden auch die bodenphysikalischen Eigenschaften verändert. Das unverwitterte, kalkhaltige Gestein zeichnet sich durch geringe Anteile an Feinporen aus. Die höheren Anteile an Grobporen bei bankigen Ausbildungen sind auf Risse im Gestein zurückzuführen, die bei feinplattigen Ausbildungen fehlen. Bei Entkalkung der Gesteine des Flammenmergels wird der Anteil der Feinporen erhöht (Abb. 4). Grob- und Mittelporen werden ebenso wie die Feinporen (Totwasser) kaum verändert. Durch die Entkalkung nähert sich die Porenverteilung und damit auch die hydrologischen Eigenschaften denen des Lösses.

Diese Erweiterung des Porenraums läßt sich durch Einfärbung auch mikromorphologisch sichtbar machen. Auf die bildliche Wiedergabe wird an dieser Stelle verzichtet. Bei nicht entkalktem Gestein treten Poren kaum in Erscheinung. In das entkalkte Gestein dringt das Färbemittel tief ein. Die eingefärbten Bereiche kennzeichnen die Poren.

Nomenklatur

Wie im Löss muß die Toneinlagerung konsequenterweise zu einer Einstufung des oben beschriebenen Bodens als Parabraunerde mit einer Al- und Bt-Horizontierung führen. Da die Form der Toneinlagerung deutlich von den kompakten Bt-Horizonten im Löss abweicht, wird in Analogie zur Bänderparabraunerde ein **Subtyp** der Parabraunerde mit Tonanreicherung in den grobbodenreichen Schuttedecken eingeführt. Wir schlagen hierfür die **Kluftparabraunerde** vor. Der diagnostische Horizont ist der **mBt** (Tonanreicherung im massiven, nicht grabbaren Substrat). Die Definitionen in der bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Bodenkunde 1994) wären entsprechend zu erweitern.

Literatur

AG Bodenkunde (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung.- 4. Auflage, Hannover
 Jordan, H. (1965): Gliederung und Genese des Flammenmergels (Alb) in Hils und Sackmulde (Süd-Hannover).- Z. deutsch. geol. Ges. **117**, 2 u. 3, S. 391-424; Hannover
 Rathgeber, A. (1996): Die Bodenformen auf Flammenmergel im Bereich der Sackmulde und Probleme der Aggregierung in Anlehnung an das NLFb-System.- Dipl. Arbeit Univ. Göttingen [unveröff.]

Schadstoffbelastung auf Spielplätzen in Wuppertal

von

GIERSE, R.

1. Einleitung

Kleinkinder sind durch Schadstoffe im Boden besonders gefährdet, da sie oral (Mund-Boden-Kontakt) größere Schadstoffmengen aufnehmen können. Der Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW (MAGS) hat daher am 10.8.1990 den Erlaß "Metalle auf Spielplätzen" herausgegeben. Dieser enthält Empfehlungen für die Untersuchung von Spielplätzen und für die Beurteilung der vorgefundenen Schadstoffen. Da Spielplätze in Wuppertal häufig auf Altablagerungen/Altstandorten errichtet wurden und auf einigen Plätzen belastetes Baumaterial (z.B. MVA-Schlacke) eingebaut wurde, lag ein zusätzliches Gefährdungspotential vor. Vor diesem Hintergrund hat die Stadt Wuppertal im Jahr 1990 die Schadstoffuntersuchungen auf Spielplätzen begonnen.

2. Methodik

Die Untersuchung und Bewertung wurde in Wuppertal in Anlehnung an den MAGS-Erlaß "Metalle auf Kinderspielplätzen" durchgeführt.

Probenahme, Probenaufbereitung und Analytik

Zunächst wurde eine Prioritätenliste erstellt, um zuerst die vermutlich am stärksten belasteten Spielplätze zu untersuchen. Bei der Erstellung der Prioritätenliste wurden folgende Faktoren berücksichtigt: Lage auf und in der Nähe bekannter Altablagerungen/Altstandorten, Einbau vermutlich belasteten Baumaterials (Aktenrecherche) und Alter der Spielplätze.

Die Entnahme der Mischproben (15-25 Einstiche bzw. 5-10 Schürfe) erfolgte horizontal- bzw. substratspezifisch bis zu einer Tiefe von 0,35 Metern. Hierbei wurde die Bodenkundliche Kartieranleitung und die Kartieranleitung für Stadtböden berücksichtigt. Darüber hinaus umfaßte das Untersuchungsprogramm bei anthropogenen Veränderungen im Untergrund (z. B. Beimengungen von Bauschutt, Aschen und Schlacken) zusätzliche Rammkernsondierungen (RKS) bis zum anstehenden Boden/Gestein. Besonders auffällige Proben (Geruch, Farbe, technogen-organische Beschaffenheit, Fremdstoffbeimengungen etc.) wurden gekennzeichnet und analysiert.

Die Probenaufbereitung umfaßte die Trocknung, Siebung (<2mm) und Homogenisierung der Proben. Gemäß MAGS-Erlaß wurden die Proben jedoch nicht wie sonst üblich auf < 0,1 mm gemahlen.

Die chemischen Analysen wurden entsprechend vorhandener Vorschriften (DIN) an sämtlichen Oberbodenproben und an den gekennzeichneten Proben der Rammkernsondierungen durchgeführt. Im Rahmen der Standarduntersuchung wurden die anorganischen Schadstoffe Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Nickel (Ni) und Quecksilber (Hg) sowie die Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) analysiert.

Bewertung der Ergebnisse

Der MAGS-Erlaß enthält zwei Richtwerte für die Metalle, wobei der Richtwert I (RWI) als Vorsorgerichtwert herangezogen werden kann und dem Bodenwert II von Eikmann/Kloke für Spielflächen entspricht. Der Richtwert II (RWII) ist als Interventionswert zu interpretieren und ist dem Bodenwert III von Eikmann/Kloke gleichzusetzen. Für Benzo-(a)-Pyren (BAP) als Leitsubstanz der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) wurden die nutzungs- und schutzgutbezogenen Bodenwerten (BWII und BWIII) von Eikmann/Kloke herangezogen. In der letzten Spalte der Tab. 1 sind zum Vergleich die toxikologisch abgeleiteten Prüfwerte für Spielflächen aus dem untergesetzlichen Regelwert des Entwurfs des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) aufgeführt. Diese

sind mit Ausnahme von Arsen und Blei z.T. deutlich höher als die RWI/BWII-Werte.

Tab. 1: Richtwerte (MAGS-Erlaß), Bodenwerte (Eikmann/Kloke) und Prüfwerte (BBodSchG) für die Bewertung von Schadstoffbelastungen auf Spielflächen.

	RWI/ BWII	RWII/ BWIII	Prüfwert BBodSchG
Arsen	20	50	20
Blei	200	1000	200
Cadmium	2	10	10
Chrom	50	250	200
Nickel	40	200	70
Quecksilber	0,5	10	10
BAP	1	5	2

BAP = Benzo(a)Pyren

3. Ergebnisse

Die Stadt Wuppertal unterhält über 250 Kinderspielflächen, wovon von 1990 bis 1996 über 70% (n=178) untersucht wurden. Hiervon sind 163 Spielflächen als belastet einzustufen (RWI/BWII-Überschreitungen). Wird nur der Oberboden (0-35cm) und somit der für spielende Kinder relevante Bereich betrachtet, so reduziert sich die Anzahl der belasteten Spielflächen auf 143. Von den 163 Spielflächen sind 62 Plätze so hoch belastet, daß der RWII/BWIII überschritten wird.

Wird die Schadstoffbelastung mit den z.T. deutlich höheren Prüfwerten aus dem BBodSchG verglichen, so lassen sich noch immerhin 129 Spielflächen als belastet einstufen. Hier zeigt sich sehr deutlich, daß der gewählte Bewertungsmaßstab entscheidend für den Sanierungsaufwand sein kann. Für die Stadt Wuppertal hatte dies bislang wenig Auswirkungen, da sich der dringliche Sanierungsbedarf eher an den RWII/BWIII-Werten orientierte.

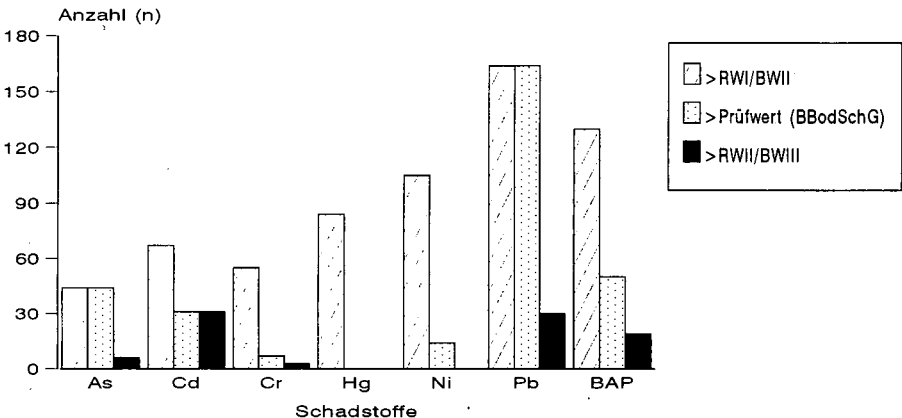


Abb. 1: Anzahl der Richtwertüberschreitungen im Oberboden (n=1437)

RWI/BWII-Überschreitungen wurden am häufigsten bei den Schwermetallen Blei, Nickel und Quecksilber sowie beim Benzo-(a)-Pyren (BAP) gefunden (s. Abb. 1). Werden die Prüfwerte aus dem BBodSchG herangezogen, kommt es bei Nickel, Quecksilber und Chrom zu einer erheblichen und bei Cadmium und BAP zu einer deutlichen Reduzierung der Prüfwert-Überschreitungen. RWII/BWIII-Überschreitungen werden am häufigsten bei den Schadstoffen Cadmium, Blei und BAP festgestellt (s. Abb. 1).

Um das typische Belastungsniveau der verschiedenen Substrate und Böden auf den Spielplätzen zu ermitteln, wurde einige statistische Kenngrößen für Blei, Cadmium und BAP ermittelt. Hierbei wurde zwischen dem humosen Oberboden (A-Horizont der Rasenflächen und der Randbepflanzungen) und den wassergebundenen Decken unterschieden. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 dargestellt und der Hintergrundbelastung in Wuppertal gegenübergestellt.



Die Schadstoffgehalte des humosen Oberbodens unterscheiden sich z.T. deutlich von denen der wassergebundenen Decken. Auffallend ist, daß die Mediane bei den wassergebundenen Decken deutlich geringer sind. Bei den Mittelwerten und 90/98-Perzentilen ergibt sich dagegen ein differenziertes Bild. Während sich die Tendenz der geringeren Gehalte beim BAP in den technogenen Substrate der wassergebundenen Decken auch hier bestätigt, läßt sich für die Schwermetalle Blei und Cadmium feststellen, daß sich hier häufig Spitzenbelas-

stungen finden lassen. Der sehr weite Abstand zwischen Median und Mittelwert resultiert auch hieraus.

Tab. 2: Schadstoffgehalte (Cadmium, Blei, Benzo(a)Pyren) im Oberboden von Wuppertaler Spielplätzen im Vergleich zur Hintergrundbelastung von Wuppertal (in mg/kg)

	Cd	Pb	BAP
Prüfwerte (BBodSchG)	10,0	200	2,0
RWI / BWII	2,0	200	1,0
RWII / BWIII	10,0	1000	5,0
Hintergrundbelastung in Wuppertal ¹⁾			
Mittelwert	1,0	181	0,4
90-Perzentil	1,5	348	1,1
humoser Oberboden (n>350)			
Mittelwert	0,7	127	0,8
Median	0,6	75	0,2
90-Perzentil	1,1	213	1,4
98-Perzentil	2,2	841	7,1
Maximum	17,7	2390	24,0
wassergebundene Decke (n>800)			
Mittelwert	1,2	122	0,3
Median	0,2	28	0,04
90-Perzentil	1,1	235	0,7
98-Perzentil	15,0	1165	3,4
Maximum	97,5	>10.000	19,9

¹⁾ Bodenbericht 1993

 > RWI / BWII
 > RWII / BWIII

Beim Vergleich der Schadstoffgehalte des humosen Oberbodens (Rasenflächen und Randbepflanzungen) mit der Hintergrundbelastung von Wuppertal zeigen sich beim Cadmium und Blei geringere und beim Benzo-(a)-Pyren (BAP) höhere Gehalte. Dieses läßt sich dadurch erklären, daß häufig nicht die vor Ort vorkommenden Böden, sondern Auftrags- bzw. Füllboden von anderer Stelle (meistens bei Baumaßnahmen anfallend) zum Einsatz gekommen sind. Die höheren BAP-Gehalte lassen sich durch anthropogene Beimengungen (Aschen/Schlacken) begründen.

4. Maßnahmen

Aufgrund der vorgefundenen Schadstoffbelastungen mußten und müssen auf 170 Spielplätzen Sanierungsmaßnahmen ergriffen werden. Bei allen Sanierungsmaßnahmen war zu berücksichtigen, daß die Richtwerte des MAGS-Erlasses für die Spielplatzbereiche entwickelt wurden, an denen Kleinkinder viel Zeit verbringen und die Möglichkeit zum Mund-Boden-Kontakt (orale Aufnahme) besteht. Die Einstufung der Art und Dringlichkeit der Sanierung erfolgte daher nach Art, Höhe, Ort und Umfang der Belastung.

Sofortmaßnahmen

Insgesamt mußten aufgrund der Schadstoffbelastungen im Oberboden 50 Sofortmaßnahmen ergriffen werden. Zu Beginn der Untersuchung mußten sogar 9 Spielplätze aufgrund sehr hoher Schadstoffbelastungen gesperrt werden. Inzwischen sind davon 8 Plätze saniert worden, wobei insgesamt die meisten der 50 durchzuführenden Sanierungs-/Sicherungsmaßnahmen mittlerweile umgesetzt wurden. Hierbei handelt es sich einerseits um technische Sanierungsmaßnahmen (z.B. Austausch von Boden) und andererseits um einfache und kostengünstige Sicherungsmaßnahmen (z.B. Zäune). Aber auch regelmäßige Kontrollen durch die Grünflächenunterhaltung bzgl. der Kontaktmöglichkeit der spielenden Kinder mit hoch belastetem Material (z.B. MVA-Schlacke) gehört hierzu.

Sonstige Maßnahmen

Im Zuge der Grundüberholung und Umgestaltung von Kinderspielplätzen müssen insgesamt 120 Plätze saniert werden. Die Belastungen sind in diesem Fall sehr gering, gehören nicht zum Spielbereich oder sie liegen in einer Tiefe vor, die für die Kinder unzugänglich ist (z.B. unter einer wassergebundenen Decke).

Für laufende Unterhaltungsarbeiten hat die Grünflächenunterhaltung darüber hinaus eine Aufstellung der Spielplätze (n=36) erhalten, bei denen eine hohe Belastung des Untergrundes (Schadstoffgehalt > RWII) festgestellt wurde. Hier wird das Ergebnis bei weiteren Arbeiten berücksichtigt (Arbeitsschutz und Entsorgung von belasteten Böden).

Aufgrund des § 5 Abs. 3 Nr. 3 BauGB und des Erlasses „Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen“ vom 15.05.1992 müssen Flächen mit erheblichen Bodenbelastungen im Rahmen der Neuaufstellung des Flächennutzungsplans (FNP) gekennzeichnet werden. Hierbei sind nicht nur diejenigen Bodenbelastungen gemeint, bei denen im Sinne des allgemeinen Ordnungsrechtes eine Gefahrenschwelle erreicht wird. Vielmehr ist die Kennzeichnung der Bodenbelastung im Sinne des vorbeugenden Umweltschutzes zu betrachten. Insgesamt sind hiervon 26 Kinderspielplätze betroffen.

Als Vorsorgemaßnahmen werden bei Neubaumaßnahmen und Grundüberholungen die Baumaterialien und Böden von einem anerkannten Labor auf ihren Schadstoffgehalt überprüft. Auf den Einbau von Recyclingmaterial auf Spielflächen wird generell verzichtet. Die Einbringungswerte, die beim Einbau von Materialien auf Kinderspielplätzen eingehalten werden müssen, orientieren sich dabei an den Hintergrundwerten für Schwermetalle und Benzo-(a)-Pyren in Wuppertal und den durchschnittlichen Gehalten in den verschiedenen Ausgangsgesteinen.

Literatur:

- AG BODENKUNDE: Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Auflage Schweizerbart, Stuttgart, 1982.
- BANG, M.; GIERSE, R.: Bodenbericht, Stadt Wuppertal, 1993.
- EIKMANN, T.; KLOKE, A.: Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden. In: ROSENKRANZ, D. et al. (Hrsg.) Bodenschutz, Berlin, 1991.
- MINISTERIUM FÜR ARBEIT, GESUNDHEIT UND SOZIALES DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg): Metalle auf Spielplätzen - Runderlaß des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen, 1990.
- GIERSE, R.: Bodenbericht, Heft 2: Schadstoffbelastungen auf Spielplätzen, Stadt Wuppertal, 1996.
- UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): Kartierung von Stadtböden, Berlin, 1989.

Applications of SOTER and landuse planning in SW-Niger

von

GRAEF,F.; STAHR,K.

1. Introduction and Approach

During the last two decades the agriculture of the Sahelian Niger has experienced drastic yield decreases, while the land area under cultivation has increased at the same time. Even lands with marginal potential for agriculture are taken into cultivation or are used for pasture. The common staple crops are millet, sorghum, cowpea and groundnut. Sowing and weeding are traditionally done by hand. After harvesting a part of the crop residues are usually left on the field.

The study area is covered with 50-60 % sandy soils, 20-30 % loamy-clayey soils and 15-25 % gravelly soils. Improved sustainable technologies are crucial, however, they have to be adapted to the environmental setting.

For this purpose an extensive soil and terrain inventory has been established in SW-Niger using the SOTER (*Soil* and *Terrain* Digital Database) -approach (ISRIC, 1993), which was modified by Weller and Stahr (1995) and Graef and Stahr (1997). The database is used to evaluate defined areas for specific landuse, soil and water conservation techniques and other alternative intervention methods.

2. Methods

The database (Fig.1) is structured in three levels: a) "Terrain units", representing the major physiographic landforms b) "terrain components", which are subunits differentiated by slope or surface forms and c) "soil components", representing the major soil types within terrain components. It also contains a climatological database and is linked to a GIS (Geographic Information System). A SOTER map has been created and integrated together with additional thematic maps into the GIS.

Tab. 1: Soil type (FAO) coverages of selected terrain components (according to Graef and Stahr, 1997)

P2		Lc1		Lb2		Cc2	
Soil type	%	Soil type	%	Soil type	%	Soil type	%
LPd	64	ACh	20	AC..	14	ARa	3
LP1	31	ACha*	20	AC..a*	8	ARh	16
CMd	3	ACj	20	ALh	6	ARhl	11
LPda*	2	ARlp	13	ALhv	3	ARhm	4
		CMd	7	L.V..	4	ARl	58
		CMda*	7	ARl	8	ARlh	7
		CMj	13	CMd(+a)*	5	Others	3
				CME	8		
				CM..	7		
				LP..	29		
				Others	9		

*„a“ = „areni“ (indicates sand cover >20cm)

Delineation, characterisation and mapping of terrain units and components in the SOTER map were made by using existing thematic maps and through the interaction of visually interpreted Landsat TM satellite images on multiple on-screen scales, numerous ground checks and soil -geomorphic field transects (Stahr et al., 1996). On the soil -geomorphic transects, usually several kilometers long, soil samples were taken for standard analyses. Along the transects the spatial soil distribution was recorded and referred to respective terrain components. Thus soil type coverages in respective terrain components can be calculated (Table 1) and the evaluation can be carried out on the terrain component level. The SOTER database has been established with data of both our own analyses and data from earlier studies. Figure 1 shows the parameters collected in the database. Both soil- or terrain- concerned technologies can be evaluated.

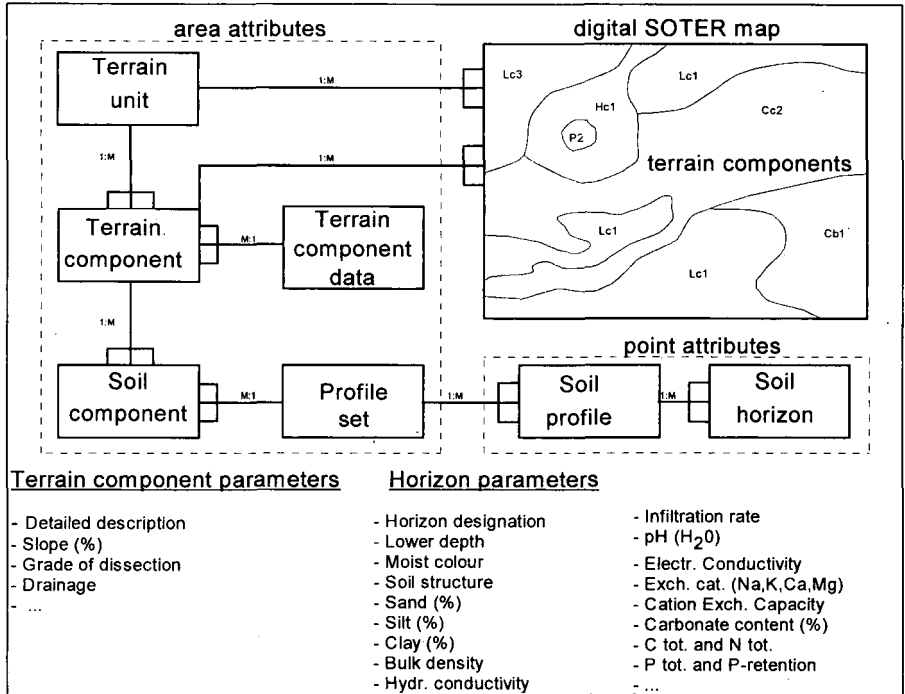


Fig.1: SOTER data structure and GIS linkage (according to Weller and Stahr, 1995; modified)

3. Applications and Discussion

For land evaluation various activities, constraints (e.g. climate, soils,...) and likewise multiple goals have to be considered and integrated. The following factors are ranked among the most important:

- Long-term nutrient mangement
- Soil and water mangement
- Socio-economic constraints
- Livestock integration
- Fallow and tree integration
- Mechanization
- Institutional or policy changes

The detailed knowledge of soil parameters on one hand (Fig.1) and of crop demands on the other enables first of all general suitability estimations for crops or cropping technics (Fig. 2).

Nutrient inputs have to be integrated into the extensive traditional land use systems. This can only be done very specifically (e.g. pocket placed) and to a very limited extent, since Nigerien smallholders cannot afford high fertilizer expenses. With defined fertilizer or manure inputs and crop residue applications based on earlier results (e.g. Bürkert, 1995) yield prognosis for respective crops can be given (Fig.3).

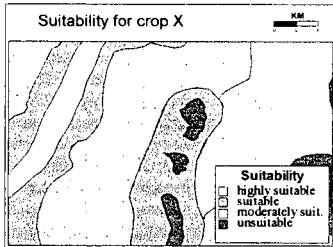


Fig. 2: Evaluation of soil suitability for crops

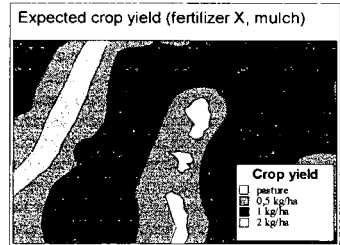


Fig. 3: Yield prognosis for defined scenarios (e.g. fertilizer inputs)

Improved cropping techniques should simultaneously integrate sustainable resource management. Soil and water conservation is crucial, with regard to the extent of degraded land severely affected by erosion processes arising from cultivation and overgrazing (Graef and Stahr, 1997).

Traditional soil and water conservation techniques are known from some regions of Niger and especially from Burkina Faso, however, they are not widely known and consequently applied. Their high labour intensity is a limiting factor. Yields of crops cultivated in zays (planting holes of 20-30 cm Ø, 20-40 cm depth and 1x1 m spacing) with low manure or organic waste inputs were tripled in field trials (PASP III, 1995) compared to traditional cropping. This effect is attributed to the nutrient concentration and conservation in the planting holes. Water erosion was also reduced to neglectable amounts. Similarly, yields of crops grown in or between ridges along contour lines were higher compared to traditional cropping, preventing at the same time water erosion. Also the construction of soil dams 30-50 cm high, 10-20 m apart and sometimes reinforced with stones can considerably reduce runoff for years. After some years of cultivation between the dams, the terrain becomes terrace-shaped. Terrain and soil information together define the suitability of areas for these methods (Fig.4). Likewise critical zones of erosion caused through present land use can be pointed out (Fig.5)

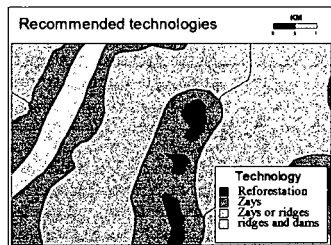


Fig. 4: Suitability of soil and water conservation technics on different soils

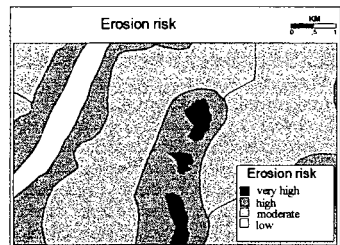


Fig. 5: Delineation of critical zones under present land use

Risk assessments of yield decrease can be carried out under critical climatical conditions and with specific inputs or management technologies (Fig.6). This can also serve as a base for the calculation and assessment of labour and financial inputs.

The SOTER database together with other thematic maps in the GIS can also be used as a planning instrument for projects or organisations intervening in the region (PASP III, 1995), when defining specific areas of interest for interventions (Fig.7).

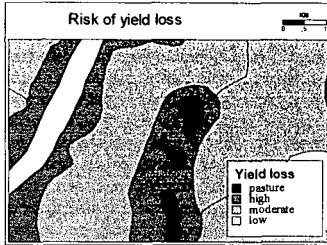


Fig. 6: Risk assessment for defined land use scenarios

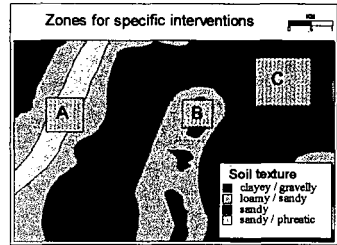


Fig. 7: Queries for specific areas of interest (e.g. sandy soils near village)

Unfortunately soil- and crop-related studies in Niger were carried out almost exclusively on sandy soils. This causes a major constraint to the evaluation of areas covered with loamy or clayey soils. The thematic maps presented above are largely based on space-related bio-physical data. Socio-economic parameters, which also have to be integrated, are usually very selective and restricted to local circumstances. Consequently, when combining the two sectors, a certain inaccuracy will be inevitable.

Local farming systems have already shown certain potentials concerning land conservation and restoration. This knowledge should be integrated into development approaches.

4. Conclusions

The SOTER database serves as a platform for retrieval of various information and for multiple applications concerning land use planning. The outcome, thematic maps, will lead to management recommendations for respective areas.

Since terrain and soils in SW-Niger show highly varying characteristics and potentials, their suitability for specific landuses differs and management recommendations need to be adapted carefully. Moreover, the smallholders crop management technics, knowledge and traditions have to be taken into consideration and integrated.

Further research is needed especially on the suitability of soil and water conservation technics on different soil types in the Sahelian climate.

5. References

- Buerkert, A., 1995: Effects of Crop Residues, Phosphorus and Spatial Soil Variability on Yield and Nutrient Uptake of Pearl Millet (*Pennisetum Glaucum* L.) in Southwest Niger. PhD-thesis. Verlag U.E. Grauer, Stuttgart, 272 pp
- Graef, F. und Stahr, K. (1997): The application of SOTER for land evaluation in SW-Niger. In G. Renard et al. (Eds.): Proceedings of the Regional Workshop 'Soil Fertility Management in West African Land Use Systems'. Niger, 4-8 March 1997. Margraf Verlag, Germany
- ISRIC 1993. Global and National Soils and Terrain Digital Databases (SOTER). Procedures Manual. Wageningen, 115 pp.
- PASP III, 1995: Rendements des terres recuperées et essai comparatifs avec la production des champs sans traitement anti-erosifs. Volet agro-sylvo-pastoral, GTZ, Niger. 6 pp.
- Stahr K., K.E. Bleich and F. Graef 1996. A geomorphological approach using satellite images for landuse planning in the Ct3 and Liptako (SW-Niger). pp. 53-82 in Standortgemäße Landwirtschaft in Westafrika. Arbeits- und Ergebnisbericht 1994-1996, SFB 308: Univ. Hohenheim. Stuttgart.
- Weller U. and K. Stahr 1995. Eine Standortskarte für Südbenin - Erfassung v. Geländeeigenschaften und Bodenparametern. Mitteilgn. d. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 76, 1221-1224.

Zur Mikromorphogenese und Klassifizierung pliozäner und pleistozäner Paläoböden im Becken von Granada

von

GÜNSTER, N.; SKOWRONEK, A.

1. Einleitung

Das intramontane Neogen-Becken von Granada war im Pliozän und Pleistozän Akkumulationsraum für unterschiedlichste terrestrische Sedimente. Neben pliozänen Schwemmfächerablagerungen treten pleistozäne periglaziale Hangschuttdecken und Hangsedimente, fluvio-glaziale Schuttkegel, Löss sowie alluviale Terrassenablagerungen auf. Alle Sedimente lassen sich durch fossile Böden stratigraphisch aufgliedern. Die Substrate der Böden setzen sich vornehmlich aus den Abtragungsprodukten der im Untersuchungsgebiet anstehenden Kalke, Dolomite, kalkreichen Mergel und gipsführenden Kalkmergel zusammen.

235 Dünnsschliffe im Normalformat wurden mit dem Polarisationsmikroskop untersucht. Ziel war es, die Böden hinsichtlich ihrer Bodenbildungsintensität und der dominierenden Bodenprozesse genetisch zu differenzieren. Besondere Kriterien waren die Ausprägung des Doppelbrechungsgefüges (Plasmagefüge) und das Auftreten sekundären Calzits. Die Beschreibung der Dünnsschliffe erfolgte nach der Nomenklatur von BULLOCK et al. (1985). Die im Text verwendeten Fachbegriffe sind dem „Glossary of soil micromorphology“ von JONGERJUS & RUTHERFORD (1979) entnommen.

Alle aufgeschlossenen pliozänen und pleistozänen Paläoböden im Becken von Granada sind gekappte Böden, d.h. die obersten Bodenhorizonte sind nachträglich abgetragen. Eine Klassifizierung nach diagnostischen Bodenhorizonten und deren Einordnung nach entsprechenden Tiefenfunktionen im Rahmen der gängigen Bodenklassifikationen ist aus diesem Grund nicht eindeutig möglich und auch nicht zulässig. Es können daher lediglich die Art und Intensität pedogenetischer Vorgänge erfaßt und interpretiert werden. Die Ergebnisse der mikromorphologischen Untersuchungen erlauben weitreichende Rückschlüsse zur Boden- und Klimaentwicklung vom Unteren Pliozän bis zum Jungpleistozän des westlichen Mittelmeergebietes.

2. Ergebnisse

Polarisationsoptisch können Bodenhorizonte 1. und 2. Ordnung unterschieden werden. Die Bodenhorizonte 1. Ordnung sind Kalkauswaschungshorizonte [i.e.S. Verwitterungshorizonte, Bv(c) und Bt(c)] und Kalkanreicherungshorizonte (Bc, BCc und Cc). Erstere sind durch Lösung und Abfuhr des überwiegend kalkhaltigen Ausgangssubstrats gekennzeichnet. Mit zunehmender Translokation des Kalks in den Unterboden geht eine verstärkte Plasmamobilisierung bzw. Plasmaorientierung einher. Die Lösung von Calciumcarbonat äußert sich in den untersuchten Böden durch das Auftreten von carbonatisierten neben weniger bzw. nicht carbonatisierten Bereichen des Plasmagefüges. Die verbleibenden Lösungsrückstände werden mit zunehmender Kalkabfuhr stärker rubefiziert. In den Verwitterungshorizonten besteht zwischen CaCO₃-Gehalt und gemessenen Fe₂-Werten ein enger statistischer Zusammenhang ($r = 0,78$, $n = 50$). Die von MEYER & KRUSE (1970) in marokkanischen Küstendünen beschriebene Entkalkungsrötung muß auch hier neben der Verwitterung von eisenhaltigen Silikaten, die jedoch nur in geringer Menge vorhanden sind, der entscheidende Prozeß der Rubefizierung sein. Er läßt sich durch rötliche und gelbliche Überzüge dehydrierter Eisenoxide auf Mineraloberflächen (vor allem Quarz) identifizieren. Der Grad der Rubefizierung (*redness-rate* nach TORRENT et al. 1983) steigt mit zunehmenden pedogenen Eisengehalten ($r = 0,93$). Das weite Verhältnis von Kalk- zu Eisengehalten ist auf eine nachträgliche, mikromorphologisch nachweisbare, Recarbonatisierung zurückzuführen. Diese äußert sich in sekundärem Calzit, der überwiegend in Form von mikritischen bis spari-

tischen Poren- bzw. Hohlraumfüllungen und calzitischen Cutanen neben orientiertem doppelbrechendem Plasma in der Bodenmatrix von Verwitterungshorizonten auftritt. In wenigen Fällen führt die Recalzifizierung zu einer Anreicherung mit calzitischen Nodulen, d.h. der ehemalige Verwitterungshorizont wird zu einem Kalkanreicherhorizont 2. Ordnung. Wir empfehlen daher Bodenhorizonte, deren Gehalt an Sekundärcarbonat verschiedenen genetischen Ursprungs ist, in Bodenklassifikationssystemen eindeutig zu unterscheiden.

Die Plasmamobilität und damit auch die Plasmaorientierung intensivieren sich mit zunehmendem Grad der Bodenentwicklung (GERASIMOVA et al. 1996, S. 43). Daraus läßt sich für die ton- und carbonatreichen Paläoböden im Becken von Granada folgende Entwicklungsreihe des Doppelbrechungsgefüges ableiten:

Tab. 1: Entwicklungsstufen der Plasmaorientierung in b-fabrics

Stufe	Nomenklatur nach BULLOCK (1985)	Nomenklatur nach BREWER (1964)
1	Cristallitic	Asepic
2	Stipple-Speckled	Insepic
3	Mosaic-Speckled	Mosepic
4	Grano-/Poro-Striated	Skel-/Vosepic
5	Parallel-Striated	Lattisepic
6	Cross-Striated	Omnisepic

Alle Bv(ca) und Bt(ca)-Horizonte konnten so einer bestimmten Entwicklungsstufe (Mobilitätsstufe) zugeordnet werden. Die anschließende korrelierte Verknüpfung (Abb. 1) der jeweiligen Entwicklungsstufen mit den Werten der pedogenen Eisenfreisetzung ($r = 0,95$) belegt den Zusammenhang von Entkalkung, Rubefizierung und Plasmaorientierung. Die Ausprägung der doppelbrechenden Tonmatrix kann somit als verlässlicher Anzeiger der Bodenbildungsintensität von Böden aus kalkhaltigem Substrat gewertet werden. Die intensiv rubefizierten Paläoböden des Unteren Pliozäns (Stufe 3 bis 6) sind demnach am stärksten entwickelt. Die weniger rubefizierten Böden des Oberen Pliozäns (Stufe 2 bis 4) und Mittel- bis Altpleistozäns (Stufe 2 bis 3) erreichen nur noch eine Entwicklungsintensität, die den schwächer entwickelten Böden des Unteren Pliozäns entsprechen. Am schwächsten entwickelt sind die jungpleistozänen Böden (Stufe 1,5 bis 2,5), die entweder schwach oder nicht mehr rubefiziert sind.

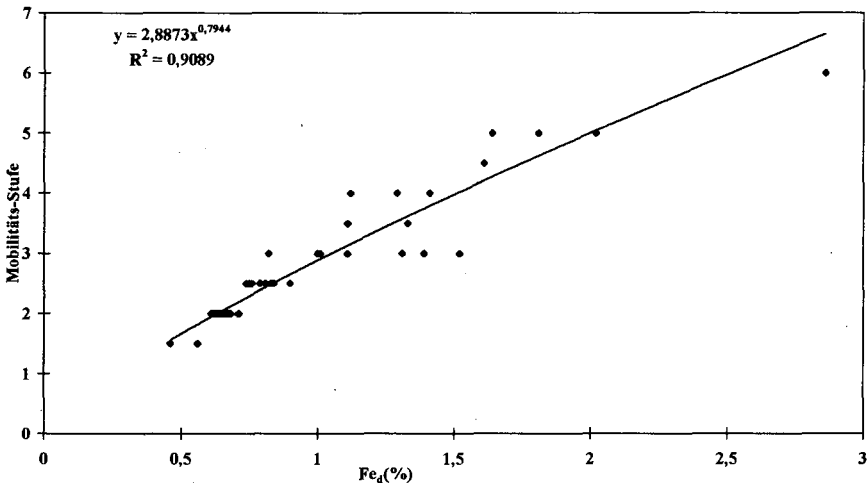


Abb.1: Zusammenhang von pedogenem Eisen (Fe_d) und Plasmamobilität

Trotz intensiv orientierter Tonmatrix in den am stärksten entwickelten tonreichen Böden sind die Anzeichen einer Lessivierung in Form von Toncutanen in Porenräumen oder in Form von Überzügen auf Mineraloberflächen entweder sehr schwach oder nicht vorhanden. Die Abwesenheit von Toncutanen in moderat feintexturierten Böden semi-arider bzw. semi-humider Klimate ist auf ihr hohes Schrumpfungspotential zurückzuführen. Dadurch verursachter Stress verhindert die Bildung von Cutanen auf Aggregatoberflächen oder zerstört ehemals formierte Toncutanen (NETTLETON et al. 1969).

Die relative Verteilung von groben und feinen Bestandteilen ist ausschließlich *open* oder *close porphyric*. Kennzeichnend hierfür sind auch die zahlreichen, in der relativ dichten Matrix „schwimmenden“ Quarzkörner. Die Aggregiertheit ist entsprechend schwach bis mäßig ausgeprägt und die Mikrostruktur oft massiv. Mit zunehmender Bodenbildungsintensität wird die Aggregatbildung deutlich stärker und führt zu einem subpolyedrischen bis polyedrischen Mikrogefüge. Dies hängt mit dem größeren Schrumpfungspotential und der erhöhten Plasmamobilität in den intensiver entwickelten Böden kausal zusammen, deren Mikrogefüge aufgrund der häufigen Austrocknung durch Risse und Spalten zergliedert ist. *Fissures* und *planes* sind neben Höhlungen und Mikrovesikeln demnach auch die vorherrschenden Hohlräume.

Alle pliozänen und pleistozänen kalkhaltigen Böden enthalten noch primären Kalk in Form von angewitterten Kalksteinbruchstücken. Unverwitterte frische Calzit- und Dolomitminerale sind - wenn vorhanden - in untergeordneten Mengen vertreten. Der primäre Kalk ist direkt aus dem Ausgangsmaterial der Böden vererbt worden und in-situ verwittert. Dies läßt auf eine zumindest eingeschränkte Verwitterungsintensität schließen. Sekundärer pedogener Kalk tritt in Form von nadelförmigem *Lublimit*, Belägen in Hohlräumen und Matrix, fein- bzw. grobkörnigen Füllungen von Hohlräumen und als Nodule auf. Beläge, Füllungen und Nodule können dabei aus Calzitkristallen unterschiedlicher Größe gebildet sein. Es kommen mikritische ($< 8\mu\text{m}$), sparmikritische ($8\text{-}20\mu\text{m}$) und spartische ($>20\mu\text{m}$) Kristalle vor. Die Nodule treten in den verschiedensten genetischen Formen auf. Sie haben eine überwiegend irreguläre Form mit diffusen verschwimmenden Grenzen zur umliegenden Matrix oder mit einer scharfen Abgrenzung (*spongy* oder *compact calzitic nodules*, SEGHAL & STOOPS 1972). Sie enthalten in den meisten Fällen Grobpartikel und Matrix aus der Grundmasse als Einschlüsse (*orthic* und *disorthic nodules*, WIEDER & YAALON, 1974). In den jungpleistozänen Böden erreichen die *compact nodules* in einigen Fällen Durchmesser bis zu 2 cm.

Die zahlreichen sekundär-calzitischen *pedofeatures* sind in den Kalkanreicherungs-horizonten immer mit mikritischem Karbonat-Ton-Plasma vergesellschaftet. COURTY et al. (1987, S. 227) sehen im gemeinsamen Auftreten verschiedener calzitischer Formen ein typisches pedogenetisches Merkmal in semi-ariden Gebieten und leiten es als Ergebnis einer graduellen Imprägnierung der Bodenmatrix mit sekundärem Calzit ab. Die Anzahl der calzitischen *pedofeatures* in den untersuchten Böden nimmt mit dem Grad der Karbonatisierung zu, diese kann bis zur Bildung von pedogenen Kalkkrusten führen. Dabei ist festzustellen, daß nicht der gemessene Karbonatgehalt maßgebend für das gehäufte Auftreten bestimmter carbonatischer Formen ist, sondern die Menge an Kalk, die zusätzlich zum sedimentär vererbten CaCO_3 in den Boden infiltriert und ausgeschieden wird. Der primäre, evtl. auch pedogene, Kalkgehalt der (Boden)Sedimente und die pedogene sekundäre Zufuhr aus Kalklösung und Kalkausscheidung haben so den Aufbau von massigen Kalkkrusten bis zu 80 cm (i.d.R. unter 40 cm) Mächtigkeit ermöglicht und können somit auch als ausschließlich pedogene Bildungen gedeutet werden.

Kalkanreicherungs-horizonte können ebenso wie Verwitterungshorizonte nach Entwicklungsstufen klassifiziert werden. Eine Zuordnung pedogener calzitischer Merkmale zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren, Textur, Carbonat- und Tongehalt haben bereits GILE et al. (1966) auf makroskopischer, und SEGHAL & STOOPS (1972) sowie WIEDER & YAALON (1982) auf mikroskopischer Ebene versucht. Im wesentlichen werden hier Abfolgen beschrieben, die von schwach imprägnierter Grundmasse mit diffusen Nodulen im Initialstadium über intensiv imprägnierte Grundmasse mit kompakten Nodulen und spartischen Formen bis zu dicht zementierter Bodenmatrix und koaleszierenden Nodulen massiver Kalkkrusten im Endstadium führen. Diese Gesetzmäßigkeiten konnten in den Paläoböden des Granada-Beckens aus mehreren Gründen nur teilweise nachvollzogen werden: Einerseits sind die Kalkanreicherungs-horizonte überwiegend nur noch als Bodenreste erhalten und die hangenden Bodenhorizonte vollständig erodiert. Andererseits ist das Ausgangsmaterial und der ursprüngliche Kalkgehalt der Böden nicht mehr rekonstruierbar. Zudem kann im Zuge einer Fossilierung eines Bodens (Verwitterungshorizont) durch ein

kalkhaltiges Sediment und einer nachträglichen Recarbonatisierung gelöster Kalk im bestehenden Porensystem bis in den liegenden Kalkanreicherungs-horizont gelangen und dort calzitische Formen bilden, die mit dem ursprünglichen genetischen Zustand nicht vereinbar sind. Es konnte jedoch festgestellt werden, daß die pedogenetisch am stärksten entwickelten Verwitterungshorizonte [Bv(c), Bt(c)] immer mit einem oder mehreren intensiv kalkangereicherten liegenden Bodenhorizonten (Bc, Bcc, Cc) korrespondieren.

Analog dem Vorkommen von calzitischen *pedofeatures* in den Paläoböden aus überwiegend kalkhaltigem Substrat, treten in den Böden aus kalkhaltigem Gipsmergel mehr oder weniger große Mengen linsenförmigen Gipses auf (10 bis 30 Vol. %). Die idiomorphen Gipskristalle sind entweder als Hohlraumfüllungen, als Beläge in Gängen, Kammern und Rissen und irregulär verstreut in der Grundmasse vertreten. Charakteristisch sind inselartige Akkumulationen linsenförmiger Kristalle unterschiedlicher Größe (*isles fabric*), wie sie auch in Böden aus Nordspanien beobachtet wurden (HERRERO et al. 1992).

3. Schlußfolgerungen

Die Paläoböden des Beckens von Granada sind durch eine kontinuierliche Abnahme der Bodenbildungsintensität vom Unteren Pliozän bis ins Jungpleistozän gekennzeichnet. Dies äußert sich vor allem in einer geringeren werdenden Rubefizierung und Plasmaorientierung. Primärer Calzit in allen Böden impliziert eine zumindest teilweise eingeschränkte Verwitterungstätigkeit, sekundärer Calzit in mehr oder weniger stark kalkangereicherten Bodenhorizonten einen deutlich akzentuierten Wechsel von feuchten und extrem trockenen Perioden unter semi-ariden bis semi-humiden Klimabedingungen. Dabei ist von einer schwankenden und ständig abnehmenden Humidität auszugehen, deren Maximum in den stark rubefizierten Böden des Unteren Pliozäns liegt und deren Minimum in den gipsführenden Böden des Jungpleistozäns erreicht wird.

4. Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, ohne deren großzügige finanzielle Unterstützung die Untersuchungen nicht möglich gewesen wären.

Literatur

- Brewer, R. (1964): Fabric and mineral analysis of soils. - New York, London, Sydney, Wiley & Sons, 470 pp.
- Bullock, P., Fedoroff N., Jongerius, A., Stoops, G. & Tursina, T. (1985): Handbook for soil thin section description. - Wolverhampton, 153 pp.
- Courty, M.A., Dhir, P. & Rhagavan, H. (1987): Microfabrics of calcium carbonate accumulations in arid soils of Western India. - in: N. Fedoroff, L.M. Bresson & M.A. Courty (ed.), Soil Micromorphology. Proc. VII Int. Working Meeting on Soil Micromorphology, Paris, July 1985, S. 227-234, Plaisir.
- Gerasimova, M.I., Gubin, S.V. & Shoba, S.A. (1996): Soils of Russia and adjacent countries: Geography and Micromorphology. - Moscow, Wageningen, 204 pp.
- Gile, L.H., Peterson, F.F. & Grossmann, R.B (1966): Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. - Soil Sci. 101:347-360.
- Herrero, J. Porta, J. & Fedoroff, N. (1992): Hypergypsic soil micromorphology and landscape relationships in Northeastern Spain. - Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1188-1194.
- Jongerius, A. & Rutherford, G.K. (1979): Glossary of soil micromorphology. - Wageningen, 138 pp.
- Meyer, B. & Kruse, W. (1970): Untersuchungen zum Prozeß der Rubefizierung (Entkalkungsrötung) mediterraner Böden am Beispiel kalkhaltiger marokkanischer Küstendünen. - Göttinger Bodenkundl. Berichte 13:77-170.
- Nettleton, W.D., Flach, K.W. & Brasher, B.R. (1969): Argillic horizons without clay skins. - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33:121-125.
- Sehgal, J.L. & Stoops, G. (1972): Pedogenic calcite accumulation in arid and semi-arid regions of the Indo-Gangetic alluvial plain of erstwhile Punjab (India): Their morphology and origin. - Geoderma 8:59-72.
- Torrent, J., Schwertmann, U., Fechter, H. & Alferez, F. (1983): Quantitative Relationships between soil color and hematite content. - Soil Sci. 136:354-358.
- Wieder, M. & Yaalon, D.H. (1974): Effect of matrix composition on carbonate nodule crystallisation. - Geoderma 11:95-121.
- Wieder, M. & Yaalon, D.H. (1982): Micromorphological fabrics and developmental stages of carbonate nodular forms related to soil characteristics. - Geoderma 28:203-220.

**Auswirkungen der anthropogenen Beeinflussung des Auenökosystems der
Weißen Elster und Pleiße anhand eines Tiefenprofils in einem künstlichen
Überflutungsgebiet**

von

HAASE,D.; SCHNEIDER,B.; NEUMEISTER,H.

1. Problemstellung

Infolge eines hohen Schadstoffeintrages durch Immissionen von Industrie, Hausbrand, in zunehmendem Maße Verkehr und durch fluviale Sedimentationsprozesse, kommt es seit Jahrzehnten zu einer Akkumulation von Schwermetallen im Bereich der Leipziger Elster-Pleiße-Auen. Seit 1994 wird die Reaktion der Auenökosysteme auf Wiedervernässung in einem Projekt der Stadt Leipzig mittels künstlicher, oberflächlicher Frühjahrsflutung in einem kleinen Bereich der südlichen Elster-Pleiße-Aue über einen Zeitraum von 10 Jahren getestet. Geflutet wird mit dem Wasser des Paußnitz-Baches.

Nach dem Rückgang der künstlichen Aufbasung der Waldböden in den Auen durch die Schließung von Braunkohlenkraftwerken und wachsender Verkehrsdichte kam es zu einer drastischen Senkung der Niederschlags-pH-Werte seit 1990 von 5,3 auf 4,6-4,8 (1994/95; Jahresbericht zur Immissions-situation Sachsen 1995), welche auch den Säurestatus der Waldböden in den Auen beeinflussen.

Die Einwirkung von Säuren und Säurebildnern mit den Niederschlägen in den Boden begünstigt die Mobilisierung und Verlagerung umweltrelevanter Schwermetalle vom stärker belasteten Ober- in den Unterboden bis hin ins Grunwasser. Des weiteren schädigen niedrige Boden-pH-Werte dessen Struktur- und Gefügeeigenschaften.

Um die ökosystemaren Veränderungen in den Böden als Vermittler zwischen Atmosphäre, Hydrosphäre und Vegetation unter unterschiedlichen geochemischen Milieubedingungen, einerseits durch fortschreitenden Säureeintrag und andererseits bei Basenzufuhr, prognostizieren zu können, wurden anhand eines ausgewählten Auenprofils im künstlichen Flutungsgebiet an der Paußnitz in Versuchsreihen die wasserlöslichen Metalle des vorhandenen Pools über die Entnahmetiefe quantifiziert und ihre Mobilität durch Änderung der geochemischen Milieubedingungen festgestellt.

Es handelt sich um ein braunes, schluffig-toniges Ah-aM-Go-Gor-Profil, mit einem Tonanteil im humosen Oberboden von 35%, im Unterboden bis 70cm Bodentiefe von 51-61%. Der Humusgehalt ist mit 7% im Oberboden am höchsten (Abb.2).

*Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften, Institut für Geographie, Johannisallee 19a, 04103 Leipzig

2. Methoden

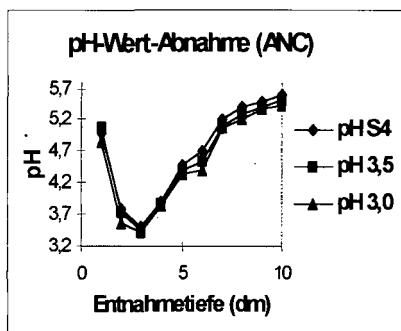
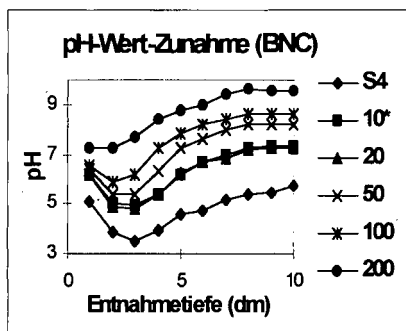
Die Pufferkapazität wurde wie folgt ermittelt:

- Ermittlung der Boden-pH-Werte am Profil in situ (vgl. *Neumeister, Haase und Regber* 1997, im Druck) und in CaCl_2 .
- S4-Versuche im wässrigen Eluat zur Erfassung der Mobilisierung der wasserlöslichen Anteile der umweltrelevanten Schwermetalle und Nährstoffe (DIN 38 414),
- Simulationsversuche zur Erfassung der Basenneutralisationskapazität (BNC) der Waldböden durch die Zugabe verschiedener Säureäquivalente mit 2N CaCl_2 und 8N NaOH nach *Meiwes* et al. (1984),
- Simulationsversuche zur Erfassung der Säurenneutralisationskapazität (ANC) der Waldböden durch Zugabe von Basenäquivalenten mit 0,1N HNO_3 nach eigenem Versuchsaufbau,
- Ermittlung der mobilisierten Metallanteile in der Suspension mittels AA-Spektroskopie.

3. Ergebnisse und Diskussion

Nach den bisherigen Ergebnissen kann festgestellt werden, daß im Vertikalgradient des pH-Wertes in 30cm Tiefe ein Minimum von 3,6 (CaCl_2) auftritt. Im sauren Milieu erreichen die pH-Werte im Profil Werte zwischen pH5,2 und 3,4 und liegen damit im Bereich des Austausch- bzw. Aluminium-Eisenpuffers der Waldböden. Durch die Zugabe von Säure (ANC) erfolgt eine Abnahme des pH-Minimums in 30cm Tiefe auf einen Wert von 3,4 unterhalb des Aluminium-Pufferbereiches. Bei diesen niedrigen pH-Werten ist eine Pufferung im Boden nicht mehr gegeben, da die ANC erschöpft ist. Bei Zugabe von Basenäquivalenten steigen die Werte auf pH7-9 an. Dabei fällt auf, daß die Basen in den untersten Schichten (ab 60cm) weniger gepuffert werden, als im oberen Teil des Profils. Nur der humose Oberboden zeigt ebenfalls eine geringere Basenneutralisation (Abb.1).

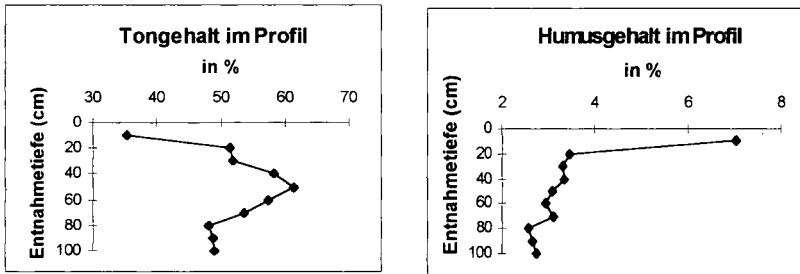
Abb.1: pH-Wert-Änderung im sauren und basischen Milieu



* mval/kg Äquivalentlösung

Die im wässrigen Eluat ermittelten Metallgehalte wurden mit den Versuchsreihen zur ANC und BNC verglichen. Dabei kann eine Mobilisierung von Nährstoffen wie Ca, K und Mg im wässrigen Eluat sowie mit zunehmendem Säureeintrag festgestellt werden (Abb.3). Anthropogen eingetragene Schwermetalle weisen meist Bindungsformen geringerer Stärke auf und sind so leichter mobilisierbar. Das zeigen die auch im sauren Milieu hohen Freisetzungsraten der Alkali- und Erdalkalimetalle, welche Jahrzehnte hinweg als Staubbmissionen in den Böden der Auen akkumuliert wurden.

Abb.2: Ton- und Humusgehalt im Vertikalprofil



Auch Aluminium wird im sauren Milieu vermehrt freigesetzt, v.a. im Oberboden und in 30cm Bodentiefe. Dabei spielt bei der Pufferung im Unterboden (30cm Entnahmetiefe) die Lösung von Al-Hydroxiden eine Rolle. Die höheren Gehalte in 10cm Bodentiefe lassen sich durch die Tatsache erklären, daß hier der akkumulierte Al-Pool an Tonminerale wie im Unterboden und zusätzlich noch an die organische Bodensubstanz gebunden ist und mobilisiert wird, denn an diese ist Aluminium im Boden stark innerhalb metallorganischer Komplexe gebunden.

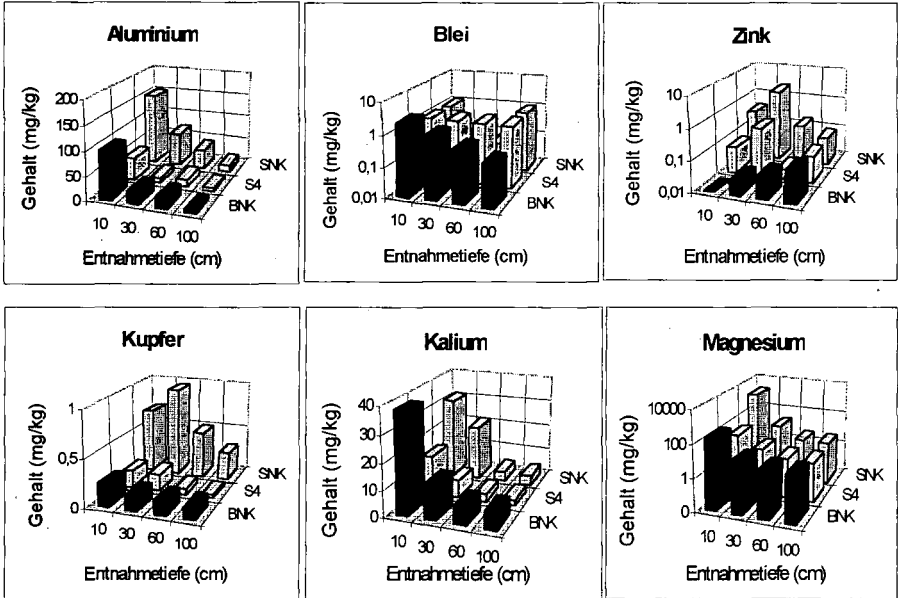
Das leicht mobilisierbare Zink wird, wie erwartet, mit zunehmendem Säureeintrag in den Boden v.a. in 10-60cm Bodentiefe mobilisiert. Es kann bestätigt werden, daß Zn bei einer Bodenacidität unterhalb pH5,5-5 zunehmend mobilisiert wird (Abb.3). Die Schicht des pH-Minimums bei 30cm zeigt die höchsten Mobilisierungsraten. Auch der Mikronährstoff Kupfer und das toxische Blei werden im sauren Milieu verstärkt gegenüber dem wasserlöslichen Anteil freigesetzt. Dabei findet man für Kupfer die höchsten Mobilisierungsraten in den Horizonten mit pH-Werten <4,7, einem Bereich, in dem die Bindung von Cu v.a. an Ton stark nachläßt (Krüger 1995).

Allerdings werden Aluminium, Kupfer und Blei, anders als Zink, auch unter zunehmend basischen Milieubedingungen im Boden mobilisiert. Solche basische Milieubedingungen sind beispielsweise die Folgen einer Waldkalkung als Gegenmaßnahme zu Versauerungsprozessen im Boden. Sie wurden im Batchversuch nach Meiwes et al. (1984) mit CaCl₂ und NaOH simuliert.

Die Freisetzung und anschließende Verlagerung erfolgt hier durch die zunehmende Löslichkeit von metall-organischen Komplexen, in denen die genannten Metalle gebunden sind. Dieser Sachverhalt konnte auch in Untersuchungen zur Bindungsform von Metallen mittels der sequentiellen Extraktion der Waldböden nachgewiesen werden, wo Aluminium, Kupfer und Blei v.a. in den Fraktionen der organisch und an Fe-Oxiden gebundenen Metalle vorkommen, weniger dagegen in den leicht verfügbaren Formen. Mit der Lösung der metallorganischen Komplexe als „Träger“ der Metalle bei ungenügender Basenneutralisationsfähigkeit des Bodens und einem pH-Anstieg kann es bei Kalkungsmaßnahmen in Wäldern zu einer Mobilisierung und Migration von Schadstoffen in tiefere Boden-

schichten kommen, so daß bei einem entsprechend hohen Gesamtgehalt im Boden mit einem Eintrag in das Grundwasser gerechnet werden muß.

Abb. 3: Metallgehalte im Profil unter sauren (SNK) und basischen (BNK) Milieubedingungen im Vergleich zum wasserlöslichen Anteil (S4)



Zusammenfassend kann man feststellen, daß es innerhalb des Flutungsgebietes der Paußnitz bei fortschreitendem Säureeintrag in die Waldböden sowie bei einem pH-Wert-Anstieg durch Basenzufuhr zu einer Mobilisierung und nachfolgend zur Migration toxischer Schwermetalle wie Cu, Pb und Zn, Alkali- und Erdalkalimetallen wie Ca, K und Mg sowie wurzeltoxischem Al^{3+} vom Oberboden über den Unterboden bis ins Grundwasser kommen kann.

Literaturangaben:

Jahresbericht zur Immissionssituation 1995. Freistaat Sachsen - Landesamt für Umwelt und Geologie, Radebeul 1996

KRÜGER, A. (1995): Eigenschaften und Dynamik von Schwermetallen in belasteten Böden und Fließgewässern unter dem Einfluß von Huminstoffen. Dissertation an der Fakultät für Physik und Geowissenschaften, Abt. Geochemie der Universität Leipzig

MEIWES, K.-J. et al. (1984): Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralböden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden. - In: Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme / Waldsterben, Bd. 7, Universität Göttingen

NEUMEISTER, H., HAASE, D. und R. REGBER (1997): Methodische Aspekte zur Ermittlung von Versauerungstendenzen und zur Erfassung von pH-Werten in Waldböden. (im Druck)

Ableitung von Acker-/Grünlandeignung und Biotopentwicklungspotential auf Basis der Bodenkarte Halle und Umgebung im Maßstab 1 : 50.000

von

HARTMANN, K.-J.

1. Einleitung

Bodenkarten dienen in vielfältiger Hinsicht als Informations- und Planungsgrundlage. Hierfür sind die gegebenen Inhalte thematisch zu interpretieren und darzustellen. Bearbeitungen können sowohl auf Basis von Expertenwissen als auch die Anwendung konkreter, abgestimmter und veröffentlichter Methoden beruhen. Die komplexe Bodenkarte mit den verschiedenen bodenkundlich/systematischen Inhalten wird unter einer fest umrissenen Fragestellung dahingehend vereinfacht, daß, in bestimmten Eigenschaften vergleichbare, Böden nach definierten Kriterien in einer Legende zusammengefaßt als Karte dargestellt werden. Die durch Experten vorgenommene Vereinfachung der Darstellung erleichtert dem Nutzer das Lesen und Verstehen bodenkundlicher Informationen und ermöglicht wichtiges bodenkundliches Wissen in konkrete Aufgabenbearbeitungen einfließen zu lassen.

Bei den vorliegenden thematischen Bearbeitungen der Bodenkarte Halle und Umgebung (KAINZ et al. 1996) handelt es sich um die Ableitung von Potentialen und Eignungen. Dies sind "was wäre wenn Szenarien", d. h. die Betrachtung und Ergebnisabschätzung erfolgt nur unter festgelegten bodenkundlichen Gesichtspunkten. Weitergehende Informationen, wie aktueller Flächennutzung oder morphologischer Lage im Raum, finden an dieser Stelle noch keine Berücksichtigung.

2. Methodisches Vorgehen

Zur Ableitung der Acker-/Grünlandeignung und des Biotopentwicklungspotentials wurde auf verfügbare Methoden (BRAHMS et al. 1989; BENZLER et al. 1987) zurückgegriffen. Aufgrund der verfügbaren Informationen und Daten war eine Vereinfachung der Methoden erforderlich.

2.1 Methodisches Vorgehen zur Ableitung der Acker-/Grünlandeignung

Die Bewertung der Acker-/Grünlandeignung der Böden erfolgte unter Verwendung eines Rahmenschemas zur Kennzeichnung der bodenkundlichen Feuchtesituation (BENZLER et al. 1987). Nach Vereinfachung

* Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Ref. Bodenkartierung, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

und Zusammenfassung der vorhandenen Tabelle mit 11 Bewertungsmöglichkeiten auf fünf verbal charakterisierte Klassen, wurden diesen die Legendeneinheiten zugeordnet (Tab. 1). Das wesentliche Kriterium bestand im Grundwassereinfluß auf die Bodengesellschaft, untergeordnet gingen Substrat und Bodentyp in die Bewertung ein.

Tab. 1 : Einordnung der bodenkundlichen Feuchte zur Charakterisierung der Acker-/Grünlandeignung

Klasse	Feuchteeinordnung (vereinfacht nach BENZLER et al. 1987)	Charakterisierung
A	dürr, stark trocken, mittel trocken	- für Acker- und extensive Grünlandnutzung in der Regel zu trocken
B	schwach trocken	- für Ackernutzung geeignet - für intensive Ackernutzung im Sommer gelegentlich zu trocken
X	schwach frisch, mittel frisch, stark frisch	- für intensive Grünlandnutzung zu trocken - für Acker- und Grünlandnutzung geeignet - für intensive Ackernutzung im Frühjahr gelegentlich zu feucht (stark frisch)
Δ	schwach feucht, mittel feucht	- für intensive Grünlandnutzung im Sommer gelegentlich zu trocken (schwach frisch) - für Acker- und Grünlandnutzung geeignet
E	stark feucht, naß	- für Intensivnutzung im Frühjahr zu feucht - für Wiese bedingt geeignet

2.2 Ableitung des Biotopentwicklungspotentials

Zur Ableitung des Biotopentwicklungspotentials waren die Klassifizierung der Nährstoffversorgung sowie die Abschätzung der bodenkundlichen Feuchtestufe erforderlich. Auf Basis dieser Informationen erfolgte die Erstellung eines Ökogramms (Abb. 1) in Anlehnung an BRAHMS et al. (1989). Die Charakterisierung der Nährstoffversorgung erfolgte unter Verwendung von Bodenwertzahlen und Zustandsstufen der Bodenschätzung sowie einer Bewertung von TASCHEMACHER (1937). Zur Vereinfachung der Darstellung wurde für die Böden des betrachteten Raums von einer schwach sauren bis schwach alkalischen Bodenreaktion ausgegangen (Tab. 2)

Tab. 2 : Beschreibung der Nährstoffversorgung auf Basis von Bodenschätzungsparametern

Klasse	Nährstoffversorgung	Zustandsstufe	Bodenwertzahl
1	arm	IV/V/VI	< 30
2	mittel	III/IV	30 - 70
3	reich	I/II	> 70

Die Einordnung der Legendeneinheiten in bodenkundliche Feuchtestufen erfolgte aufgrund einer verbalen Beschreibung. Grundlage war die oben erwähnte Klassifizierung nach BENZLER et al. (1989) und die fünf Klassen der Tab. 1, die aufgrund der Fragestellung leicht verändert wurden (Tab.3).

Tab. 3 : Klassifizierung der bodenkundlichen Feuchtestufen

Klasse	Beschreibung im Ökogramm
A	dürr, stark trocken, mittel trocken
B	schwach trocken, schwach frisch, mittel frisch, stark frisch
C	wechselfeucht/staunäß, wechselfeucht
D	schwach feucht, mittel feucht
E	stark feucht, naß

Die gebildeten Klassen dienen zur Erstellung des Ökogramms für Biotopentwicklungspotentiale (Abb. 1). Bei mehreren Spezialisierungsmöglichkeiten wurde unter dem Aspekt des Biotopschutzes eine höhere Spezialisierung der Vegetation zugrunde gelegt bzw. gewichtet.

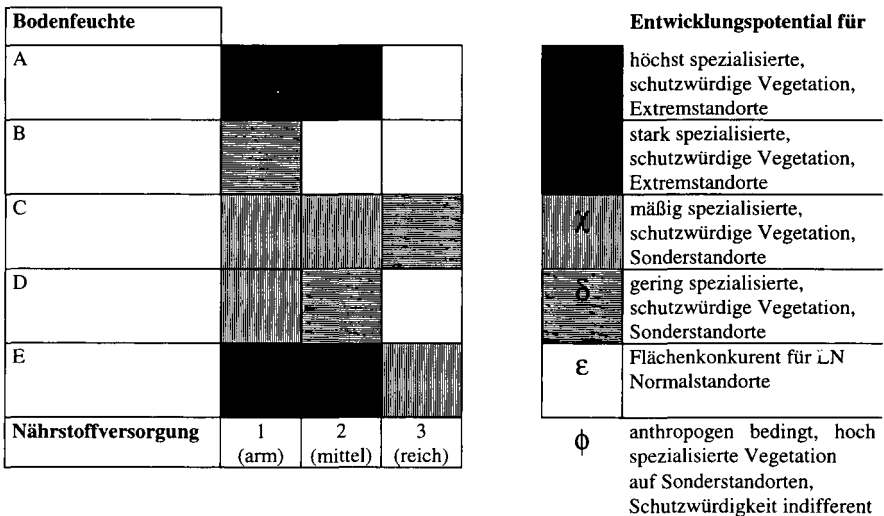


Abb. 1 : Ökogramm zur Ableitung des Biotopentwicklungspotentials

3. Diskussion

Die angewendeten Methoden sind für natürlich gewachsene und anthropogene Böden, die im Zuge von Tagebaurekultivierung entstanden sind, anwendbar. Für die Einordnung von Siedlungsböden und Böden technogener Substrate ist der Einsatz dieser Methoden, insbesondere unter dem Aspekt der aktuellen Nutzung, kritisch zu bewerten und nur stark eingeschränkt möglich. Grundsätzlich ist zu beachten, daß potentielle Ergebnisse erzielt werden, die neben anderen Grundlagen, bei planerischen Entscheidungen zu berücksichtigen sind. Die aus bodenkundlicher Sicht abgeleiteten Biotopentwicklungspotentiale und Acker-/Grünlandesignungen führen für einzelne Flächen und Gebiete zu Aussagen, die mit der Bedeutung der

aktuellen Nutzung und Funktion kollidieren. In solchen Fällen ist es erforderlich unter Verwendung weiterer Unterlagen entsprechende Prioritäten zu setzen und zu wichten. In dem betrachteten Raum sind hiervon unter anderem Waldgebiete, beispielsweise die Dörlauer Heide, betroffen, für die aufgrund der aktuellen Nutzung und Bedeutung eine Acker-/Grünlandnutzung auszuschließen ist. Des Weiteren sei das Retentionsvermögen der Auen, z. B. im Bereich von Elster und Luppe, erwähnt. Die Bedeutung dieser Flächen als Überschwemmungsgebiete für den Hochwasserschutz wäre im Sinne der Allgemeinheit höher anzusetzen als die Eignung zur extensiven Acker-/Grünlandnutzung, die bei einzelnen, bedeutenden Hochwasserereignissen stark eingeschränkt sein kann.

Obwohl derartige Konflikte in der Regel bekannt sind, wurde im Gegensatz zu BRAHMS et al. (1989) auf ihre Berücksichtigung bei der Darstellung verzichtet, da sonst die methodische Bearbeitung der Bodenkarte mit einer gutachterlichen Bewertung vermischt würde. Zur Vermeidung von Zielkonflikten sind deshalb die abgeleiteten Biotopentwicklungspotentiale und Acker-/Grünlandeignungen mit weiteren Informationen zu verschneiden. Für eine abschließende Bewertung ist es u. a. erforderlich, daß zur Ermittlung der Waldgebiete die Ergebnisse mit aktuellen Flächennutzungsdaten, z. B. auf Basis von ATKIS verschnitten werden. Zur Ermittlung von Überflutungsflächen im Auenbereich ist der Einsatz von Luftbildern aktueller Hochwasserbefliegungen erforderlich.

Unter Beachtung des Maßstabes 1 : 50.000 sind die vorliegenden Ergebnisse in der Lage eine Übersicht zu Eigenschaftspotentialen eines, auch administrativ, definierten Gebietes zu bieten und als Grundlage für weitere Bearbeitungen und Entscheidungen zu dienen.

4. Literatur

- BRAHMS, M., v. HAAREN, CHR., JANßen, U. (1989) Ansatz zur Ermittlung der Schutzwürdigkeit der Böden in Hinblick auf das Biotopentwicklungspotential, Landschaft + Stadt, 21, (3), 110 - 114
- BENZLER, H.-J., ECKELMANN, W., OELKERS, K.-H. (1987) : Ein Rahmenschema zur Kennzeichnung der bodenkundlichen Feuchtesituation, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkdl. Gesellsch. 53, 95-101
- KAINZ, W., SCHRÖDER, H., KNAUF, C., MÖBES, A. (1996) : Bodenkarte Halle und Umgebung im Maßstab 1 : 50.000, Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt
- TASCHENMACHER, W. (1937) : Grundriß einer deutschen Feldbodenkunde, Bodentypen und Zustandsstufen, 174/175, Eugen Ulmer, Stuttgart

Das Konzept des DEutschen BOdenwissenschaften Servers - DEBOS

von

HINTZE,Th.; KLAPROTH,F.

EINLEITUNG

Der Umfang wissenschaftlicher Publikationen, Informationen und Daten ist heute für den Wissenschaftler unüberschaubar. Dies vor allem aufgrund der Vielzahl vorhandener Quellen und deren räumlicher Verteilung. Keine Bibliothek kann alle Bücher und Zeitschriften vorrätig halten. Die Beschaffung *auswärtiger* Informationen ist mit einem erheblichen Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden.

Informationen im weltumspannenden Netzwerk Internet sind dagegen jederzeit öffentlich zugänglich, leicht indizierbar und von einem einzigen Arbeitsplatz zu erreichen. Bereits heute steht im Bereich der Bodenwissenschaften eine sehr große Anzahl von Quellen von hohem Informationsgehalt und wissenschaftlicher Güte im Internet bereit. Allerdings sind auch diese digitalen Informationen in einer für den Einzelnen nicht mehr zu übersehenden Fülle verfügbar. Die von Suchmaschinen im World Wide Web (WWW) ausgegebenen Ergebnislisten sind aufgrund der ihnen zugrundeliegenden Suchalgorithmen mit meist 1000 und mehr Quellen zu den angegebenen Begriffen oder Begriffskombinationen unbrauchbar. Desweiteren sind diese Listen unsortiert und nicht sachlogisch; Mehrfachnennungen sind häufig. An die Bedürfnisse der Wissenschaften angepaßte Such- und Darstellungsmöglichkeiten fehlen.

Die Notwendigkeit (boden-)wissenschaftliche Informationen im WWW zielgerichtet und fachspezifisch verfügbar zu machen ist der Ausgangspunkt für DEBOS. Einige Aspekte des Konzeptes sollen im Folgenden kurz beschrieben werden.

MATERIAL UND METHODEN

DEBOS basiert im wesentlichen auf 2 Kernapplikationen: einer bodenwissenschaftlichen Internet-Suchmaschine, auf die an dieser Stelle vornehmlich eingegangen werden soll, und einem Datenbank-Server. Alle Dienste von DEBOS werden unter einer einheitlichen

HTML¹-basierten Oberfläche vereint.

Durch die dem Internet zugrundeliegenden Techniken stehen zugleich alle Werkzeuge zur Verfügung um vergleichsweise einfach neue Internet-Dienste bereitzustellen. Darüberhinaus besteht mit der Netzwerkprotokoll-Familie TCP/IP ein weltweiter Kommunikationsstandard der unabhängig von dem Betriebssystem eines Rechners jedem Anwender weltweit die Inhalte dieses Mediums zugänglich macht. *Jede Art von Information ist unabhängig von ihrem Aufenthaltsort jedermann sofort zugänglich.*

Nicht zuletzt durch die jüngste Entwicklung, das WWW, ist die Navigation in dem Medium und die Anwendung seiner Dienste auf einfache und intuitive Weise möglich, was in den letzten Jahren zu der rasanten Verbreitung und breiten Nutzung des Internet geführt hat.

Internet Suchmaschine

Aufgaben der Suchmaschine sind die umfassende Suche, Sammlung, Sortierung und Indizierung aller im Internet verfügbaren bodenwissenschaftlichen Informationen. Dazu gehören im wesentlichen Textdokumente (WWW und Gopher), Diskussionsbeiträge (Usenet) und auch Software (FTP). Die Sammlung derart unterschiedlicher Quellen ist mit dem Informations-Retrievalsystem *Harvest* [1] möglich. *Harvest* ist in seinen Eigenschaften und Funktionen frei konfigurierbar und somit an die fachspezifischen Belange der (boden-)wissenschaftlichen Recherche, Sammlung und Indizierung von Internet-Quellen adaptierbar. Die so erstellte Informationsbasis wird in regelmässigen Abständen automatisch aktualisiert und bei Bedarf erweitert.

Neben der Sammlung der wissenschaftlichen Inhalte bedarf es – und das macht einen wesentlichen Unterschied zu den bestehenden Suchmaschinen aus – einer *wissenschafts-adäquaten* Darstellung. Erreicht wird dies durch die Anwendung von Metadaten², wie sie für das Internet durch die *Standards Dublin Core* und *Warwick Framework* definiert sind. Gekoppelt mit Texmarken, sogenannten *Meta-Tags*, lassen sich indizierbare fachspezifische Informationen direkt in WWW-Seiten einbinden. *Harvest* wertet diese Tags aus

¹HTML steht für HyperText Markup Language und ist die Seitenbeschreibungssprache zur Erstellung von WWW-Seiten

²Metadaten sind Daten zur Beschreibung von Daten; beispielsweise die Systematik von Bibliotheken beruht auf dem Einsatz von Metadaten

und verwendet sie zur vorgegebenen Systematisierung und Indizierung der Informations-Sammlung. Ein Beispiel für die Verwendung von *Meta-Tags*:

<META NAME="subject" CONTENT="Bodenkunde">

<META NAME="author" CONTENT="Scheffer Schachtschabel">

<META NAME="title" CONTENT="Lehrbuch der Bodenkunde">

Ist die Suchmaschine für fachspezifische Belange konfiguriert, kann direkt nach bestimmten Kriterien gesucht werden, wie

- Themengebiet → 'Bodenkunde'
- Autor(en) → 'Scheffer, Schachtschabel'
- Titel → 'Lehrbuch der Bodenkunde', usw.

Selbstverständlich erfolgt die Ausgabe der Fundstellen inhaltlich und fachspezifisch strukturiert. Ferner ist das Antwortverhalten durch die Beschränkung auf fachspezifische Inhalte erheblich schneller als bei einer Suchanfrage an große *unspezifische* Suchmaschinen.

Datenbank-Server

Über eine Online-Datenbank (relationaler Datenbankserver) wird ein fortwährend erweiterbares Datenarchiv eingerichtet das alle Arten von Bodendaten bereithält, wie beispielsweise Meßwerte, Referenzdaten, Ergebnisse aus Ringuntersuchungen, raumbezogene Daten und grafische Daten. Die Kopplung mit einem grafischen Informationssystem ist möglich. DEBOS dient damit auch als *bodenkundliche Datenzentrale*.

ZIELE UND AUFGABEN

In Teilen ergeben sich aus den vorgenannten Aspekten folgende Ziele und Aufgaben von DEBOS:

⇒ Informationszentrale

- ⇒ Sammlung und Bereitstellung von
 - Fachinformationen
 - Bodendaten, Raumdaten (GIS-Kopplung)
 - Methoden
 - Ergebnisse von Ringversuchen
- ⇒ Vermeidung von Redundanz
- ⇒ Kommunikation
 - Konferenzsystem
 - Diskussionsgruppen
 - internationale Schnittstelle
- ⇒ Schwarzes Brett
- ⇒ Pre-Print-Server

Eine ausführliche Darstellung des Konzeptes, weiterführende Literaturhinweise und die Test-Implementation des **DE**utschen **BO**denwissenschaften **S**ervers ist jederzeit unter der WWW-Adresse (URL) <http://boden1.uni-trier.de/DEBOS/> abrufbar. Kolleginnen und Kollegen die noch nicht über einen Internet-Zugang verfügen kann der Text auf Wunsch als Ausdruck zugesandt werden.

Das Konzept ist ein erster Vorschlag, eine *Arbeitsgrundlage*. Die **Mitarbeit** an DEBOS ist **beabsichtigt** und **erwünscht**. Für diesen Zweck wird u.a. eine email-Diskussionsgruppe eingerichtet, deren Adresse ebenfalls unter dem oben genannten URL bereit steht.

LITERATUR

[1] Hardy D.R., Schwartz M.F. und Wessels D. (1996): Harvest - Effective Use of Internet Information.- University of Colorado, Technical Report CU-CS-743-94, <http://harvest.cs.colorado.edu/>

**Blei-, Zink- und Nickel-Totalgehalte in Böden des Niederrheinischen Tieflandes
(Nordrhein-Westfalen) - GIS-gestützte Bearbeitung von
Punkt- und Flächendaten**

von

HORNBURG, V.

Zur Herstellung von bodenkundlichen und geologischen Karten kartiert, beprobt und beschreibt das Geologische Landesamt die im Land vorkommenden Böden und Gesteine. Seit Mitte 1996 ist die Bodenkarte von NRW 1 : 50 000 (BK50) inklusive der Randblätter digital verfügbar. Nach Abschluß von Feinkartierungen wurden für die Flächen repräsentative Bodenprofile untersucht und in den horizontweise entnommenen Bodenproben Kennwertgrößen und Totalgehalte an Schwermetallen (SM_t) bestimmt. Für die Gebietsbeschreibung „Böden des Niederrheinischen Tieflandes“ (PAAS 1997) soll eine Übersicht der SM_t -Gehalte in Bodenlandschaften des Naturraumes ausgearbeitet werden. Stellvertretend für die Gruppe stark bzw. nicht stark anthropogen beeinflusster SM stehen die Elemente Pb_t , Zn_t und Ni_t . Die Auswertungen sollen auch den Einfluß der Entnahmetiefe auf die SM_t -Gehalte herausstellen. Es war ferner das Ziel der Auswertungen, Datenaltbestände (seit 1986) aufzuarbeiten und in neue Datenbestände (seit 1996) einzubeziehen.

Material und Methode: Zur Verrechnung und zum Vergleich standen landesweit die Untersuchungsergebnisse von 20 000 Boden- und Humusproben aus etwa 3 500 Bodenprofilen zur Verfügung. GIS-gestützt wurden die Koordinaten der Profile (Punktdatei) der digitalen Karte der „Bodenlandschaften des Niederrheinischen Tieflandes und seiner Randgebiete“ (Flächendatei) zugeordnet. Die regionale Gliederung in Bodenregion, Bodengroßlandschaft und Bodenlandschaft für das Niederrheinische Tiefland (PAAS 1997, vgl. Abb.) folgt der Empfehlung der AG BODEN (1994, S. 273), angepaßt an die naturräumliche Gliederung und die Bodeneinheiten der überdeckenden 15 Blätter der BK50.

Der in der Abbildung dargestellten Fläche konnten 477 Bodenprofile (Acker, Grünland, Wald) mit 1 951 Bodenproben zugeordnet werden, deren Pb_t -, Zn_t - und Ni_t -Gehalte hinsichtlich der angewendeten Methoden vergleichbar waren. Die Bestimmungen erfolgten mit der Röntgenfluoreszenzmethode (RFA) oder im $HF/HCl/HClO_4$ -Aufschluß. Anderweitig untersuchte Bodenproben, Humusaufgaben von Waldstandorten, extrem belastete Stadtböden sowie die Ergebnisse für Cd_t und Cu_t wurden nicht in die Verrechnungen aufgenommen. Im Datenkollektiv der mit der RFA untersuchten Proben weisen 98 % bzw. 24 % der Böden Cd_t bzw. Cu_t -Gehalte auf die unterhalb der elementspezifischen RFA-Nachweisgrenze (2 mg bei Cd_t und 5 mg/kg bei Cu_t) liegen. Von 1 951 Mineralbodenproben sind 924 Proben dem Bereich 0 bis 3 dm, 621 Proben dem Bereich > 3 bis 6 dm und 435 Proben dem Bereich > 6 bis 9 dm unter GOF zuzuordnen.

Als statistische Durchschnittsgröße wird das Geometrische Mittel (x_G) verwendet und für Vergleichszwecke werden nicht Empfehlungen für Vorsorge-, Maßnahme-, Prüf-, Ziel- und Eingreifwerte verwendet sondern die königswasserlöslichen Grenzwerte der AbfKlärV (ANONYM 1992, Tab. 1).

Ergebnis: Bei Betrachtung aller Analyseergebnisse ergeben sich deutliche räumliche und substratabhängige Unterschiede (Tab. 1). In der **Bodenregion der Flußlandschaften (1)** weisen die Oberböden (0 - 3 dm unter GOF) in der Bodengroßlandschaft der Auen (1.1) die höchsten Pb_T , Zn_T - und Ni_T -Gehalte auf. Im geometrischen Mittel werden die Grenzwert der AbfKlärV (ANONYM 1992) mit 86 mg Pb_T , 206 mg Zn_T und 45 mg Ni_T /kg Boden bei Pb und Ni nahezu erreicht bzw. bei Zn deutlich überschritten. Als Ursache dafür sind zu nennen: Abwassereinleitungen aus industriell (Rheinaue) und bergbaulich geprägten Gebieten (Ruraue), Sedimentationsgeschwindigkeit, der höhere Ton- und Humusgehalt und damit verknüpft die höhere Sorptionsfähigkeit der Böden.

Im Vergleich dazu sind in den Oberböden der überwiegend mit Hochflutlehmen und Flugsanden überdeckten Großlandschaft der Niederterrassen (1.2) mit $x_G = 40$ mg Pb_T , 38 mg Zn_T , 25 mg Ni_T /kg und in den Oberböden des vorrangig mit Löß und Sandlöß überlagerten Gebietes der Älteren Flußterrassen (1.3) mit $x_G = 50$ mg Pb_T , 38 mg Zn_T , 22 mg Ni_T /kg deutlich niedrigere Pb_T , Zn_T - und Ni_T -Gehalte festzustellen. Die Grenzwerte der AbfKlärV (ANONYM 1992) werden im Mittel bei Pb und Ni zu 40 bis 50 % und bei Zn nur noch zu 25 % ausgeschöpft.

Tab. 1: Geometrische Mittelwerte der Pb_T , Zn_T - und Ni_T -Gehalte in Böden (0 - 3 dm unter GOF) der Bodengroßlandschaften des Niederrheinischen Tieflandes und seiner Randgebiete (* Erläuterungen in der Abb.)

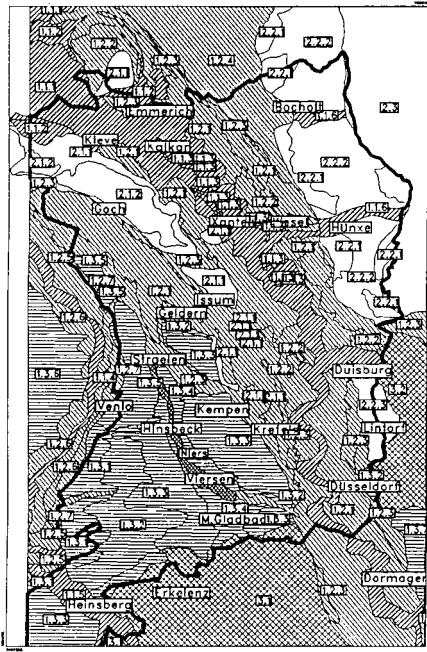
Boden-region *	Bodengroß-landschaft *	Anzahl Profile	Anzahl Proben	Pb_T mg/kg geom. M.	Zn_T mg/kg geom. M.	Ni_T mg/kg geom. M.
1	1.1	28	53	86	206	45
	1.2	164	177	40	38	25
	1.3	41	112	50	38	22
2	2.1	8	17	32	33	25
	2.2	125	249	20	15,6	16,6
	2.3	71	108	34	24	19,2
3	3:1/2	25	49	67	62	34

Grenzwerte der AbfKlärV (ANONYM 1992): 100 mg Pb, 150/200 mg Zn, 50 mg Ni_T /kg TS Boden

Eine weitere Abnahme der Pb_T - und Zn_T -Gehalte ist festzustellen, wenn man den SM_T -Gehalten der Oberböden aus der Region der Flußlandschaften (1) die SM_T -Gehalte der Oberböden aus der **Region der Altmoränenlandschaften (2)** gegenüberstellt. In der Region (2) liegt die Großlandschaft der Sander- und Endmoränenablagerungen im Rheinland (2.1) mit Böden aus Flugsand und Sandlöß (2.1.1) sowie Böden aus Löß über kiesig-sandigen Stauchwällen oder Sandern (2.1.2). Zusammengefaßt betragen die Pb_T - und Zn_T -Gehalte in den Oberböden der Großlandschaft (2.1) nur noch $x_G = 32$ mg und 33 mg/kg Boden, während die Ni_T -Gehalte mit $x_G = 25$ mg Ni_T /kg weiterhin mit den für die Großlandschaften (1.2) und (1.3) ermittelten Durchschnittswerten vergleichbar sind.

In der Region (2) befindet sich ferner die Bodengroßlandschaft der Grundmoränen (2.2). Es handelt es sich um das Gebiet der Niederrheinischen Sandplatten, deren Böden

sich aus Sand und Kies der Rhein-Hauptterrasse (2.2.1) sowie Flugsand und Schmelzwassersand der Grundmoräne (2.2.2) zusammensetzen. Die Oberböden dieser Großlandschaft aus Sand und schwach lehmigem Sand weisen substratabhängig mit $x_G = 20$ mg Pb_t , 15,6 mg Zn_t und 16,6 mg Ni_t /kg Boden die niedrigsten SM-Gehalte im Niederrheinischen Tiefland auf.



- 1 BODENREGION DER FLUSSLANDSCHAFTEN**
- 1.1 Bodengroßlandschaft der Auen
 - 1.1.1 Bodenlandschaft der Rheinaue
 - 1.1.2 Böden der älteren Rheinaue
 - 1.1.3 Aufschütt- und Abtragsböden der Rheinaue
 - 1.1.4 Bodenlandschaft der Moosau
 - 1.1.5 Bodenlandschaft der Rurau
 - 1.1.6 Auen und Niederungen der Flußpfläz der Ostl. Randgebiete des Niederrhein. Tieflandes
 - 1.2 Bodengroßlandschaft der Niederterrassen
 - 1.2.1 Bodenlandschaft der Ebenen und Danken des Rheinniederung
 - 1.2.2 Bodenlandschaft der Dünen und Uferwälle der Rheinniederung
 - 1.2.3 Bodenlandschaft der Bruchgebiete der Rheinniederung
 - 1.2.4 Bodenlandschaft der Issehniederung (Flugsand, sandige Bach- und Flußablagerungen)
 - 1.2.5 Bodenlandschaft der Dünen entlang des Maastals
 - 1.2.6 Bodenlandschaft der Ebenen und Danken des Maastals (Hochflutablagerungen)
 - 1.2.7 Bodenlandschaft der Bruchgebiete des Maastals (Hochflutablagerungen, Flugsand)
 - 1.3 Bodengroßlandschaft der Älteren Flußterrasen
 - 1.3.1 Bodenlandschaft des Grenzvaldes (Terrassenablagerungen, Flugsand)
 - 1.3.2 Bodenlandschaft der Sandlößgebiete
 - 1.3.3 Bodenlandschaft der Lößgebiete
 - 1.3.4 Bodenlandschaft der Niersiallandzone (Flugsand, Sandlöß, Löß)
 - 1.3.5 Bodenlandschaft des Terrassensporrens von Stroten sowie der Terrasseninseln von Iwiedlen und Wemb
 - 1.3.6 Bodenlandschaft der Flugsande westlich der Moos
 - 1.3.7 Bodenlandschaft der Bergischen Heideleterrassen (Flugsand, Sandlöß, terträrer Feinsand und Ton, Verwitterungsmaterial)
- 2 BODENREGION DER ALT-MORÄNENLANDSCHAFTEN**
- 2.1 Bodengroßlandschaft der Sander und Endmoränen im Rheinland
 - 2.1.1 Bodenlandschaft der Niederrheinischen Höhen und benachbarter Höhenrücken (Stauchwall, Sander, Flugsand, Sandlöß)
 - 2.1.2 Böden aus Löß über kiesig-sandigen Stauchwällen oder Sander
 - 2.2 Bodengroßlandschaft der Grundmoränen über Ablagerungen des Tertiliärs oder der Kreide
 - 2.2.1 Böden aus Sand und Kies der Hauptterrasse
 - 2.2.2 Böden aus Schmelzwassersand und Flugsand über Geschiebelehm und Ablagerungen des Tertiliärs
 - 2.2.3 Bodenlandschaft des Niederbergischen Hügellandes
 - 2.3 Bodengroßlandschaft des Münsterlandes, ungegliedert
- 3 BODENREGION DER LÖSS- UND SANDLÖSSLANDSCHAFTEN**
- 3.1 Bodengroßlandschaft der Lößböden
 - 3.2 Bodengroßlandschaft der Lößlandschaften des Berglandes

Abb.: Bodenlandschaften des Niederrheinischen Tieflandes und seiner Randgebiete, abgeleitet aus der Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000

Die ungegliedert dargestellte Bodengroßlandschaft des Münsterlandes (2.3) gehört zu den Randgebieten des Niederrheinischen Tieflandes. In den überwiegend aus Sand und Geschiebelehm bestehenden Oberböden beträgt das Geometrische Mittel 34 mg Pb_t , 24 mg Zn_t und 19,2 mg Ni_t /kg Boden. Die im Durchschnitt als niedrig zu bewertenden Pb_t , Zn_t - und Ni_t -Gehalte liegen damit mehr (Pb und Zn) oder weniger (Ni) deutlich über den für (2.2), jedoch unter den für (2.1) ermittelten Konzentrationen.

Die Bodenregion der Löß- und Sandlößlandschaften (3) umfaßt die Bodengroßlandschaft der Lößböden (3.1) und die der Lößlandschaften des Berglandes (3.2). Beide wurden zusammengefaßt behandelt. Nach der Bodengroßlandschaft der Auen (1.1) liegen in den Oberböden dieser Region (3) mit $x_G = 67$ mg Pb_t und 62 mg Zn_t /kg Boden im Mittel die höchsten Pb_t - und Zn_t -Gehalte vor. Als Ursache dafür wird die hohe Besiedlungs-, Industrie- und Verkehrsdichte in dieser Region angesehen. Demgegenüber bewegen sich die Ni_t -Gehalte mit $x_G = 32$ mg/kg im oberen Bereich (95%-Vertrauensgrenze)

natürlicher Ni_t-Gehalte in Lößproben aus C-Horizonten (HORNBURG 1996) und kommen damit dem geogenen Grundgehalt sehr nahe.

Pb_t, Zn_t- und Ni_t-Totalgehalte in Abhängigkeit von der Entnahmetiefe

In Abhängigkeit von der Entnahmetiefe der Bodenproben ergeben sich im Vergleich zwischen den Pb_t, Zn_t- und Ni_t-Gehalten stark abweichende vertikale Verteilungsmuster (Tab. 2).

Tab. 2: Geometrische Mittelwerte der Pb_t, Zn_t- und Ni_t-Gehalte in Böden des Niederrheinischen Tieflandes aus unterschiedlichen Entnahmetiefen

Entnahmetiefe in dm unter GOF	Anzahl Proben	Pb _t mg/kg	Zn _t mg/kg	Ni _t mg/kg
0 - 3	916	46	78	37
> 3 - 6	609	25	47	42
> 6 - 9	426	18	33	35

In 0 - 3 und > 3 - 6 dm Tiefe liegen die geometrischen Mittelwerte der Totalgehalte für Pb und Zn um den Faktor 2,4 und 1,4 höher als in den Böden aus > 6 - 9 dm unter GOF. Beide Elemente weisen in bezug auf die unterste Schicht in der mittleren und obersten Schicht den gleichen Anreicherungsgrad auf und deuten damit auf eine enge Vergesellschaftung hin. Bei Ni hingegen liegen in den Bodenproben aus 0 - 3 und > 6 - 9 dm unter GOF vergleichbare Konzentrationen vor, während in den Bodenproben aus > 3 - 6 dm Tiefe die höchsten Gehalte zu beobachten sind. Frühere Ergebnisse zeigen, daß die höheren Ni_t-Gehalte in Unterböden - hier vergleichbar mit dem Bodenbereich > 3 - 6 dm unter GOF - einhergehen mit höheren Gesamtgehalten an Ton, Fe, Mn und Co (HORNBURG 1996). Einer Ni-Zufuhr aus der Luft kommt kaum Bedeutung zu.

Schlußfolgerung: Die Pb_t, Zn_t- und Ni_t-Gehalte der Böden in 0 - 3 dm Tiefe weisen für die Bodenregionen und Bodengroßlandschaften des Niederrheinischen Tieflandes neben dem Einfluß des Menschen auf eine starke Abhängigkeit vom Bodenausgangsgestein hin. Nach den Geometrischen Mittelwerten nehmen die Pb_t, Zn_t- und Ni_t-Gehalte in den Oberböden der verschiedenen Großlandschaften in folgender Reihenfolge ab: **Pb_t:** Bodengroßlandschaft 1.1 > 3.1/2 > 1.3 ≥ 1.2 > 2.3 > 2.1 > 2.2. **Zn_t:** Bodengroßlandschaft 1.1 > 3.1/2 > 1.3 = 1.2 > 2.1 > 2.3 > 2.2. **Ni_t:** Bodengroßlandschaft 1.1 > 3.1/2 > 1.2 = 2.1 > 1.3 > 2.3 > 2.2. Danach sind in der Bodengroßlandschaft der Auen (1.1) und Lößböden/Lößlandschaften (3.1/2) die höchsten, in der Bodengroßlandschaft der Grundmoränen ... (2.2) die niedrigsten Pb_t, Zn_t- und Ni_t-Gehalte zu beobachten. Mit zunehmender Entnahmetiefe der Böden von 0 - 3, > 3 - 6 auf > 6 - 9 dm unter GOF nehmen die geometrischen mittleren Pb_t- und Zn_t-Gehalte ab, während die Ni_t-Gehalte steigen bzw. stabil bleiben.

Literatur:

ANONYM (1992): Klärschlammverordnung vom 15.04.1992. - BGB I., 1992, I: 912 - 934, 1 Abb., 1 Tab.; Bonn.

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 4. Aufl.: 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover.

HORNBURG, V. (1996): Schwermetall-Gesamtgehalte in verschiedenen Böden nordrhein-westfälischer Naturräume. - Geol. Jb., A 144: 46 S., 13 Abb., 15 Tab.; Hannover.

PAAS, W. (1997): Böden des Niederrheinischen Tieflandes. - (in Vorbereitung); Krefeld (Geol. Landesamt Nordrh.-Westf.).

Sensitivitätsanalysen von ordinal skalierten Auswertungsmethoden in bodenkundlichen Fachinformationssystemen

von

JOHANNSEN,U.; UTERMANN,J.

Grundlagen der Sensitivitätsanalyse

Die flächenhafte Darstellung der Empfindlichkeit und Leistungsfähigkeit von Böden erfolgt in Bodeninformationssystemen durch Interpretation der vorhandenen Datenbasis mit Hilfe standardisierter Auswertungsmethoden. Sensitivitätsanalysen dienen zur Untersuchung des Einflusses der Variation von Eingangsparametern auf das Ergebnis der Auswertung. Daraus kann abgeleitet werden, mit welcher Genauigkeit die Basisdaten in eine Auswertung eingehen müssen, bzw. wie zuverlässig Aussagen bei ungenauen oder fehlerhaften Eingangswerten sind (vgl. LIEBSCHER 1987).

Anhand synthetischer Datensätze werden in der Sensitivitätsanalyse die Auswirkungen definierter Eingangsparameteränderungen auf das Ergebnis betrachtet. Hierbei können unterschiedliche Untersuchungsansätze zum Einsatz kommen:

- Die **einfache Sensitivitätsanalyse** ist der verbreitetste Ansatz. Hierbei wird jeder Parameter einzeln schrittweise variiert, während die übrigen Parameter auf Referenzwerten festgehalten werden. Auf rein deskriptiver Ebene ist die einfache Sensitivitätsanalyse universell anwendbar. Die Quantifizierung der Sensitivität durch Koeffizienten erfordert metrisch skalierte Eingangs- und Ergebnisdaten.
- Das Prinzip der **multiplen Sensitivitätsanalyse** ist der experimentellen Versuchsanordnung nach dem „two level factorial design“ entlehnt (BOX et al. 1978). Für jeden Parameter werden zwei Untersuchungslevel (+/- Level) festgelegt. Die Sensitivitätseffekte werden anhand der 2^n -faktoriellen Matrix aller möglichen Parameterkonstellationen errechnet. Die wichtigsten Anwendungsvoraussetzungen sind ein monotoner Zusammenhang zwischen Eingangsparametern und Ergebnissen, vergleichbare Untersuchungslevel sowie die Unabhängigkeit der Parameter.

Die methodischen Grundlagen der Untersuchungsansätze sind bei MALESSA et al. 1997 ausführlich dargelegt (vgl. auch UTERMANN et al. 1997). Weitere Anwendungsbeispiele finden sich bei MALESSA & MÜLLER 1994 und 1995.

Besonderheiten bodenkundlicher Auswertungsmethoden

Die Mehrzahl der derzeit verfügbaren Auswertungsmethoden in bodenkundlichen Fachinformationssystemen beruhen auf nominal- und ordinal skalierten Eingangsparametern (vgl. AG BODEN 1994). Die Verknüpfung der Eingangsparameter zur Ableitung der Ergebnisse erfolgt vielfach nicht nach einem durchgängigen funktionalen Zusammenhang, sondern über mehr oder weniger umfangreiche Tabellen. Die Methoden sind überwiegend modular aus verschiedenen Verknüpfungsregeln aufgebaut. Dadurch kann ein Eingangsparameter mehrfach in eine Methode eingehen. Aus dieser Methodenstruktur ergeben sich im wesentlichen drei Probleme für die Sensitivitätsanalyse:

1. Quantifizierung nominal skalierten Eingangsparameter
2. Sensitivitätssprünge
3. Interaktionseffekte durch das Zusammenwirken der Methodenmodule

* Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

Zu 1.: Quantifizierung nominal skaliertes Eingangsparameter:

Nominal skalierte Eingangsparameter sollten wenn möglich auf ordinales Skalenniveau angehoben werden. Dies ist die Mindestvoraussetzung für eine quantitative Ausweisung der Parametersensitivität. In vielen Fällen ist dieser Schritt relativ einfach durchführbar, da die Verknüpfung der Tabellenwerte häufig nach relativ leicht erkennbaren Prinzipien erfolgt. Ein Beispiel für die Klasseneinteilung der Bodenart anhand des Tongehaltes wird bei UTERMANN et al. 1997 ausführlich dargestellt.

Zu 2.: Sensitivitätssprünge

Häufig erfolgt die Ergebnisänderung durch Variation ordinal skaliertes Eingangsparameter nicht stetig, sondern sprunghaft beim Erreichen bestimmter Schwellenwerte. **Abb. 1** zeigt die Bindungsstärke im grundwasserfreien Bodenraum in Abhängigkeit von der Bodenart. Die Verknüpfung der Parameter erfolgt über den Tongehalt, der bei den ausgewählten Bodenarten stetig zunimmt. Im Unterschied hierzu zeigen die Kurven der Ergebnisänderung insbesondere für die Elemente Cd, Zn und Cu einen deutlich sprunghaften Verlauf. Während eine Erhöhung des Tongehaltes über weite Strecken keinerlei Auswirkungen zeigt, ändert sich das Ergebnis beträchtlich an zwei Schwellenwerten.

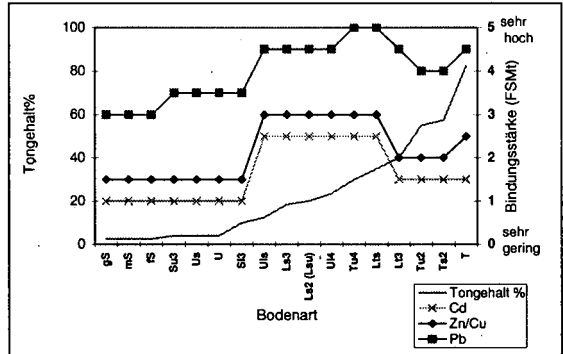


Abbildung 1: Die Bindungsstärke für Schwermetalle im grundwasserfreien Bodenraum (FSM) in Abhängigkeit von der Bodenart

Quantifizierung der Sensitivität

Die Quantifizierung der Eingangsparametersensitivität erfolgt für metrische Eingangsdaten in der einfachen Sensitivitätsanalyse durch den *Sensitivitätskoeffizienten SK* und den *Sensitivitätsindex SI* (vgl. MALESSA et al. 1997). SK beschreibt die Steigung der Ergebnisfunktion in Abhängigkeit von der Eingangsparametervariation für jeden Variationsschritt. SI entspricht der durchschnittlichen Steigung der Ergebnisfunktion über den gesamten Variationsbereich.

Die Sensitivität ordinal skaliertes Methodeneingangsparameter wird zum einen durch die Sensitivität der Klassenwechsel (Sensitivitätssprünge) und zum anderen durch die maximale Ergebnisänderung aufgrund der Eingangsparametervariation charakterisiert. **Abb. 2** zeigt, ebenfalls am Beispiel der Bindungsstärke für Schwermetalle (hier Cadmium) im grundwasserfreien Bodenraum, den relativen Einfluß der wichtigsten Methodeneingangsparameter im Vergleich. Durch die Variation des pH-Wertes kann das Ergebnis in seiner gesam-

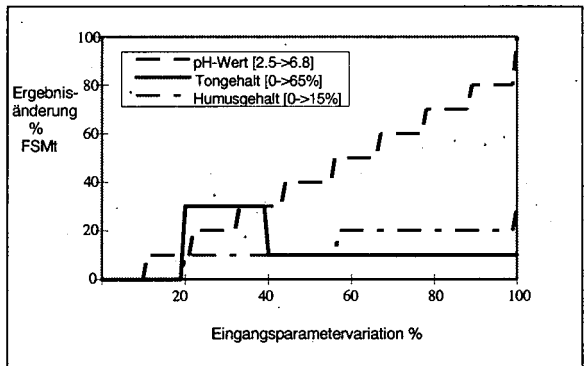


Abbildung 2: Die relative Ergebnisänderung der Bindungsstärke für Cd in Abhängigkeit von der Eingangsparametervariation

ten möglichen Spanne geändert werden (0-100%). Die Ergebnisänderung erfolgt stetig in relativ kleinen Schritten. Deutlich unterschiedlich ist dagegen der Einfluß der Bodenart: Der Gesamteinfluß ist wesentlich geringer (30%). Da die Ergebnisänderung aber in einem einzigen Schritt erfolgt, kann hier eine geringfügige Änderung des Tongehaltes zu derselben Ergebnisänderung führen, wie ein Sprung um drei pH-Werteklassen (=1,5 pH-Stufen).

Bei Methoden mit ordinal skalierten Eingangs- und Ergebniswerten kann die *Sensitivität der Klassenwechsel* durch folgenden Koeffizienten quantifiziert werden:

$$SKO(x_p, \Delta x_p) = \frac{\Delta K(F(x_p), F(x_p + \Delta x_p))}{\Delta K(x_p, \Delta x_p)} \quad (1)$$

mit: $\Delta K(x_p, \Delta x_p)$ = Anzahl der Klassenwechsel bei Änderung des Eingangsparameters x_p um Δx_p
 $\Delta K(F(x_p), F(x_p + \Delta x_p))$ = Anzahl der Ergebnisklassenwechsel bei Änderung von x_p um Δx_p

Der relative Gesamteinfluß der Parameter kann folgendermaßen dargestellt werden:

$$SKOG(x_p, \Delta x_p) = \frac{\Delta K(F(x_p), F(x_p + \Delta x_p)) / \Delta K_{\max}(F(x_p))}{\Delta K(x_p, \Delta x_p) / \Delta K_{\max}(x_p)} \quad (2)$$

mit: $\Delta K_{\max}(x_p)$ = Anzahl der Klassen des Eingangsparameters x_p -1
 $\Delta K_{\max}(F(x_p))$ = Anzahl der möglichen Ergebnisklassen -1

Die Kennwerte sind bei UTERMANN et al. 1997 ausführlich hergeleitet und beschrieben.

Zu 3.: Interaktionseffekte durch das Zusammenwirken der Methodenmodule

Die Auswertungsmethoden in Bodeninformationssystemen sind überwiegend aus mehreren Verknüpfungsregeln aufgebaut. Die Sensitivität der Parameter setzt sich daher zusammen aus ihrem Einfluß innerhalb der Verknüpfungsregeln und aus dem Zusammenwirken der Verknüpfungsregeln untereinander. Dieser Aspekt der Sensitivität wird durch den Ansatz der einfachen Sensitivitätsanalyse nur unzureichend beleuchtet. Die Setzung von Referenzwerten, die den maximalen Einfluß der Eingangsparametervariation aufzeigen, kann Wechselwirkungen aufgrund des Zusammenwirkens mehrerer Verknüpfungsregeln nicht korrekt erfassen. Dies kann am ehesten aus einer vergleichenden Interpretation mit den Haupteffekten der multiplen Sensitivitätsanalyse erfolgen. Die Ausweisung parameterbezogener Interaktionseffekte, die ebenfalls aus der multiplen Sensitivitätsanalyse berechnet werden können, ist bei modular aufgebauten Methoden dagegen nicht sinnvoll (vgl. Utermann et al. 1997). **Abb. 3** zeigt den relativen Gesamteinfluß der Parameter zur Bestimmung der potentiellen Austragsgefährdung für Schwermetalle in das Grundwasser (FSMw) nach BLUME & BRÜMMER (DVWK 1988). Die Methode basiert auf der oben angeführten Beispielmethode „potentielle Bindungsstärke für Schwermetalle im grundwasserfreien Bodenraum“. In einer zusätzlichen Verknüpfungsregel werden die klimatische Wasserbilanz und die Grundwasserstufe einbezogen. **Abb. 4** zeigt die Haupteffekte der multiplen Sensitivitätsanalyse für diese modulare Methode. Insbesondere die Relation der Parameter pH-Wert und Grundwasserstufe (GWS) in den Abbildungen zeigt deutliche Unterschiede: Während die einfache Sensitivitätsanalyse für beide Parameter einen maximalen Gesamteinfluß von 100% zeigt, beträgt der Haupteffekt des pH-Wertes in der multiplen Sensitivitätsanalyse weniger als die Hälfte der Grundwasserstufe. Hierin wird die Priorität der Grundwasserstufe im Zusammenwirken der Parameter deutlich, die letztlich das Intervall festlegt, in dem sich der Einfluß des pH-Wertes entfalten kann.

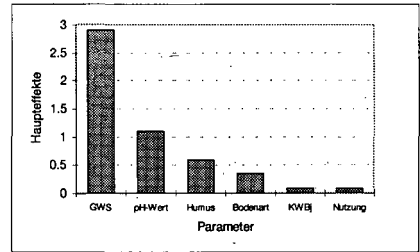
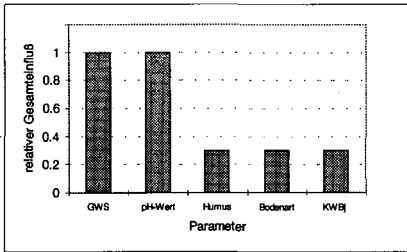


Abbildung 3 & 4: Der relative Gesamteinfluß und die Haupteffekte der potentiellen Gefährdung des Grundwassers durch Austrag von Schwermetallen (FSMw) für Cadmium (GWS = Grundwasserstufe, KWBj = klimatische Wasserbilanz (Jahreswert))

Zusammenfassung

- Sensitivitätsanalysen sind ein wichtiger Beitrag zur Qualitätssicherung von Auswertungsergebnissen in Bodenkundlichen Fachinformationssystemen. Sie sollten gemeinsam mit den Auswertungsmethoden dokumentiert werden.
- Die Ergebnisse von Sensitivitätsanalysen modular aufgebauter Methoden mit nominal- oder ordinal skalierten Eingangsparametern sind besonders stark von den gesetzten Rahmenbedingungen abhängig. Sensitivitätsanalysen dieser Auswertungsmethoden sollten daher nicht nach dem „Black-Box-Prinzip“ durchgeführt werden.
- Nominal skalierte Eingangsparameter sollten auf ordinales Skalenniveau angehoben werden.
- Sensitivitätssprünge und der relative Gesamteinfluß ordinal skalierten Eingangsparameter können durch die vorgestellten Kennwerte (SKO, SKOG) quantifiziert werden.
- Die Eingangsparametersensitivität modular aufgebauter Auswertungsmethoden mit nominal- oder ordinal skalierten Eingangsparametern kann am besten durch die Kombination von einfacher und multipler Sensitivitätsanalyse dargestellt werden.

Literatur

AG BODEN (1994): Methodendokumentation Bodenkunde. Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. - Geol. Jb. F 31. Hannover.

BOX, G.E.P., HUNTER, W.G., HUNTER, J.G. (1978): Statistics for Experimenters. An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building. - New York, Chichester, u.a.

DVWK (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. Teil 1: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. DVWK- Merkblatt 212; Hamburg (Paray)

LIEBSCHER, H.-J. (1987): Anwendung der Zuverlässigkeitstheorie in der Hydrologie. - Mitteilungen IX der Senatskommission für Wasserforschung, DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft; 9, S. 49-54.

MALESSA, V., MÜLLER, U. (1994): Sensitivitätsanalyse der im Fachinformationssystem Boden des Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS) angewandten Methoden am Beispiel der Grundwasserneubildungsrate. - Zeitschrift f. Agrarinformatik, 2, S. 29-35.

MALESSA, V., MÜLLER, U. (1995): Sensitivitätsanalyse von Methoden im Fachinformationssystem Boden des Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS) II (Potentielle Bindungsstärke von Böden für Schwermetalle und potentielle Grundwassergefährdung durch Schwermetalle). - Zeitschrift f. Agrarinformatik, 2, S. 31-36.

MALESSA, V., KIESERLING, U., MÜLLER, U., SBRESNY, J., UTERMANN, J. (1997): Sensitivitätsanalysen bodenkundlicher Auswertungsmethoden in Fachinformationssystemen. Methodische Grundlagen. - Geol. Jb. , Hannover. [im Druck]

UTERMANN, J., JOHANNSEN, U., HÖCKESFELD, M. (1997): Realisationskonzept für die bodenschutzrelevante Datenhaltung auf Bundesebene -Inhaltliche Vorschläge und fachliche Vorstellungen zur Datenerfassung und Auswertung. Endbericht UBA-F&E-Vorhaben 107 06 001/15, Hannover.

Ausgewählte Böden der ostfriesischen Insel Spiekeroog und deren Klassifikation

von

JUNGE, B.

Einleitung

Auf der ostfriesischen Insel Spiekeroog wurden im Rahmen einer Diplomarbeit bodenkundliche Kartierungen gemäß den Richtlinien der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage (AG BODEN 1994), durchgeführt. Neben den eindeutig zu klassifizierenden Böden des Dünenareals ergaben sich Probleme bei der Systematik der im Eulitoral und Supralitoral des Strandbereiches und Vorlandes gelegenen Böden, die sich hinsichtlich ihres Aufbaus und ihrer Eigenschaften grundlegend von denen der im Deichvorland des Festlandes gelegenen Böden unterscheiden.

Es stellt sich somit die Frage, ob die Böden des Inselvorlandes nach den gleichen Kriterien wie die Vorlandböden an der Festlandküste, d.h. nach der aktuellen Kartieranleitung klassifiziert werden können, oder ob diese einer Änderung bzw. Erweiterung bedarf. Weiterhin sollen hier die Eigenschaften des Strandbereiches beschrieben und Vorschläge für deren Systematisierung dargestellt werden.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet:

Als Untersuchungsgebiet diente die Insel Spiekeroog. Die Kartierungen sowie die Entnahme von Bodenproben wurden entlang von ca. 10m breiten Catenen vorgenommen, die von Norden nach Süden über die Insel verliefen und somit alle Landschaftseinheiten wie Strand, Dünen und Vorland umfaßten.

Untersuchungsmethoden:

Bodenkartierung: Richtlinien der KA4 (1994)

Bodenphysikalische und -chemische Untersuchungen:

Korngrößenanalyse: >0,063mm Trockensiebung, <0,2mm Pipettenanalyse

pH-Wert: Elektrometrische Messung in CaCl_2 -Lösung

Humusgehalt: C/N-Elementaranalysator

Nährelemente: Kationen Na^+ , Ca^{2+} : Atomemissionsspektroskopie

Anionen Cl^- , SO_4^{2-} : Ionenchromatographie

Ergebnisse

Hier werden nur die Ergebnisse der in eulitoral und supralitoral Bereichen des Strandes und Vorlandes durchgeführten Untersuchungen dargestellt.

Areal	Tiefe [cm]	Horizont	Korngröße	pH	Humus [%]	Na ⁺ [mg*]	Ca ²⁺ 100g	Cl ⁻ Boden	SO ₄ ²⁻ -1]
Eulitoral									
Nasser Strand	0-30	zemFo	mS	6.3	ne	331	42	562	88
	31-40	zemFr	mS	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Quellerzone	0-1	zemAi-Go	ne	6.8	0.4	ne	ne	ne	ne
	2-15	zemGro	mSfs	6.8	ne	1640	175	3020	762
	16-30	zemGr	mSfs	6.0	ne	1480	150	2730	640
Supralitoral									
Trockener Strand	0-30	zelCv	fSms	6.8	ne	143	49	246	55
	31-55	zelCv	mSfs	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	56-80	zemGo	mSfs	ne	ne	ne	ne	ne	ne
	81-100	zemGr	fSms	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Andelzone	0-7	zemAh	Tu4	7.1	7.9	10960	489	19650	2990
	8-13	zemGo	Tu3	7.2	ne	16520	861	31870	4540
	14-32	zemGo	Lts/ss(S)	7.2	ne	6060	476	10380	2640
	33-55	zemGr	mSfs	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Rot-schwingelzone	0-14	zmAh	Tu2	6.1	24.4	13180	380	22400	3400
	15-17	zmGo	mSfs	5.9	ne	1140	20	1800	260
	18-40	zmGro	mSfs	6.0	ne	311	7	475	73
	41-80	zmGr	mSfs	ne	ne	ne	ne	ne	ne

ne = nicht ermittelt

Diskussion

BÖDEN DES EULITORALS

Die im eulitoral Bereich im Norden und Süden der Barriere-Insel liegenden Böden sind durch denselben Überflutungsmechanismus geprägt, hinsichtlich ihrer Sedimentologie und pedogenen Entwicklung unterscheiden sie sich jedoch stark. Am nassen Strand werden vorrangig Sande abgelagert, die täglich überflutet werden und trockenfallen, d.h. oberflächlich entwässert und belüftet werden. Sonstige pedogene Prozesse laufen nicht bzw. in einem nicht nennenswerten Umfang ab, so daß der nasse Strand nach der Definition von SCHRÖDER (1984) kein „Umwandlungsprodukt aus mineralischen und organischen Substanzen“ ist und im naturwissenschaftlichen Sinne keinen Boden darstellt (JUNGE 1996).

Im eulitoral Ablagerungsraum auf der Wattseite der Inseln, der durch den Bewuchs von *Salicornia ramossissima* und *Spatina townsendii* gekennzeichnet ist, erfolgt die Sedimentation der Bodenarten Feinsand, Schluff und Ton (STREIF 1990). Weiterhin laufen pedogener Prozesse wie Humusbildung, Ionenaustausch und Redoxreaktionen, die deutlich an der Ausbildung von Rostflecken und schwarzgrau gefärbten Horizonten zu erkennen sind, ab. Demzufolge handelt es sich bei dem Medium im Übergangswatt um echten Boden.

Klassifikation

Die Einordnung des **nassen Strandes** in das Klassifikationssystem der Böden ist aus Gründen der Abgrenzung dieses Bereiches von den übrigen Böden der Barriere-Insel als sinnvoll anzusehen. Infolge des Profilaufbaus sollte der nasse Strand zur Klasse der Semisubhydrischen Böden zugeordnet werden. Das Vorherrschen der Kornfraktion Sand bedingt die Zuordnung dieses Bereiches zum „Bodentyp“ Watt bzw. zum Subtyp Sandwatt, jedoch sollte er u.a. wegen des Fehlens umfangreicher organischer Beimengungen auf der Ebene der Varietäten von dem im Rückseitenwatt gelegenen Sandwatt abgegrenzt werden.

Nach der Kartieranleitung gehört der Boden der **Quellerzone** aufgrund seiner Lage unterhalb der MThw-Linie zur Klasse der Semisubhydrischen Böden und wird als Bodentyp Watt bezeichnet. Diese systematische Einordnung ist bereits mehrfach von verschiedenen Wissenschaftlern in Frage gestellt worden. U.a. nach GIANI (1993) sollte dieser Boden wegen der bereits einsetzenden pedoge-

nen Entwicklung, des Auftretens terrestrischer Merkmale und der nur kurzzeitigen Wasserbedeckung pro Gezeitengang zur Abteilung der Semiterrestrischen Böden zugeordnet werden. Der hohe Gehalt der Nährelemente Na^+ und Cl^- sowie die Horizontierung belegen weiterhin, daß es sich bei diesem Boden eher um Rohmarsch handelt, die auf der Ebene der Varietäten von den Böden der unteren (Andelzone) und oberen Salzwiese (Rotschwingelzone) getrennt werden sollte.

BÖDEN DES SUPRALITORALS

Entsprechend den Böden des eulitoral Ablagerungsraumes unterscheiden sich auch diejenigen des Supralitorals hinsichtlich ihrer Sedimentologie und pedogenen Entwicklung.

Der trockene Strand stellt wie der nasse Strand keinen Boden dar.

Die Böden der auf der Wattseite der Insel liegenden Salzwiesen sind durch die Schichtung verschiedener Bodenarten charakterisiert, die nach STREIF (prs. Mitt. 1997) auf dem Einfluß der Gezeiten und dem zusätzlichen Eintrag von Sand bei Sturmfluten und durch Winde beruht. Der Untergrund sowie der Unterboden bestehen zum größten Teil bzw. ausschließlich aus Sanden, während im oberen Bereich des Bodens ebenfalls feinkörnige Gezeitesedimente entweder als geschlossene Schicht auf dem Unterboden vorliegen oder in Wechsellagerung mit Sanden vorkommen. Eine weitere Besonderheit besteht in der weitgehenden Carbonatarmut bzw. -freiheit der Böden in der oberen Salzwiese.

Klassifikation

Aufgrund der nur episodisch erfolgenden Überflutungen und des Einflusses des Grundwassers auf diesen Bereich ist der **trockene Strand** der Abteilung der Semiterrestrischen Böden zuzuordnen. Dem Aufbau des Profils entsprechend gehört der trockene Strand zum Bodentyp Gley, der jedoch wegen Fehlens eines mineralischen, humosen Oberbodenhorizontes als Roh-Gley zu bezeichnen ist. Für eine eindeutige Abgrenzung dieses Typs von anderen Gleyen ist, wie in der aktuellen Kartieranleitung bereits vorgeschlagen, die Bezeichnung Strand-Roh-Gley sinnvoll.

Nach der aktuellen Kartieranleitung ist der Boden der **Andelzone** eine Norm-Rohmarsch. Diese systematische Einordnung ist aufgrund des relativ hohen Salz- und Carbonatgehalts, des knapp unter der Geländeoberkante beginnenden Gr-Horizontes und der beginnenden bis mäßigen Bodenentwicklung gerechtfertigt.

Die Klassifikation der Böden der **Rotschwingelzone** nach der Ka4 ist jedoch problematisch. Hinsichtlich der fortgeschrittenen Bodenentwicklung und des fehlenden Carbonats ist dieser Boden eigentlich dem Bodentyp Kleimarsch zuzuordnen. In der Kartieranleitung ist die Rotschwingelzone jedoch generell unter den Rohmarschen aufgeführt. Hier wird erneut die Besonderheit der Inselmarschen deutlich, die somit nicht unmittelbar mit den Marschen der Festlandküste vergleichbar sind.

Die heutige Marschenklassifikation beruht auf der pedogenetischen Theorie der Marschbodenentwicklung von BRÜMMER & SCHRÖDER (1971), welche die Intensität bestimmter Prozesse für die Ausbildung verschiedener Marschbodentypen verantwortlich macht und die Eigenschaften der Sedimente völlig außer acht läßt. Am Beispiel der Inselmarschen wird jedoch deutlich, daß die Beschaffenheit des Ausgangsmaterials einen großen Einfluß auf verschiedene Eigenschaften des Bodens ausübt.

Um alle im Einflußbereich der Gezeiten liegenden Böden klassifizieren zu können, sollten Kriterien gewählt werden, die weder bestimmte Bodenarten noch ausgewählte pedogene Prozesse in den Vordergrund stellen sondern davon unabhängige Merkmale, wie z.B. im Falle der Rohmarsch die hohe Konzentration der Elemente Na^+ und Cl^- , die Lage der Gr-Obergrenze unter der Geländeoberkante oder die Profildifferenzierung. Dem Vorschlag von HUMMEL (pers. Mitt. 1997) entsprechend sollte eine Untergliederung der Rohmarschen, die wie in der KA3 passender als Salzmarschen zu bezeichnen wären, wie folgt vorgenommen werden:

- Quellersonne: (z)(e)(m)Ai-Go/(z)(e)(m)Go/(z)(e)(m)Gr
Obergrenze Gr-Horizont <2dm u GOK
sehr flach entwickelte Salzmarsch
- Andelzone: (z)(e)(m)Ah/(z)(e)(m)Go/(z)(e)(m)Gr

Obergrenze Gr-Horizont <4dm u GOK
flach bis mittel entwickelte Salzmarsch

- Rotschwingelzone:
(z)(e)(m)Ah/(z)(e)(m)Go/(z)(e)(m)Gr
Gr-Obergrenze Gr-Horizont >4dm u GOK
mittel bis mäßig entwickelte Salzmarsch

Zusammenfassung

Bei bodenkundlichen Untersuchungen auf der Nordseeinsel Spiekeroog wurde festgestellt, daß die Böden der im Epilitoral gelegenen Dünen und Dünentäler eindeutig nach den Richtlinien der Bodenkundliche Kartieranleitung, 4.Auflage (AG BODEN 1994) zu klassifizieren sind. Bei den Böden des Eu- und Supralitorals, d.h. des Strandbereiches, Salzwiesen und Übergangswatts, treten dagegen Unstimmigkeiten hinsichtlich der systematischen Einordnung und der Benennung auf, die erneut zur Diskussion gestellt werden sollte.

Literatur

- BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG, 4. Aufl.(1994): AG Boden, Hannover
- BRÜMMER,G. & SCHRÖDER,D. (1971): Die Marschlandschaft und ihre Böden; Mittlg. Dt. Bodenk. Ges., Göttingen
- GIANI, L. (1993): Zur Klassifikation der Marschböden im Deichvorland; Mittlg. Dt. Bodenk. Ges., eft 72, Göttingen
- JUNGE, B. (1996): Bodenkundliche Kartierung als Grundlage für Maßnahmen zum Bodenschutz; Diplomarbeit, Carl von Ossietzky-Universität, Oldenburg
- SCHRÖDER, D. (1984): Bodenkunde in Stichwörtern; 5. Auflage, Berlin
- STREIF, H.J. (1990): Das ostfriesische Küstengebiet; Sammlung geologischer Führer, Band 57, 2.Auflage, Berlin

Untersuchungen zum Schwermetallstatus Rostocker Stadtböden

von

KAHLE,P.; COBURGER,E.

Aufgabenstellung

In Böden städtischer Verdichtungsräume ist aufgrund der hohen Inanspruchnahme und der damit einhergehenden Veränderungen und Belastungen mit verstärkter Schwermetallakkumulationen zu rechnen. Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des BMBF-Projektes „Stadtböden“ (1993-1996) Untersuchungen mit dem Ziel eingeleitet, den Schwermetallstatus (Elemente Zn, Pb, Cu, Cd) repräsentativer Böden des Rostocker Stadtgebietes zu charakterisieren, vergleichende Betrachtungen zu natürlichen Böden des Untersuchungsraumes anzustellen und die Abhängigkeit der Schwermetallmobilität von verschiedenen Bodenparametern (Ton-, Corg-Gehalt, pH-Wert, Kationenaustauschkapazität) zu prüfen. Damit sollen die Kenntnisse zum Bodenformeninventar der Stadt Rostock als Grundlage für Gefährdungsabschätzungen auf kommunaler Ebene erweitert werden. Die erarbeiteten Ergebnisse fließen zusammen mit den bereits vorliegenden Befunden zu Korngrößenzusammensetzungen, C- und N-Gehalten, pH-Werten und Kationenaustauschkapazitäten der Böden in die Stadtbodenkartierung ein.

Bodenverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Im 181 km² umfassenden Stadtgebiet von Rostock stehen auf ca. 65% natürliche Böden an. Dabei handelt es sich zumeist um auf Geschiebemergel und -sand der Weichselkaltzeit entwickelte Mineralböden mit charakteristischer Hydromorphieprägung. Die Nutzung dieser Böden erfolgt vorrangig land- und forstwirtschaftlich sowie durch Parkanlagen. Die Klein- und Wochenendgärten, die auf den Freiflächen der Stadt verbreitet vorkommen, nehmen 9 % der Gesamtfläche ein. Im bebauten Raum, dessen Anteil auf 20,8 % geschätzt wird, dominieren Aufträge und Umlagerungen aus natürlichen und technogenen Substraten und deren Vergesellschaftungen. Als bestimmendes technogenes Substrat erweist sich der Bauschutt, der häufig in Mischungen vorkommt. Weitere technogene Substrate stehen bei geringerer Flächenausdehnung über das gesamte Stadtgebiet verstreut an.

Material und Methoden

Gegenstand der Untersuchung sind 26 über das gesamte Stadtgebiet von Rostock verteilte Leitprofile, die den Nutzungsweisen Garten, Park, Friedhof, Wohnbebauung und Schießplatz zuzuordnen sind. Die einbezogenen Böden zeichnen sich durch eine erhebliche Variation verschiedener ökologischer Eigenschaften (pH-Wert: 3,6 - 8,1, C_{org}-Gehalte: 0,03 - 22,3 %, Tongehalte: 1,3 - 17,7 %, KAK: 1,5 - 68,2 mmol/100g) aus und bieten daher günstige Voraussetzungen für die angestrebte Prüfung.

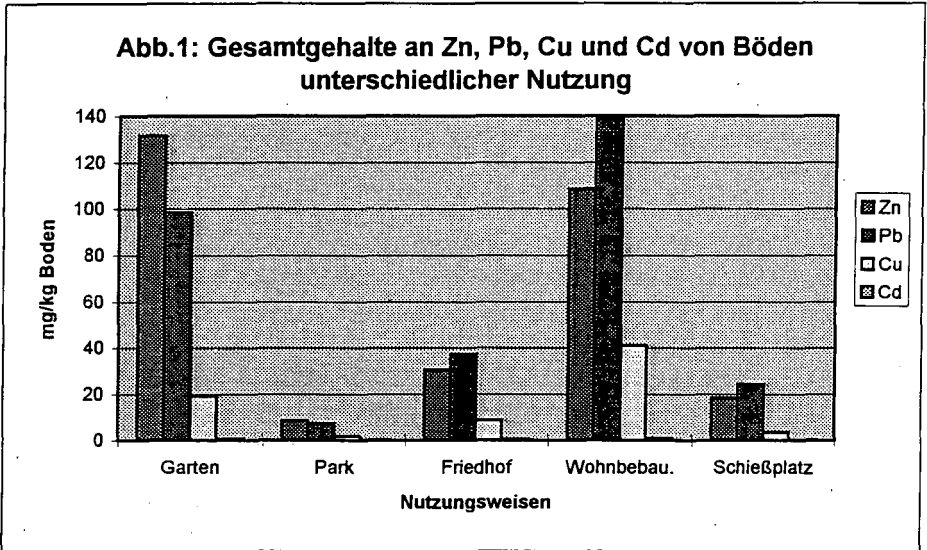
Die Gesamtgehalte der Schwermetalle Zn, Pb, Cu und Cd wurden nach Aufschluß mit Königswasser im mikrowellenbeheizten Druckaufschlußsystem MWS-1-IR am ICP der LUFA Rostock ermittelt. Die Extraktion der mobilen Schwermetallfraktionen erfolgte nach DIN E 19730 mittels 1 M NH₄NO₃-Lösung (20g lufttrockene Feinerde, 50ml NH₄NO₃-Lösung). Zur Ableitung der Mobilität

^{*)} Universität Rostock, Institut für Bodenkunde, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock

wurde der Quotient aus [Gehalt an mobilen Elementen (mg/kg)*100/ Gehalt an potentiell mobilisierbaren Elementen (mg/kg)] gebildet.

Ergebnisse

Die mittleren Schwermetallgesamtgehalte (mg/kg) der Böden betragen 88,4 (Zn), 92,6 (Pb), 24,0 (Cu), 0,63 (Cd). Damit wird der Größenordnung von natürlichen Böden ohne wesentliche anthropogene Einträge entsprochen. Eine deutliche Differenzierung ergibt sich bei Berücksichtigung des Nutzungsaspekts (Abb.1).



Böden von Parks, Friedhöfen und Schießplätzen zeichnen sich durch vergleichsweise geringere Schwermetallgesamtgehalte und Unterschreitung der Bodenwerte für die Nutzungsarten Park- und Freizeitanlagen bzw. nicht agrarische Ökosysteme aus (EIKMANN u. KLOKE, 1991). Die Orientierungswerte für die multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit werden zu 13% (Zn), 23% (Pb), 9,2% (Cu) und 27% (Cd) erreicht.

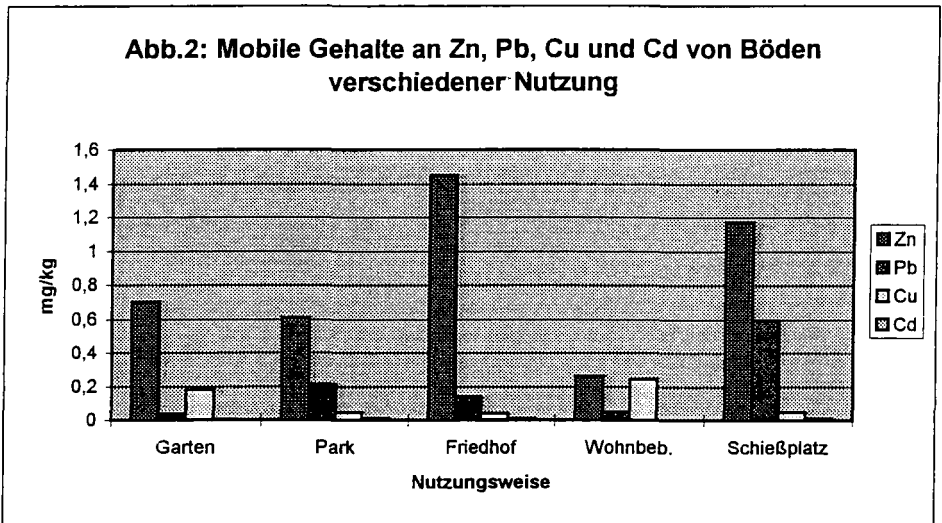
Im Bereich der Wohnbebauung weisen die Böden deutlich höhere Schwermetallgesamtgehalte auf. Sie entsprechen den genannten Orientierungswerten zu 72% (Zn), 139% (Pb), 82% (Cu) und 90% (Cd). An einigen Standorten im Altstadtbereich werden das Niveau des Sanierungszielwertes (Zn, Pb, Cu) und des Eingreifwertes (Zn, Cu) überschritten. Eine Ausprägung von Tiefengradienten im Bodenprofil ergibt sich dabei nicht.

In der Gruppe der Gartenstandorte ist zwischen den im Innenstadtbereich gelegenen Hausgärten und den Kleingärten in Stadtrandlage zu unterscheiden. Die Böden der Kleingärten sind durch Schwermetallgesamtgehalte (Zn: 36,6, Pb: 30,4, Cu: 7,9, Cd: 0,21) auf dem Niveau der natürlichen Böden des Untersuchungsraumes charakterisiert. Deutlich höhere Schwermetallgesamtgehalte kommen in den Böden der Hausgärten vor, insbesondere im oberen Bereich der Krume. Hier können

nachteilig wirkende Akkumulationen von Zn (max. 933,5 mg/kg) und Pb (max. 248,1 mg/kg) auf Dauer nicht ausgeschlossen werden.

Die gefundene starke Heterogenität der Schwermetallgesamtgehalte in einem Bodenprofil, in Böden einer Nutzung sowie bei unterschiedlichen Nutzungstypen wird bewirkt durch die Art, Dauer und Intensität der Nutzung sowie damit im Zusammenhang stehenden Aufträgen. Das bestätigten Profile mit hoher Schwermetallakkumulation über den gesamten Tiefenbereich, die eine vormalige industrielle Nutzung vermuten lassen.

Es wurden folgende mittlere Gehalte mobiler Fraktionen (mg/kg) ermittelt: Zn: 0,58; Pb: 0,12; Cu: 0,17; Cd: 0,04 (Abb.2). Beim Vergleich mit den entsprechenden Hintergrundwerten (PRÜESS, 1992) werden teilweise erhebliche Überschreitungen deutlich. Dies gilt insbesondere für die Schwermetalle Zn und Pb aller als Park, Friedhof und Schießplatz genutzten Böden sowie für Einzelstandorte von Hausgärten und im Bereich der Wohnbebauung. In Einzelhorizonten verschieden genutzter Böden kam es außerdem zur Überschreitung der Prüfwerte für das Schutzgut Bodensickerwasser. Insgesamt ist von einer hohen Variabilität der Gehalte mobiler Fraktionen (mg/kg) auszugehen: Zn: 0,01 - 9,43; Pb: <0,01 - 2,86; Cu: <0,08 - 1,10; Cd: <0,002 - 0,031.



Die für die Prüfelemente Zn, Pb, Cd abgeleiteten Mobilitäten lassen sich in folgender Sequenz ordnen: Park>Schießplatz>Friedhof>Garten>Wohnbebauung. Für das Element Cu lautet die Reihung: Park>Schießplatz>Garten>Wohnbebauung>Friedhof (Abb. 3).

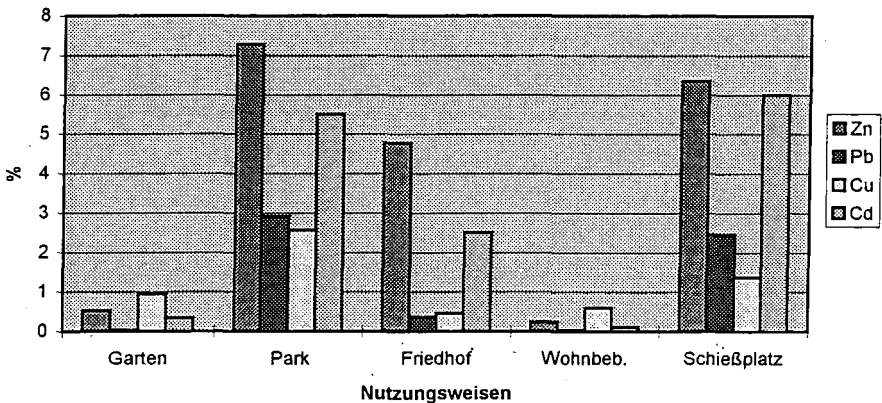
Die mittels Korrelations- und Regressionsrechnung geprüften Relationen zwischen Mobilitäten und anderen Bodenparametern unterstreichen den vorherrschenden Einfluß des pH-Wertes, ausgedrückt durch den signifikanten Korrelationskoeffizienten für die polynomische Regressionstyp: Pb: 0,9180, Cd: 0,7230, Zn: 0,6514, Cu: 0,3018. Dabei erweist sich in Übereinstimmung mit PRÜESS (1992) die Mobilität von Cd und Pb in höherem Maße vom pH-Wert abhängig als die von Zn und Cu. Bezüglich des Schwermetalls Cu bestätigt sich die amphotere Mobilität. Der Einfluß der Ton- und C_{org} -Gehalte sowie der Kationenaustauschkapazität auf die Mobilität

verschiedener Schwermetalle war teilweise signifikant. Mit Ausnahme von Cu waren die Ton- und C_{org} -Gehalte stärker wirksam als die KAK des Bodens.

Schlussfolgerungen

Ausgehend von der grundlegenden Bedeutung der Schwermetalle für die Nutzungsmöglichkeiten von Böden und Gefährdungsabschätzungen sowie dem unzureichenden Kenntnisstand zum Schwermetallstatus der Rostocker Stadtböden wurden die Gesamtgehalte, die Gehalte mobiler Fraktionen der Schwermetalle Zn, Pb, Cu, Cd und die Mobilitäten in 26 Leitbodenprofilen ermittelt. Böden der Nutzungstypen Garten (Haus-) und Wohnbebauung weisen im Ergebnis nachhaltiger anthropogener Bodenveränderungen höhere Schwermetallgesamtgehalte auf als die der Parks, Friedhöfe, Schießplätze und Kleingärten. Umgekehrt stellen sich die Verhältnisse bei den Gehalten mobiler Fraktionen dar. Dieser Effekt erklärt sich vorrangig aus den unterschiedlichen pH-Werten der Prüfstandorte. Damit im Einklang steht die Sequenz für die Schwermetallmobilitäten: Park > Schießplatz > Friedhof > Garten > Wohnbebauung. Bezüglich der Elemente Zn und Pb können auf Standorten mit naturnahen Böden nachteilig wirkende Schwermetallmobilisierungen auf Dauer nicht ausgeschlossen werden.

Abb.3: Mobilitäten der Schwermetalle Zn, Pb, Cu und Cd von Böden unterschiedlicher Nutzung



Literatur

- EIKMANN, TH. u. KLOKE, A.: Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad) Stoffe in Böden. 2. überarb. u. erweit. Fassung. In: ROSENKRANZ/EINSELE/HARRESS: Bodenschutz. ergänzbares Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. Erich Schmidt Verlag.
- PRÜESS, A.: Vorsorgewerte und Prüfwerte für mobile und mobilisierbare, potentiell ökotoxische Spurenelemente in Böden. Diss., Universität Karlsruhe. 1992.

Zur Bildung der Substrate in der Bodenkartierung

von

KAINZ,W.

1. Einleitung

In Sachsen-Anhalt wird die Bodenform in der forstlichen Standortskartierung seit 1963 und seit 1969 in der Kartierung der landwirtschaftlichen Nutzfläche angewendet. Der Ansatz geht auf die forstliche Standortskartierung zurück (JAHN 1931), die die Bodenart als stabiles Bodenmerkmal in die Bezeichnung der Böden aufnahm und damit eine bessere Vergleichbarkeit der Böden erreichte.

Nachdem erkannt war, daß die Böden in Sedimenten der "Deckschichten" entwickelt sind (SCHILLING & WIEFEL 1962), wurde ausgehend von der Bodenart der Begriff des Substrates definiert (KOPP et al. 1969/1973, LIEBEROTH et al. 1971/73). Das Substrat bringt in der Bodenform die lithogenen Eigenschaften der Böden zum Ausdruck und ergänzt damit den Bodentyp in einfacher Weise. Mit der Übernahme der Bodenform und der Substratdefinition wurden die entsprechenden Vorteile in der Bodenkartierung allgemein verfügbar.

2. Problemstellung

Bei der Anwendung der Vorschriften für die Substratbildung (KA4 1994) zeigte sich, daß die Abgrenzung der Bodenarten und ihre Aggregationen zu Bodenartengruppen und Bodenartenhauptgruppen die natürliche Mischung und Varianz der Sedimente nicht berücksichtigt (Abb. 1).

Insbesondere im Bereich der sandigen Substrate entspricht keine der Bodenartengrenzen der dominierenden Varianz der Sand-Schluff-Gehalte. Aus diesem Grund sind die Bodenarten und ihre Aggregationen zur Beschreibung und Erfassung der äolisch dominierten Deckschichten nicht geeignet.

Legende

 nicht oder selten belegter Bereich (RIEK et al. 1994)

Sand

- * Dünen sand
- Geschiebedecksand, sandig
- Geschiebedecksand, lehmig, über Sand
- Geschiebedecksand, lehmig, über Lehm
- ★ Sandloß, sandig

Sandloß

- Sandloß der Tschernoseme
- ◇ Sandloß, tonverarmte Horizonte
- Sandloß, tonanreicherte Horizonte

Loß

- Deckloß der Tschernoseme
- Loß der Tschernoseme
- Loß über Lehm und Ton der Tschernoseme
- ◇ Loß, tonverarmte Horizonte
- Loß, tonanreicherte Horizonte

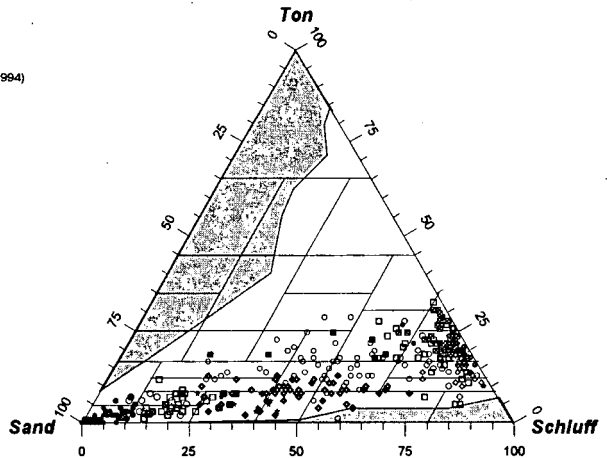


Abb 1: Die Substrate der äolischen und äolisch dominierten Deckschichten im Körnungsdreieck T-U-S und ihre Zugehörigkeit zu den Bodenarten (KA4)

3. Zum Begriffsinhalt des Substrates

Das Substrat ist das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung. Es vereint in sich sowohl eine geologische als auch eine pedologische Betrachtungsweise.

Aus der geologischen Sicht sind Substrate Sedimente (vgl. HINZE et al. 1989), die im Sedimentkörper sowohl im Profil als auch in der Fläche Unterschiede in ihrer Zusammensetzung aufweisen. Die Varianz der Zusammensetzung und der Eigenschaften wird von einzelnen Faktoren, wie Genese, Schichtmächtigkeit, Art des unterlagernden Materials, Überprägungen usw. beeinflusst.

Andererseits muß das Substrat in der Varianz seiner Eigenschaften bestimmten Anforderungen der Aussagegenauigkeit genügen, die aus pedologischer Sicht für die Ableitungen weiterer Parameter gestellt werden. Für die Abgrenzung der Substrate gilt damit:

Das Substrat ist die durch pedologische und nutzungsorientierte Aspekte bedingte, lithofazielle Untergliederung der Sedimente im Bereich der Bodenbildung.

4. Zur Abgrenzung der Substrate

Die Abgrenzung der Substrate erfolgt zunächst nach ihrer geologischen, ihrer stratigraphischen bzw. lithostratigraphischen Position und ihrer räumlichen Verbreitung. Dazu sind alle Korngrößen-

fraktionen, ihre Verteilung und bei Bedarf auch weitere Eigenschaften, wie Skelettgehalt und Skelettverteilung, Schichtung, Kalkgehalt usw. zu berücksichtigen. Aus der Verteilung der so gewonnenen Probepunkte im Körnungsdreieck T-U-S sind Trends der Korngrößenzusammensetzung ersichtlich.

Bei der weiteren bereits pedologisch bestimmten Untergliederung muß die Abgrenzung quer zum Haupttrend der Korngrößenzusammensetzung erfolgen, um eine möglichst scharfe Grenzziehung zu ermöglichen. Die Neigung dieser Grenzlinie zur Trendrichtung wird dabei durch die unterschiedliche Wertigkeit der Schluff- und Tongehalte beeinflusst. Die Verknüpfung von Substrat und Bodenart erfolgt mittels statistischer Auswertung durch Feststellung der mittleren Bodenart und deren Schwankungsbreite. Die weitere, feinere Untergliederung kann dann nach der Bodenart erfolgen.

Diese Herangehensweise zeigt eine Einengung der durch Proben belegten Fläche im Körnungsdreieck (Abb. 1) im Vergleich zur ungewichteten Darstellung der Proben von RIEK et al. (1995). Die Probenauswahl ist differenzierter, weil sie bei der Auswahl mehrere Aspekte als nur die Bodenart berücksichtigt, und deshalb auch genauer.

Deshalb ist das Substrat gegenüber der Bodenart als eigenständige Kategorie zu betrachten.

Legende

 nicht oder selten belegter Bereich (RIEK et al. 1994)

- a-s Dünensand
- p-s sandiger Geschlebedecksand
- p-t Deckton
- p-tl toniger Decklehm
- p-l Decklehm
- m lehmiger Geschlebedecksand
- ös Lösssand
- sö Sandlöß
- söI lehmiger Sandlöß
- söu schluffiger Sandlöß
- ö Löß
- öI lehmiger Löß
- öu schluffiger Löß
- öt Tonlöß

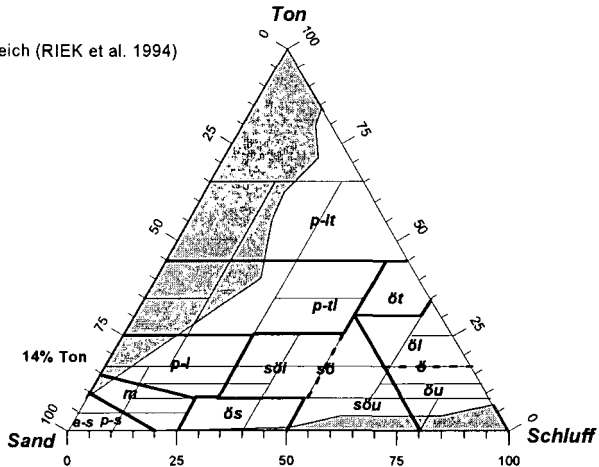


Abb 2: Ein Vorschlag zur Substratbildung nach ALTERMANN & FIEDLER (1975), LIEBEROTH (1982), modifiziert auf Grundlage der Bodenartenuntergruppen der KA4

Bei der Abgrenzung einzelner Substrate sind entsprechend den Erfordernissen von den Bodenarten abweichende Grenzen zu definieren, wie es für Löß bereits geschehen ist. In Abbildung 2 ist ein Vorschlag zur Substratgliederung der äolischen Deckschichten dargestellt, wie er in Sachsen-Anhalt angewandt wird. Die Kürzel sind so kurz wie möglich und so lang wie nötig zu wählen! Jedes Substrat wurde nach der Häufigkeit des Auftretens, nach der Korngrößenverteilung sowie durch eine mittlere Bodenart und deren Schwankungsbreite beschrieben.

5. Zur Ableitung von Parametern

Mit der Substratbildung und seiner Charakterisierung sind wichtige Grundlagen für die Modellierung von Bodenprofilen und von Prozessen in den jeweiligen Landschaften gegeben. Die treffende Charakterisierung der Substrate ist für die Ableitung weiterer, komplexer Eigenschaften wesentlich. Dabei sind zur Ermittlung gewogener Gesamtprofilparameter Horizont-Substrat-Gruppen sehr hilfreich. Die Kenntnis der Varianz der Substrate ermöglicht Rückschlüsse auf die Aussagegenauigkeit der Bodenkarten.

Mit der Ansprache des Substrates wird akzeptiert, daß die Böden eine natürliche Schwankungsbreite ihrer Eigenschaften aufweisen.

6. Literatur

- ALTERMANN M. & FIEDLER H.-J. (1975): Substrat- und Bodenwechsel am nördlichen Lößrand des Schwarzerdegebietes der DDR. - *Herzynia N.F.*, 12 (1975) 2, S. 130-159. - Leipzig.
- HINZE C., JERZ H. et al. (1989): Genetische Definitionen quartärer Lockergesteine für die geologische Karte 1:25.000 (GK25). - *Geol. Jhrb., Reihe A*, H. 112. - Hannover.
- JAHN, R. (1931): Eine forstliche Bodenkartierung auf Buntsandstein.- *Silva* 19.
- KOPP, D. et al. (1969/1973): Ergebnisse der forstlichen Standortserkundung in der Deutschen Demokratischen Republik; erster Band, erste Lieferung: Die Waldstandorte des Tieflandes (1969); erster Band, zweite Lieferung: Standortsmosaik (1973).- VEB Forstprojektierung Potsdam, Potsdam.
- LIEBERROTH I. (1982): Bodenkunde. - VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.- Berlin.
- LIEBERROTH I., CRONEWITZ E. & GONDEK H. (1971/1973): Hauptbodenformenliste mit Bestimmungsschlüssel für die landwirtschaftlich genutzten Standorte der DDR. - DAL zu Berlin, Institut f. Bodenkunde Eberswalde. - Eberswalde.
- RIEK W., WESSOLEK M. et al. (1995): Ableitung bodenphysikalischer Kennwerte auf substrat-genetischer Grundlage. - *Mitteilgn. Dtsch.Bodenkundl. Gesellsch.* 74 (1994), S.209-212. - Oldenburg.
- SCHILLING W.& WIEFEL H. (1962): Jungpleistozäne Periglazialbildungen und ihre regionale Differenzierung in einigen Teilen Thüringens und des Harzes. - *Geologie*, 11, S.428-460. - Berlin.
- KA4 (1995): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. verbesserte und erweiterte Auflage. - Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und die Geologischen Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland. - Hannover.

Verfügbarkeit von Schwermetallen in Abhängigkeit von den technologischen Komponenten in anthropogenen Stadtböden

von

KALBE,U.; RENGER,M.

1. Einführung

Trümmerschuttböden sind durch die im zweiten Weltkrieg entstandenen Gebäudeschäden in Städten weit verbreitet. Es handelt sich um junge Böden, deren natürliche Bodenhorizontierung durch Substratumlagerungen oder -aufschüttungen in der Regel verloren gegangen ist. Darüber hinaus sind diese Böden gekennzeichnet durch Skelettreichtum, hohe räumliche Heterogenität sowie durch die Anwesenheit ungewöhnlicher Substrate und technologischer Komponenten. Bisherige Untersuchungen zeigen, daß letztere häufig eine Kontamination mit organischen Schadstoffen und Schwermetallen verursachen (SMETTAN & MEKIFFER 1996, KALBE & SMETTAN 1995). Die Mobilisierbarkeit dieser Schadstoffe aus den technologischen Komponenten ist bisher nicht ausreichend untersucht. Eine Systematisierung der Substrate und Komponenten hinsichtlich einer möglichen Kontamination ist erforderlich.

2. Material und Methoden

Insgesamt wurden 22 Profile anthropogen beeinflusster Stadtböden aus den Gebieten Berlin, Kiel, Halle und Rostock untersucht (Tab.1). Davon waren 10 Profile auch Gegenstand der Untersuchungen des BMBF-Verbandprojektes „Bewertung anthropogener Stadtböden“, wobei 6 dieser Profile neu beprobt wurden.

Die Proben wurden luftgetrocknet, das Skelett abgesiebt und mit einem Backenbrecher auf <2mm zerkleinert. Feinboden und Skelett wurden mit einem Riffelteiler repräsentativ geteilt.

Die Schwermetallgesamtgehalte wurden mittels Röntgenfluoreszenzanalyse an Pulverpresslingen bestimmt. Zur Beurteilung der Schwermetallbindungsformen wurden die ersten beiden Extraktionsschritte des Verfahrens zur Sequentiellen Extraktion nach ZEIJEN & BRÜMMER [1989] ausgeführt : Mobile Fraktion (Extraktion mit

1 M NH₄NO₃) und leicht nachlieferbare Fraktion (Extraktion mit 1 M NH₄-Acetat, pH 6,0).

Tabelle 1: Übersicht der untersuchten Profile

Anzahl der Profile	Bodentyp	technogene Substrate
12	Pararendzina	Trümmerschutt
3	Hortisol-Pararendzina, Reduktosol, Reduktosol-Pararendzina	Hausmüll, teilweise Bauschutt
3	Pararendzina, Hortisol-Pararendzina	Bauschutt, teilweise mit Brand- und Trümmerschutt
2	Pararendzina	Heizwerksasche
1	Reduktosol	Kokereiabfälle
1	Gley	Hafenschlick

3. Ergebnisse

Orientierende Untersuchungen an 26 technologischen Komponenten, die dem Skelett der Profilproben entnommen wurden, ergaben z.T. hohe Pb-, Zn-, Cu- und As-Gesamtgehalte vor allem in Aschen, Putz/ Mörtel, Ziegel und Schlacken. Im Vergleich zu den Gesamtgehalten zeigte sich im allgemeinen eine geringe Mobilität (NH₄NO₃-löslich) der Schwermetalle mit Ausnahme von Zn bei Asche und As bei Putz/Mörtel und Ziegel. Die Nachlieferbarkeit (NH₄Ac-Extraktion, pH 6) war jedoch häufig erhöht insbesondere für Pb und Zn aus Asche, für As, Pb und Zn aus Putz/Mörtel und für Cu aus Ziegel. Auffallend war die teilweise stark divergierende Schwermetall-Verfügbarkeit auch bei gleichartigen Komponenten besonders bei Ziegel, Asche und Schlacke.

Die untersuchten Stadtböden können zusammenfassend folgendermaßen charakterisiert werden:

- pH-Werte (7,0 bis 8,2) im neutralen bis leicht basischen Bereich (mit Ausnahme eines Horizontes beim Reduktosol aus Kokereiabfällen - pH 1,9),
- teilweise hohe Karbonatgehalte (bis 24 %),
- stark differierende Gehalte an organischer Substanz (0,5 bis 37 %) und Ton (3 bis 46 %),
- partiell hohe Austauschkapazitäten vor allem bei Anwesenheit der Substrate Asche und Hafenschlick.

Erschwerend für die Auswertung wirkt sich die Komplexität des Einflusses der Vielzahl von nebeneinander existierenden technogenen Komponenten aus. Zur Vereinfachung wurden die Proben nach Hauptkomponenten gruppiert und Klassen der Schwermetallverfügbarkeit herangezogen, um Häufigkeitsverteilungen zu erstellen (Beispiele Abb. 1 und 2). Folgende Verallgemeinerungen für die Schwermetall-Mobilisierbarkeit bei Anwesenheit bestimmter technogener Komponenten können daraus abgeleitet werden:

Asche (hier aus der Verbrennung von Braunkohlen) ist vor allem für die Mobilisierung von Pb teilweise auch von Zn, Cu und As verantwortlich, wobei sich die Verfügbarkeit als stark abhängig von der Art und Herkunft der Asche erweist (auch die Gesamtgehalte schwanken stark). Bei 60% der untersuchten Proben mit Asche als Hauptkomponente sind über 50% des Gesamtgehaltes an Pb auch mobil. Im Vergleich dazu sind nur bis 5% des Zn-Gesamtgehaltes mobil. (Abb. 1) Die Verfügbarkeit von Cu nimmt sich im Verhältnis zum Gesamtgehalt gering aus, jedoch ist bereits ein relativ hoher mobiler Anteil zu verzeichnen. (Abb. 5)

Eine allgemein stark ausgeprägte Lieferung von Schwermetallen in Horizonten mit **Schlacke** als Hauptkomponente läßt sich nicht erkennen. Die bisherige Annahme, daß Zn aus Schlacke verstärkt mobilisierbar ist, hat sich statistisch nicht bestätigt. Partiiell zeigt sich eine hohe Verfügbarkeit von As (bei relativ geringen Gesamtgehalten). Pb ist im Feinboden der Horizonte mit Schlacke als Hauptkomponente leichter verfügbar als Zn.

In Proben mit **Putz/Mörtel** als Hauptkomponente sind trotz teilweise hoher Karbonatanteile Pb und Zn verstärkt verfügbar.

Insbesondere Cu ist aus Horizonten mit **Ziegel** als Hauptkomponente mobilisierbar (Abb. 5), teilweise ist auch die Pb und Zn-Verfügbarkeit erhöht, dabei ist Pb immobilier als Zn.

Im Fall der Anwesenheit von **Kokereiabfällen** besteht eine hohe Nachlieferung von Pb und Cu infolge der sauren Bodenreaktion.

4. Zusammenfassung

Die Ableitung allgemeingültiger Zusammenhänge aus diesen Stadtbodenuntersuchungen gestaltet sich durch die starke Überschneidung mobilitätsbeeinflussender Faktoren äußerst schwierig.

Die unterschiedliche Schwermetall-Mobilisierbarkeit aus den verschiedenen Komponenten und auch innerhalb einer Komponentenart erweist sich als nicht pH-abhängig.

Das Gefahrenpotential ist bei Anwesenheit von Asche (hier Heizwerks- und Flugasche aus Braunkohle) am höchsten einzustufen und geht mit den hohen Kationenaustauschkapazitäten einher.

Um eine längerfristige Gefährdungseinschätzung vornehmen zu können, besteht weiterer Untersuchungsbedarf zu den spezifischen Bindungsverhältnissen der Schwermetalle in den einzelnen Substraten und Komponenten.

5. Literatur

- KALBE, U. & SMETTAN, U. (1995): Beziehungen zwischen Schwermetallgehalten und -verfügbarkeiten am Beispiel von Berliner Trümmerschuttböden, *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Ges.*, 76/1, S. 305-308
- SMETTAN, U., MEKIFFER, B. (1996): Kontamination von Trümmerschuttböden mit PAK, *Z. Pflanzenern. Bodenkunde*, 159, 169-175
- ZEIEN, H. & BRÜMMER, G.W. (1989): Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Böden. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Ges.*, 59, S. 505-510

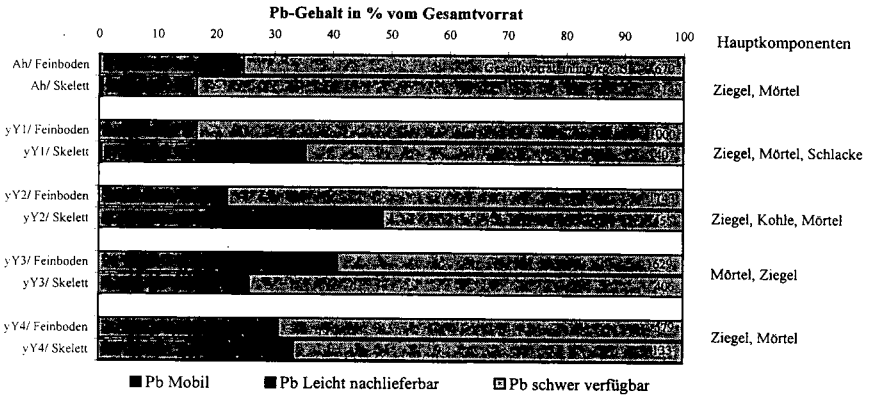


Abb. 3: Blei-Verfügbarkeit Boden I

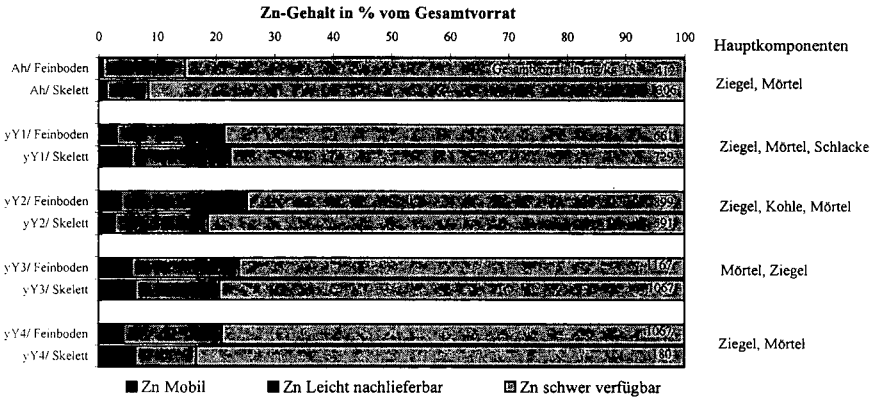


Abb. 4: Zink-Verfügbarkeit Boden I

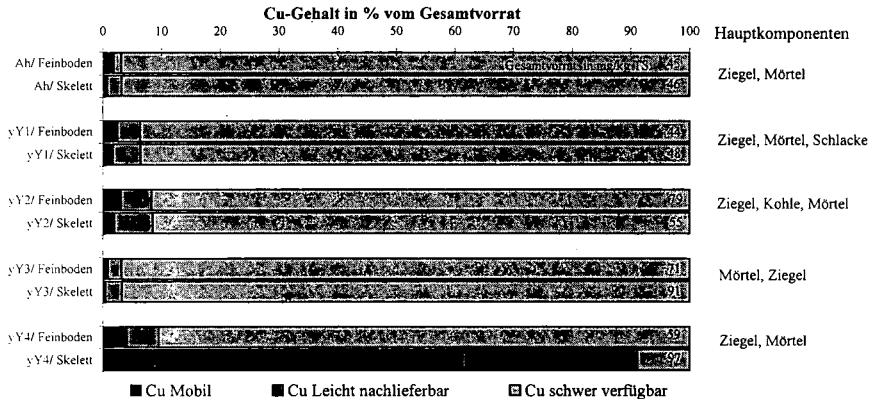


Abb. 5: Kupfer-Verfügbarkeit Boden I

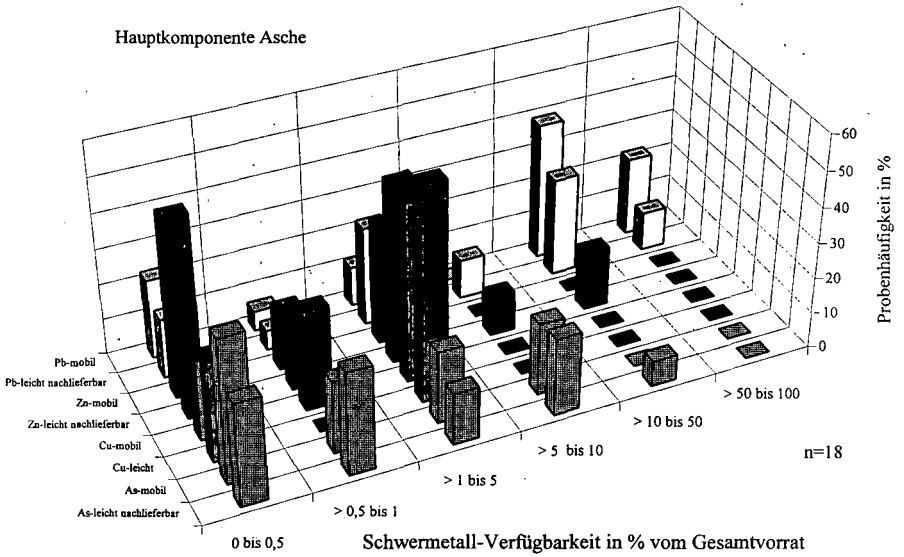


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Verfügbarkeit von Schwermetallen im Feinboden von Stadtbodenhorizonten mit Asche als Hauptkomponente

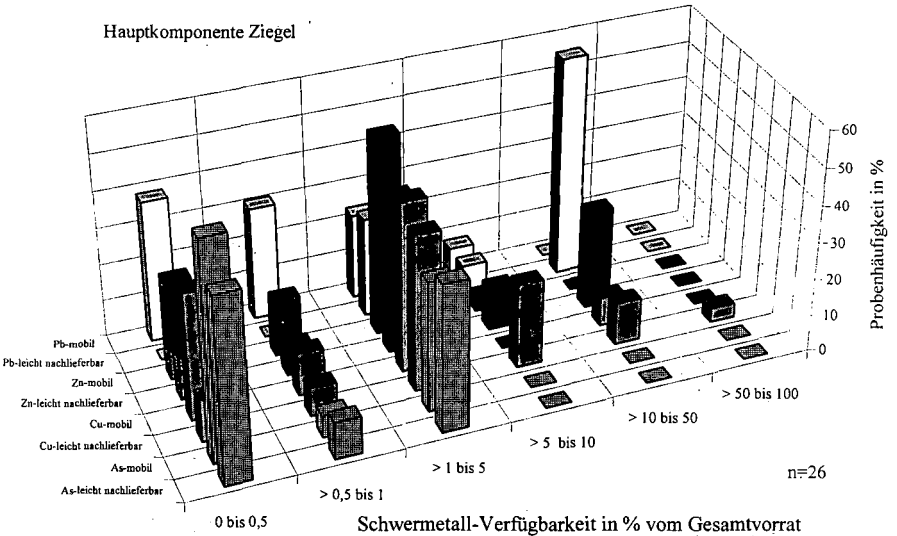


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Verfügbarkeit von Schwermetallen im Feinboden von Stadtbodenhorizonten mit Asche als Hauptkomponente

Bodenbewertung im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung

von

KIENE, A.; MIEHLICH, G.

1 Einleitung

In der Anlage zu §3 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) werden verschiedene Vorhaben aufgeführt, die einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterliegen. Im Rahmen der hierfür durchzuführenden Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) sind u.a. auch für das Schutzgut Boden der Ist-Zustand zu erfassen und zu bewerten. Für das Verfahren zur Bodenbewertung gibt die Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des UVPG Hinweise (z.B. zu Bodenbelastungen), ohne das Verfahren im einzelnen festzulegen. In der Literatur werden z.T. sehr unterschiedliche Verfahren vorgeschlagen:

- Bewertung über den Ausprägungsgrad und die Natürlichkeit bzw. über Hemerobiestufen [u.a. BMV 1994, LORZ 1995, NEIDHARDT & BISCHOPINCK 1994]
- Bewertung des Biotopentwicklungspotentials [BRAHMS et al. 1989]
- Bewertung von Bodenfunktionen [u.a. GRIMM & SOMMER 1993, EVERT & BAUMGÄRTNER 1993, BERGER 1995]

Um die Diskussion über die Problematik der Bodenbewertung in der Fachöffentlichkeit weiter voranzutreiben, soll hier ein in zwei Umweltverträglichkeitsuntersuchungen entwickeltes Bewertungssystem vorgestellt werden [MIEHLICH et al. 1996 und 1997], in dem die Beeinträchtigung von Bodenfunktionen und die Natürlichkeit der Böden verküpfelt wird.

2 Bodenbewertungssystem

2.1 Leitbild und Zielzustand

Wichtige Voraussetzung für das hier vorgestellte Bewertungssystem ist die Aufstellung eines für den Untersuchungsraum geltenden, schutzgutübergreifenden Leitbildes, in dem allgemeine Grundsätze zur optimalen Ausprägung des Untersuchungsraumes definiert sind. Hiervon ausgehend, werden schutzgutbezogene Umweltziele und der, so weit möglich, regionalisierte Zielzustand für das Schutzgut Boden abgeleitet. Der Zielzustand soll möglichst konkret (z.B. anhand von Parametern) beschrieben werden, da hierdurch wichtige Vorgaben für das Bewertungssystem festgelegt werden. So ist eine nach guter fachlicher Praxis bewirtschaftete landwirtschaftliche Nutzfläche für ein Agrarökosystem als sehr wertvoll einzustufen, während sie für ein naturnahes Ökosystem ggf. ungünstiger bewertet wird.

¹ Umweltbundesamt, Fachgebiet Bodenschutz (II 3.1), Bismarckplatz 1, 14193 Berlin

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

Beispielhaft wird für Zielzustand von Vordeichsböden im tidebeeinflussten Bereich der Elbe die Beschreibung des zulässigen Grades anthropogener Veränderungen durch Stoffeinträge, landwirtschaftliche Kulturmaßnahmen und Überformung durch technische Bauwerke aufgeführt [MIEHLICH et al. 1997]:

- ⇒ Stoffanreicherung: Der Gehalt anorganischer Spurenelemente liegt im Bereich der Hintergrundwerte, ein Eintrag von organischen Spurenstoffen hat nicht stattgefunden, die Böden werden nicht gedüngt.
- ⇒ Landwirtschaftliche Kulturmaßnahmen: Die Böden der Vordeichsländer werden weder gepflügt noch gedüngt.
- ⇒ Überformung: Zum Schutz der besiedelten Marsch ist das Deichvorland landwärts mit einem „grünen“ Deich begrenzt. Hafenanlagen und Uferverbauungen im Zuge von Strombaumaßnahmen für die Schifffahrt sind vorhanden. Sie nehmen jedoch nur einen kleinen Teil der Ufer ein, so daß die natürliche Entwicklung der Böden nur unbedeutend eingeschränkt wird.

Der auf Grundlage des Leitbildes festgelegte Zielzustand stellt das Optimum der Böden dar, anhand dessen der Ist-Zustand zu bewerten ist.

2.2 Bewertungsrahmen

Die Bewertung der Böden im Ist-Zustand geht vom regionalen Optimum der Böden aus und vergleicht den Grad der Übereinstimmung bzw. die Abweichung vom Optimum. Mit Hilfe verschiedener Kriterien wird die Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen beurteilt:

Kriterium

- S Beeinträchtigung durch Stoffanreicherung (anorganische und organische Schadstoffe sowie Pflanzennährstoffe)
- K Beeinträchtigung durch landwirtschaftliche Kulturmaßnahmen (Bodenbearbeitung, und Dränung)
- Ü Bodenveränderung durch Überformung (Abtrag, Auftrag und Versiegelung)

Unabhängig von der Beurteilung der Bodenfunktionen können Böden als Naturkörper schutzwürdig sein. Zur Bewertung dieses Aspekts dient das:

Kriterium

- N Bewertung des Bodens als Naturkörper (Seltenheit, Naturnähe und besondere Eigenschaften)

Jedes Kriterium enthält ein oder mehrere Bewertungsrahmen (Tab. 1), aus denen sich eine Einzelbewertung ergibt.

Tab. 1: Bewertungsrahmen „Beeinträchtigung von natürlichen Bodenfunktionen durch anorganische Spurenelemente (S_A-Wert)“ im Rahmen des S-Kriteriums

Anreicherung (Gesamtgehalt)	gering	mittel	mittel	hoch	hoch	sehr hoch
erhöhte Mobilität	keine Beurteilung	nein	ja	nein	ja	keine Beurteilung
S _A -Wert	1	2	3	3	4	5
Beeinträchtigung	keine	schwach	mittel	mittel	stark	sehr stark

Aus den Bewertungsrahmen für die Kriterien ergibt sich theoretisch eine sehr große Anzahl von Merkmalskombinationen, von denen jeweils mehrere zum gleichen Bodenwert führen können. Um

zu einer überschaubaren, der Informationslage angemessenen und regionlisierbaren Zahl von Merkmalskombinationen zu kommen, werden Bodenwerttypen (Tab. 2) gebildet. Diese enthalten die Einstufung der Einzelkriterien und die Gesamtbewertung, wodurch der Bewertungsschritt auch für Außenstehende nachvollziehbar wird.

Tab. 2: Beispiele unterschiedlicher, regionalisierbarer Bodenwerttypen

Bodenwerttyp: 4			
Naturnahe Salz- und Brack-Schlickwatten sowie Salz- und Brack-Mischwatten einschließlich der tiefliegenden, ufernahen Marschen			
S-Wert	K-Wert	Ü-Wert	N-Wert
≤ 3	1	1	1
Bodenwert: 1			

Bodenwerttyp: 10			
Böden der Kalk- und Kleimarschen, gedüngt, gelegentlich gepflügt, gedränt			
S-Wert	K-Wert	Ü-Wert	N-Wert
≤ 3	2	1	-
Bodenwert: 2 / 3			

Bodenwerttyp: 12			
Böden der Kalk- und Kleimarschen, gedüngt, gepflügt, gedränt, Einsatz von Pflanzenschutzmitteln			
S-Wert	K-Wert	Ü-Wert	N-Wert
4	3	1	-
Bodenwert: 4			

Bodenwerttyp: 18			
Durch Industrie, Gewerbe oder Verkehrsflächen stark überformte Böden			
S-Wert	K-Wert	Ü-Wert	N-Wert
-	-	5	-
Bodenwert: 5			

Um zu einer integrierenden Bewertung der Böden zu gelangen, werden die sich aus den vier Bewertungskriterien ergebenden Einzelbewertungen über eine Verknüpfungsregel zur Gesamtbewertung (Bodenwert) zusammengefaßt (fünfstufige Ordinalskala, Tab. 3). Solange der Boden nicht als Naturkörper schützenswert ist (kein N-Wert ausgewiesen), gilt, daß unter den übrigen Kriterien jeweils dasjenige mit der ungünstigsten Bewertung den Bodenwert bildet. Ist der Boden als solcher schützenswert (N-Wert 1 oder 2), wird jeweils der N-Wert zur Gesamtbeurteilung des Bodens herangezogen.

Tab. 3: Wertstufen zur Beurteilung der natürlichen Bodenfunktionen

Wertstufe	Beeinträchtigung natürlicher Bodenfunktionen
1	nicht beeinträchtigt
2	schwach beeinträchtigt
3	mittel beeinträchtigt
4	stark beeinträchtigt
5	sehr stark beeinträchtigt

3 Durchführung der Bodenbewertung

Zur Ausweisung der Bodenwerttypen bzw. zur Ermittlung des Bodenwertes wurden in einer bereits durchgeführten UVU [MIEHLICH et al. 1997] Flächen- und Punktinformationen miteinander verknüpft. Hierbei handelte es sich um Informationen aus der Bodenkarte, einer im Rahmen der UVU erstellten Biotoptypenkarte und der topographischen Karte sowie Informationen zur Uferbeschaffenheit und aus eigenen Untersuchungen erhaltenen Punkt- bzw. Transektdaten (Bodenaufbau, Nähr- und Schadstoffgehalte in Feststoff und Bodenlösung, Bodenwasserhaushalt). So konnten Flächen gleicher Bodenwerte bzw. gleicher Bodenwerttypen ausgewiesen und kartographisch dargestellt werden. Anschließend wurden die Ergebnisse geostatistisch ausgewertet.

Aus dem Vergleich der Böden im Ist-Zustand, der Prognose mit und ohne Verwirklichung des Vorhabens und ggf. weiterer Vorhabensvarianten können mit diesem Verfahren die Auswirkungen des

Vorhabens sowohl flächenscharf als auch im Grad ihrer Veränderung beschrieben und bewertet werden.

Auf der Ebene der Bodenwerte kann das Schutzgut Boden mit allen in der UVU untersuchten Schutzgütern verglichen und eine Gesamtbewertung des Untersuchungsraumes durchgeführt werden. Die Differenzierung der Bodenwerte in Bodenwerttypen führt dabei nicht nur zu einer besseren Nachvollziehbarkeit der Bewertungsschritte, sondern kann z.B. bei der Ausweisung von „Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen“ wertvolle Hilfestellungen auf der Ebene des betroffenen Schutzgutes geben.

4 Literatur

- BERGER, C. [1995]: Bodenbewertung in Umweltverträglichkeitsuntersuchungen. UVP-report 1/95, S.10-14.
- BMV [1994]: Verwaltungsvorschrift der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (VV-WSV): Richtlinien für das Planfeststellungsverfahren zum Ausbau oder Neubau von Bundeswasserstraßen (PlanfR-WaStrG), Teil B: Umweltverträglichkeitsprüfung an Bundeswasserstraßen. Bundesministerium für Verkehr (BMV), Bonn, 28 S. + Anhang.
- BRAHMS, M; HAAREN, C. & JANSSEN, U. [1989]: Ansatz zur Entwicklung der Schutzwürdigkeit von Böden im Hinblick auf das Biotopentwicklungspotential. Landschaft + Stadt, 21, (3), S.110-114.
- EVERT, M. & BAUMGÄRTNER, M. [1993]: Natur- und kulturräumliche Wertigkeit von Böden. UVP-report 4/93, S.214-216.
- GRIMM, B. & SOMMER, B. [1993]: Bewertung von Boden und Bodenverlust im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung. UVP-report 4/93, S.211-213.
- LORZ, C. [1995]: Eine neue Perspektive zum Thema „Boden und Umweltverträglichkeitsuntersuchung“. UVP-report 3/95, S.113-114.
- MIEHLICH, G.; GRÖNGRÖFT, A.; SCHWARTZ, R. & KUMERIC, G. [1996]: Umweltverträglichkeitsstudie „Öffnung der Alten Süderelbe“. Themenfelder „Böden“ und „Gewässersedimente“. Unveröff. Endbericht, erstellt im Auftrag des Instituts für Angewandte Gewässerkunde und Landschaftsökologie, Bremen (AGL) für die Freie und Hansestadt Hamburg, Amt Strom- und Hafenausbau, 122 S. + Anhang.
- MIEHLICH, G.; KIENE, A.; GRÖNGRÖFT, A.; NEUSCHMIDT, O.; FRANKE, S. & GRAACK, G. [1997]: Fachgutachten Schutzgut Boden. Materialband V der Umweltverträglichkeitsuntersuchung „Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt“. Unveröff. Endbericht, erstellt im Auftrag der Planungsgruppe für Ökologie und Umwelt Nord, Hamburg, für Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg und Freie und Hansestadt Hamburg, Amt Strom- und Hafenausbau, 343 S. + Anhang.
- NEIDHARDT, C. & BISCHOPINCK, U. von [1994]: UVP-Teil Boden: Überlegungen zur Bewertung der Natürlichkeit anhand einfacher Bodenparameter. „Chancen für mehr Naturschutz“. Natur und Landschaft, 69. Jg., Heft 2, S.49-53.

**Einige Indikatoren der diagnostischen Horizonte in Rostböden aus
fluvioglazialen Sanden der brandenburger und pommerschen
Fazies des Vistulians**

von

KOWALKOWSKI, A.

Grundbegriffe

In der bodenkundlichen Literatur seit einiger Jahrzehnte bekannte Begriffe der periglaziären Perstruktionsserie oder der Perstruktionszone, auch des Perstruktionsprofils (Kopp 1968, Kopp u. a. 1969, Kopp, Jäger 1972, Kowalkowski, Borzyszkowski 1977, Kowalkowski 1990, Bussemmer 1994) betreffen der Pedone, die im periglaziären Milieu infolge des gleichzeitigen kryo- und biogenen Filtergerüstumbaus in Situ entstanden sind. Permanente Interferenz zwischen Pedo- und Morphogenese, nach Tricart (1989), ist die Bedingung des pedogen/morphogenen Gleichgewichts, das im periglazialen Milieu anfangs in morphogenetisch sehr labiler Hangoberfläche sich ziemlich schnell einstellt und im nachfolgenden Extraperiglazial (Holozän) stabilisiert.

Unter *Perstruktionsprofil* verstehen wir „Profildifferenzierungen die durch nachträgliche Veränderungen des Ausgangsmaterials infolge kryo-, bio- und anthropogenen Filtergerüstumbaus entstanden sind“ (Kopp, Jäger 1972, Kowalkowski 1973). Das *Horizontprofil* dagegen kennzeichnen Profildifferenzierungen durch nachträgliche Veränderungen in Situ infolge Verwitterung und Zersetzung organischer Substanz, der Neubildung mineralischer und organischer Substanz, Filterverlagerung und biologischen Transportes sowie Aggregation der Primärteilchen.

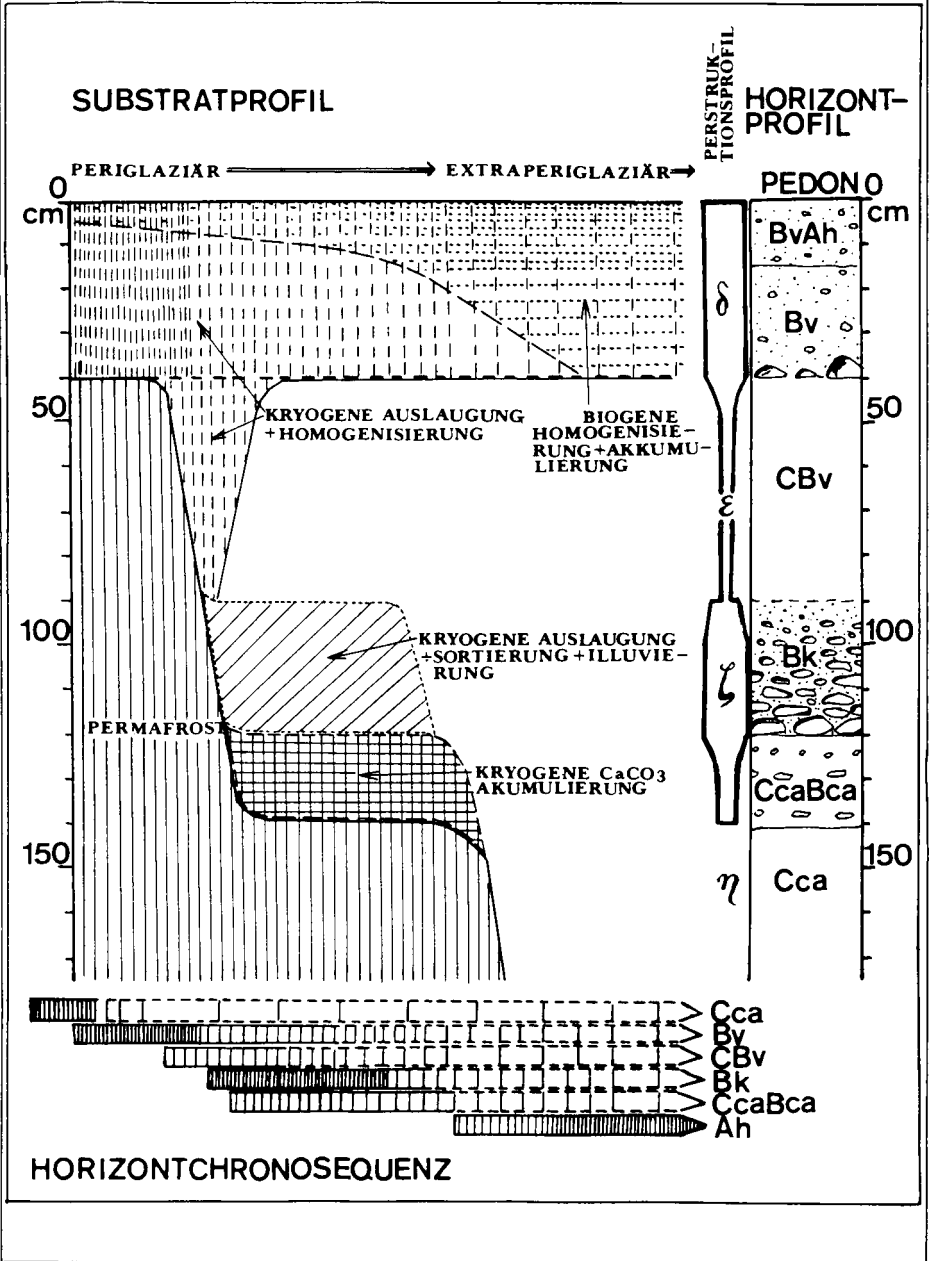
In Gebieten der letzten Vereisung wurden erst in der arktischen Wüste von >20 bis 14,5 ka BP und dann wechselnd in der Strauch- und Parktundra sowie in kurzzeitigen Kiefern-Birkenwald von 14,5 bis 10,5 ka BP, sowohl das Perstruktionsprofil wie das Horizontprofil der alten periglaziären Bodenmosaik gestaltet (Kozarski 1998). Das gesamte, von der kryogenen Perstruktion erfasste Sediment- und Bodenprofilteil an der Oberfläche wird als periglaziäre *Perstruktionszonenachfolge* angesprochen. Die im jungglazialen Tiefland Europas weit verbreitete Perstruktionsserie mit dem entsprechenden Horizontprofil setzt sich aus vier Zonen-Horizonten zusammen:

- *periglaziäre Deckzone* (δ -Zone) mit *Rosthorizont Bv*, im Mittel 40 cm, entschichtet, entkalkt, homogen, im Liegenden Stein- oder Kiesanreicherung mit Windkantern,
- *periglaziäre Übergangszone oberer Teil* (ϵ -Zone) mit *übergangs-Substrat-Rosthorizont CBv*, 40 bis 100 cm Mächtig, entkalkt, teilweise entschichtet, unhomogen,
- *periglaziäre Übergangszone unterer Teil* (ζ -Zone) mit kryoilluvialen *Kontakthorizont Bk*, im Mittel 30 cm, entkalkt, kryogen segregiert, girlandenartiger Verlauf,
- *ungeändertes Substrat* (η -Zone) mit kalkhaltigen *Substrathorizont Cca*, Sedimentstrukturen, in der 30 - 40 cm Kontaktzone unter Bk-Anreicherung des CaCO_3 .

Bodenbildungen mit solcher periglazialen Zonen-Horizontfolge sind in der Bodensystematik der Polnischen Bodenkundlichen Gesellschaft (1989) als ein autochthoner, reliktischer, selbständiger Bodentyp der Rosterden mit dem diagnostischen *Sideric*-Horizont Bv periglaziärer Genese erfasst. Auf diese Paläobodenbildung wurden im Extraperiglazial (Holozän), infolge biogener Perstruktion verbraunungs-, podzolierungs-, vergleyungs- und andere Merkmale der Holozänen Bodenbildung aufgelegt, deren Präsenz Grundlage der Kennzeichnung der Subtypen der Rosterde ist.

* Europäisches Institut für postgraduale Bildung e. V., Al. 1000-lecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Polen

Fig.1 Bildungsprozesse der chronostratigraphischen Leithorizonte der periglaziären Rosterde im Gebiet der Weichselvereisung.



Indikatoren der diagnostischen Horizonte

Die Übersicht der Bildungsprozesse der Periglaziären Rosterde in Fig. 1 zeigt das an der Oberfläche des Substratprofils der kalkhaltigen Sandsedimente schon vom Anfang der Rezession der Brandenburger Fazies des Vistulians, im über 6 ka dauernden kalten Wüstenmilieu, unmittelbar über dem Permafrost, die im Mittel 40 cm mächtige homogenisierte Deckzone mit den Windkantern im Liegenden entstanden ist. Die Deckzone wurde, unabhängig von der Relieflage in anhydromorphen Milieu, als Folge langandauernden lateralen Wind- und Regenwassertransportes aggradiert und durch die senkrecht einwirkenden Frostprozesse homogenisiert. In der nachfolgenden Tundrenzeit, mit wärmerem Waldphasen variierte die Tiefe der aktiven Frostzone von 40 bis >120 cm, mit vollständiger CaCO₃ Auslaugung, schwacher homogenisierung im relativ trockenen oberen Teil der Übergangszone und intensiver kryogener Segregierung des Substrats mit kryogener Humus- und Eisenilluvierung im nassen unteren Teil, unmittelbar über dem undurchlässigen, kalkhaltigen dauernd gefrorenen Substrat im Untergrund. Ausgelaugtes CaCO₃ wurde teilweise im Top des Permafrostes in Form von Konkretionen kristallisiert.

Im Laufe der Perstruktionsprozesse sind zwei charakteristische kryogene Horizonte entstanden- der kryoilluviale *Kontakthorizont Bk* im unteren Teil der periglaziären Übergangszone und der kryogene *Rosthorizont Bv* in der Deckzone. Diese Horizonte, mit ihren *Lokalitäten* im Perstruktions- und Horizontprofil sowie eindeutig in der *Morphologie* des Bodenprofils ausgeprägten leicht erkennbaren kaltklimatischen Merkmalsassoziationen, können genutzt werden zur Quantifizierung und Diagnostik des Rosterdebodentyps. Ergebnisse der Laboruntersuchungen in Tab. 1 und Tab. 2 unterbauen die diagnostischen Werte dieser Horizonte. Wenn der Kontakthorizont seine relikte Morphologie und Eigenschaften in einem kaum geänderten Zustand bis heute behalten hat, so wurden die alten Eigenschaften des Rosthorizontes im Holozän in wesentlichen Grade von der Oberfläche geändert, was für die Quantifizierung der Subtypen diagnostischen Wert hat. Spätere (Holozäne) Oberflächenprozesse können den Rosthorizont kürzen (degradieren) oder anbauen (agradieren).

Literatur

- Bussemer S., 1994: Geomorphologische und Bodenkundliche Untersuchungen an periglaziären Deckserien des Mittleren und Östlichen Barnim. Berliner Geographische Arbeiten, Berlin: 4-150.
- Kopp D., 1968: Periglaziäre Umlagerungs- (Perstruktions-) Zonen im Nordostdeutschen Tiefland und ihre boden genetische Bedeutung (Tag. Ber. Dt. Akad. Landwirtsch.-Wiss. Berlin Nr. 102: 55-81.
- Kopp D., u.a., 1969: Die Waldstandorte des Tieflandes. Erg. d. forstl. Standortserk. in der DDR, VEB Forstprojektorie Potsdam: 141.
- Kopp D., Jäger K.-D., 1972: Das Perstruktions- und Horizontprofil als Trennmerkmal periglaziärer und extraperiglaziärer Oberflächen in nordeuropäischen Tiefland. Wiss. Zeitschr. der E.-M.-Arndt Univ. Greifswald, Jg. XXI, H. 1: 77-84.
- Kowalkowski A., 1973: Genese und Grundlagen der Klassifikation von Böden aus periglaziären Formationen (in polnisch), PTG Warszawa.
- Kowalkowski A., Borzyszkowski J., 1977: The role of periglacial und extraperiglacial Perstruktion in Formation of the soil Profile in Central Europe. Folia Quaternaria 49, Kraków: 37-45.
- Kowalkowski A., 1990: Evolution of holocene soils in Poland, Quaestiones Geographicae 11/12 (1985/1986) Poznań: 93-120.
- Tricart J.L., 1988: Dynamique des versants. In J.P. Lautridou (Ed.) Recent advances in french Geomorphology. Continental processes and management, Paris: 103-111.

Anwendung der Substratsystematik in der Kartierung im Land Brandenburg

von

KÜHN,D.; BAURIEGEL,A.; HANNEMANN,J.

Einführung

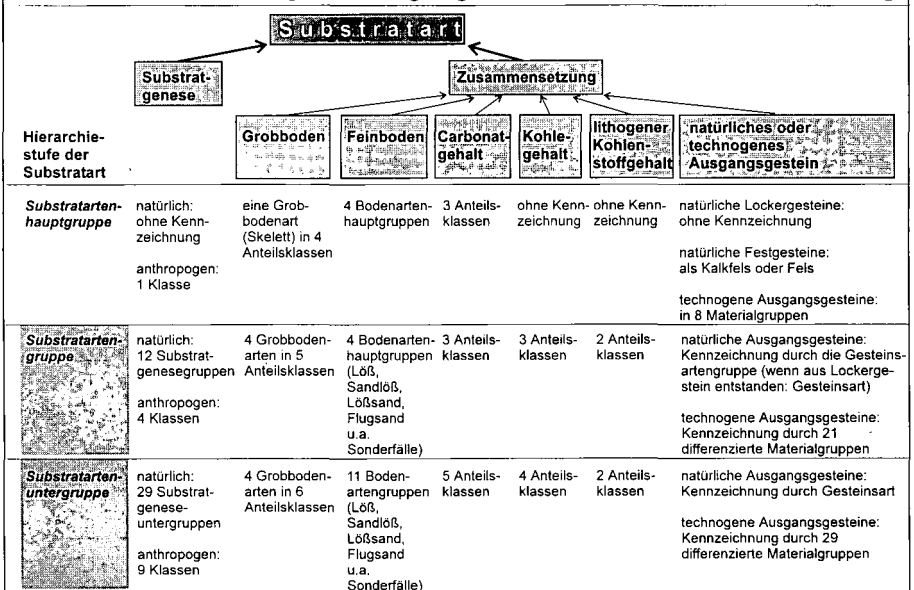
Die Bodenkundliche Kartieranleitung, Hannover 1994 (KA 4) hat das Prinzip der Substratkennzeichnung bundesweit eingeführt. Dieses zwischen den Geologischen Landesämtern (GLÄ), der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und dem AK Bodensystematik der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DGB) abgestimmte Kennzeichnungsprinzip von Böden wurde in den letzten Jahren im wesentlichen durch den AK Bodensystematik weiterentwickelt und ist zu einer Substratsystematik ausgearbeitet worden, die in Kürze erscheinen soll.

Das Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg war an der Entwicklung dieser Systematik beteiligt und hat in der 1995 begonnenen bodengeologischen Kartierung diese Entwicklungen bereits berücksichtigt und angewandt.

Profilsprache und Substratsystematik

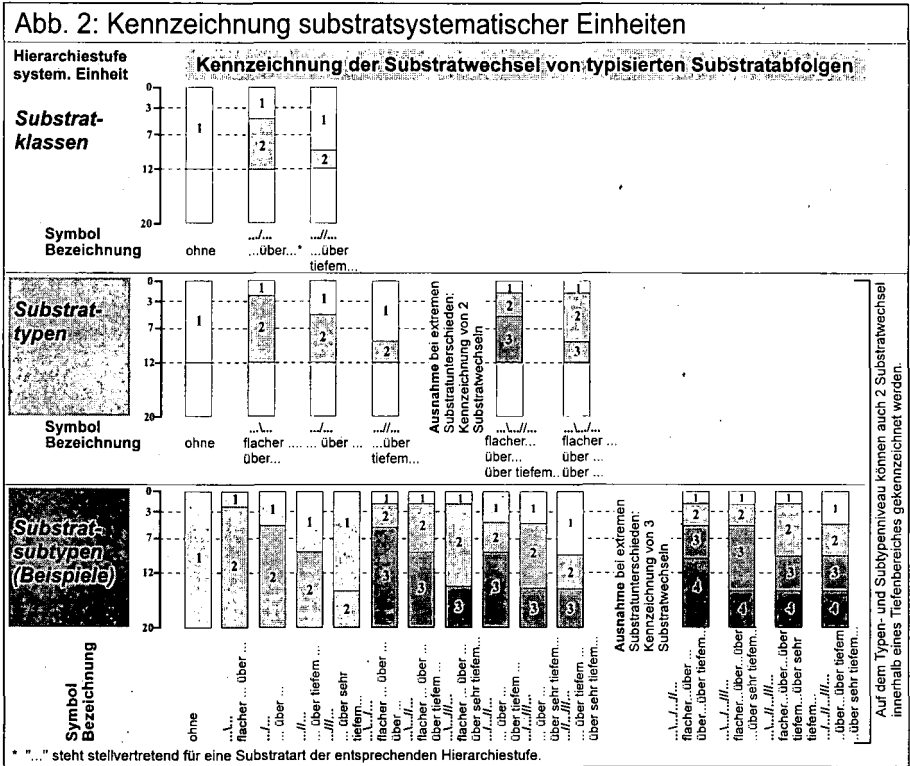
Die Substratsystematik bietet verschiedene Klassifikationsniveaus zur Charakterisierung der Ausgangsmaterialien der Bodenbildung an. Zunächst werden die Materialien der Schichten, im weiteren als Substrate bezeichnet, einzeln gekennzeichnet. Die Abbildung 1 zeigt für die zu berücksichtigenden Substratmerkmale die niveaubezogene Differenzierung in unterschiedliche Klassenzahlen.

Abb. 1: Klassifizierung der Ausgangsmaterialien für die Bodenbildung



Zweckmäßigerweise erfolgt ähnlich der bodensystematischen Kennzeichnung die Klassifizierung der Substrate am Profil möglichst detailliert. Das heißt, es wird dabei auf das Niveau der Substratartenuntergruppe zurückgegriffen. Die Grenzen der Klassen der einzelnen Substratmerkmale werden hier nicht weiter erläutert. In der KA 4 sind für das gekennzeichnete Niveau der Substratartengruppe (s. KA 4, S. 158 ff) und teilweise auch für das der Substratartenuntergruppe (s. KA 4, S. 259 ff) die Klassen definiert. Es wurde jedoch in der KA 4 anstelle der hierarchischen Substratartenbegriffe nur mit dem Begriff Substrat gearbeitet, da ein hierarchisches Kennzeichnungssystem noch nicht vorlag. Ziel der Substratartenkennzeichnung ist die Regelung der vergleichbaren und reproduzierbaren Ansprache der Substrate. Die entsprechende Speicherung von Kurzzeichen (Schlüsseln) verbessert die digitale Auswertung. Substrate können auf dem Rechenweg hierarchisch zusammengefaßt werden, z.B. um Schwermetallaustragsgefährdungen oder Sickerwasserraten verschiedener Böden in Abhängigkeit von den Substratarten bzw. Substratartenabfolgen zu analysieren.

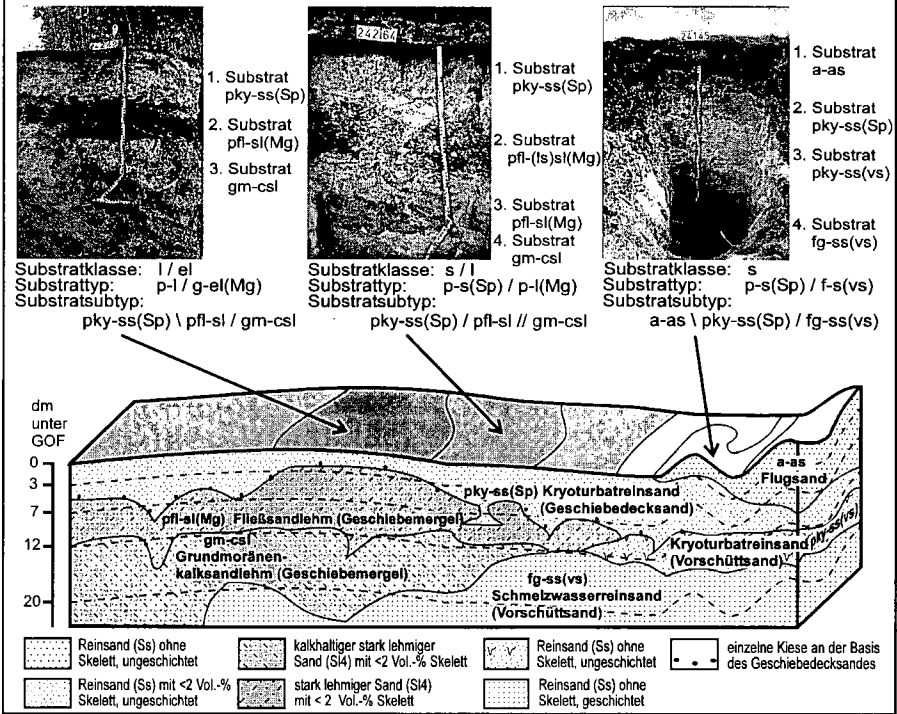
Ähnlich der Bildung von bodensystematischen Einheiten durch Zuordnung von charakteristischen Horizontabfolgen werden die Abfolgen von Substratarten zu substratsystematischen Einheiten typisiert. Die Substratarten der Abfolgen werden zunächst durch Merkmalskombinationen entsprechend der Abb. 1 auf dem niedrigsten Niveau charakterisiert. Die häufig mehrgliedrigen Substratartenabfolgen sind entsprechend den Regeln der KA 4, S. 252/3 zu aggregieren, um vergleichbar zu systematischen Einheiten zu gelangen. Die Ansprache des Tiefenbereiches für einen Substratwechsel wird nach der Abb. 2 klassifiziert. Durch diesen Toleranzbereich für Mächtigkeitsschwankungen erhalten die substratsystematischen Einheiten eine Flächenrepräsentanz (s.u.).



Die Anwendung verschiedener hierarchischer Niveaus bei der Kennzeichnung von Profilen erlaubt zunächst die systematische Zusammenfassung bei profilbezogenen Auswertungen in einer Datenbank mit Aufschlußdaten. Durch die Typisierung der Abfolgen von Substratarten zu substratsystematischen Einheiten werden regelhafte Voraussetzungen für die Verknüpfung mit bodensystematischen Einheiten zu Bodenformen geschaffen. Die Abb. 3 zeigt drei Beispiele für die praktische Anwendung der Substratansprache. Die Substratarten werden differenziert am Profil angesprochen,

und ihre Abfolgen können zu substratsystematischen Einheiten auf verschiedenen Niveaus typisiert werden. Der großmaßstäbige Ausschnitt des Blockbildes deutet die Relevanz der Punktansprache für die Übertragung in die Fläche an.

Abb. 3: Beispiele für die Substratkennzeichnung von Bodenprofilen (Symbole n. KA 4)



Flächenkennzeichnung und Substratsystematik

Die im unteren Teil der Abb. 3 dargestellte Flächenrepräsentanz von substratsystematischen Einheiten wird für die vergleichbare Kennzeichnung von kartierten und oft heterogenen Flächen genutzt. Durch die Typisierung der z.T. vielschichtigen Substratabfolgen kann die Verbreitung substratsystematischer Einheiten in der Fläche abgeschätzt werden. Die Klassifizierung der zu berücksichtigenden Merkmale (s. Abb. 1) sowie der Substratwechsel (s. Abb. 2) als auch die Auswahl an bodengenetisch wesentlichen Substratarten aus der Abfolge (s. KA 4, S. 252/3) bilden dafür die Grundlage. Die einzelnen Bodenformenanteile der Flächen werden nach Tab. 53, KA 4, S. 280 im Rahmen der Flächeninhaltsbeschreibung klassifiziert.

Die Abb. 4 zeigt ein Beispiel für die Anwendung der substratsystematischen Einheiten in Abhängigkeit vom Maßstab und der Flächenheterogenität. Die betreffenden substratsystematischen Einheiten wurden mit relevanten bodensystematischen Einheiten zu Bodenformen verknüpft. Je kleiner der Maßstab wird, desto heterogener können in der Regel Flächeninhaltsbeschreibungen werden, da die einzelnen Mitglieder des Bodenformeninventars maßstabsbedingt nicht mehr darstellbar sind. Das Beispiel zeigt aber auch, daß bei der inhaltlichen Aggregation (höhere Abstraktion bei höherem systematischem Niveau) nicht zwangsläufig Flächen aggregiert werden. In vielen Fällen ist dies jedoch der Fall. Bei der inhaltlichen Aggregation entsteht der Eindruck der Reduzierung von inhaltlichen Angaben wegen der zunehmenden Heterogenität der zu charakterisierenden Flächeninventare. Damit wird die verbale Kennzeichnung erleichtert. Wichtiger sind jedoch die digital abgelegten Schlüssel bzw. Kurzzeichen für Auswertungen.







Die Abb. 4 zeigt ferner, daß es aus kartiertechnischen Gründen sinnvoll sein kann (s. Fußnote Abb. 4), bei einzelnen Substratmerkmalen nicht auf das ansonsten einheitliche Niveau der Kennzeichnung zurückzugreifen. Dies macht sich bei Karten wie z.B. der bundesweiten Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1 : 200 000 (BÜK 200) erforderlich, wenn großflächig beim vorgegebenen Kennzeichnungsniveau des Substrattyps die Differenzierungsmöglichkeiten der Bodenformenverteilung unzureichend sind. Dieses bedarfsgerechte „Ausbrechen“ aus einem systematischen Niveau erfolgt jedoch bei dem erforderlichen Merkmal nach den gültigen Regeln innerhalb der Systematik, so daß die Vergleichbarkeit erhalten bleibt.

Abb. 4: Maßstabsabhängige Aggregation am Beispiel Moore in einer Flußniederung

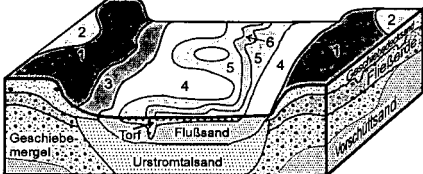
Mögliche Flächenaggregation und -kennzeichnung im kleinen Maßstab (< 1 : 300 000)







- | | | |
|---|-----------------|---|
|  | LF: s [4.2] | - fast ausschließlich Fahlerden aus Sand |
|  | GG: s [3.1] | - verbreitet Gleye aus Sand |
|  | HN: H / s [3.1] | - verbreitet Niedermoore aus Torf über Sand |
|  | BB: s [2] | - gering verbreitet Braunerden aus Sand |
|  | HN: H [2] | - gering verbreitet Niedermoore aus Torf |

Mögliche Flächenaggregation und -kennzeichnung im mittleren Maßstab (< 1 : 50 000 - 1 : 300 000)

- | | | |
|--|-----------------------------------|---|
|  | LFn: p-s(Sp) / p-(k)ls(Mg) [4.2]* | - fast ausschließlich Fahlerde aus Sand (Geschiebedecksand) über kiesführendem Lehmsand (Geschiebemergel) |
|  | HNnv: og-Hn / f-s [3.2] | - vorherrschend Erdniedermoore aus Niedermoorort über Fluvsand |
|  | HNnv: og-Hn [2] | - gering verbreitet Erdniedermoore aus Niedermoorort |
|  | GGn: ff-s [1]* | - selten Gley aus Flußsand |
|  | GGn: ff-s [4.1]* | - vorherrschend Gley aus Flußsand |
|  | GG-BB: p-s(Sp) / ff-s [2]* | - gering verbreitet Gley-Braunerde aus Sand (Geschiebedecksand) über Flußsand |

Großmaßstäbiges bis mittelmaßstäbiges Basismodell bzw. entsprechender Kartenausschnitt



	LFn: pky-ss(Sp) / pfl-(k2)ls // gm-(k2)cls [4.2]	- fast ausschließlich Fahlerde aus Kryoturbarinsand (Geschiebedecksand) über schwach kiesführendem Fließlehmsand über tiefem schwach kiesführendem Grundmoränenkalklehmsand
	LFn: pky-ss(Sp) / pfl-(k2)ls(Mg) // fq-ss(vs) [4.2]	- fast ausschließl. Fahlerde aus Kryoturbarinsand (Geschiebedecksand) über schwach kiesfüh. Fließlehmsand (Geschiebemergel) über tiefem Schmelzwasserreinsand (Vorschütt sand)
	GG-BB: pky-ss(Sp) / fu-ss [4.2]	- fast ausschließlich Gley-Braunerde aus Kryoturbarinsand (Geschiebedecksand) über Urstromtalreinsand
	GGn: ff-ss [4.2]	- fast ausschließlich Gley aus Flußreinsand
	HNnv: og-Hn / ff-ss [4.2]	- fast ausschließlich Erdniedermoore aus Niedermoorort über Flußreinsand
	HNnv: og-Hn [4.2]	- fast ausschließlich Erdniedermoore aus Niedermoorort

* Für notwendige Flächendifferenzierungen werden einzelne Substratmerkmale auf dem Niveau der Substratarten-Untergruppe verwendet (z.B. Substratgenese, Kalkgehalt, Bodenart).

Vorteile für die Auswertung digitaler Karten

Viele der Auswertungsmethoden sind nicht auf die bodengenetischen Merkmale sondern auch auf Substratmerkmale ausgerichtet. Das Konzept künftiger Bodenkarten sieht die Anlage von Flächenbodenformenarchiven vor, in denen charakteristische Profildaten aus vielen Einzeldaten abgeleitet und im Sinne von Idealprofilen gespeichert werden. Diese Daten werden mit den Inventarangaben zu Bodenformen in Kartiereinheiten verknüpft und stehen somit für die Auswertung bzw. Anwendung entsprechender Methoden zur Verfügung. Der Vorteil besteht in der vergleichbaren inhaltlichen Klassifizierung und erforderlichenfalls systematischen Aggregation der Substratmerkmale bei Flächencharakterisierungen. Einerseits tragen die Daten verschiedener Profile (Aufschlüsse) zur Bildung von Flächenbodenformen bei, andererseits können diese Angaben systematisch weiter aggregiert werden, um kleinere Maßstäben zu bedienen. Dabei werden unterschiedliche aber ähnliche Profildaten nach den Regeln der Systematik zusammengefaßt. Die Ergebnisse sind somit reproduzierbar und objektiver. In dem Beitrag „Beziehungen zwischen Punkt- und Flächendaten“ (BAURIEGEL, HANNEMANN & KÜHN) in diesem Band werden die Relationen von Punktdaten bis zu Flächendaten einzelner kartierter Flächen, von General- oder Blatttrandlegenden beschrieben. Für die Beschreibung von Flächeninventaren, sei es von einer einzelnen Fläche oder von Legendeneinheiten, werden Flächenbodenformen herangezogen, die sich aus einer bodensystematischen und einer substratsystematischen Einheit zusammensetzen. Der Maßstab (z.B. der BK 50 oder BÜK 200 usw.) wirkt sich bei diesem Kennzeichnungsprinzip nur auf das bevorzugte systematische Niveau aus.

Mit der Substratsystematik zur Beschreibung bodenkundlich relevanter Merkmale der Ausgangsmaterialien der Bodenbildung wird den Bodenkundlern eine Verständigungsbasis an die Hand gegeben, die gegenüber traditionellen Begriffen der Geologie eine stärkere Normung und damit Vergleichbarkeit bei der Punkt- und Flächendatenerhebung und -auswertung vorsieht und ermöglicht.

Literaturverzeichnis:

AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung - 4. Auflage, Hannover.

ALTERMANN, M. & KÜHN, D. (1995): Vorschlag zur Substratsystematik vom Arbeitskreis für Bodensystematik der DBG.-Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 78, S. 193 - 204.

ALTERMANN, M.; KÜHN, D. & BAURIEGEL, A. (1996): Diskussionsvorschlag zur bodenkundlichen Substratsystematik.- Brandenburgische Geowiss. Beitrage, 3(1996)1, S. 53 - 65.

BAURIEGEL, A.; HANNEMANN, J.; KÜHN, D. & NEHLS, T. (1996): Exkursionsführer - Böden im Bereich der Nuthe-Nieplitz-Niederung und Umgebung, südlich Potsdam.- Landesamt für Geowiss. und Rohstoffe Brandenburg. Kleinmachnow.

HARTWICH, R.; KRUG, D. & ECKELMANN, W. (1995): Anleitung zur Erarbeitung der Bodenübersichtskarte im Maßstab 1 : 200 000 (BÜK 200).- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Außenstelle Berlin.

KÜHN, D.; ALTERMANN, M. & SPIES, E.-D. (1993): Vorschlag zur Substratklassifikation.- Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 72, S. 989 - 994.

AK Bodensystematik der DBG (1997): Substratsystematik für die Böden der Bundesrepublik Deutschland.- Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. (im Druck).

Boden und Gewässerversauerung im Einzugsgebiet der Großen Pyra, Westerzgebirge - Erste Ergebnisse

von

LORZ,C.; NEUMEISTER,H.

Ausgangssituation

Das untersuchte Einzugsgebiet der oberen Großen Pyra befindet sich in den Hochlagen des Westerzgebirges (bis 950 m ü NN). Die Böden (Moore, Podsole und Braunerde-Podsole) entwickelten sich über basenarmen geologischen Untergrund (Granit) in geringmächtigen Deckschichten. Gelegentliche Eintragsereignisse bei entsprechenden meteorologischen Situationen führen zu erheblichen Belastungen in dem ansonsten mäßig belasteten Gebiet. Koniferen-Monokulturen (*Picea abies*) seit ca. 200 Jahren vervollständigen das Bild einer klassisch versauerungsempfindlichen Landschaft. Das Zusammenwirken von hohen Einträgen und einem relativ sensiblen Geoökosystem hat die Versauerung der Oberflächengewässer mit entsprechender Belastung an Al-, Mn- und H-Ionen zur Folge (vgl. NEUMEISTER ET AL. 1995, KEITEL 1995).

Ansatz

Unter der Annahme, daß die hydrochemische Reaktion der Fließgewässer verschiedener Teileinzugsgebiete zu unterscheiden ist (Black-Box-Ansatz) wurden die entsprechenden Kenngrößen und deren Reaktionsmuster erfaßt. In einem zweiten Schritt erfolgten Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen systeminternen Strukturen und Reaktionsmustern des Abflußverhaltens (Grey-Box-Ansatz). Dazu war die Charakterisierung der Bodenverhältnisse an ausgewählten Standorten durch die Bodenlösung und andere bodenkundliche Größen notwendig.

Methoden

- Konstante Erfassung von Q, pH und Lf im A₀ mit Datenlogger (stündlich)
- Regelmäßige Beprobung des A₀ an 17 Punkten; pH, Lf und Ionen-Konzentration
- Bodenlösungsgewinnung durch Saugkerzen (2 x pro Monat) und Zentrifugation
- Kennwerte Boden (bisher nur pH)
- Niederschlag (Freiland- und Bestandesniederschlag mit Totalisatoren 1 x pro Woche)
- Bestimmung der meisten Ionen mit IC, Al und Mn mit F-AAS

Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die Ganglinien der pH-Werte für das Gesamteinzugsgebiet (Große Pyra), die Teileinzugsgebiete Moor (Kleine Pyra) und Mineralisch (Butterbächel). Diese weisen deutliche Einbrüche der pH-Werte auf, die eine pH-Einheit nicht überschreiten. Die Einbrüche sind direkt mit einem erhöhtem Durchfluß zu parallelisieren.

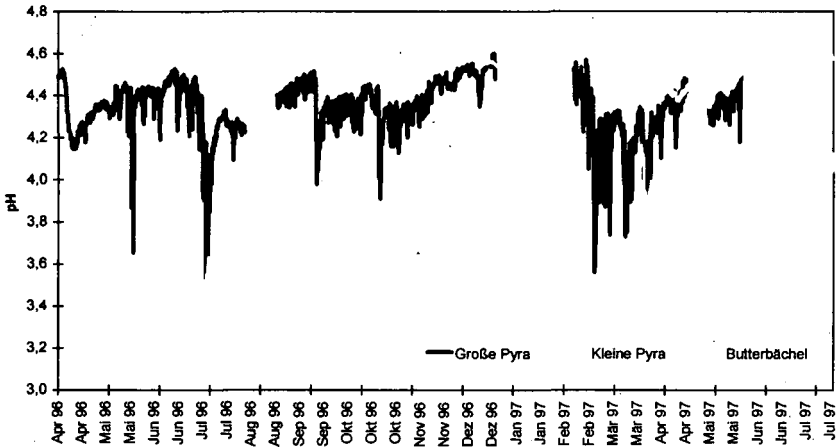


Abbildung 1: Ganglinie pH-Werte für Gesamteinzugsgebiet und Teileinzugsgebiete

Die in Abbildung 2 dargestellten Ganglinien der elektrischen Leitfähigkeit zeigen unterschiedliche Reaktionsmuster der schwach mineralisierten Wässer verschiedener Einzugsgebiete. Der Moorabfluß reagiert bei höheren Durchfluß mit einem erhöhtem Ionengehalt es werden also verstärkt Ionen mobilisiert. Dagegen ist im Abfluß des Gesamteinzugsgebietes ein Verdünnungseffekt zu beobachten.

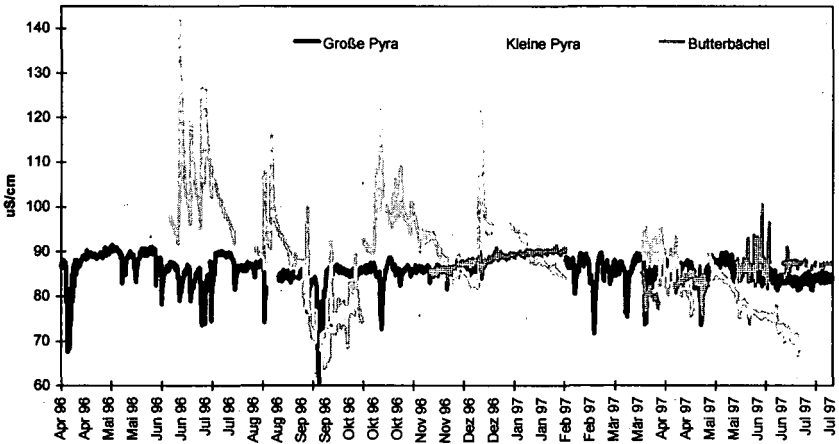


Abbildung 2: Ganglinie der elektrischen Leitfähigkeit für das Gesamteinzugsgebiet und die Teileinzugsgebiete

Der mittlere Eintrag von Wasserstoffionen beträgt für das Freiland ~ 0,69 kmol ha⁻¹ a⁻¹ und für den Bestand ~ 0,72 kmol ha⁻¹ a⁻¹, wobei Spitzenwerte von 3,0 kmol ha⁻¹ a⁻¹ bzw. 4,0 kmol ha⁻¹ a⁻¹ erreicht werden. Die pH-Einbrüche des Oberflächenwassers können direkt mit hohen H⁺-Ionenfrachten im Niederschlag in Verbindung gebracht werden (Abb. 3).

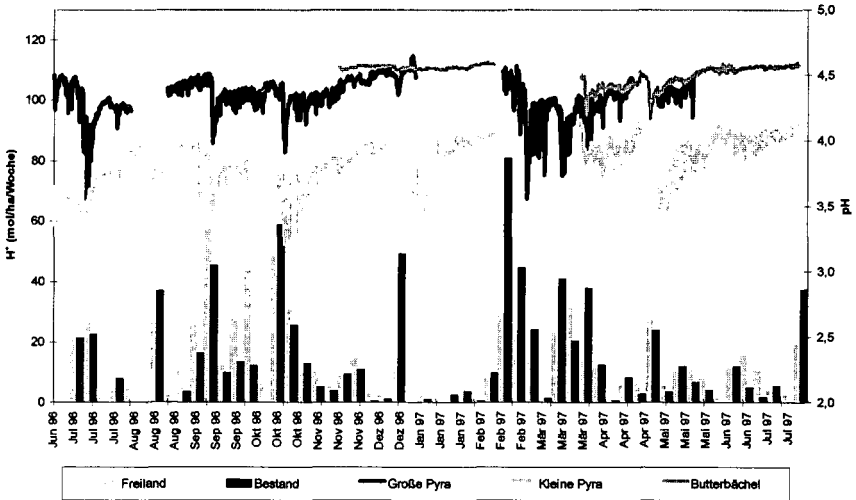


Abbildung 3: H⁺-Fracht im Niederschlag und pH des Oberflächenwassers

Die Ionengehalte der Durchflüsse (Tab. 1) zeigen, daß die Konzentrationen in den Moorausflüssen niedriger und die Alkalinitäten – nach Reuss & Johnson (1986) – höher liegen. Die Diskrepanz zwischen Alkalinität und pH-Werten läßt sich aus dem Beitrag der organischen Säuren zur H⁺-Konzentrationen erklären (HEMOND 1994).

Tabelle 1: Oberflächenwasserchemie verschiedener Teileinzugsgebiete (Mittel 1/96 bis 4/97)

	Moor (60)	Mineral (53)	Gesamt (12)
pH	4.19	4.32	4.35
Alkalinität (µeq/l)	-387	-449	-439
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	19.90	22.31	22.80
NO ₃ ⁻ (mg/l)	4.33	5.90	5.94
Al (mg/l)	1.14	1.51	1.59
Mn (mg/l)	0.16	0.16	0.17
Ca (So/Wi) (mg/l)	1.09/4.76	1.27/5.67	1.52/5.96

Die pH-Werte der Bodenfestphase für die Oberböden und Torfaulagen sind niedrig (3,87 bzw. 3,58), während die Unterböden durch höhere pH-Werte charakterisiert sind (4,25 bis 4,47). Die pH_{CaCl2} und pH_{KCl}-Werte belegen, daß austauschbare versauerungswirksame Ionen vorhanden sind (vgl. MEIWS ET AL. 1984). Die Chemie der Bodenlösung (Tab. 2) spiegelt die pH-Werte der Bodenfestphase wieder, während die Alkalinitäten niedriger liegen als im Oberflächenwasser; Ursache ist die niedrigere Konzentration von NO₃⁻ und SO₄²⁻. Die Diskrepanzen zwischen pH und Alkalinität sind hier wiederum auf den Einfluß der organischen Säuren im Moor bzw. auf das HCO₃⁻-Puffersystem im tieferen Untergrund zurückzuführen.

Die Al-Gehalte sind pH-abhängig hoch. In durch Zentrifugation gewonnener Bodenlösung weisen hohe Gehalte an SO_4^{2-} im Moor und Unterboden auf Sinks hin. Auch scheinen die Al-Gehalte von der Art der Bodenlösungsgewinnung abhängig zu sein.

Tabelle 2: Bodenlösungschemie (Saugkerzen) verschiedener Böden (Mittel 10/96 bis 7/97)

Boden	Niedermoor		Hochmoor	Talverfüllungen	
	Org	Min	Org	Min	Min
n	12	37	29	27	31
pH	3.99	4.67	3.90	4.71	5.08
Alkal. (µeq/l)	-220	-271	-53	-164	-248
SO_4^{2-} (mg/l)	15.63	16.79	13.13	15.38	20.51
NO_3^- (mg/l)	4.38	3.52	1.95	1.31	2.46
Al (mg/l)	2.05	2.00	1.62	1.21	1.41
Mn (mg/l)	0.07	0.13	0.05	0.14	0.16

Zusammenfassung

- Die Schwankungen des pH im Oberflächenwasser und insgesamt geringfügig höhere Werte - relativ zum Niederschlag - weisen auf die Existenz einer geringen Pufferkapazität im Einzugsgebiet hin.
- Während Niederschlagsereignissen scheint der Einfluß von Regenwasser dominant; dies resultiert in niedrigeren pH-Werten und elektrischen Leitfähigkeiten resultiert. Eine Ausnahme sind die erhöhten Leitfähigkeiten des Oberflächenwassers des Moores, was eine Konsequenz eines verstärkten Ionenaustrages aus den Moorböden während Regenereignissen ist.
- Das pH von Bodenfestphase und Bodenlösung stützt die Vorstellung eines höheren Puffervermögens im Unterboden.
- Die Sulfatgehalte in durch Zentrifugation gewonnener Bodenlösung weisen auf Sinks im Unterboden und stärker noch im Moor hin.
- Die Al^{3+} - und SO_4^{2-} - Gehalte in durch Saugkerzen und Zentrifugation gewonnener Bodenlösung weisen auf unterschiedliche Bindungsmechanismen hin

Schriftenverzeichnis

HEMOND, H.F. (1994): Role of Organic Acids in Acidification of Fresh Waters, 103 - 115. - In: STEINBERG, C.E.W. & R.F. WRIGHT [HRSG.](1994): Acidification of Freshwater Ecosystems, Implications for the Future. - Dahlem Workshop Reports, Environmental Sciences Research Report 14, 404 S., London (Wiley).

KEITEL, M. (1995): Langzeitbetrachtung der Gewässerversauerung - Fallstudie im Erzgebirge. - Wasser & Boden, 10. 27-33.

LIKENS, G.E. & F.H. BORMANN & R.S. PIERCE & J.S. EATON & N.M. JOHNSON (1995): Biogeochemistry of a Forested Ecosystem, 159 S., New York (Springer).

MEIWS, K.J. & N. KÖNIG & P.K. KHANA & J. PRENZEL & B. ULRICH (1984): Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralboden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden.- Ber. Forschungszentrum Waldökosysteme/Waldsterben, 7, 3 - 61.

NEUMEISTER, H. & A. KRÜGER & L. MEYER & R. REGBER (1995): Räumliche Differenzierung elementarer geökologischer Eigenschaften im oberen Westergirge / oberen Vogtland.- Geoprofil, 5, 43 - 61.

REUSS, J.O. & D.W. JOHNSON (1986): Acid Deposition and the Acidification of Soil and Water.- Ecological Studies, 59, 1-119, New York (Springer).

Zur Bodenvariabilität im oberen Bagrot-Tal (Karakorum/Nordpakistan)

von

REINEKE, T.; BOTSCHEK, J.; SKOWRONEK, A.; WINIGER, M.

1. Einleitung

Dieser Aufsatz beschreibt Aufbau, Entstehung und Eigenschaften von Böden im oberen Bagrot-Tal anhand zweier Toposequenzen und stellt darüber hinaus die pedogenetischen Faktoren, die die Bodenvariabilität bestimmen, heraus (vgl. BÄUMLER & ZECH, 1994). Das Bagrot-Tal liegt ca. 15 km östlich von Gilgit im Übergangsbereich zwischen monsunal beeinflusstem Tiefland und kontinental trockenem Hochland. Die untersuchten Toposequenzen weisen auf Talbodenniveau aride bis semiaride Verhältnisse und in der Mattenstufe humide Verhältnisse auf. Die expositionsbedingt differierende Einstrahlung führt zu unterschiedlicher Ablationsdynamik und potentieller Evapotranspiration (CRAMER, 1994) und somit am südexponierten Hang zu einem trockeneren Bodenfeuchteregime. Der geologische Untergrund besteht im wesentlichen aus basischen Grüngesteinen der Epidot- bis Amphibolitfazies sowie aus stark kalkhaltigen Metasedimenten (SEARLE, 1991). Im Gegensatz zum gestreckten südexponierten weist der nordexponierte Hang zwischen 2900 und 3400 mNN drei Hangverflachungen auf, die auf Moränenwälle im Konfluenzbereich zweier Talgletscher zurückgehen. Auch die Vegetationshöhenstufung im Talprofil ist asymmetrisch, da am südexponierten Hang *Picea-Pinus*- und *Betula*-Wälder fehlen. Bis in 2650 mNN wird auf Bewässerungsterrassen Feldbau betrieben, die Hänge werden bis zur Mattenstufe hinauf beweidet und die Wälder durch Schneitelung und Holzeinschlag genutzt (SCHICKHOFF, 1995).

Profilbezeichnung	N1	N2	N3	N4	N5	N6
Vegetationshöhenstufe	Mattenstufe	Betula-Wald	Picea-Pinus-Wald	offener Juniperus-Wald	Artemisia-Zwerggesträuch	Bewässerungsterrasse
Vegetationsbedeckung [%]	95	40	65	45	30	n.d.
Höhe [mNN]	3680	3470	3110	2850	2730	2640
Exposition [°]	320	300	360	340	320	345
Inklination [°]	23	42	34	24	39	5

Profilbezeichnung	S1	S2	S3	S4
Vegetationshöhenstufe	Mattenstufe	offener Juniperus-Wald	Artemisia-Zwerggesträuch	Bewässerungsterrasse
Vegetationsbedeckung [%]	95	50	35	n.d.
Höhe [mNN]	3700	3180	2790	2540
Exposition [°]	210	205	210	75
Inklination [°]	37	32	31	5

Tab.: Typische Reliefparameter und Vegetationsbedeckung der Höhenstufen und der Bewässerungsterrassen

* Geographisches Institut, RWTH-Aachen, Templergraben 55, 52056 Aachen
 ** Institut für Bodenkunde, Universität Bonn, Nußallee 13, 53115 Bonn
 *** Geographisches Institut, Universität Bonn, Meckenheimer Allee 166, 53115 Bonn

An beiden Hängen wurde in jeder Vegetationshöhenstufe sowie auf einer Bewässerungsterrasse bei typischer Neigung und Exposition (Tab.) ein Bodenprofil aufgenommen und nach der "Soil Taxonomy" klassifiziert.

2. Substratschichtung der Bodenprofile

In den oberen Hangbereichen beider Toposequenzen (Profile N1 - N4 u. S1, S2) liegt an der Oberfläche lößhaltiges Substrat vor (Abb.; vgl. OWEN et al., 1992). In Profil N3 reicht es bis zum anstehenden metamorphen Kalkstein in 107 cm Tiefe und gliedert sich in drei Schichten mit unterschiedlichen Skelettgehalten und deutlichen Schichtgrenzen. Dagegen überlagert es in den Profilen N1, N2, S1 und S2 Hangschuttdecken und in Profil N4 stark verdichtetes und kalkhaltiges Moränenmaterial. In Profil N1 folgt in 55 cm Tiefe wiederum lößhaltiges Substrat über einer zweiten Hangschuttschicht aus phyllitischem Schiefer, der in 83 cm Tiefe ansteht. Während der Hangschutt der Profile S1, S2 und S3 auch aus diesem Gestein besteht, ist er in den Profilen N2 und N5 aus kalkhaltigen Metasedimentiten zusammengesetzt. In den tiefer liegenden Profilen N5 und S3 bildet Hangschutt die Geländeoberfläche und enthält hier zusätzlich Moränenmaterial. Wie in Profil N4 ist in den Profilen S2 und S3 Moränenmaterial an der Profilbasis vorhanden.

Der Substrataufbau der Bewässerungsterrassen (Profile N6, S4) ist anthropogen bedingt. Das etwas gröbere Auftragssubstrat in Profil S4 gliedert sich aufgrund unterschiedlicher Skelettgehalte in zwei Schichten und liegt über dem anstehenden Moränenmaterial.

Die Skelettanteile der verschiedenen Substrate besitzen eine hohe Variabilität. Die lößhaltigen Sedimente zeichnen sich durch die Bodenarten schluffiger Lehm bis schwach toniger Schluff aus. Der Hangschutt enthält in den tiefer liegenden Profilen N5 und S3 neben den verschiedenen Ausgangsgesteinen zusätzlich Moränenmaterial. Die Feinsubstanz des Hangschuttes aus metamorphen Kalksteinen besteht zum Großteil aus Grobschluff und die des Hangschuttes aus phyllitischen Schiefen setzt sich zu etwa gleichen Anteilen aus Sand und Schluff zusammen.

3. Pedogenetischer Aufbau der Bodenprofile

Nur die Profile N1 und S1 tragen eine 3 bis 4 cm mächtige Humusauflage (feinhumusarmer typischer Moder) und weisen in den A-Horizonten gebleichte Flecken auf. Während das Profil S1 einen 18 cm mächtigen, extrem dunklen Oberboden besitzt, sind die A-Horizonte der Profile N1 bis N4 lediglich 2 bis 3 cm mächtig und wesentlich heller. In den Profilen N5, S2 und S3 liegen sogar nur ca. 0,5 cm dicke, in trockenem Zustand krustenförmige, initiale A-Horizonte vor.

Die hochgelegenen Böden der Toposequenzen (Profile N1 - N4 und S1, S2) haben zwischen 20 und 40 cm mächtige gelbbraune bis dunkelbraune Bw-Horizonte. In den Unterböden der tiefer gelegenen Profile N5 und S3 führte die Verwitterung dagegen nur zu geringen Farb- und Gefügeänderungen des Ausgangsmaterials, so daß sich hier BC-Horizonte entwickelten. Die Untergrenze der Bw- und BC-Horizonte markiert meist einen Schichtwechsel, der nur im Profil S3 etwas tiefer, unterhalb des C-Horizontes, erfolgt. Die darunter anschließenden Schichten enthalten begrabene Bw- (Profile N1 und N3) und verschiedene C-Horizonte, unter denen jeweils ein erneuter Schichtwechsel stattfindet. Neben kalkfreien C-Horizonten (Profile N1, S1 und S2) kommen solche mit geogen wechselnden Kalkgehalten vor (Profile N2 - N5, S2 und S3), in denen teilweise sekundär Kalk angereichert wurde (petrocalcic Horizonte der Profile N4, S2 und S3). Der C-Horizont von Profil N5 wird durch drei oberflächenparallele, grobwurzelreiche Niveaus unterteilt. Die karbonathaltigen Böden der Bewässerungsterrassen (Profile N6 und S4) haben verschieden mächtige Ap-Horizonte, was auf die unterschiedliche Bearbeitungstiefe zurückgeht. Im Profil N6 ist ein 30 cm mächtiger Bw- über dem 2C-Horizont entwickelt, während im Profil S4 die Horizontabfolge A-2C-3C besteht.

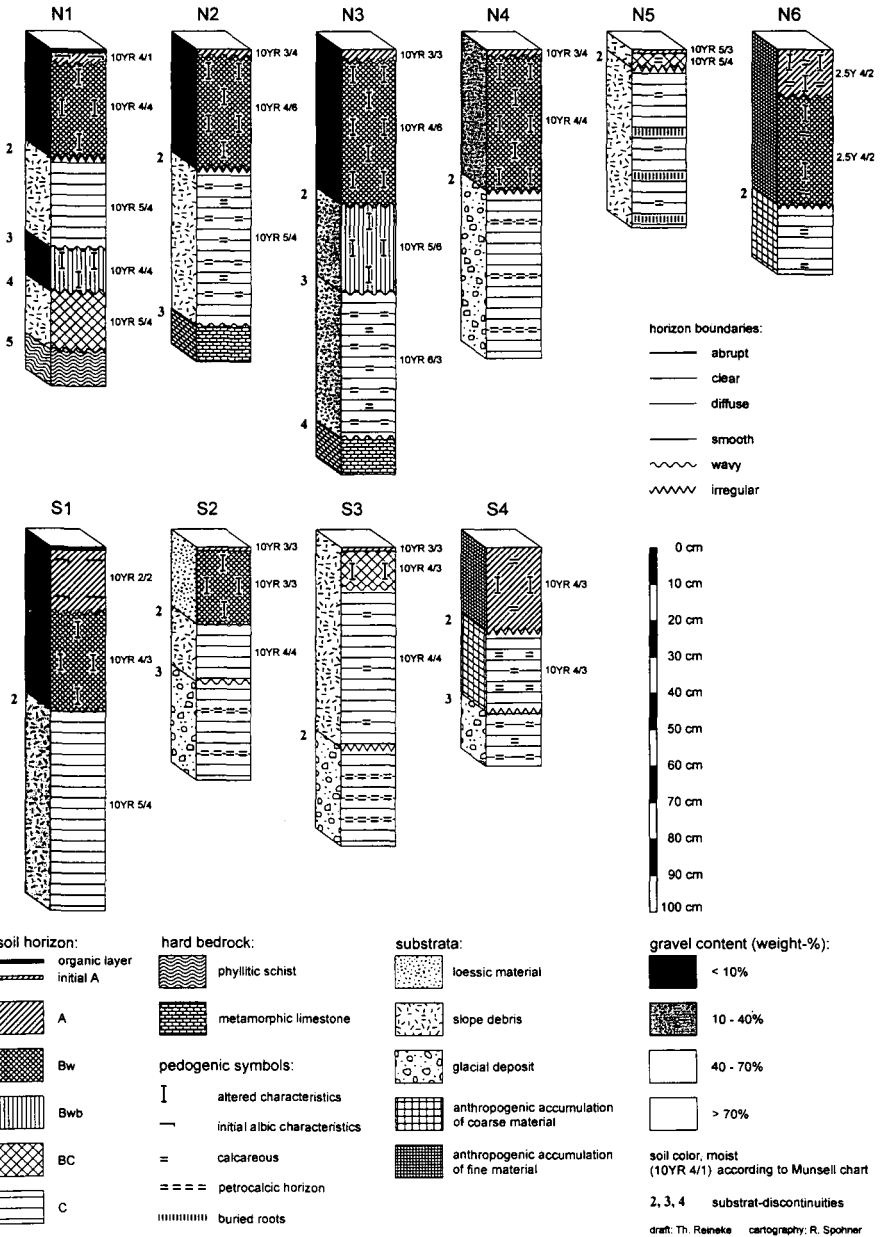


Abb.: Substratschichtung, Skelettgehalt und pedogene Merkmale der Bodenprofile

4. Pedogenetische Differenzierung der Toposequenzen

In beiden Profilen der Mattenstufe zeigt die Bleichung der A-Horizonte Podsolierung an, die aber nur im strahlungsbedingt feuchteren nordexponierten Profil analytisch nachweisbar ist. Die geringere Bodenfeuchte in Südexposition hemmt den Abbau organischer Substanz, so daß sich in Profil S1 ein 18 cm mächtiger Oberboden entwickeln konnte. Beide Profile der Mattenstufe besitzen einen cambic B-Horizont, der auch für die Böden der sich anschließenden Waldstufe charakteristisch ist. Hier ist die Humusaufgabe abgetragen und der Oberboden mehr oder weniger gekappt. Für die Profile N1 bis N3 ergeben sich weite C/N-Verhältnisse bis zu 33, für die restlichen Profile dagegen nur bis zu 15. Im unteren Hangbereich beider Toposequenzen stimmen „petrocalcic“ Horizonte in den Profilen N4, S2 und S3 mit den semiariden Verhältnissen überein. In der *Artemisia*-Zwerggesträuchstufe werden chemische Verwitterung und Bodenentwicklung durch das „xeric soil moisture regime“ und den schwer verwitterbaren Hangschutt gehemmt. Der $(Fe_2-Fe_0)/Fe_1$ -Quotient erreicht in den südexponierten Hangprofilen max. 0,14. In den nordexponierten Profilen belegen Werte zwischen 0,19 und 0,29 eine intensivere chemische Verwitterung. Aufbau und Eigenschaften der Profile der Bewässerungsterrassen werden durch anthropogene Aufschüttung, Bewässerung, Düngung und Bearbeitung bestimmt.

Es herrscht ein enger Zusammenhang zwischen Substratschichtung und pedogenetischer Horizontierung. So kommen die relativ mächtigen A-Horizonte sowie B-Horizonte nur in den lößhaltigen Substraten, BC-Horizonte nur in Hangschutt und „petrocalcic“ Horizonte nur im Moränenmaterial vor. Dagegen findet man Oberböden im Initialstadium in lößhaltigen Sedimenten und in Hangschutt. In lößhaltigen Substraten konnten sich somit relativ mächtige Inceptisols und in Hangschutt lediglich Entisols entwickeln.

Zusammen mit der Verteilung der bodenbildenden Substrate läßt sich hieraus folgende Bodenverteilung ableiten: Während Inceptisols unterschiedlicher Temperatur- und Feuchte-Regime in Nordexposition zwischen 4000 und 2750 mNN und auf der Bewässerungsterrasse vorkommen, sind sie in Südexposition auf den Bereich zwischen 4000 und 3100 mNN beschränkt. Auf dem verbleibenden unteren Hangabschnitt beider Toposequenzen liegen xeric Entisols vor, die in Südexposition bis auf die Bewässerungsterrasse reichen.

5. Danksagung

Die Unternehmungen werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Schwerpunktprogrammes „Kulturraum Karakorum“ gefördert (Geschäftszeichen Wi937/1-8).

6. Literaturverzeichnis

- BAÜMLER, R. & W. ZECH (1994): Soils of the high mountain region of Eastern Nepal: classification, distribution and soil forming processes. - *Catena*, 22: 85-103.
- CRAMER, T.: Klimaökologische Studien im Bagrottal (Nordwest Karakorum, Pakistan). - Diss. Univ. Bonn (in Vorbereitung).
- OWEN, L.A., WHITE, B.J., RENDELL, H. & E. DERBYSHIRE (1992): Loessic silt deposits in the Western Himalayas: Their sedimentology, genesis and age. - *Catena*, 19: 493-509.
- SEARLE, M.P. (1991): Geology and tectonics of the Karakoram mountains. - Chichester, 358 S.
- SCHICKHOFF, U. (1995): Verbreitung, Nutzung und Zerstörung der Höhenwälder im Karakorum und angrenzenden Hochgebirgsräumen Nordpakistans. - *Peterm. Geogr. Mitt.*, 139: 67-85.

Zur Entwicklung der Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1 : 200.000 aus der Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50.000

von

RICHTER,K.; SKOWRONEK,A.; SCHRAPS,W.-G.; PAAS,W.; ROTH,R.

1. Einleitung

Um innerhalb eines angemessenen Zeitraumes eine bundesweit einheitliche und flächendeckende bodenkundliche Informationsgrundlage zu schaffen, ist die Erstellung einer Bodenübersichtskarte im Maßstab 1 : 200 000 (BÜK 200) vorgesehen (Finnern 1993). Sie gibt die Verbreitung der wichtigsten Bodengesellschaften der Bundesrepublik Deutschland wieder. Die Erarbeitung der BÜK 200 erfolgt auf Grundlage der 4. Aufl. der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 4, Arbeitsgruppe Boden 1994) sowie der „Anleitung zur Erarbeitung der Bodenübersichtskarte im Maßstab 1 : 200 000“ (Hartwich et al. 1995). Damit eine einheitliche Ausgrenzung von Bodengesellschaften auf Bodenkarten gewährleistet werden kann, wird mit der KA 4 erstmals ein allgemeingültiges pedoregionales Gliederungssystem vorgestellt. Es beinhaltet insgesamt 7 Aggregierungsstufen, von denen 4 Stufen für die BÜK 200 relevant sind: Die Kartiereinheiten werden auf dem Niveau von Bodenformengesellschaften und/oder Leitbodengesellschaften dargestellt, eine Zusammenfassung der Legendeneinheiten zu Bodengroßlandschaften und Bodenregionen dient als übergeordnetes Gliederungsprinzip der Blattrandlegende.

In Nordrhein-Westfalen wird die BÜK 200 durch Ableitung aus der flächendeckend vorliegenden Bodenkarte im Maßstab 1 : 50 000 (BK 50) erstellt. Anhand eines ausgewählten Blattes der BK 50 (L 5308 Bonn) erfolgte die beispielhafte Ableitung der BÜK 200, wobei die methodische Vorgehensweise und die Anwendbarkeit der bisher formulierten Vorgaben im Hinblick auf die in NRW verfügbare Kartengrundlage im Mittelpunkt standen.

2. Die Entwicklung der BÜK 200

2.1 Generalisierung der Bodengrenzen

Bei einer Ableitung der BÜK 200 auf dem Weg des Maßstabsübertrages ist zwangsläufig eine Generalisierung der auf der BK 50 dargestellten Bodenareale notwendig. Hierdurch wird die Darstellbarkeit der Areale und damit die Lesbarkeit der Karte gewährleistet. Um dem geforderten Übersichtscharakter der BÜK 200 gerecht zu werden, soll die graphische Generalisierung der Grenzlinien der Bodenareale für den Zielmaßstab 1 : 200 000 unter Beachtung einer vorgegebenen Mindestflächengröße erfolgen. Eine Unterschreitung ist nur in Ausnahmefällen vorgesehen und liegt damit im Ermessen des Bearbeiters (Hartwich et al. 1995). Zur Erhaltung des charakteristischen Bodenmusters sind aus diesem Grunde in erster Linie zwei Vorgehensweisen von Bedeutung: Die Einbeziehung kleiner Bodenareale in umgebende oder angrenzende Bodeneinheiten sowie die überzeichnete Darstellung von Arealen zur Hervorhebung charakteristischer Strukturen. Bodenkundlich stark differenzierte

* Institut für Bodenkunde, Universität Bonn, Nußallee 13, 53115 Bonn

** Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, De-Greif-Str. 195, 47803 Krefeld

Gebiete machen aufgrund graphischer Belange schon in diesem Arbeitsschritt die Bildung inhaltlich sehr heterogener Bodenareale notwendig. Alle Generalisierungsverfahren verändern (d.h. verkürzen) Grenzlinien bzw. verfälschen die Flächenverhältnisse des Kartenbildes. Zu starke Generalisierungen schränken die Genauigkeit und damit die Nutzbarkeit der Karte ein, eine häufige Darstellung sehr kleiner Bodenareale vermindert dagegen deren Übersichtlichkeit.

2.2 Aggregation der Bodeneinheiten der BK 50 zu Einheiten der BÜK 200

Da Bodengesellschaften auf der BÜK 200 auf dem Niveau von Bodenformen- bzw. Leitbodengesellschaften zur Darstellung kommen, müssen die auf der BK 50 dargestellten Bodeneinheiten bis auf dieses Niveau zusammengefaßt, d.h. aggregiert werden. Als Grundlage der Aggregation dienen die in der KA 4 aufgeführten Abgrenzungskriterien der jeweiligen Stufe. Durch die inhaltliche Aggregation der Bodeneinheiten kann eine Reduzierung der Zahl der Legendeneinheiten erreicht werden. Diese ist insbesondere im Hinblick auf die relativ große Ausgangszahl an Legendeneinheiten der BK 50 unbedingt notwendig. Die Anzahl der Legendeneinheiten eines Blattes der BÜK 200 soll auf 80 bis 100 begrenzt bleiben (Hartwich et al. 1995). Die starke bodenkundliche Differenzierung des Beispielblattes, das Zusammentreffen mehrerer Bodengroßlandschaften sowie das bereits relativ hohe Aggregierungsniveau der Bodeneinheiten, erlaubten innerhalb dieses begrenzten Gebietes jedoch nur ein geringes Maß an Zusammenfassungen.

2.3 Zuordnung der Bodeneinheiten zu den übergeordneten Kategorien der Rahmenlegende

Den übergeordneten Gliederungsrahmen der Bodeneinheiten innerhalb der Blattrandlegende der BÜK 200 bilden die Aggregierungsstufen der Bodengroßlandschaften und Bodenregionen. Sie werden in der KA 4 anhand einer Rahmenlegende vorgegeben, in der weitgehend alle in Deutschland auftretenden Bodengroßlandschaften enthalten sind. Diesen übergeordneten Kategorien werden die für die BÜK 200 ausgegrenzten Bodeneinheiten zugeordnet. Die Abgrenzung der Bodengroßlandschaften erfolgte nach den durch die KA 4 vorgegebenen Abgrenzungskriterien. Es ergab sich eine gute Ausgrenzbarkeit der Einheiten anhand von geologischen Karten sowie einer Karte der naturräumlichen Gliederung. Die Rahmenlegende stellt sich jedoch insgesamt zu uneinheitlich dar, der Inhalt einzelner Bodengroßlandschaften ist nicht klar genug definiert, der Landschaftsbegriff wird uneinheitlich verwendet.

2.4 Beschreibung der Legendeneinheiten in der Blattrandlegende

Auf die Erarbeitung einer ausführlichen tabellarischen Legendenbeschreibung als Grundlage einer digitalen Datenerfassung wurde verzichtet, da sich die Untersuchung ausschließlich mit dem Vorgang der Ableitung der BÜK 200 beschäftigt.

Die in der BK 50 enthaltenen Informationen bilden die Grundlage für die Beschreibung der Legendeneinheiten in der Blattrandlegende der BÜK 200. Im Mittelpunkt der Beschreibung steht die Bodenform als Verknüpfung der bodensystematischen mit der substratsystematischen Einheit. Zur Kennzeichnung der inhaltlichen Heterogenität wird dabei die Vergesellschaftung der dominierenden Bodenformen der Bodeneinheiten angegeben. Die Charakterisierung der räumlichen Heterogenität erfolgt anhand der Flächenanteile der beteiligten Bodenformen. Zur Reduzierung ihres Umfanges wurden nur Bodenformen mit einem Flächenanteil von > 10 % in die Legendenbeschreibung aufgenommen. Dem verbal beschreibenden Legendentext wurden zudem Zeilen in Kurzzeichenschreibweise nachgestellt. (Legendenbeispiele: siehe Abb.)

Neben der für den Maßstab 1 : 200 000 grundsätzlich notwendigen inhaltlichen Generalisierung der Ausgangsdaten mußte zudem eine Umsetzung in die Nomenklatur der KA 4 erfolgen. Unterschiedliche Klassifizierungen erforderten oft eine Deutung und Gewichtung der Ausgangsdaten. Die mittelmaßstäbige Kartengrundlage ließ häufig keine genaue Quantifizierung, sondern nur eine Abschätzung der tatsächlichen inhaltlichen Ausstattung der Bodeneinheiten zu. Bestimmte Generalisierungen der BK 50 konnten somit nicht mehr aufgeschlüsselt werden und mußten als unteilbare Einheiten in die Legendenbeschreibung der BÜK 200 übernommen werden. Die Angabe der Tiefenstufen des Substratwechsels hatte aufgrund relativ weitgefaßter Mächtigkeitsspannen auf der BK 50 häufige Wiederholungen im Legendentext der BÜK 200 zur Folge.

3. Die BÜK 200

Die Abbildung (s.u.) zeigt das Ergebnis der beispielhaften Ableitung des Blattes L 5308 Bonn. Die auf der Karte dargestellten Bodeneinheiten wurden entsprechend ihrer bodensystematischen Stellung und bodengroßlandschaftlichen Zugehörigkeit von 1 bis 47 numeriert. Zwei beispielhafte Legendeneinheiten sollen das Prinzip der Beschreibung in der Blattrandlegende verdeutlichen.

4. Ausblick

Die in NRW flächendeckend vorliegende BK 50 stellt einen Vorteil gegenüber den teilweise unzureichenden Datengrundlagen anderer Bundesländern dar und ermöglicht somit eine relativ unkomplizierte Ableitung der BÜK 200. Durch den teilweise bereits recht hohen Aggregierungsgrad, lassen sich die Ausgangsdaten der BK 50 jedoch oftmals nicht reibungslos in die Legendenbeschreibung der BÜK 200 überführen. Zudem sind die für die Aggregation der Bodeneinheiten grundlegenden Abgrenzungskriterien der verschiedenen Aggregierungsstufen innerhalb des pedoregionalen Gliederungssystems der KA 4 zu wenig ausführlich dargestellt und abgegrenzt. Vorgaben der Anleitung beschränken sich auf den äußeren Rahmen der Erstellung der Karte, die genaue inhaltliche Vorgehensweise bei der Aggregation wird nicht präzisiert. Für eine Ableitung aus größermaßstäbigen Karten ist dies jedoch wesentlich, da der andernfalls verbleibende große Ermessensspielraum einer einheitlichen Erstellung entgegen steht. Im Hinblick auf den Generalisierungsgrad der BÜK 200 sollte ein Mittelweg gewählt werden, da sonst ihre Anwendbarkeit und damit ihr Nutzen in Frage gestellt sind.

Literatur:

Arbeitsgruppe Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). 4. Aufl., Hannover, 392 S.

Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000. - Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld. Blatt L 5308 Bonn (1983), Bearb. Schneider, F.K.

Finnern, H. (1993): Die Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1 : 200 000 (BÜK 200). - Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 72: 889-892.

Hartwich, R., Krug, D. & Eckelmann, W. (1995): Anleitung zur Erarbeitung der Bodenübersichtskarte im Maßstab 1 : 200 000 (BÜK 200). - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe - Außenstelle Berlin, 17 S., Anlagen (unveröffentlicht).

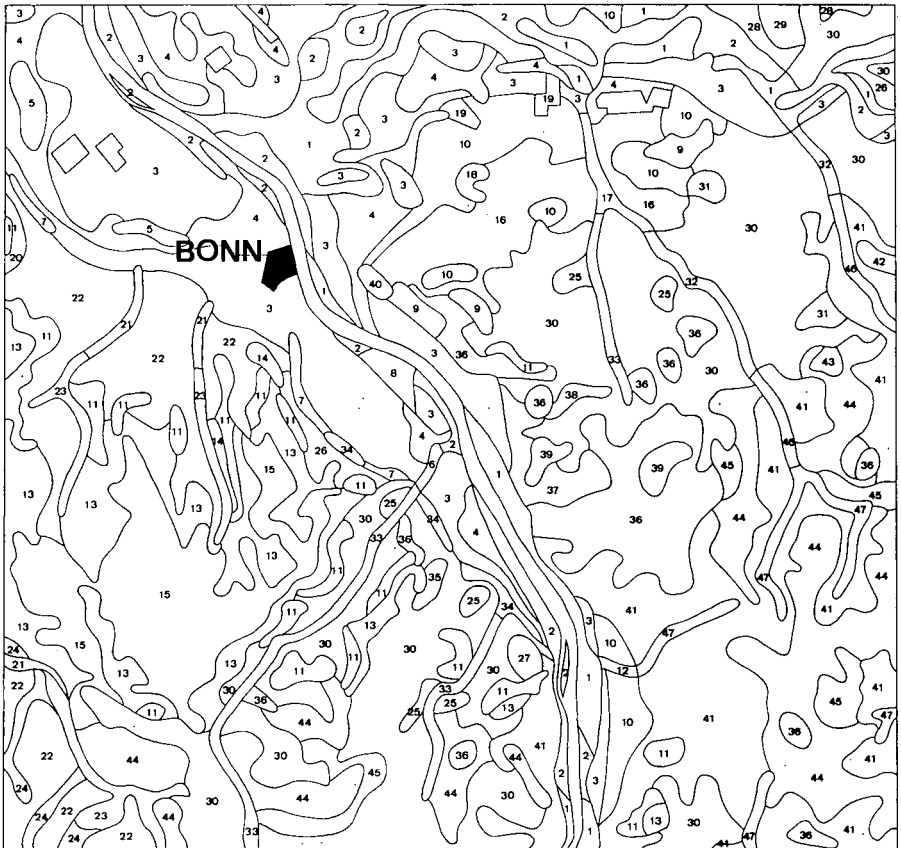


Abb.: Ausschnitt der BÜK 200 der BRD Blatt CC 5502 Köln, abgeleitet aus dem BK 50 von NRW Blatt L 5308 Bonn

Legendenbeispiele:

2 Bodenregion der überregionalen Flußlandschaften

2.2 Bodengroßlandschaft der Niederterrassen

Nr. 3: Überwiegend **Parabraunerde** und verbreitet **Braunerde** aus tonig-schluffigen Hochflutablagerungen oder aus tonig-schluffigen Hochflutablagerungen über tiefen lehmig-sandigen Niederterrassenschüttungen.

LLn + BBn: f - tu

LLn + BBn: f - tu // f - ls

10 Bodenregion der Berg- und Hügelländer mit hohem Anteil an Magmatiten und Metamorphiten

10.1 Bodengroßlandschaft der basischen bis intermediären Vulkanite, z.T. wechselnd mit Lößlehm

Nr. 36: Vorherrschend **Braunerde** und gering verbreitet **Ranker** aus schuttführender tonig-schluffiger Fließerde über Vulkaniten.

BBn + RNn: pfl - (n)tu / n - +V

Application of geostatistical method for analysis of results and designing of field surveys across different landscapes

von

ROMANENKOV, V.

Introduction

In order to design field experiments on sloping lands, to elaborate recommendations for sustainable land use and to prevent inefficient high fertilization, identification of spatial variability of soil fertility is necessary. The aim of that study is to characterize the spatial variability of soil parameters of the cultivated field as affected by natural and antropogenic processes in relation to landscape position

The objectives were:

1. Separation of soil evolution indicators at the agroecosystem under study
2. Investigation of surface short-range lateral flow transport influence on reproducing soil variability over time
3. Quantitative classification of soil fertility status of the field

Statistical approach

The value of variable is a realization of spatial random function (RF) with a certain probability distribution. This RF results from interaction of one or more factors compose the observed variation of soil property. In geostatistical method spatial variance is modeled rather than the value of property and that makes possible to compare land plots with different level of fertility or nutrient content. One of the main functions used for calculations is variogram - a plot of the variance of paired sample measurements as a function of the distance.

Site description

The study was conducted at a 22 ha field plot site, Moscow Region and includes 4 small natural catchments. The field is gently sloping (1-2%) and can be divided on plateau area, middleslope and footslope area according position on the landscape. The soils are classified as heavy loam podzoluvisols on periglacial loess like mantle loams with different manifestation of gleyic and eluvial soil forming processes. At present the field used for comparing of different farming systems, each system coincides with catchment territory.

Sampling and Analysis

An 0 x 20 m grid was established over the field giving 563 sampling locations. At each location samples were taken at depth 0-20 cm (plow layer) in spring of 1991 with recording of sampling site elevation. In soil samples pH (1N KCl 1:2,5 soil:soluton), hydrolytic acidity, exchangeable Ca and

Mg (extracted with 1N $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, total N, available P and K (0,2 N HCl method) extractable Al (extracted with 1N KCl), nitrate and ammonium nitrogen were determined. Additionally plowing layer thickness was recorded at 100 locations.

Stages of experiment

I. Separation of soil evolution indicators at the agroecosystem under study

Selection of soil parameters which are the most sensible ones for characterization of specific soil formation processes was based on existence of spatial dependence at the scale of observation chosen. The variance between points was not spatially correlated for hydrolytic acidity, exchangeable Ca and Mg, hence distribution of these parameters is not related to slope position.

Temporal lateral flows resulted in the spatially correlated variation of total N, available P and K, pH. Lateral transport acts as a redistribution factor of added nutrients and organic matter.

Separate analysis for each catchment clarified influence of short-range and long-range processes as sources of soil variation.

Spherical form of variogram for P indicated short-distance runoff transport operating over distances 50-60m that is several times shorter than the slope length, linear variograms for K suggest domination of a single long-range process, mainly along the direction of the field slope (Fig. 1).

The block kriged maps of available K and P display high heterogeneity of spatial structure.

Influence of microrelief on P and K transport was estimated based on 2D maps of available K and P. It was revealed for available K that temporal surface flow directions coincide well with maximum K gradients. Translocation of K with lateral flow is a main long-range process resulted in reducing K content in the midslope part of the field. This map gives an impression of the intensity of K lateral transport with surface flow with resulting loss from the study field. In contrast, on the available P map there are a lot of patches stretched along the main slope where lateral transport is most intensive. This reflects transportation of comparatively less mobile P mainly down the short microslopes. Presumably, erosion processes are less important mechanisms of translocation comparing with solution movement, as proved by direct measurements of solid flow during snowmelting.

For midslope influence of microrelief will be probably less important comparatively with upper plateau part of the site that was revealed when overlaying local lateral flow directions on map of available K. Near-circular contours with increase of K content (about 30-40%) correspond to changes of slope gradient or flow direction. K content decreased with increas-

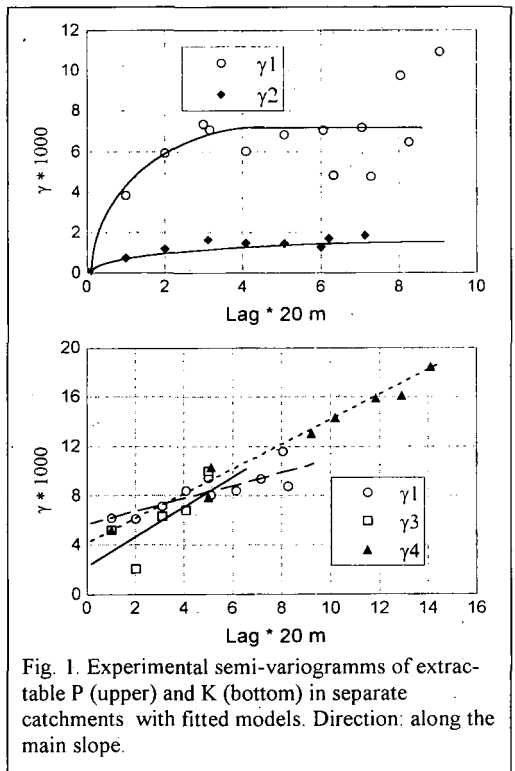


Fig. 1. Experimental semi-variograms of extractable P (upper) and K (bottom) in separate catchments with fitted models. Direction: along the main slope.

For midslope influence of microrelief will be probably less important comparatively with upper plateau part of the site that was revealed when overlaying local lateral flow directions on map of available K. Near-circular contours with increase of K content (about 30-40%) correspond to changes of slope gradient or flow direction. K content decreased with increas-

ing slope length and on slopes which collects water flow.

Research of clay mineralogy and potassium status of the soils (Romanenkov, Nikitina 1993) has indicated that K in plow layer tends not fixed as non-exchangeable as a result of intensive pedogenic recycling processes and degradational transformation of illite clay component. Thus, in order to prevent depletion of soil potassium reserves and providing sustainability of agriculture increased K inputs are necessary for midslope positions of the study site.

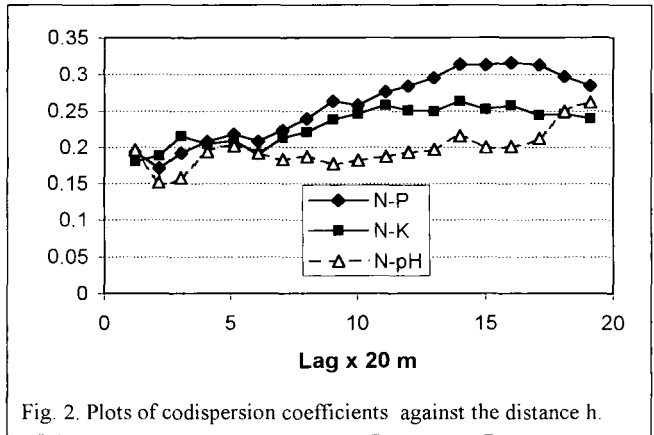


Fig. 2. Plots of codispersion coefficients against the distance h.

II. Investigation of surface short-range lateral flow transport influence on reproducing soil variability over time

Variograms of available P and K, pH and total N for the the whole field territory have more or less pronounced periodical fluctuations with a period about 60-80 m. The existence of this feature can be attributed to an influence on reproduction of soil forming processes over time of polygonal mesorelief and microrelief shallow depressions and hillocks with a diameter agrees closely with that found using variograms.

Such type of relief have a paleocryogenic genesis and despite surface smoothing and agrogenic transformation acts a source of soil variation at a short-range scale resulted in fluctuations of antropogenic (fertilizing, liming) influence.

A codispersion coefficient was calculated between each pair of variables which have spatial dependence. Goovaerts (1992) described theory and application of this approach. A codispersion coefficient indicates change relationships between each pair of variables with spatial scale. In the limit it equals the ordinary correlation coefficient. The codispersion coefficient generally increased with h and reached a sill after each 80-100m (Fig. 2). We can conclude that soil fertility characteristics are the result of superimposed translocation in microrelief on lateral water flow transport which determine existence generally interrelated soil areas with different level of manifestation gleyic, podzolization and organic accumulation processes. Within that areas correlations do not change with h (intrinsic correlation) because of comparatively uniform soil conditions. Somewhat decrease of N-pH and N-K codispersion coefficients at distance 40-50 m can be explained by existence different sources of soil variation outside separate hillock or depression.

III. Quantitative classification of soil fertility status of the field

For qualitative classification of soil variation sources at the study site several integral maps were produced using factor analysis. 10 variables were used as inputs for the original 100 data points (Table 1).

First factor can indicate acid-base soil status based on existing loadings. The factor scores were

classified using the quartiles of factor 1. Positive score was given to plots with higher pH and base saturation, negative score characterize plots with increased acidity.

A second factor reflects the influence of nutrients and organic matter translocation with surface flow. The contribution of the second factor which explained 21% of the total variance of the data is only slightly less than that of factor 1 (31% of the total variance). Combination of the factor 1 and 2 into one factor gives the general soil fertility status.

Quantitative assessment indicated that acidity status (comparatively more conservative factor) as well as transport and redistribution of nutrients in existing micro- and mesorelief are the main processes causing spatial soil variation at the scale of observation chosen.

Table 1: Factor analysis results after varimax rotation

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Proportion,%	30,8	20,8	14,8	10,1
Cumulative proportion,%	30,8	51,6	66,4	76,5
Factor loadings				
Ca exchangeable	0.94	-0.01	0.13	-0.03
Hydrolitic acidity	-0.57	-0.43	0.54	0.08
Log K extractable	-0.28	0.72	0.36	-0.14
Mg exchangeable	0.95	-0.03	0.07	-0.02
Log NO ₃ ⁻	0.05	0.40	0.69	-0.05
Log NH ₄ ⁺	0.07	-0.03	0.67	0.04
N total	0.05	0.68	0.02	0.22
Log P extractable	0.19	0.80	-0.11	-0.12
pH	0.62	0.40	-0.49	-0.14
Plow depth	-0.08	0.01	0.03	0.96

Conclusions:

- Spatial distribution of available P and K, N total and pH controlled by temporal lateral soil water flow down the main slope and transport short-range processes within existing microrelief
- Different level of nutrient removal and manifestation of translocation processes are the result of element's mobility and slope parameters (type, gradient etc.) revealing reproduction of soil variability over time
- These factors causing spatial variability of soil fertility of arable podzoluvisols on sloping lands, it seems that contribution of transport processes in whole structure of variability have the same importance as soil acidity status for which there is a lack of spatial dependence at the scale of investigation
- For designing plot and field experiments on sloping lands geostatistical approach is a suitable method providing selection territory for detailed monitoring of soil regimes, nutrient status control as a function of topographic landscape position, revealing plots with medium soil fertility level.

Boden-Dauerbeobachtungsflächen des Bayerischen Geologischen Landesamtes - Erste Wiederholungsuntersuchungen -

von

SCHILLING, B.

1. Einleitung

Das Bayerische Geologische Landesamt (BayGLA) hat ab 1986 Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) eingerichtet. Sie sollen dazu dienen, Langzeitveränderungen im Boden erkennen zu können. Hochrechnungen mit Hilfe der Ergebnisse aus den Erstuntersuchungen der Flächen (SCHILLING 1994) deuten daraufhin, daß nach einem Zeitraum von 5-10 Jahren Stoffgehaltsveränderungen erkennbar sind. Das BayGLA wählte 1994 die vier Flächen für eine Wiederbeprobung aus, auf denen nach den Erkenntnissen der Hochrechnungen am ehesten Veränderungen feststellbar sein müßten (s. Abb.1). 1996 wurden 5 weitere Flächen wiederbebepröbt. Außerdem erfolgte die Einrichtung von 2 neuen BDF als Ersatzflächen für durch Windwurf stark geschädigte Flächen. Die Untersuchungen zielten vorerst auf anorganische Stoffgehaltsunterschiede. Für organische Schadstoffgehalte läuft seit 1994 die Basisuntersuchung.

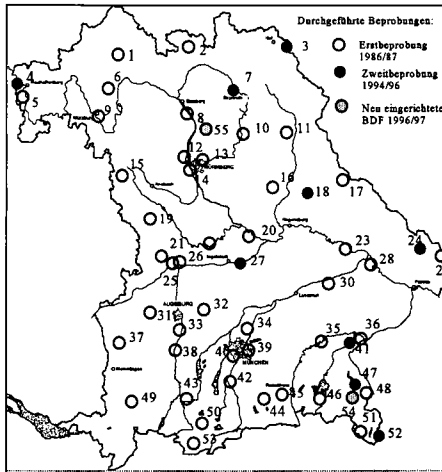


Abb.1: Boden-Dauerbeobachtungsflächen des BayGLA

2. Probenahme

Die Probenahme bei der Boden-Dauerbeobachtung benötigt ein von der üblichen Punktprobenahme abweichendes System. Für vergleichende Untersuchungen, wie sie bei der Boden-Dauerbeobachtung nötig sind, müßte nämlich im Prinzip immer an der gleichen Stelle beprobt werden. Dies ist jedoch nicht möglich, da durch die Erstprobenahme die Stelle gestört ist. Folglich muß die Vergleichsprobe versetzt von der ersten Probenahmestelle entnommen werden. Der Boden weist aber in der Regel eine hohe, laterale Stoffvariabilität auf. Um Vergleichsuntersuchungen durchführen zu können, muß daher geprüft werden, ob Meßunterschiede auf die laterale Stoffvariabilität oder auf tatsächliche Veränderungen zurückzuführen sind. Am BayGLA wird deshalb eine flächenhafte anstatt der sonst üblichen punktuellen Probenahme angewandt (s. Abb. 2). Hierzu wurde 1986 auf einer 50 x 50 m großen, quadratischen Gesamtfläche eine 30 x 30 m große Kernfläche angelegt, die entlang der Diagonalen horizontbezogen an 18 Stellen beprobt wurde. Die Proben wurden entsprechend der in Abb. 2 aufgezeichneten Symbole zu je 3 Mischproben pro Horizont vereint. Bei der Wiederholungsbeprobung wurde aus probenahmetechnischen Gründen von der Quadratbeprobung abgegangen (SCHILLING 1997). Die Diagonalen wurden hierfür zu Kreisachsen eines Kreises mit 20 m Radius umfunktioniert. Der Mittelpunkt des Kreises entspricht dem Mittelpunkt des Quadrats. Gegenüber der vorher durchgeführten Beprobung werden die Kreisachsen bei der nächsten Beprobung jeweils um 22,5° gegen den Uhrzeigersinn gedreht (s. Abb. 2). Die Probenahmestellen befinden sich an den Schnittpunkten der Kreise mit 4, 8, 12, 16 und 20 m Radius und den Kreisachsen.

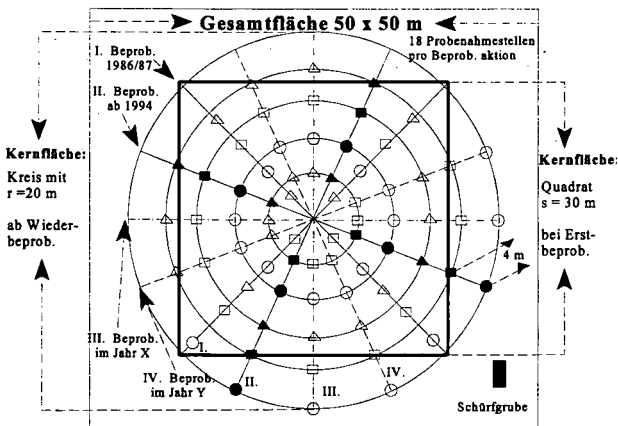


Abb. 2: Schema der Probenahme bei BDF

3. Ergebnisse

3.1 Messungen unter verschiedenen Voraussetzungen

Das Projekt Bodendauerbeobachtungsflächen bedarf einer besonders gewissenhaften Vorgehensweise sowohl bei der Probenahme (s. Kap. 2) als auch bei der Analytik. So stellt sich die Frage, ob bei einer Wiederholungsuntersuchung von BDF die Proben von vorhergehenden Untersuchungen wieder neu mitaufgeschlossen werden müssen, damit die Vergleichbarkeit der Daten gewährleistet ist (Idealfall). Um Hinweise hierzu zu bekommen, hat das BayGLA daher verschiedene Konstellationen, die bei Wiederholungsuntersuchungen auftreten können, miteinander verglichen. Dazu wurden 7 verschiedene Messreihen an NH_4Cl -Austauschlösungen durchgeführt bei folgenden analytischen Gegebenheiten:

1. **Idealfall** Gleichbehandlung der Proben aus verschiedenen Beprobungsaktionen (hier 1986 u. 1994)
(gleiche Extraktion, gleiches Meßgerät, gleicher Extraktions- u. Meßzeitpunkt)
2. **Regelfall** Abweichung von der Gleichbehandlung beim Extraktions- u. Meßzeitpunkt (hier ca. 4 Wochen Zeitdifferenz zwischen den Extraktionen)
3. **BayGLA-Fall** Abweichung von der Gleichbehandlung beim Meßgerät u. beim Extraktions- u. Meßzeitpunkt (hier Meßgeräte AAS u. ICP u. ca. 10 Jahre Zeitdifferenz zwischen den Extraktionen)

Zusätzlich wurden noch 4 weitere Untersuchungen unter verschiedenen Gegebenheiten durchgeführt.

1. **Sonderfall:** Proben aus gleicher Beprobungsaktion (1986)
- unterschiedlicher Extraktionszeitpunkt, unterschiedliche Meßgeräte
2. **Sonderfall:** Proben aus gleicher Beprobungsaktion (1986)
- gleicher Extraktionszeitpunkt, unterschiedliche Meßgeräte
3. **Sonderfall:** Proben aus gleicher Beprobungsaktion (1994)
- unterschiedlicher Extraktionszeitpunkt, gleiche Meßgeräte
4. **Sonderfall:** Proben aus gleicher Beprobungsaktion (1994)
- gleicher Extraktionszeitpunkt, unterschiedliche Meßgeräte

Tab.1: Fallbeispiele - signifikant nachweisbare Differenzen gemessen unter verschiedenen Voraussetzungen

(Jahreszahl bezieht sich auf die in dem Jahr genommenen Proben; Angaben in mg/kg)

BDF	Stoff	Idealfall	Regelfall	BayGLA	Sonderfälle			
					Ergeb.dat.: 1994-1986			
					1.(1986)	2.(1986)	3.(1994)	4.(1994)
4	Pb	-6	-10	-14	k.U.	4	3	2
	Fe	-46	-57	k.U.	48	k.U.	10	k.U.
7	Pb	k.U.	k.U.	-10	6	4	1	4
	Fe	k.U.	-23	k.U.	12	k.U.	13	k.U.
18	Pb	-4	-4	-9	5	2	1	4
	Fe	+31	k.U.	k.U.	60	k.U.	27	k.U.

k.U. bedeutet "kein signifikanter Unterschied"

Die Ergebnisse aus den verschiedenen Falluntersuchungen sind in Tab. 1 aufgeführt. Dabei zeigen sich überwiegend nur geringe Unterschiede zwischen den Fallbeispielen. Lediglich die Ergebnisse für Blei weisen im Fall 3 (Voraussetzungen wie sie z.Zt. am BayGLA gegeben sind) gegenüber dem Idealfall klare Unterschiede auf (-6 mg/kg gegenüber -14 mg/kg). Insgesamt deuten die Ergebnisse jedoch daraufhin, daß die Qualität der Analytik unter den im BayGLA gegebenen Voraussetzungen ausreichend für die erfolgreiche Durchführung des BDF-Projektes ist.

3.2 Stoffgehaltsunterschiede

Das BayGLA hat bei der ersten Wiederholungsuntersuchung eine Vielzahl an anorganischen Stoffen untersucht. Dabei zeigen sich in Abhängigkeit von der Lokalität und des untersuchten Stoffes sehr unterschiedliche Ergebnisse (SCHILLING 1997). Bezüglich der Schwermetalle treten bei ca. 50% der Elemente keine Stoffgehaltsveränderungen auf. Bei einigen Elementen besteht eine Tendenz zur Abnahme bei anderen eher zur Zunahme. Beispiele hierfür sind Blei und Cadmium. Blei tendiert zur Abnahme. Cadmium zeichnet sich vor allem durch Zunahmen im Unterboden aus (s. Abb. 3). Diese sind überwiegend auf die starke Acidität und die hohe Mobilität von Cadmium in sauren Böden zurückzuführen. Die Stoffgehaltsveränderungen bei den Schwermetallen sind generell gering, jedoch signifikant nachweisbar.

Anhand der ersten Ergebnisse kann jedoch noch nicht geklärt werden inwiefern ein linearer Zusammenhang zwischen Stoffgehaltsveränderung und der Variablen "Zeit" besteht. Dazu müssen noch weitere Wiederholungsuntersuchungen durchgeführt werden.

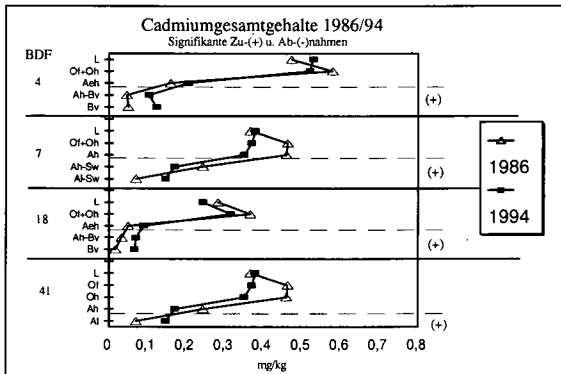


Abb. 3: Cadmiumgesamtgehalte 1986 und 1994 im Vergleich

4. Literatur

SCHILLING, B. (1994): Boden-Dauerbeobachtungsflächen des Bayerischen Geologischen Landesamtes - Zielsetzung, Stand der Arbeiten und Ergebnisse aus den Erstuntersuchungen. - GLA-Fachberichte 11: 1-60; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).

SCHILLING, B. (1997): Wiederholungsuntersuchungen an Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern. - GLA-Fachberichte 14 (Boden-Monitoring): 48-91; München (Bayerisches Geologisches Landesamt)

Zur Zonalität der Bodenbildung in Nord-Ost-Sibirien am Beispiel von Jakutien

von

SCHINDLER, D.

Jakutien befindet sich in Nordost-Sibirien in der Zone des kontinuierlichen Permafrostes, nur im Süden Jakutiens im Aldanhochgebirge ist der Permafrost nicht allgemein verbreitet. 40% des Territoriums von Jakutien befindet sich hinter dem Nordpolarkreis. Das Klima Jakutiens ist extrakontinental, die Durchschnittstemperatur des Jahres liegt im negativen Bereich (Tab.1) und unterstützt den im Pleistozän entstandenen Permafrost. Die negative Durchschnittstemperatur des Jahres gibt nicht den Kontrast des Klimas wieder: Im Sommer steigen die Temperaturen bis 35-38°C, im Winter sinken sie bis -60°C (in Oymjakon, dem Kältepol der bewohnten Erde sind Temperaturen bis -86°C registriert worden).

Tabelle 1.

Temperatur und Niederschlag in verschiedenen Vegetationszonen Jakutiens

Vegetationszone	Mittlere Lufttemperatur(°C)			Niederschlagsmenge (mm)		
	Jahr	Monate		Jahr	Monate	
		I	VII		X-V	VI-IX
Arktische Tundra	-14.1	-31	2.8	175	82	90
Tundra der Subarktis	-15.2	-35.9	8.7	145	60	85
Taiga Zentral-Jakutien	-9.4	-33.2	17.5	245	48	198

Das Relief des Landes ist stark gegliedert. Auf dem Territorium von Jakutien befinden sich die hohen Gebirgsmassive: Von Norden nach Süden dehnen sich die Werchojanskij und Tscherskij Hochgebirgsketten aus. Im Süden liegt das Aldanhochbergland, im Westen erstreckt sich das Wilitj-Flachbergland. Zwischen hohen Bergen befinden sich große Talebenen, wie z.B. die Zentral-Jakutische Ebene.

Durch Zusammenspiel des extrakontinentalen Klimas und des stark gegliederten Reliefs hat sich in Jakutien eine besondere Art der Bodenzonalität ausgebildet, die insbesondere durch das klimatische Regime der warmen Jahreszeiten (auch wenn diese Jahreszeit noch so kurz ist) bestimmt wird.

Das klimatische Regime der kalten Periode, das die meiste Zeit des Jahres umfasst, ist dagegen für die Zonalität der Bodenbildung nicht entscheidend. Die Bodenentwicklung in Zentral-Jakutien ist durch einen besonderen Typ der Bodenzonalität gekennzeichnet: die Tal-Cryoariditätszonalität (1). Die Tal-Cryoariditätszonalität beruht darauf, daß in Jakutien mit abnehmender Höhenlage im Relief die Durchschnittstemperatur der warmen Periode um 0,37°C pro 100 Meter Höhe steigt und der Niederschlag um 22 bis 26 mm pro 100 Meter Höhe abnimmt. Auf der Basis des niedrigen Wasserspeichervermögens und der Flachgründigkeit der Permafrostböden führt dieses zu erheblichen Veränderungen von allen Elementen der Landschaft. Als Folge des Tal-Cryoariditätseffektes werden in Jakutien innerhalb der Ostsibirischen Permafrost-Taiga Subzone folgende Bodenzonen unterschieden (Abb. 1) (bei der Bezeichnung der Böden wird die russische Klassifikation verwendet und in Klammern die FAO, was allerdings nicht problemlos ist):

- die Zone der Podsole und Podbure (Podzols und Dystric Cambisols),
- die Zone der Permafrost-Taiga-Böden (Hystic Cryosols),
- die Zone der Permafrost Taiga-Pale Böden (Gelic Cambisols),
- die Zone der Permafrost Tschernozeme (Gelic Chernozems).

Die Tal-Cryoariditätszonalität ist am deutlichsten an der Bodenbildung in Zentral-Jakutien zu beobachten. Sie ist aber für das ganze Nordost-Sibiriens repräsentativ. So wurden z.B. an der Abyi-Niederung, die von Moma-, Polous- und Ulachan-Sis-Gebirgskette mit Höhen von 700 bis 900 m umrahmt ist, in der Tundra-Zone von Elovskaja et.al. (2) Böden mit Ca-Karbonatakkumulationshorizonten beschrieben. Eine Besonderheit bilden auch die Steppenlandschaften und entsprechende tschernosemartige Böden, die an der Burulach-Adytscha-Talebene beschrieben worden sind. Die Burulach-Adytscha-Talebene liegt in der Mitte der Hochgebirgskette mit Höhen von 1500-2000 m hinter dem Nordpolarkreis.

Die Zone der Podsole und Podbure (Podzols und Dystric Cambisols) ist auf Reliefpositionen von 600 bis 900 m bei starkem Einfluß von Erosionsprozessen, mit Abwesenheit von Permafrost im Untergrund auf saueren Ausgangsgesteinen zu finden. Die Klimaverhältnisse sind boreal (500 bis 600 mm Niederschlag, bei einer Evapotranspiration von 300 mm). Die Vegetation ist mit lichten Kiefer-Lärchen-Wäldern oder Lärchen-Krüppelhölzern mit Zwergsträuchern im Unterholz vertreten. Das Profil eines Podzols hat folgende Horizontkombination: Ofh/Ah/Ae/Bh/C. Die Podbure unterscheiden sich von den Podsolen dadurch, daß sie keine Ae-Horizonte aufweisen. Die Horizontabfolge eines Podbures sieht daher folgendermaßen aus: Ofh/Ah/Bhs/C. Podsole sind meist auf flachabfallenden, die Podbure dagegen auf steilen Hängen ausgeprägt. Die Podbure sind stark erosionsgefährdet. Beide Bodentypen sind durch eine Flachgründigkeit gekennzeichnet.

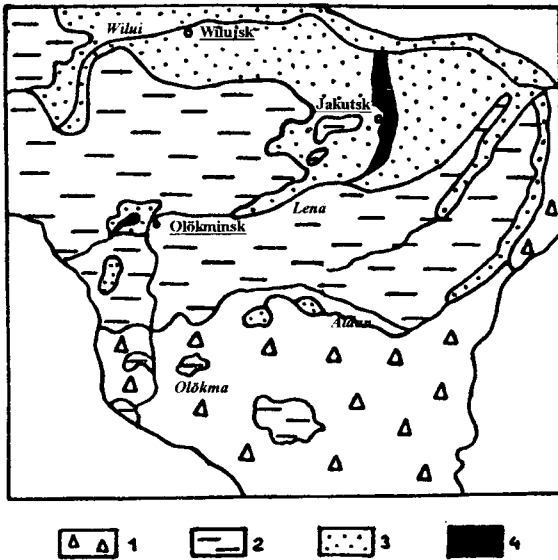


Abb. 1: Bodenzonen der Zentral- und Süd-Jakutien

- | | |
|--|--|
| 1. Zone der Podsole und Podbure
(Podzols und Dystric Cambisols) | 3. Zone der Permafrost-Taiga-Pale-Böden
(Gelic Cambisols) |
| 2. Zone der Permafrost-Taiga Böden
(Histic Cryosols) | 4. Zone der Permafrost Tschernoseme
(Gelic Chernozems) |

Die Zone der Permafrost-Taiga-Böden (Hystic Cryosols) wird auch unter borealen klimatischen Verhältnissen geprägt (400 mm Niederschlag, bei einer Evapotranspiration von 350 mm). Die Permafrost-Taiga-Böden bilden sich jedoch auf schlecht dränierten Reliefpositionen von 300 bis 550 m Höhe auf eluvial-deluvial-lehmigen Ausgangsgesteinen unter Kiefern-Lärchen-Wäldern mit Moosen und Zwergsträuchern im Unterholz. Die Böden werden unter starkem Einfluß des Permafrostes im Untergrund geprägt, der als Kälte- und Stauwasserhorizont auftritt. Das Profil eines Permafrost-Taiga-Bodens hat folgende Horizontreihenfolge *L/Of/Oh/Ah/Sw/Ci*, wobei die Humusaufgabe plus Ah-Horizont bis 30 cm mächtig sein kann. Der Gehalt an organischer Substanz in Ah beträgt bis 30%. Der Sw-Horizont ist stark cryoturbiert. Die Bodenoberfläche ist durch starke polygonale Mikrorelief gekennzeichnet. Die Böden werden in Reliefdepressionen mit Moorböden vergesellschaftet - auf etwas besser dränierten Lagen sind sie von podsolierten Bodeneinheiten

durchsetzt. Die Zone der Permafrost-Taiga-Böden erstreckt sich von Süden nach Norden fast über 500 km.

Die Zone der Permafrost-Taiga-Pale-Böden (Gelic Cambisols) bildet sich in den Talgebieten der großen Flüsse (Lena, Wiluj, Aldan, Chara, Olökma und Tokko) auf den lößartigen alluvialen Ausgangsgesteinen unter semiariden klimatischen Bedingungen (250 mm Niederschlag bei 350 mm Evapotranspiration) auf Reliefpositionen von 140 bis 300 m Höhe aus. Die Böden werden im Untergrund vom Permafrost begleitet. Als Vegetation kommen trockene Wälder aus Lärchen und Birke mit Zwergsträuchern und Gras im Unterholz vor. Die Böden haben folgende Horizontkombination: Ofh(Oh)/Ah/Bv/Bc/Ci. Das Bodenprofil zeigt keine Humus-, Ton- und Sesquioxidenverlagerung; nur im Bc-Horizont hat eine Migration und Akkumulation von Ca-Karbonat stattgefunden. Charakteristisch für diese Böden ist, daß sie 3 bis 6% Na im Kationenaustauscher haben. Diese Tatsache, so wie auch die Vergesellschaftung mit salzartigen Böden hat zur Hypothese geführt, daß die „Pale“ Böden im Laufe der Entsalzung sich aus Solonezböden gebildet haben. Die Begleitböden werden in verhältnismässig großen lokalen Reliefdepressionen unter Wiesen, Wiesen-Steppen (Alasy) und Gras-Birken Vegetation gebildet und tragen alle Merkmale der Versalzung. Die Ausdehnung der Zone der Permafrost-Taiga-Pale-Böden von Westen nach Osten beträgt 1000 km und von Süden nach Norden 300 km.

Die Zone der Permafrost-Tschernoseme (Gelic Chernozems) beschränkt sich auf die erste und die zweite Terrasse der Lena und der anderen Jakutischen Ströme und ihren Auen bei Reliefpositionen von 90 bis 130 m Höhe. Die klimatischen Verhältnisse sind hier arid (cryoalid, 200 mm Niederschlag bei 400 mm Evapotranspiration). Die Böden werden unter typischer Steppenvegetation gebildet und tragen alle Merkmale der typischen Tschernoseme. Die Horizontreihenfolge eines Permafrost-Tschernosems ist: Ah/Bv/Bc/Ci. Die Mächtigkeit des Humusakkumulationshorizontes beträgt etwa 1 Meter, der Humusgehalt etwa 10%. Ein Permafrost-Tschernosem zeigt den typischen Bc-Horizont der Ca-Karbonat-Akkumulation auf. Die Zone der Permafrost-Tschernoseme ist auf einer Fläche von ca 0,3 Millionen ha zu finden.

Literatur:

- Konorovskij A.K. (1990): Zonalnost i merslotnoct potschv Jakutii. JF SO ANSSR. Jakutsk. 42 S.
Elovskaja L.G, E.I.Tschernjak, L.W.Teterina (1979): Potschwy Sewernoj Jakutii. Novosibirsk: Nauka. 303 S.

GIS-gestützte Verwendung standortkundlicher Daten für die ökologisch orientierte Planung

von

SCHLEUSS,U.; SCHOLLE,D.; SCHRAUTZER,J.

1 Einleitung und Zielsetzung

Ökologisch orientierte Planung wird als Sammelbegriff für alle Verfahren der umweltbezogenen Planung verstanden, die medienübergreifend arbeiten oder von einem ökosystemaren Grundkonzept ausgehen (FRÄNZLE et al. 1992). Die Erfassung und Bewertung ökologischer Daten basiert häufig auf Konzepten, Methoden und Systematiken unterschiedlicher Fachdisziplinen, deren Erkenntnisse für ökologisch orientierte Planungs- und Bewertungsverfahren zusammengeführt werden müssen. Im Rahmen des BMBF-geförderten FE-Vorhabens "Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette" werden Möglichkeiten und Methoden raumbezogener Indikationsverfahren bewertet (SCHOLLE 1997). Dazu wurden Daten verschiedener Betrachtungsebenen, z.B. Vegetation, Hydrologie und Boden, die in unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösung vorliegen, unter Nutzung der Auswertemöglichkeiten EDV-gestützter Informationssysteme zusammengeführt. Diese Zusammenführung der sektoralen Ebenen und die daraus abgeleitete Standortbewertung dient der Ermittlung nutzbarer "Landschaftsindikatoren" für Planungszwecke. Desweiteren soll eine flächenhafte Übertragung von Ergebnissen (z.B. Bodenkennwerte) mittels GIS erfolgen.

Konkret werden die aktuellen Boden- und Vegetationsverhältnisse analysiert und daraus die biotischen und abiotischen Entwicklungspotentiale der Standorte in Form der potentiellen natürlichen Vegetation (pnV) sowie die Schutzwürdigkeit der Standorte abgeleitet. Als Auswerteebene werden Kleinste Gemeinsame Geometrien (KGG) zugrundegelegt.

2 Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet des FE-Vorhabens "Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette" liegt ca. 30 km südlich von Kiel und repräsentiert einen typischen Ausschnitt der weichselzeitlichen Jungmoränenlandschaft mit stark wechselndem Relief im Übergang zur Altmoränenlandschaft. Als oberflächennahe Sedimente stehen Geschiebemergel, -lehm, -sand, Schmelzwassersande, limnische und organogene Sedimente, Kolluvien und anthropogene Aufträge an. Als Bodentypen sind vor allem lehmig-tonige Parabraunerden und Pseudogleye, sandige Braunerden, sandige und lehmige Kolluvisole, sandige und lehmige Gleye sowie Niedermoore mit mittleren bis starken Zersetzungsgraden entwickelt (SCHLEUSS et al. 1993).

¹) Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V., Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg

²) Ökologiezentrum, Universität Kiel, Schauenburgerstr. 112, 24118 Kiel

Die im folgenden abgeleiteten Aussagen basieren auf einer Datengrundlage von ca. 1600 Bohrungen bis 2 m Tiefe und 30 repräsentativen Böden, die bodenphysikalisch und bodenchemisch analysiert wurden, sowie ca. 1000 Vegetationsaufnahmen des Untersuchungsraumes. Daneben wurden rund 400 Vegetationsaufnahmen incl. standörtlicher Daten aus der Literatur herangezogen. Die Datenauswertung erfolgte im Ökologiezentrum der Universität Kiel unter Nutzung folgender software: Datenbank ORACLE und PARADOX, GIS workstation ARC-INFO (Version 7.03), ARC-VIEW (Version 2.1).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Räumliche Koinzidenzen zwischen Vegetations- und Bodeneinheiten

Die Gemeinsamkeiten der Verbreitung von Vegetations- und Bodeneinheiten werden am Beispiel der Grünland- und Röhrichtgesellschaften aufgezeigt. Dabei zeigen sich u. a. folgende Ergebnisse:

- Röhrichteinheiten nasser Standorte (Schoenoplecto-Phragmitetum, Typische Subassoziation; Schoenoplecto-Phragmitetum, Typische Subassoziation, Fazies von Schoenoplectus lacustris; Schoenoplecto-Phragmitetum, Subassoziation von Cicuta virosa; Sparganietum erecti; Caricetum paniculatae, Typische Subassoziation; Carex acutiformis-Gesellschaft, Typische Variante) sind nur auf Mooren, Naßbleyen und Gytjten vertreten;
- die übrigen Röhrichteinheiten der Verbände Phragmition und Magnocaricion sowie Einheiten des Feuchtgrünlandes (Calthion) wurden hauptsächlich auf Moorböden angetroffen;
- Flutrasen-Gesellschaften (Lolio-Potentillion) und Klassenbasalgesellschaften des Wirtschaftsrundlandes zeigten eine deutliche größere Amplitude, sind im Untersuchungsraum aber ebenfalls schwerpunktmäßig auf Moorböden zu finden;
- Gesellschaften des trockenen Grünlandes (Cynosurion) zeigten einen ausgeprägten Verbreitungsschwerpunkt auf sandigen Braunerden und lehmig-tonigen Parabraunerden.

3.2 Ableitung der potentiellen natürlichen Vegetation

Die potentielle natürliche Vegetation spiegelt jene theoretische Vegetationszusammensetzung wider, die sich unter sofortiger Ausnutzung des gegebenen Standortpotentials einstellen würde, wenn jeglicher direkte anthropogene Einfluß schlagartig unterbliebe (FISCHER 1995, HÄRTL 1995). Sie gilt als Maß für das Leistungspotential der Natur unter den zu einem bestimmten Zeitpunkt gegebenen Umweltbedingungen, ausgedrückt in vegetationskundlichen Termini. Die pnV wird als Hilfsmittel zur flächenhaften Darstellung dieses Potentials herangezogen.

Zur Konstruktion der pnV wird im vorgestellten Beispiel u. a. auf eine ökologisch ausgerichtete Gliederung von Vegetations- und Bodendaten zurückgegriffen (vergl. Abb. 2). So erfolgt auf der Basis der Charakterisierung von Feuchtgrünlandseinheiten ein standörtlicher Vergleich mit Feuchtwäldern, für deren Kennzeichnung Ergebnisse von WIEBE (1997) zugrundegelegt werden. Darüber hinaus werden die Bodendaten des Gebietes mittels einer vereinfachten, d. h. genetische Aspekte nicht berücksichtigenden Gliederung hinzugezogen. Die Zusammenführung dieser

Datensätze erfolgt sowohl durch räumliche Verschneidung (mit Hilfe der KGG; vergl. Kap. 3.3) als auch durch die Auswertung ihrer inhaltlichen Gemeinsamkeiten.

Abb. 1 zeigt die flächenstatistische Auswertung bezüglich der Verteilung der pnV-Einheiten bezogen auf die Bodeneinheiten für drei DGK-5-Kartenblätter im Schwerpunktraum des Untersuchungsgebietes (ohne Berücksichtigung der Siedlungs- und Seeflächen).

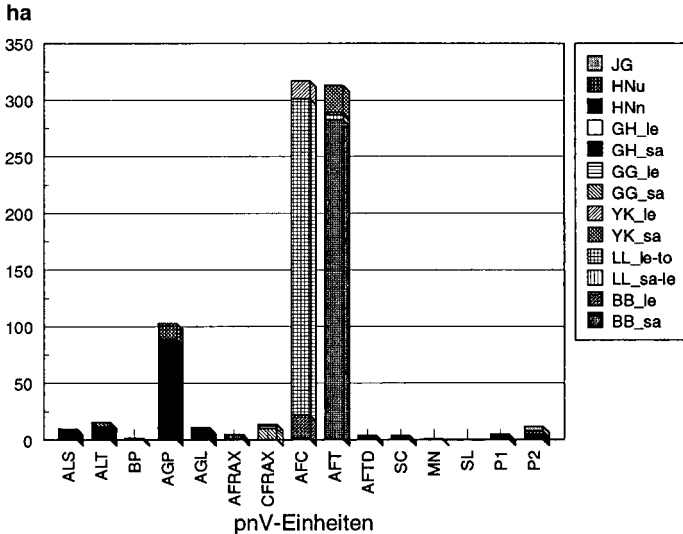


Abb. 1: Flächenanteile der pnV-Einheiten je Bodeneinheit

(Abk.: ALS = Carici elongatae-Alnetum sphagnetosum; ALT = Carici elongatae-Alnetum typicum; AGP = Alnus glutinosa-Gesellschaft, Ausbildung von Poa trivialis; AGL = Alnus glutinosa-Gesellschaft, Ausbildung von Lonicera periclymenum; BP = Betula pubescens-Gesellschaft; AFRAX = Alno-Fraxinetum; CFRAX = Carpino-Fraxinetum; SC = Salicetum cinerae; AFC = Asperulo-Fagetum, Subassoziation von Circaea lutetiana; AFT = Asperulo-Fagetum, Typische Subassoziation, Typische Variante; AFTD = Asperulo-Fagetum, Typische Subassoziation, Variante von Avenella flexuosa; P1 = Schoenoplecto-Phragmitetum, Typische Subassoziation; P2 = Schoenoplecto-Phragmitetum, Subassoziation von Cicuta virosa; MN = Myriophyllo-Nupharetum; SL= Schoenoplecto-Phragmitetum, Typische Subassoziation, Fazies von Schoenoplectus lacustris; sa=sandig, le=lehmig, to=tonig; Bodentyp nach KA4)

Abb. 2 zeigt schematisch das Konzept der Ableitung der pnV- Einheiten, wobei vor allem die Bodenform und die hydrologischen Verhältnisse wichtige Ableitungsgrößen darstellen.

3.3 Erstellung Kleinster Gemeinsamer Geometrien (KGG)

Eine wichtige Voraussetzung für die integrative Auswertung von Flächendaten ist die Erstellung der KGG, die durch Verschneidung mehrerer Informationsschichten im GIS erzeugt werden. Im Rahmen des hier in Rede stehenden Projektes wurden die Informationsschichten Nutzung (Daten von 1987-1995), Boden, Vegetation, Geologie und Topographie als gemeinsame Auswertegeometrie für ökosystemare Fragestellungen erstellt. Der betrachtete Landschaftsausschnitt wurde durch Verschneidung in KGG unterteilt, wobei das Problem der sliver-polygons durch inhaltlich aufeinander abgestimmte Grenzlinien gelöst wurde.

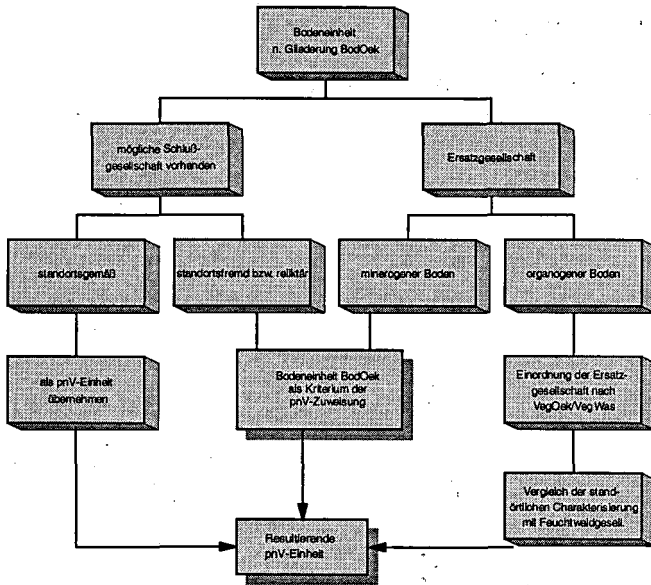


Abb. 2: Schematische Darstellung der pnV-Zuweisung (in Anlehnung an JENSEN (1994), aus: SCHOLLE 1997)

VegOek= ökologisch ausgerichtetes Gliederungskonzept der Vegetation nach Nährstoff und -basenhaushalt; VegWas= ökologisch ausgerichtetes Gliederungskonzept der Vegetation nach Hydrologie; BodOek= ökologisch ausgerichtetes Gliederungskonzept der Bodeneinheiten

Die erzeugte Auswertegeometrie kann z. B. auch für Modellierungsarbeiten (n.s. REICHE 1996) genutzt werden.

Danksagung

Das FE-Vorhaben "Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette" wird vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie sowie dem Land Schleswig-Holstein gefördert.

4 Literatur

Fischer A (1995): Forstliche Vegetationskunde. Pareys Studentexte 82, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin Wien: 315 S.
Fränze O, Zöllitz-Möller R et al. (1992): Erarbeitung und Erprobung einer Konzeption für die ökologisch orientierte Planung auf der Basis der regionalisierenden Umweltbeobachtung am Beispiel Schleswig-Holsteins. UBA-Texte 20: 194 S.
Härdtle W (1995): Vegetation und Standort der Laubwaldgesellschaften (Quercus-Fagetea) im nördlichen Schleswig-Holstein. Mitt. AG Geobotanik Schleswig-Holstein Hamburg 48: 441 S.
Jensen R (1994): Ableitung der potentiellen natürlichen Vegetation mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems. Diplomarbeit, Univ. Kiel, Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie: 98 S. (unveröffentlicht.)
Kowarik I (1987): Kritische Anmerkungen zum theoretischen Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation mit Anregungen zu einer zeitgemäßen Modifikation. Tuexenia 7: 53-67
Reiche EW (1996): WASMOD - Ein Modellsystem zur gebietsbezogenen Simulation von Wasser- und Stoffflüssen. EcoSys 4: 143-164
Schleuß U, Schimming CG, Beyer L, Blume HP, Irmeler U, Piotrowski J, Schrautner J & Wachendorf C (1993): Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette. Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 70: 207-232
Scholle D (1997): GIS-gestützte Zusammenführung vegetationskundlicher, bodenkundlicher und nutzungsbezogener Daten zu einem landschaftsökologischen Indikationsverfahren. EcoSys Suppl Bd 21: 201 S.
Wiebe C. (1997): Synökologische Charakterisierung von Erlenbruchwäldern und deren Entwässerungsstadien. Diss. Math. - Nat. Fak. Univ. Kiel: 151 S.

Bodenpotentiale in der Landschaftsplanung

von

SCHMIDT,R.; MICHEL,R.; GLÖSS,S.

1. Problemstellung

Die Erfassung und Bewertung des Schutzgutes Boden in der Landschaftsplanung stellt nach wie vor ein Problemfeld dar. Es gibt zwar eine Reihe von Beurteilungsalgorithmen und Modelle (z.B. MARKS et al. 1989, HENNINGS et al. 1994), aber es fehlen Aufnahme- und Bewertungsverfahren, die auf verschiedene Planungs- bzw. Maßstabebenen (Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan, Umweltverträglichkeitsprüfung) bezogen sind. Obwohl als zentrales Glied des landschaftlichen Zusammenhangs erkannt, fehlen für den Boden Prüfverfahren, die die wichtigsten Bodenfunktionen (Regelungs-, Lebensraum-, Produktionsfunktion) gleichrangig und in Beziehung zu weiteren Schutzgütern zu beurteilen gestatten. Vor diesem Hintergrund ist es erforderlich, verstärkt neue Lösungen für die Umsetzung bodenkundlichen Wissens in der Landschaftsplanung zu suchen und zu erproben.

Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Verbundvorhabens zur Naturschutz- und Landnutzungsplanung („Naturschutzmanagement in der offenen, agrar genutzten Kulturlandschaft am Beispiel des Biosphärenreservates Schorfheide-Chorin, 1994-1997) bestand Gelegenheit, geoökologische Bewertungsverfahren zu testen, regional anzupassen und für komplexe Fragen der Landnutzungsplanung einzusetzen. Die in dem insgesamt ca. 170 km² großen Untersuchungsraum erzielten Ergebnisse erlauben einige Schlußfolgerungen in Hinblick auf die vorliegende Problematik. Diese betreffen

- Auswahl von Parametern bzw. Indikatoren für landschaftsplanerisch relevante Bodenpotentiale
- Entscheidungskriterien für landschafts- und nutzungsbezogene Bewertungen, die für planerische Abwägungsprozesse geeignet sind,
- Verbesserung der Informationsgrundlagen (rationelle Datenbereitstellung und -präzisierung).

Die Untersuchungen erfolgen beispielhaft (a) am Grundwasserbildungspotential, (b) am Biotopentwicklungspotential.

* Fachhochschule Eberswalde, Möllerstr. 1, 16225 Eberswalde

** GUP Berlin, Schwedter Str. 34a, 10435 Berlin

2. Vorgehensweise

2.1 Begriffliche Grundlagen

„Bodenpotential“ und „Bodenfunktion“ werden z.T. synonym verwendet, z.T. begrifflich differenziert. Ursprünglich wurde Potential aus gebietswirtschaftlicher Sicht definiert als „ein Leistungsvermögen, das in einem stofflichen System als Energievorrat steht und durch bestimmte Maßnahmen ausgelöst werden kann“ (NEEF 1966, S. 65). Ein Bodenpotential beschreibt demnach das Leistungsvermögen des Bodens als Teil des Naturraums in Bezug auf die Nutzbarkeit. Ausgehend von den Potentialen weisen Böden jedoch in den übergeordneten Zusammenhängen von Stoff- und Energiekreisläufen in Ökosystemen und Landschaften Funktionen auf: Sie erfüllen Funktionen in Bezug auf die Ansprüche der Gesellschaft. Es wird deutlich, wie nahe beide Begriffe sind und daß Überschneidungen in Kauf genommen werden müssen. Aus dem Bodenschutz-Ansatz heraus hat sich der Bodenfunktion-Begriff durchgesetzt, in der Landschaftsplanung hat der Potentialbegriff nach wie vor Bedeutung.

2.2 Beurteilung von Bodenpotentialen

Das Grundwasserbildungspotential wird in der Regel nach Menge und Qualität der Grundwasserneubildung erfaßt (RENGER et al. 1990). Während im Übersichtsmaßstab z.T. Aussagen hinreichend sind, die die klimatische Wasserbilanz nach Süßstratgruppen differenzieren (AG-Boden 1994), sind im großmaßstäbigen Bereich Beurteilungen erforderlich, die das konkrete Nutzungsmosaik und die Eigenschaften des Untergrundes berücksichtigen (MICHEL 1996). Der dabei zu leistende Aufwand ist z.T. beachtlich und für Planungsaufgaben nicht in rationeller Weise zu bewältigen. Deshalb ist es zweckmäßig, regionalisierte Ziele der Grundwasserneubildung aus verschiedenen Aussageebenen zu kombinieren. Ein Beispiel dafür, bei dem sowohl wasserwirtschaftliche als auch boden- und nutzungsbezogene Parameter Berücksichtigung finden, zeigt. Abb. 1.

Abb. 1: Ablaufschema zur Festlegung regionalisierter Ziele für die nachhaltige Sicherung der notwendigen Grundwasserneubildung und Umsetzung in Planungsaufgaben

		Planungsmaßstab	vorrangige Fachspezifik der Planung
1.	Ermittlung des aktuellen Grundwasserdargebots und Vergleich mit dem Grundwasserbedarf in wasserwirtschaftlichen Bilanzierungsgebieten	regional überregional	Wasserwirtschaft
2.	Ausweisung regionspezifischer Ziele zur Sicherung eines ausreichenden Grundwasserdargebots in bzw. in Teilen von Bilanzierungsgebieten	regional	Wasserwirtschaft (Bodenkunde)
3.	Formulierung regionspezifischer Ziele für maximal zulässige Änderungen der Landnutzung unter Einhaltung oder unter 2. ausgewiesenen Ziele	auf Planungsgebiete bezogen, vorhabenbezogen	Bodenkunde, Wasserwirtschaft, Landnutzungsressorts

Das Biotopenentwicklungspotential beschreibt das „Leistungsvermögen des Landschaftshaushalts, durch Wechselwirkungen zwischen den abiotischen und biotischen Landschaftsbestandteilen Wirkungsgefüge (räumlich abgegrenzte Ökotope) zu bilden, die sich bis zu einem gewissen Grade

selbst erhalten und regenerieren“ (MARKS et al. 1989). In einer vorwiegend agrarisch genutzten Landschaft, die z.T. an Biotopen verarmt ist, kann die Analyse und Bewertung der Bodenverhältnisse in Beziehung zum Relief dafür als Planungsgrundlage genutzt werden. Voraussetzung ist die Bestimmung von seltenen Böden und von Böden mit im naturnahem Zustand charakteristischen Biotopen. Am Beispiel Brandenburgs liegt mit dem Landschaftsprogramm (Entwurf 1996) eine Übersicht über „seltene und geowissenschaftlich wertvolle Böden“ vor, so daß auf dieser Grundlage der großmaßstäbige Ausweis des Biotopentwicklungspotentials im Beispielsgebiet des Biosphärenreservates Schorfheide-Chorin möglich ist (Abb. 2).

Abb. 2: Seltenheit und Naturnähe von Böden in unterschiedlichen Planungsebenen

Brandenburg	Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin
Dünenfelder	Extrem nährstoffarme Sandböden
Endmoränen	Steinreiche Böden der Blockpackungen Pararendzinen auf Sand oder Lehm
Kalkmoore	Moore mit Kalkanreicherung Nicht o. gering zersetzte Moore
Raseneisenstein	-
Naturnahe Auenböden	-
Schwarzerdeähnliche Böden	Nährstoffreiche und/oder stark wasserspeicherfähige Böden Schwarzerden und schwarzerdeähnliche Böden

3. Schlußfolgerungen für die Landschaftsplanung

3.1 Parameterauswahl

Aus der Beispielsbearbeitung ergeben sich folgende Anforderungen an die Parameterauswahl zur Erfassung des Schutzgutes Boden in der Landschaftsplanung:

- (1.) Die Parameterauswahl muß den Bodenschutzzielen bzw. den landschaftsplanerischen Zielsetzungen entsprechen.
- (2.) Die Parameterauswahl muß standortangepaßte Regelungen ermöglichen.
- (3.) Die Komplexität des durch die Parameterstruktur erfaßten Wirkungsgefüge muß regionsbezogen differenziert sein.
- (4.) Die Parameterauswahl muß gewährleisten, daß die für die Beurteilung notwendigerweise zu berücksichtigende Variabilität der Bodeneigenschaften und Böden erfaßt wird.

3.2 Planerische Entscheidungskriterien

- (1.) Aufgrund des hierarchischen Aufbaus der Landschaftsplanung müssen bei großmaßstäbigen Aussagen bzw. der vorhabenbezogenen Bewertung des Bodens die Aussagen übergeordneter Ebenen generell berücksichtigt werden.
- (2.) Die Teilaussagen für die einzelnen Potentiale müssen im planerischen Aggregierungs- und Abwägungsprozeß möglichst konkret erhalten bleiben, um den vielfältigen Anforderungen an den Boden als Teil des Landschaftshaushalt gerecht zu werden, d.h. es sollte auf Punktbewertungen, Summenbildungen etc. möglichst verzichtet werden.

(3.) Es gibt keine einheitliche Rang- und Reihenfolge von Potentialen. Vielmehr ist es notwendig, die Schwerpunkte entsprechend dem jeweiligen Charakter der Region bzw. des Planungsgebietes zu bestimmen.

3.3 Datenbereitstellung

Wie bekannt ist die Datenlage nach Maßstäben und Flächendeckung unvollständig, was sich insbesondere in den unteren Planungsbereichen ungünstig auswirkt. Es sollten deshalb Lösungen angestrebt werden, die die Interpretation von Bodenkarten für die Planung verbessern. Dazu gehören:

- (1.) Aufbau von Länder- bzw. regionenbezogenen Datenkatalogen für die Bewertung des Schutzgutes Boden in der Landschaftsplanung
- (2.) Nutzung von Bodeninformationssystemen mit regional angepassten und dem Planungsziel entsprechenden Daten
- (3.) Bestimmung der Bodenpotentiale für Kartiereinheiten, insbesondere Bodengesellschaften (z.B. Einheiten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung MMK) als Grundlage für vergleichende Wertungen im planerischen Abwägungsprozeß.

Insgesamt ist festzustellen, daß es erhebliche Reserven gibt, um die Erfassung und Bewertung des Bodens im Rahmen der Landschaftsplanung zu verbessern. Aufgrund der Stellung des Bodens in den Stoff- und Energiekreisläufen der Landschaft sollte es sogar möglich sein, die Bodenschutzplanung zu einem zentralen Teil der Landschaftsplanung zu entwickeln. Dies kann gewährleistet werden, wenn das Prinzip der nachhaltigen Sicherung der Bodenfunktionen, das im Entwurf des Bodenschutzgesetzes (BBodSchG-Entwurf) als wesentliche Zielstellung formuliert ist, vollständig in die Landschaftsplanung integriert wird.

Literatur:

- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl. Hannover, 392 S., Anl.
- E-BBodSchG (1996): Bundesbodenschutzgesetz, Entwurf vom 25.09.1996
- HENNINGS, V. (Koordination 1994): Methodendokumentation Bodenkunde. Geol. Jb., Reihe F31, 242 S.
- Land Brandenburg (1996): Landschaftsprogramm - Schutzgut Boden: Seltene sowie geowissenschaftlich bedeutsame Böden und Böden mit besonderer natur- und kulturhistorischer Bedeutung (Entwurf)
- MARKS, R., M. J. MÜLLER, H. LESER und H. J. KLINK (Hrsg.)(1989): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushalts. Forschungen zur deutschen Landeskunde 229, Trier, 222 S.
- MICHEL, R.-J. (1996): Standortbewertung in agrarisch genutzten Gebieten im Sinne des Naturschutzes. Eberswalder wissenschaftliche Schriften Bd. 1, Berlin: DLV, Dt. Landwirtschaftsverlag, 142-149
- NEEF, E. (1966): Zur Frage des gebietswirtschaftlichen Potentials. Forschungen und Fortschritte, Berlin, 40/3, 65-70
- RENGER, M., G. WESSOLEK, R. KÖNIG, B. KASCHANIAN (1989): Grundwasserneubildung und Nitratreue in Abhängigkeit von Klima, Bodeneigenschaften, Relief und Nutzung. Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 59/2, 1221-1226.

Bodenbildungen unter den spezifischen Bedingungen im Nationalpark Hochharz

von

SCHMIDT, V.; HEISIG, W.

Einleitung

Standort: Das Territorium des Nationalparks Hochharz ist bezüglich der Geologie durch die saure granitische Intrusion des Brockenmassivs gekennzeichnet.

Durch die exponierte Lage des Harzes nördlich der anderen Mittelgebirge herrschen besondere klimatische Verhältnisse. Das Niederschlagsmaximum liegt im Winter, die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen sind relativ gering (Brocken 15,3 K). In Schierke, 613 m über NN, an der südöstlichen Grenze des Brockengranits beträgt die Jahresmitteltemperatur 5,3 °C; im Jahr fallen durchschnittlich 1240 mm Niederschlag. Auf der Brockenkuppe in 1142 m über NN sind es 1609 mm bei 2,8 °C Jahresmitteltemperatur.

Die Vegetation ist auf terrestrischen Standorten durch Fichtenforsten und Fichtenwälder geprägt. Im Unterwuchs dominieren Heidelbeere, Drahtschmiele und Wollreitgras. Eine Ausnahme bildet die Brockenkuppe mit ihrer subalpinen Mattenvegetation.

Ziel: Zum beschriebenen Territorium liegen Ergebnisse zu bodenkundlichen Untersuchungen, bedingt durch seine Lage im ehemaligen Sperrgebiet der DDR, nur in beschränktem Umfang vor. Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, Böden am Brockenmassiv in unterschiedlicher Höhenlage und damit bei unterschiedlichen klimatische Bedingungen zu beschreiben sowie Zusammenhänge mit der Vegetation zu diskutieren.

Material und Methodik

Für die Untersuchungen wurden 5 Schürfe in den Blockmeeren südöstlich des Brockens zwischen Schierke und dem Brockenbett in 600 bis 900 m über NN angelegt, von denen 4 beschrieben werden sollen.

Voraussetzung für die Vergleichbarkeit der Standorte war die Minimierung der Einflüsse anderer Geofaktoren. Deshalb wurden alle Profile über dem Ausgangsgestein Granit, bei möglichst ähnlicher Hangneigung und südlicher Exposition angelegt. Um unterschiedliche Auswirkungen der Vegetation auf Licht-, Wärme- und Wasserhaushalt zu vermeiden, sollte die selbe Baumart stocken und annähernd gleich alt sein. Es wurden 80- bis 120jährige Fichtenbestände gewählt.

Aus den einzelnen Horizonten der Profile wurden Bodenproben für die Bestimmung von Textur, Gehalt an organischer Substanz, Gehalt an dithionit- und oxalatlöslichem Eisen, pH-Wert, potentieller Acidität bzw. Basensättigung und den Anteilen der basischen Kationen an dieser entnommen.

Ergebnisse

Profilaufnahme: Die Profile 1 (P1), 680 m über NN, und 2 (P2), 770 m über NN, wurden in einen Ah-, Bv- und ICv-Horizont untergliedert und als stark saure Braunerden angesprochen.

Die schwarzbraunen, 5 cm (P1) bzw. 10 cm (P2) mächtigen Ah-Horizonte weisen ein Subpolyedergefüge auf, sind sehr locker, extrem (P1) bzw. sehr stark humos (P2) und stark durchwurzelt. Sie

¹Institut für Acker und Pflanzenbau

²Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung

Landwirtschaftliche Fakultät, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06099 Halle/S.

enthalten viele Grobwurzeln. Makroskopisch konnten bei der Profilaufnahme keine Bodentiere festgestellt werden. Die Übergänge zu den dunkelbraunen, lockeren, 20 cm (P1) bzw. 35 cm (P2) mächtigen Bv-Horizonten sind deutlich und wellig.

Während der Bv-Horizont des Profils 1 ein Subpolyedergefüge aufweist, sehr stark humos und mäßig durchwurzelt ist, viele Grobwurzeln enthält und diffus in den ICv-Horizont übergeht, weist der Bv-Horizont des Profils 2 ein Einzelkorn- bis Polyedergefüge auf, ist stark humos und schwach durchwurzelt. Er enthält nur wenige Grobwurzeln und zeigt einen deutlichen, welligen Übergang zum ICv-Horizont. Die gelbbraunen, lockeren ICv-Horizonte sind durch ein Einzelkorn- bis Polyedergefüge, mäßige (P1) bzw. geringe (P2) Humusgehalte und einzelne Grobwurzeln gekennzeichnet.

Die höher gelegenen Profile 3 (P3), 870 m über NN, und 4 (P4), 900 m über NN, wurden als Eisen-Humus-Podsole angesprochen und bei Profil 3 in einen Aeh-, Ae-, Bhs- und ICv-Horizont bzw. einen Aeh-, Ahe-, II Bsh-, II Bhs- und III ICv-Horizont bei Profil 4 untergliedert. Die Horizontengrenzen sind deutlich und teils gerade, teils wellig. Die Schichtungen wurden anhand des Schichtungsnachweises von Stahr (1975) ermittelt.

Die schwarzbraunen, äußerst geringmächtigen Aeh-Horizonte weisen ein Subpolyedergefüge auf, enthalten gebleichte Quarzkörner, sind sehr locker, extrem humos und sehr stark durchwurzelt. Sie enthalten viele Grobwurzeln. Makroskopisch konnten bei der Profilaufnahme keine Bodentiere festgestellt werden. Die graubraunen, 5 cm mächtigen Eluvialhorizonte weisen ein Subpolyeder- bis Einzelkorngefüge auf, sind mäßig dicht (P3) bzw. locker (P4), stark humos, schwach durchwurzelt und enthalten vereinzelt Grobwurzeln. Im Ahe-Horizont des Profils 4 war eine Violetstichigkeit gut erkennbar.

Der dunkelbraune, 16 cm mächtige Bsh-Horizont des Profils 4 zeigt in Verbindung mit hohem Gehalten an Sand und Grus ein Einzelkorngefüge, ist mäßig dicht, extrem humos, mäßig durchwurzelt und enthält vereinzelt Grobwurzeln. Der darunter befindliche, gelblichrote, 19 cm mächtige Bsh-Horizont weist ebenfalls hohe Gehalte an Sand und Grus auf und ist von rötlichdunkelbraunen Ortbandern durchzogen. Er ist stark humos und nicht durchwurzelt.

Der rötlichdunkelbraune, 43 cm mächtige Bhs-Horizont des Profils 3 hat ein Kohärentgefüge, ist dicht, sehr stark humos, sehr schwach durchwurzelt und enthält vereinzelt Grobwurzeln.

Die gelbbraunen, mäßig dichten ICv-Horizonte sind durch ein Einzelkorn- bis Polyedergefüge, mäßige Humusgehalte und fehlende Durchwurzlung gekennzeichnet.

Die Humusaufgaben aller Profile untergliedern sich in L-, Of- und Oh-Horizont und wurden als Rohhumus angesprochen. Die Mächtigkeit, variiert zwischen 6 und 12 cm. Der L-Horizont bestand aus unzersetzten Fichtennadeln. Der feinhumusarme, schichtig gelagerte Of-Horizont enthielt überwiegend Nadelbruchstücke und zeigte einen scharfen Übergang zum Oh-Horizont. Dieser war feinhumusreich mit geringen Anteilen an Nadelbruchstücken, kompakt und stark durchwurzelt.

Laboranalysen: Die Analyseergebnisse bezüglich des dithionit- und oxalatlöslichen Eisens bestätigen die Vorgänge der Verbraunung in den Profilen 1 und 2 bzw. der Podsolierung in den Profilen 3 und 4 (Abb. 1). Die hohen Gehalte im Bsh-Horizont des Profils 3 sowie die fehlende Differenzierung in Bh- und Bs-Horizont lassen nach Wiechmann (1978) auf eine vorangegangene Verbraunung schließen.

Entsprechend den gemessenen pH-Werten schwankt der Reaktionszustand des Bodens zwischen stark und äußerst sauer. Während in den C-Horizonten die pH-Werte um 4,5 liegen, variieren sie in den A-Horizonten zwischen 2,9 und 3,6 (Abb. 2). Die Unterschiede zwischen A- und C-Horizonten belegen die stattfindende Versauerung, die überwiegend auf die vorhandene Vegetation mit ihrem schwer abbaubaren, die Rohhumusbildung fördernden Bestandesabfall zurückzuführen ist. Die pH-Werte sind im Oberboden der Podsole niedriger als im Oberboden der Braunerden.

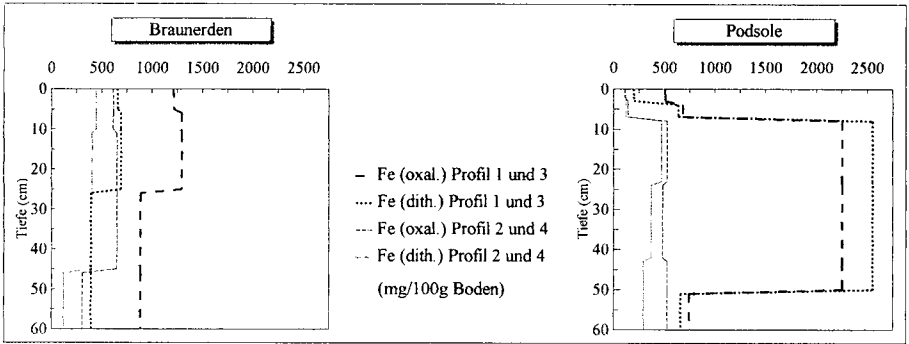


Abb. 1: Gehalte an dithionit- und oxalatlöslichem Eisen in Abhängigkeit von der Tiefe

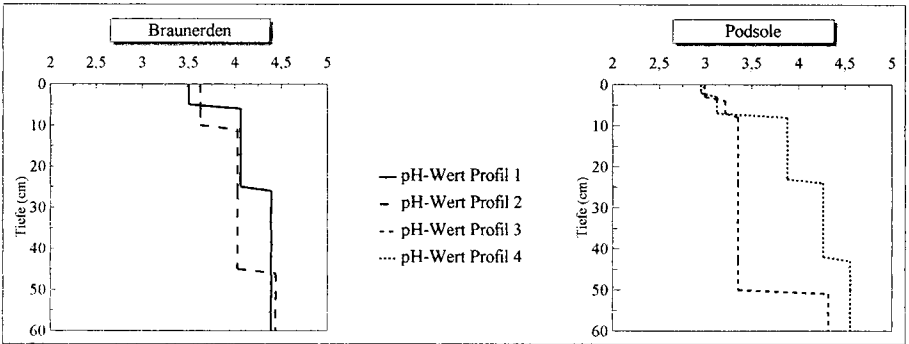


Abb. 2: Tiefenverlauf der pH-Werte

Aufgrund der niedrigen pH-Werte war eine hohe potentielle Acidität d. h. eine überwiegende Sättigung der Austauschers mit Al^{3+} - und H^+ -Ionen und eine sehr geringe Basensättigung in allen Profilen zu erwarten. Beides wurde durch die Analysenergebnisse bestätigt. Die Basensättigung sowie die Anteile der basischen Kationen an dieser sind in Abb. 3 und 4 dargestellt.

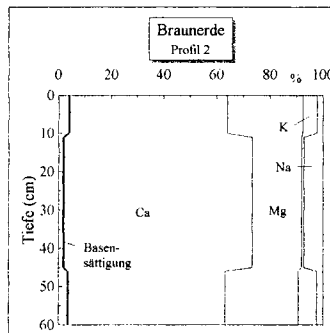
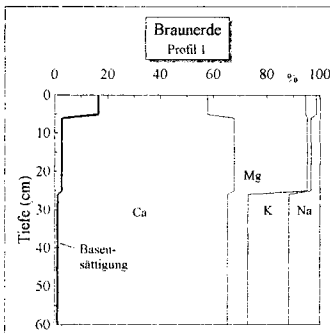


Abb. 3 und 4: Basensättigung und Anteile basischer Kationen an dieser in den Braunerden

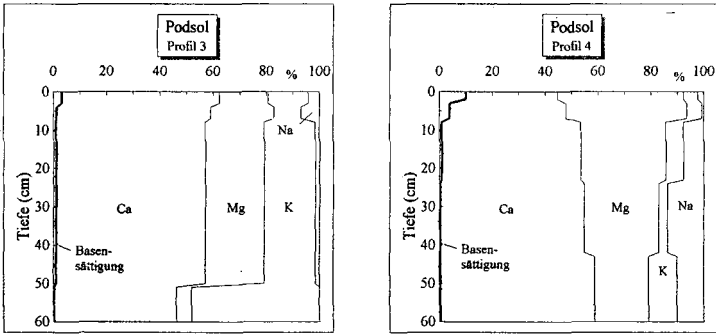


Abb. 5 und 6: Basensättigung und Anteile basischer Kationen an dieser in den Podsohlen

Bei den basischen Kationen dominiert Kalzium am Austausch. Höhere Basensättigungen sowie höhere Magnesiumgehalte im Oberboden der Profile 1 und 4 sind auf Düngungsmaßnahmen Ende der 80er Jahre zurückzuführen.

Diskussion und Schlußfolgerungen

Eine Abhängigkeit von der Höhenlage konnte bezüglich des Bodentyps festgestellt werden. In den höheren, feuchteren und kühleren Lagen wurden die Podsole, in den niedrigeren Lagen die Braunerden kartiert. Der Übergangsbereich liegt zwischen Profil 2 und 3, d. h. in einer Höhe zwischen 770 und 870 m über NN.

Neben den direkten Auswirkungen des Klimas auf die Bodenbildung müssen indirekte über die Vegetation berücksichtigt werden. So führte der höhere Anteil an Laubbäumen, insbesondere Rotbuche und Bergahorn, bis zu Beginn des 18. Jh. zu einer günstigeren Zusammensetzung und somit leichter Zersetzbarkeit des Bestandesabfalls und dementsprechend günstigeren Humusformen. Die Grenze des natürlichen Verbreitungsgebiets der Rotbuche und des Bergahorns befindet sich im Harz bei 800 m über NN. Hier liegt eine Übereinstimmung mit dem ermittelten Übergangsbereich von der Braunerde zum Podsol vor. An den höher liegenden Standorten 3 und 4 ist der Fichtenwald autochthon, so daß günstige natürliche Voraussetzungen (schwer zersetzbarer Bestandesabfall, Rohhumusaufgabe) für die Podsolierung bestehen.

Zur Vermeidung einer Podsolierung an den Standorten 1 und 2 ist ein langfristiger Umbau der Fichtenforsten zu Mischwäldern entsprechend der potentiell natürlichen Vegetation erforderlich.

Bei den Laboranalysen konnte nur bei dem pH-Wert des Oberbodens eine Abhängigkeit von der Höhenlage festgestellt werden, die auf den bereits beschriebenen Ursachen besteht. Die übrigen Analyseergebnisse zeigen keine Höhenabhängigkeit, oder diese wird von anderen Einflüssen überdeckt.

Literatur:

Meteorologischer Dienst der DDR (Hg). Klimadaten der DDR - Ein Handbuch für die Praxis. Reihe B, Band 14. Klimatologische Normalwerte 1951-1980. Potsdam: 1987.

Wichmann, H. Stoffverlagerung in Podsohlen. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 1978.

Bewertung von Bodenfunktionskarten auf verschiedenen Maßstabsebenen

von

SCHMIED,F.; HENNINGS,V.; SCHMIDT,R.

1 Einleitung

Für Aussagen zum Bodenschutz werden im zunehmenden Maße flächenhafte Darstellungen von Bodenfunktionen auf der Basis klein- und mittelmaßstäbiger Grundlagenkarten verwendet.

2 Problem- und Fragestellungen

Die verfügbaren kleinmaßstäbigen Bodenkarten der Bundesrepublik Deutschland sind nicht durch systematische Generalisierung großmaßstäbiger Karten auf induktivem Wege, sondern deduktiv als Ergebnis einer bodenkundlichen Interpretation vor allem geologischer Karten entstanden. Aufgrund des deduktiven Charakters der kleinmaßstäbigen Bodenkarten gilt es zu fragen, wie genau diese für die flächenhafte Darstellung und Berechnung von Bodenfunktionen- oder potentialen sind. Voraussetzung zur Beantwortung dieser Fragestellung ist die Kenntnis, in welchem Maße die räumliche Variabilität der Eingangsdaten in den verschiedenen Maßstabsbereichen die Ergebnisse der Modelle beeinflusst.

Exemplarisch anhand der Bodenfunktion der Grundwasserneubildung (GWN), berechnet nach RENGER et al. (1990), werden folgende Fragestellungen beantwortet:

- Bewertung der Genauigkeit der vorliegenden Bodenfunktionskarten in den Maßstäben 1:25.000, 1:200.000 und 1:1.000.000
- Test und Bewertung folgender Varianten der Aggregation unter Beibehaltung der Grenzen der Kartiereinheiten der höheren Maßstäbe:
 - nach Übereinstimmung im *Haupttyp+ Subtyp+Tiefenkennziffer*
 - nach Übereinstimmung im *Haupttyp + Subtyp*
 - nach Übereinstimmung im *Haupttyp + Tiefenkennziffer*
 - nach Übereinstimmung im *Haupttyp*
 - nach Übereinstimmung im *Haupttyp + Substrattyp*
 - nach Übereinstimmung im *Substrattyp*

3 Material und Methoden

3.1 Datengrundlage

Für eine exemplarische Untersuchung wurde das Blatt „Vechta“ der Bodenkarte von Niedersachsen 1:25.000 (BK25) ausgewählt, für dessen Fläche eine digitale bodenkundliche Datengrundlage für Maßstabsebenen von 1:5.000 bis 1:1 Mio. vorliegt (s.Tab.1). Als Bewertungsgrundlage für alle höheren

* Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg2, 30655 Hannover, email: Frank.Schmied@bgr.de

** Fachhochschule Eberswalde, Bereich: Landnutzung und Naturschutz, Schicklerstr.3, 16225 Eberswalde

Maßstabsebenen fungieren die Inhalte der digitalen bodenkundlichen Basisdatei (DBK5), die nach Geländebefunden korrigierte Profilbeschreibungen der Bodenschätzung enthält. Die GWN wird mit Hilfe der NIBIS-Methodenbank (MÜLLER et al. 1992) berechnet.

Tab.1: Datengrundlage für die vier verschiedenen Maßstabsebenen

	Digitale bodenkundliche Basisdatei DBK5	Bodenkarte von Niedersachsen BK 25	Bodenkundliche Standortkarte von Niedersachsen BSK 200	Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland BÜK 1000
Maßstab	1 : 5.000	1 : 25.000	1 : 200.000	1 : 1.000.000
Zahl der Kartierungseinheiten	4496	436	40	10
Zahl der Legendeneinheiten	4496 1 Bodenschätzungsprofil je Legendeneinheit	37	9	7

3.2 Fehlermaße

Zur Bewertung der Genauigkeit der höheren Maßstabsebenen werden die Bodenfunktionskarten flächenhaft miteinander verschnitten und über das REGION-Prinzip von ARC/INFO inhaltlich und hierarchisch miteinander verknüpft. Die auf diese Weise gewonnenen Daten werden in eine Datenbank überführt, die sowohl relationale als auch hierarchische Strukturen aufweist.

Zwei einfache Fehlermaße werden zur Bewertung der Genauigkeit der höheren Maßstabsebenen verwendet:

$$MD_{(Ref)} = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - Ref) \cdot \lambda_i \quad (1)$$

$$WMQD_{(Ref)} = \left[\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - Ref)^2 \cdot \lambda_i \right]^{1/2} \quad (2)$$

Um Aussagen über den Trend der festgestellten Abweichungen auf den höheren Maßstäben machen zu können, werden die absoluten mittleren Differenzen ($MD_{(Ref)}$) der GWN der Profile der DBK5 (x_i) vom jeweils zugeordneten Referenzprofil (Ref) der höheren Maßstäbe berechnet. Zur Einschätzung des tatsächlichen Ausmaßes der Abweichungen auf den höheren Maßstäben wird die Wurzel aus den mittleren quadrierten Differenzen ($WMQD_{(Ref)}$) vom jeweils zugeordneten Referenzprofil berechnet. Die angegebenen Ergebnisse werden mit Hilfe des Flächengewichtungsfaktors λ_i berechnet und beziehen sich auf das gesamte Kartenblatt der jeweiligen Maßstabsebenen.

4 Ergebnisse

4.1 Bewertung der Genauigkeit der Bodenfunktionskarten kleinerer Maßstäbe

Aufgrund der Fehlermaße lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

Die $MD_{(Ref)}$ zeigen, daß auf der Grundlage der Referenzprofile der BK 25 die GWN durchschnittlich auf dem gesamten Kartenblatt um 34,5 mm zu hoch bewertet wird, während die ausgewiesenen Referenzprofile der BSK200 und der BÜK1000 die GWN jeweils um 24,3 mm und 47,5mm zu niedrig bewerten (s.Tab.2). Bereits die Referenzprofile der BK25 weisen eine $WMQD_{(Ref)}$ von 55,6 mm für das gesamte Kartenblatt auf. Die BSK200 nimmt erwartungsgemäß eine Mittelstellung mit 67,9 mm ein, während die Referenzprofile der BÜK1000 eine durchschnittliche Abweichung von 75,6 mm aufweisen (s.Tab.2). Berücksichtigt man die Leit- und Begleitböden, so ergeben sich nur geringe Verbesserungen im

Repräsentanz der Referenzprofile der einzelnen Maßstabebenen, wenn man die %-Flächenanteile betrachtet, die die WMQD_(Ref)-Klassen in den verschiedenen Maßstäben einnehmen. Die BK25 weist einen Flächenanteil von 11% auf, für deren Referenzprofile eine geringere WMQD_(Ref) als 30 mm berechnet wurde (s.Tab.3). Während die BSK200 mit einem Flächenanteil von 26,8% (< 50mm) ihre Mittelstellung bestätigt, weist die BÜK1000 ein gleichbleibendes, hohes Niveau der WMQD_(Ref) für das gesamte Kartenblatt auf (s.Tab.3).

Tab.2: Flächengewichtete MD_(Ref) und WMQD_(Ref) der ausgewiesenen Referenzprofile der höheren Maßstabebenen

	MD _(Ref) Leitböden	MD _(Ref) Leit- und Begleitböden	WMQD _(Ref) Leitböden	WMQD _(Ref) Leit- und Begleitböden
BK 25	+ 34,5mm	+ 31,1 mm	55,6 mm	54,1 mm
BSK 200	- 24,3 mm	- 20,7 mm	67,9 mm	65,5 mm
BÜK 1000	-47,5 mm		75,6 mm	

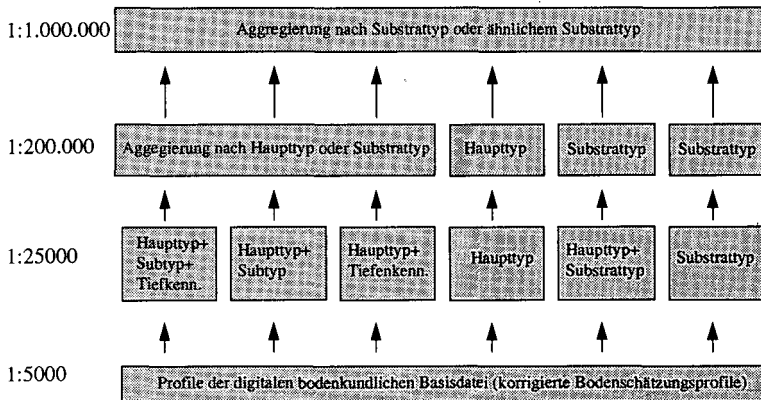
Tab.3: %-Flächenanteile der WMQD_(Ref) für die höheren Maßstabebenen

	<10mm	<20mm	<30mm	<40mm	<50mm	<60mm	<70mm	<80mm	<90mm	<100m
BK 25	0,8%	3,2%	11%	17%	36,9%	67,9%	80,7%	86,5%	94,8%	96,2%
BSK 200	0	0	0	5,7%	26,8%	58,9%	64,2%	81,4%	84,5%	87,5%
BÜK 1000	0	0	0	0	0	24,2%	78,8%	82,8%	85,10%	85,10%

4.2 Test und Bewertung der Aggregierungsvarianten

Nach folgendem Modus werden die Aggregierungsvarianten über die vier Maßstabebenen unter Beibehaltung der Grenzen der Kartiereinheiten der BK25, der BSK200 und der BÜK1000 getestet:

Abb.1: Konzept zur Bewertung der Aggregierungsvarianten



Ausgehend von den Profilen der digitalen bodenkundlichen Basisdatei werden auf der Grundlage der in Punkt 2 aufgeführten Aggregierungsvarianten die Referenzprofile der Maßstabebene 1:25.000 generiert (s.Abb.1). Nach Übereinstimmung im Substrattyp oder Haupttyp werden, ausgehend von den neu aggregier-

ten Referenzprofilen des Maßstabes 1:25.000, die Referenzprofile der Maßstabebene 1:200.000 aggregiert. Basierend auf den Referenzprofilen der Maßstabebene 1:200.000 werden nach Übereinstimmung im Substrattyp oder ähnlichem Substrattyp die Referenzprofile des Maßstabes 1:1.000.000 gebildet (s.Abb.1).

Tab.4 Flächengewichtete WMQD_(ref) der neu aggregierten Referenzprofile

	Haupttyp+ Subtyp+Tiefen- kennziffer	Haupttyp+ Subtyp	Haupttyp+ Tiefenkenn- ziffer	Haupttyp	Haupttyp+ Substrattyp	Substrattyp	ausgewiesene Referenzpro- file
1:25.000	59,2mm	60,3mm	61,5mm	62,5mm	53,6mm	57,8mm	55,6mm
1:200.000	62,4mm	63,5mm	64,8mm	66,2mm	58,5mm	65,6mm	67,9mm

Die Ergebnisse zeigen, daß eine Aggregation nach rein bodentypologischen Kriterien die Genauigkeit bzw. die Repräsentanz der Referenzprofile auf den höheren Maßstabebenen nicht entscheidend verbessern kann (s.Tab.4). Die über den Aggregationstrang Haupt- und Substrattyp generierten Referenzprofile zeigen für die Maßstabebene 1:25.000 eine leichte (53,6 mm) und für die Maßstabebene 1:200.000 eine deutliche Verbesserung (58,5 mm) des Ergebnisses (s.Tab.4). Dies deutet daraufhin, daß sich Fehler oder Verbesserungen, die auf den unteren Maßstäben erzielt werden, in den höheren Maßstäben potenzieren.

Desweiteren zeigen die Ergebnisse, daß sich die Repräsentanz der Referenzprofile auf der Maßstabebene 1:1.000.000 durch eine weitere Aggregation, ausgehend von den relativ besten Referenzprofilen des Maßstabes 1:200.000, nicht mehr verbessern läßt. Dies liegt darin begründet, daß die Aggregationsmethodik zwischen der Maßstabebene 1:200.000 und 1:1.000.000 einen qualitativen Bruch aufweist. Das bis dahin bodensystematische Aggregierungsprinzip wechselt zu einem bodenlandschaftlichen Segregierungsprinzip (SCHMIDT 1995). Dieser Übergang trennt die induktiv („von unten nach oben“) von den deduktiv („von oben nach unten“) abgeleiteten Aggregationsschritten. Dies äußert sich quantitativ darin, daß mit zunehmendem kleinerem Maßstab die interne Variabilität der bodenkundlichen Parameter innerhalb der Kartierungseinheiten größer wird als die Variabilität zwischen den Kartierungseinheiten. Alle bis dahin erzielten Verbesserungen werden durch diesen qualitativen Bruch nivelliert.

5 Fazit

- Eine Bewertung der Güte von Bodenfunktionskarten (z.B. GWN-Rate) höherer Maßstabebenen ist aufgrund einer großmaßstäbigen Bewertungsgrundlage und über das REGION-Prinzip von ARC/INFO gut zu quantifizieren. Sowohl das gesamte Kartenblatt als auch einzelne Legenden- oder Kartierungseinheiten können auf diese Weise bewertet werden.
- Für die Repräsentanz der Referenzprofile auf den höheren Maßstäben ist der sensitivste Generalisierungsschritt die Aggregation von der Maßstabebene 1: 5000 auf die Ebene 1:25.000. Fehler, die innerhalb dieses Generalisierungsschrittes entstehen, potenzieren sich auf den höheren Maßstabebenen.
- Die exemplarische Untersuchung deutet an, daß die Genauigkeit der Referenzprofile höherer Maßstäbe durch Aggregation nach bodentypologischen Kriterien nicht entscheidend verbessert werden kann.
- Die deduktiv abgeleiteten Grundlagenkarten kleiner als 1:200.000 (z.B. BÜK 1000) sind für die flächenhafte Darstellung von komplexen Bodenfunktionen aufgrund des dargestellten qualitativen Bruchs in der Aggregationsmethodik nur bedingt geeignet.

6 Literatur

MÜLLER, U. & DEGEN, CH. & JÜRGING, CH. (1992): Dokumentation zur Methodenbank des Fachinformationssystems Bodenkunde (FIS Boden), Technische Berichte zum NIBIS, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover.

RENGER, M. & WESSOLEK, G. & KÖNIG, R. & FAHRENHORST, C. & SWARTJES, F. & KASCHANIAN, B. (1990): Modelle zur Entwicklung und Bewertung von Wasserhaushalt, Stoffdynamik und Schadstoffbelastbarkeit in Abhängigkeit von Klima, Bodeneigenschaften und Nutzung. Endbericht zum BMFT-Projekt 0374343, Univ. Berlin, Inst. f. Ökologie, FB Bodenkunde.

SCHMIDT, R. (1995): Erarbeitung eines Regelwerkes zur bundesweit einheitlichen Zuordnung der Böden zu den Legenden-einheiten der Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200.000 (BÜK200) (Wissenschaftliche Konzeption). Auftragsarbeit der BGR (unveröffentlicht).

**Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (DDNIBIS) für
Fragen der Verwertung von organischen Siedlungsabfällen in der
Landwirtschaft**

von

SCHNEIDER, J.; MITHÖFER, K.

Die Verwertung von organischen Siedlungsabfällen in der Landwirtschaft ist neben der Zufuhr von Nährstoffen und organischer Substanz auch mit dem Eintrag organischer und anorganischer Schadstoffe in den Boden verbunden und wird durch Gesetze und Verordnungen (wie z.B. die Klärschlammverordnung) geregelt.

Entscheidende Kriterien für die Ausbringung sind u.a. die *Schadstoffbelastung der Siedlungsabfälle* und die *Hintergrundbelastung der Böden*. Standortkundliche Aspekte werden in diesen Regelungen u.E. nur unzureichend berücksichtigt. Aus Gründen des vorsorgenden Bodenschutzes ist daher eine Ermittlung und Bewertung von Standorteigenschaften angeraten, da eine Verwertung organischer Siedlungsabfälle nur auf dafür geeigneten landwirtschaftlichen Nutzflächen erfolgen sollte.

Das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung (NLfB) besitzt neben der Datenbasis im NIBIS, Fachinformationssystem Boden (FIS-Boden), ein breites Spektrum an digitalen Auswertungsmethoden (Müller et al 1992). Eine Sichtung der vorhandenen Methoden zeigt, daß zu den Themenkreisen „Ermittlung von Risikopotentialen“ und „Ermittlung von Umsetzungspotentialen für die organische Substanz“ standortbezogene Bewertungen für die Verwertung von organischen Siedlungsabfällen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen durchgeführt werden können.

¹ Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Abteilung Bodenkundliche Landesforschung,
Stilleweg 2, 30655 Hannover

² Schneiderberg 25b, 30167 Hannover

Ermittlung von Risikopotentialen

In der Methodenbank des FIS Boden sind 2 Auswertungsmethoden integriert, welche die Bindung, Mobilität und Verlagerung von Schwermetallen und organischen Schadstoffen beschreiben und damit zur Ermittlung der Risikopotentiale hinsichtlich der Verwertung organischer Siedlungsabfälle herangezogen werden können. Als weiteres Kriterium für die Beurteilung der Eignung landwirtschaftlicher Nutzflächen kann die Methode „Erosionsgefährdung durch Wasser“ berücksichtigt werden, da sie zur Einschätzung der Stoffverlagerung mittels Partikeltransportes (z.B. in Oberflächengewässer) geeignet ist. Zur Ermittlung des Risikopotentials kann weiterhin die Methode „Austauschhäufigkeit des Bodenwassers“ berücksichtigt und für die Ermittlung der Risikopotentiale herangezogen werden.

Bevor die mit den benannten Methoden ermittelten Kennwerte zu einer Metamethode „Risikopotentiale“ verknüpft werden, erfolgt eine Kennzeichnung der Standorte, die auf Grund einer sehr großen Erosionsgefährdung als ungeeignete Standorte für die Entsorgung organischer Siedlungsabfälle eingestuft werden. Dies gewährleistet, daß nur Standorte hinsichtlich ihrer Filter und Puffereigenschaften bewertet werden, für die dieses Ausschlußkriterium nicht zutrifft. Durch die Verknüpfung der Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schwermetallen und organischen Schadstoffen werden insgesamt vier Eignungsklassen (0-3) ermittelt. Standorte der Eignungsklasse „0“ werden auf Grund zu hoher Gefährdungspotentiale als nicht geeignete Standorte für die Verwertung organischer Siedlungsabfälle eingestuft. Für Standorte der Eignungsstufen „1“ und „2“ werden Standortuntersuchungen angeregt, die vor der Ausbringung durchzuführen sind. Landwirtschaftliche Nutzflächen der Eignungsstufe „3“ weisen sehr gute Bindungseigenschaften und ein geringes Grundwassergefährdungspotential auf. Die Berücksichtigung der Auswaschungsgefährdung ermöglicht unter Einbeziehung von Stoffbilanzen eine Beurteilung der Stofffrachten über den Pfad Boden/Wasser.

Ermittlung von Umsetzungspotentialen

Zur Ermittlung von Umsetzungspotentialen für die organische Substanz sind mit den Auswertungsmethoden „Biologische Aktivität“ und „Bodenkundliche Feuchtestufe“ zwei DV-gestützte Methoden in der Methodenbank des FIS Boden verfügbar. Die Umsetzung organischer Substanz ist in einem mittleren Feuchtebereich optimal, da zu große Feuchte oder zu große Trockenheit die Umsetzung der organischen Substanz vermindert. Dies spiegelt sich in den Bewertungen (0-3, sehr geringe - gute Umsetzung) der Bodenkundlichen Feuchtestufe wider.

Die Ergebnisse weiterer Methoden wie „potentielle Verdichtungsempfindlichkeit“ und „Verschlammungsneigung“ weisen auf mögliche Beeinträchtigungen des Umsetzungspotentials hin und ermöglichen Aussagen zu Nutzungseinschränkungen bzw. Handlungshinweisen.

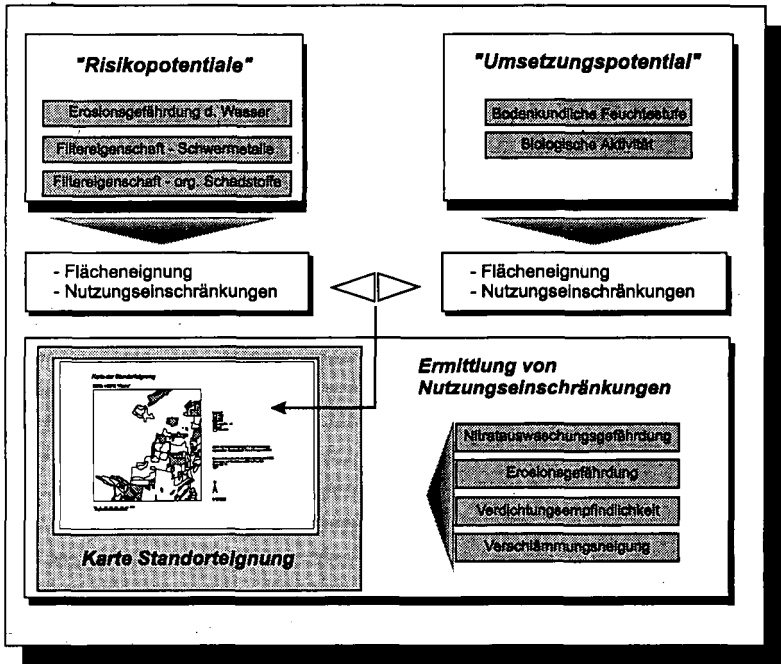


Abb. 1: Ermittlung der Standorteignung für die Entsorgung von organischen Siedlungsabfällen in der Landwirtschaft (Mithöfer 1997)

Die Anwendung dieser Verfahrensschritte liefert neben der Karte der Standorteignung bodenkundlich begründete Aussagen für die landwirtschaftliche Beratung. Die Tatsache, daß die Ermittlung der Ergebnisse nachvollziehbar dokumentiert werden kann, die Methoden standardisiert abgearbeitet werden und vergleichbare Ergebnisse liefern, sind wichtige Aspekte, die hinsichtlich der Akzeptanz der methodengestützten Ausweisung von vorrangig bzw. nachrangig geeigneten landwirtschaftlichen Nutzflächen für die Verwertung organischer Siedlungsabfälle nicht vernachlässigt werden dürfen.

Erst der Einsatz von Datenbanken und Geo-Informationssystemen zur Bearbeitung umfangreicher Datenbestände ermöglicht die Verknüpfung von Einzelergebnissen, die zu einer Gesamtbewertung

der Standorte benötigt werden. Durch die Verwendung digitaler Bodenschätzungsdaten und digitaler Auswertungsmethoden werden wichtige standortbezogene Informationsgrundlagen für eine umweltgerechte Verwertung organischer Siedlungsabfälle bereitgestellt, die in der Praxis der landwirtschaftlichen Beratung verwendet werden können. Die digitale Bearbeitung ermöglicht zudem die Einbindung der Ergebnisse in bereits vorhandene Informationssysteme. Durch ein solches System, das neben Standortbewertungen auch Nähr- und Schadstoffdaten schlagbezogen verwaltet (Feise 1997), kann eine umfassende fachliche Beurteilung gewährleistet werden. Die Möglichkeit der Bereitstellung von Informationen in Form analoger oder digitaler Unterlagen unterstützt gezielt eine effiziente Beratung.

Die Anwendung der Methoden ist prinzipiell in unterschiedlichen Maßstäben möglich. Neben der Bereitstellung von Informationen für konkrete Projektgebiete im Maßstab 1:5000 auf Grundlage von Daten der Bodenschätzung (Mithöfer 1997) eignet sich das Verfahren auch für mittelmaßstäbige Auswertungen im Rahmen von Regionalplanungen oder landesweiten Auswertungen zur Planung und Steuerung von Stoffströmen.

Literatur:

Feise, D. (1997): Konzeption und Aufbau eines GIS-gestützten Abklär-V-Katatsers am Beispiel eines Teilgebietes des LK Göttingen, Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 83, S-287-290

Mithöfer, K. (1997): Bewertung von Standorteigenschaften für Fragen der Entsorgung von organischen Siedlungsabfällen in der Landwirtschaft unter Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS), Dipl.-Arbeit Geogr.-Institut Univ. Hannover (unveröffentlicht)

Müller, U.; Degen, C. & Jürging, C. (1992): Dokumentation zur Methodenbank des Fachinformationssystems Bodenkunde (FIS Boden), Technische Berichte zum NIBIS, H. 3, 5. überarbeitete Auflage

Entwicklung und Eigenschaften von Böden aus Decksand über Geschiebemergel in NE-Mecklenburg

von

SCHRÖDER, D.; SCHNEIDER, R.; KÜHN, P.

I. Einleitung

Auf der Grundmoräne des Mecklenburger Stadiums der Weichsel-Vereisung in Nordost-Mecklenburg kommen verbreitet Böden vor, die nach Kartieranleitung 1994 als Braunerde-Fahlerde mit der Horizontfolge Ah/Bv/Ael/Ael+Bt/Bt/C angesprochen werden.

Das Substrat besteht aus durchschnittlich 4-5 dm Decksand und 6-8 dm Geschiebelehm über Geschiebemergel. Zwischen Decksand und Geschiebelehm befindet sich in der Regel eine Steinanreicherung bzw. Steinsohle.

Im Decksand sind Ah und Bv-Horizont ausgebildet, im Geschiebelehm unter der Steinanreicherung Ael- und Bt-Horizont.

Sowohl die Entstehung des Decksandes einschließlich der Steinsohle als auch die Bodenbildung werden bisher unterschiedlich gedeutet. KOPP (1970) geht davon aus, daß Steinsohle und Decke durch Perstruktion, also periglaziale Entmischungsvorgänge entstanden sind. SCHRÖDER & SCHNEIDER (1996) nehmen an, daß Auswehung und Abspülung nach dem Eistrückzug ein schwach ausgebildetes Steinpflaster hinterlassen haben, das vornehmlich in der Jüngeren Dryas überweht und mit dem Liegenden Kryoturbaat vermischt wurde, so daß der Decksand in Jungmoränengebieten der Hauptlage der Altmoränenflächen und Mittelgebirge entspräche (vgl. BRAUKÄMPER 1990). Weitere Deutungen der Decksandentstehung sind bei BUSSEMER (1994) zusammenfassend dargestellt.

Die Entstehung der Ael- und Bt-Horizonte stellt REUTER (1990) ins Altantikum; den Bv-Horizont sieht er als Überprägung des Ael im Subatlantikum an. SCHRÖDER & SCHNEIDER (1996) stellen hingegen die Lessivierung zumindest überwiegend in die Erwärmungsphasen des Spätglazials und sehen die Verbraunung als weitgehend holozäne Bodenbildung in der aus umgelagertem Material bestehenden Hauptlage an.

Weitere Hinweise zu spätglazialer Tonverlagerung finden sich u.a. bei ALTERMANN et al. (1995); BARGON et al. (1971); BUCH et al. (1990); HARTWICH et al. (1975); JERZ (1982); KOWALKOWSKI (1967); SEMMEL et al. (1966); VANVLIET-LANOË (1990); WICHTMANN (1981).

Die nachfolgend mitgeteilten Untersuchungsergebnisse sollen dazu beitragen, die Prozesse der Substrat- und Bodenbildung nach dem Eistrückzug zu erhellen.

II. Standorte und Methoden

Die untersuchten Böden liegen am Südrand des Mecklenburger Stadiums auf flach welliger Grundmoräne in der Umgebung von Dargun. Das Gebiet wurde etwa 13.500 b.p. eisfrei (JANKE, 1996). Steinanreicherung (bzw. Steinsohle) und Decksand sind großflächig verbreitet.

Ermittelt wurden die Korngrößenverteilung, N- und C-Gehalt, die Austauschkapazität, pedogenes und Gesamteisen, sowie bodenphysikalische und mikromorphologische Eigenschaften. Die Methoden sind bei SCHLICHTING, BLUME & STAHR (1995), sowie HARTGE & HORN (1989) beschrieben.

III. Ergebnisse und Diskussion

1. Geländebefunde

Im Untersuchungsgebiet sind klassische Fahlerden kaum verbreitet. Meist ist oberhalb eines Ael-Horizontes im Decksand ein Bv ausgebildet. Der Ael, der selten mächtiger als 10-20 cm ist, wirkt gegenüber dem 60-80 cm mächtigen Bt verkürzt. An der Untergrenze Bv ist häufig eine Steinanreicherung zu finden, in der bisher im Gegensatz zu den älteren Jungmoränen- und Altmoränengebieten keine Windkanter gefunden wurden.

Faßt man den Bv, wie REUTER (1990), als Entwicklung im Ael auf, wäre der ehemalige Ael etwa genauso mächtig wie der Bt gewesen. Da dies kaum vorstellbar ist, wird angenommen, daß der Ael der Rest eines schon im Spätglazial vorgeprägten und durch Abtrag gekappten Horizontes ist, während sich der Bv im in der Jüngeren Dryas überwehten und kryoturbar mit dem Ael vermischten Decksand im Holozän gebildet hat.

2. Bodenphysikalische Eigenschaften und Korngrößenverteilung

Die bodenphysikalischen Eigenschaften (siehe Tab. 1) lassen die Krumbasisverdichtung dieser Ackerböden im Bv erkennen. Ihre relativ hohe nFK läßt sie wertvoller erscheinen, als sie durch die Bodenschätzung (ca. 35 Punkte) eingestuft wurden.

Tab. 1: Mittelwerte ausgewählter bodenphysikalischer Kenndaten (n=7: Ap,Bv,Ael; n=3: Bt)

Stand.	Horiz.	Tiefe (cm)	GPV		P>50 µm				50- 10 (Vol. %)				10-0.2				<0.2 µm				Rt (g/cm³)		Ew (MPa)	
			x		s		x		s		x		s		x		s		x		s			
			x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s				
Acker	Ap	0-30	42.9	2.4	13.3	4.3	9.1	2.0	14.9	2.3	5.6	1.9	1.52	0.06	1.71	0.59								
	Bv	30-45	36.8	1.6	9.8	2.0	8.3	1.7	13.1	2.0	5.6	2.3	1.68	0.05	3.11	0.88								
	Ael	45-70	40.3	2.8	11.9	2.6	8.5	3.1	13.4	3.2	6.4	5.0	1.59	0.07	1.95	0.68								
	Bt	>70	40.3	5.2	8.0	0.6	5.0	1.6	16.6	5.6	10.6	0.5	1.69	0.04	2.39	0.85								

Die erhöhten Schluffgehalte im Ah und Bv (siehe Tab. 2) belegen in einem Drittel der Profile einen deutlichen äolischen Anteil im Decksand, variieren von Profil zu Profil jedoch erheblich. HELBIG (1997) gelangt bei einer weitaus größeren Anzahl untersuchter Profile nördlich der Pommerschen Eisrandlage zu dem gleichen Ergebnis. Die Einzelwerte in den jeweiligen Profilen deuten ebenfalls eine Schichtgrenze zwischen Decksand und Geschiebelehm an. Auch der gegenüber dem Ael erhöhte Tongehalt im Ah und Bv kann durch äolischen Eintrag und/oder durch Tonneubildung erklärt werden. Wenn der erhöhte Tongehalt auf (durch veränderte bodengenetiche Bedingungen im Subatlantikum) Verwitterung im ehemaligen Ael beruhen würde, müßte diese aber den gesamten Ael erfaßt haben, und es müßten zum großen Teil die lessivierten Böden in Mitteleuropa diese Erscheinung aufweisen, d.h. es gäbe überwiegend Braunerde-Lessives. Weiterhin stellt sich die Frage, ob die Zeit im Subatlantikum ausreichte, um aus einem kalkfreien basenarmen Ael etwa 2,5% Ton neuzubilden, wenn die Bodengenese wie bei REUTER (1990) angenommen wird.

Tab. 2. Prozentuale Korngrößenverteilung (Mittelwerte; n=6)

Horiz.	T	Gewichtsprozent								Standardabweichung								B.-art
		fU	mU	gU	fS	mS	gS	T	fU	mU	gU	fS	mS	gS	S	U	T	
Ap/Ah	5.9	2.5	6.5	16.1	40.7	24.8	3.8	2.0	0.5	1.0	5.8	1.6	4.7	1.2	69.2	25.0	5.9	Sl2/Su3
Bv	6.1	2.9	6.5	16.7	39.6	23.5	4.7	0.5	1.6	1.1	4.6	2.2	1.9	1.0	67.8	26.1	6.1	Sl2/Su3
Ael	3.7	3.3	6.2	14.8	43.8	24.1	4.1	2.1	0.6	1.0	1.8	5.8	3.4	0.8	72.0	24.3	3.7	Su2
Bt	15.1	3.1	5.8	10.8	39.0	22.7	3.7	3.9	0.8	1.2	1.2	5.8	1.5	0.5	65.4	19.6	15.1	Ls4

3. Bodenchemische Eigenschaften

Der pH-Wert liegt im Decksand bei etwa 5,5 und im Geschiebelehm bei etwa 6,1. Unter Wald liegen die pH-Werte jeweils bei 3,5 und 4,1 (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Mittelwerte ausgewählter bodenchemischer Kenndaten

Standort	Horizont	Tiefe (cm)	pH (CaCl ₂)		C _{org} (Gew.%)		N _t (Gew.%)		C/N
			\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	
Acker (n=7)	Ah	0-30	5,5	0,6	0,81	0,13	0,09	0,06	9.0
	Bv	30-45	5,8	0,5	0,28	0,14	0,05	0,04	
	Ael	45-70	6,1	0,4	0,15	0,04	0,03	0,05	
	Bt	>70	6,1	0,6	0,14	0,02	0,07	0,07	

Unter den bodenchemischen Eigenschaften sollen die bodengenetisch relevanten Eisengehalte hervorgehoben werden (siehe Tab. 4). Der Fe_t-Gehalt ist im Ah und Bv in verschiedenen Einzelprofilen etwas höher als im Ael und kann als Zufuhr frischen Materials gedeutet werden. Der höhere Aktivitätsgrad zeigt, daß der Ah und Bv jünger ist als der Ael und Bt. Hingegen weist ein höherer Fe_d/Fe_t-Quotient im Ah und Bv auf stärkere Verwitterung als im Liegenden hin, obwohl im Bt ein höherer Fe_d/Fe_t-Quotient als im Bv zu erwarten gewesen wäre. Dies kann durch die Zufuhr vorverwitterten Materials im Decksand erklärt werden; möglicherweise auch einen Hinweis auf die Entwicklungsdauer der Böden geben.

Tab. 4: Mittelwerte des Gesamteisens, des pedogenen Eisens und verschiedener Eisenquotienten

Standort	Horiz.	Fe _t (Gew.%)		Fe _o (Gew.%)		Fe _d (Gew.%)		Fe _o /Fe _t		Fe _d /Fe _t	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Acker (n=6)	Ah	0.68	0.04	0.15	0.03	0.37	0.03	0.41	0.06	0.55	0.07
	Bv	0.65	0.03	0.12	0.03	0.33	0.03	0.37	0.07	0.51	0.04
	Ael	0.64	0.07	0.06	0.02	0.24	0.03	0.27	0.05	0.37	0.05
	Bt	1.51	0.34	0.11	0.02	0.65	0.14	0.17	0.02	0.43	0.03

4. Mikromorphologie

Erste Befunde zeigen in Ael-Horizonten auf Grobsandkörnern häufig silt-clay-cappings, deren Entstehung dem periglazialen Milieu zugeordnet wird (VANVLIET-LANOË, 1985).

Im oberen Bereich einzelner Bt-Horizonte (60-65 cm) ist die hohe Anzahl von horizontal orientierten Rissen und Poren auffällig, in denen zum großen Teil auch Toncutane zu finden sind. Diese horizontal verlaufenden Poren sind nach VANVLIET-LANOË & LANGOHR (1983) auf Eislinsenbildung an der Grenze Auftauboden/Permafrosttafel zurückzuführen. Bei einer großen Anzahl der Cutane ist der Ton schlecht eingeregelt, da bei gekreuzten Polaristoren kaum Auslöschungsbänder zu finden sind. Auch sind die Cutane zum großen Teil von Schluffkörnern durchsetzt. Vereinzelt finden sich in der Nähe der Poren Toncutanbruchstücke (Papules) in der Matrix. Teilweise sind kleinere Poren völlig von Toncutanen mit hohem Schluffanteil ausgefüllt, die als 'Rückzugscutane' bezeichnet werden (FELIX-HENNINGSEN, 1997). Tiefer im Bt (bei etwa 80 cm) ist durchflockter Ton vorhanden, der keine besonderen Doppelbrechungseigenschaften besitzt (ALTEMÜLLER, 1962). Der erhöhte Tongehalt im Bt ist nicht allein durch vertikale Tonverlagerung bedingt, da der durchflockte Ton als synsedimentär abgelagert betrachtet wird. Es finden sich tiefer im Bt auch gut orientierte Toncutane an den Porenwänden.

Die horizontal orientierten Risse und Poren, sowie (teilweise abgerollte) Toncutanbruchstücke in der Nähe der Poren, die Rückzugscutane in kleinen Poren im Bt und die silt-clay-cappings im Ael deuten auf periglazialen Einfluß hin, der zuletzt nur in der Jüngeren Dryas stattgefunden haben kann. Die Toncutanbruchstücke bezeugen eine Tonverlagerung, die stattfand, bevor die Cutane durch den Druck der Eislinsen in die Matrix gepreßt und dabei zerbrochen und abgerollt wurden. Es hat jedoch auch nach der periglazialen Überprägung Tonverlagerung stattgefunden, die durch gut geordnete Toncutane in Poren belegt ist.

5. Zusammenfassung

Die bisher vorliegenden Befunde lassen folgende Deutung zu:

Nach Ablagerung der Grundmoräne des Mecklenburger Stadiums der Weichselvereisung fand im Bölling/Alleröd nach oder gleichzeitig mit der Entkalkung Tonverlagerung statt und führte zur Entwicklung der Fahlerde im Geschiebelehm. In der Jüngeren Dryas wurde der Ah und teilweise der Ael gekappt bzw. periglazial umgeformt. In dem durch äolischen Eintrag, Solimixtion und weitere periglaziale Prozesse in der Jüngeren Dryas entstandenen Decksand, der oft durch eine Steinanreicherung an der Untergrenze gekennzeichnet ist, entwickelte sich im Holozän eine Braunerde. Nach vorliegender Deutung müßten die untersuchten Böden als Braunerde aus Decksand über Fahlerde aus Geschiebelehm mit der Horizontabfolge Ah/Bv/II fAel/II fBt angesprochen werden.

Die Klärung der Frage, inwieweit eine Lessivierung vor und/oder nach der periglazialen Überprägung und/oder eine Tonverlagerung innerhalb der Bt-Horizonte stattgefunden hat, bleibt umfassenderen mikromorphologischen Untersuchungen vorbehalten.

6. Literatur

- ALTEMÜLLER, H.-J. (1962): Beitrag zur mikromorphologischen Differenzierung von durchschlämmter Parabraunerde, Podsol-Braunerde und Humus-Podsol. In: Z. f. Pflanzenern. Düng. Bodenk., 98: 247-258; Weinheim
- ALTERMANN, M. & STEININGER, M. (1995): Exkursion C, Harz. In: Mitt. d. D. Bodenk. Ges., 77: 155-206; Oldenburg
- BARGON, E., FICKEL, W., PLASS, W., REICHMANN, H., SEMMEL, A. & ZAKOSEK, H. (1971): Zur Genese und Nomenklatur braunerde- und parabraunerdeähnlicher Böden in Hessen. In: Notizbl. d. hess. Landesf. Bodenf., 99: 361-372; Wiesbaden
- BRAUKÄMPER, K. (1990): Zur Verbreitung periglazialer Deckschichten in Deutschland. Diss. Bochum, 156 S.
- BUCH, M.W. & ZÖLLER, L. (1990): Gliederung und Thermolumineszenz-Chronologie der Würmlöss im Raum Regensburg. In: Eiszeitalter u. Gegenwart, 40: 63-84; Hannover
- BUSSEMER, S. (1994): Geomorphologische und bodenkundliche Untersuchungen an periglazialen Deckschichten des mittleren und östlichen Barnim. (Berliner Geographische Arbeiten, H. 80). 150 S.; Berlin
- FELIX-HENNINGSSEN, P. (1997): Mündl. Mitteilung
- HARTGE, K.-H. & HORN, R. (1989): Die physikalische Untersuchung von Böden, 2. Aufl.; Stuttgart
- HARTWICH, R.H., JÄGER, K.-D. & KOPP, D. (1975): Bodenkundliche Untersuchungen zur Datierung des fossilen Tierbautensystems von Pisede bei Malchin. In: Wiss. Z. d. Humboldt-Univ. Berlin, Math.-Nat. R., XXIV: 623-639; Berlin
- HELBIG, H. (1997): Mündl. Mitteilung
- JANKE, W. (1996): Landschaftsentwicklung und Formenschatz Mecklenburg-Vorpommerns seit der Weichsel-Eiszeit. In: Z. f. d. Erdkundeunterricht, 48: 495-505; Berlin
- JERZ, H. (1982): Paläoböden in Südbayern (Alpen und Alpenvorland). In: Geol. Jb. Reihe F, Bd. 14: 28-43; Hannover
- KOPP, D. (1970): Kryogene Perstruktion und ihre Beziehung zur Bodenbildung im Moränengebiet. In: RICHTER, H., HAASE, G., LIEBEROTH, I., RUSKE, R., Hrg.: Periglazial - Löß - Paläolithikum im Jungpleistozän der DDR. (Ergänzungsheft Nr. 274 zu Petermanns Geographischen Mitteilungen): 269-279; Gotha
- KOWALKOWSKI, A. (1967): Eigenschaften und Entstehung der Böden auf Sandlöß in den Dalkauer Bergen im Katzegebirge. In: Albrecht Thaer Archiv, 11: 483-501; Berlin
- REUTER, G. (1990): Disharmonische Bodenentwicklung auf glazialen Sedimenten unter dem Einfluß der postglazialen Klima- und Vegetationsentwicklung in Mitteleuropa. In: Ernst-Schlichting-Gedächtniskolloquium, Tagungsband: 69-74; Hohenheim
- ROESCHMANN, G. (1963): Zur Entstehungsgeschichte von Parabraunerden und Pseudogleyen aus Sandlöß südlich von Bremen. In: Neues Jahrbuch Geologisch Paläontologische Abhandlungen, 117: 286-302; Stuttgart
- SCHLICHTING, BLUME & STAHR (1995): Bodenkundliches Praktikum, 2. neubearb. Aufl.; 295 S.; Berlin
- SCHRÖDER, D. & SCHNEIDER, R. (1996): Eigenschaften und spätlaziale/holozäne Entwicklung von Böden unterschiedlicher Nutzung aus Decksand über Geschiebemergel in Nord-Ost-Mecklenburg. In: LANDESAMT f. NATUR u. UMWELT d. LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN, Hrg.: Böden als Zeugen der Landschaftsentwicklung. (Festschrift zum 80. Geburtstag von Prof. Dr. H.E. Stremme): 37-47; Kiel
- SEMMEL, A. & PLASS, W. (1965): Spätkaltzeitliche Umlagerungen in Parabraunerde-Profilen. In: Mitt. d. D. Bodenk. Ges., Bd. 4: 33-40; Oldenburg
- VAN VLIET-LANOË, B. (1985): Frost effects in soils. In: BOARDMAN, J., ed.: Soils and quaternary landscape evolution.: 117-157; Chichester
- VANVLIET-LANOË, B. (1990): The genesis and age of the argillic horizon in Weichselian Loess of Northwestern Europe. In: Quaternary International, 5: 49-56; Oxford
- VANVLIET-LANOË, B. & LANGOHR, R. (1983): Evidence of disturbance of pore ferriargillans in silty soils of Belgium and Northern France. In: BULLOCK, P. & MURPHY, C.P., eds.: Soil micromorphology, Vol. 2: 515-518; Berkhamsted
- WICHTMANN, H. (1981): Bodenphysikalische Untersuchungen zum Nachweis der spätleistozänen Bodenbildung in rheinsch-westfälischen Lößgebieten. In: Z. f. Pflanzenern. Bodenk. 144: 263-275; Weinheim

Klassifizierung Anthropogener Böden

von

SCHWERDTFEGER,G.; URBAN,B.

In der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage (KA 4) werden im Abschnitt 5.7.6 die anthropogenen Veränderungen eines Standortes beschrieben, die die Eigenschaften des Bodens tiefreichend (4 dm) und nachhaltig beeinflussen. Folgende anthropogene Veränderungen des Standortes werden u.a. unterschieden:

- D Entwässerungsmaßnahmen/Dränung
- B Bewässerungsmaßnahmen
- T Profilverändernde Tiefkulturmaßnahmen bei Mineralböden
- H Profilverändernde Maßnahmen bei Moorböden
- O Oberflächenverändernde Maßnahmen: OVT Teil-, OVV Vollversiegelung

Im Abschnitt 5.8.3 werden die durch Großbuchstaben symbolisierten Horizonte beschrieben. Anthropogen entstanden sind:

- E Bodenhorizont aus aufgetragenem Plaggenmaterial
 - R Mischhorizont entstanden durch tiefgreifende bodenmischende Meliorationsmaßnahmen
 - Y Durch Reduktgas geprägter Horizont
- Folgende dem Hauptsymbol vorangestellte Zusatzsymbole dienen zur Charakterisierung anthropogener Eigenschaften:
- b vor E braun bei Plaggenesch aus Grassoden
 - g vor E grau bei Plaggenesch aus Heideplaggen
 - j vor H,C und G für anthropogen umgelagertes Natursubstrat
 - y vor lC,mC und G für anthropogen umgelagertes Kunstsubstrat

Im Abschnitt 5.9.1 sind die in der Bundesrepublik Deutschland verbreiteten Böden zusammengestellt. Sie werden in Abteilungen, Klassen, Bodentypen und Subtypen gegliedert. Subtypen werden nach qualitativen Kriterien oder beim Hinzutreten weiterer Pedogenesen in Varietäten untergliedert. Diese werden nach quantitativen Kriterien weiter in Subvarietäten gegliedert.

In der Klasse (Y 5.9.1.3.1.13) Terrestrische anthropogene Böden (Terrestrische Kultosole) nennt die KA4 folgende Bodentypen:

- YK Kolluvisol
- YE Plaggenesch
- YO Hortisol
- YY Rigosol
- YU Treposol

In der Abteilung 5.9.1.3.2. Semiterrestrische Böden werden als Semiterrestrische Kultosole ohne bodensystematische Zuordnung aufgeführt:

*) FH NON 29556 Suderburg, Herbert-Meyer-Str.8

YE-GG Plaggenesch-Gley
YY-AB Rigosol-Vega
YY-MN Rigosol-Kleimarsch

In der Abteilung 5.9.1.3.4. Moore werden der Klasse der Natürlichen Moore unter 5.9.1.3.4.2. die Kultivierten Moore nachgestellt. Beschrieben sind Fehnkultur, Sanddeckkultur und Sandmischkultur. Bei letzterer werden durch tiefes Pflügen bis 2,5 m der anstehende Torf und der Sand des Untergrundes in schräg liegende Schichten gebracht. Da bei diesem Boden kein mindestens 30 cm mächtiger Torfhorizont mit 30% organischer Substanz mehr vorhanden ist, sollte er dem Treposol als Sonderform zugeordnet werden.

Mit dieser Gliederung sind in der deutschen Bodensystematik die beschriebenen Anthropogenen Böden auf drei Abteilungen aufgeteilt. Für weitere Anthropogene Böden wie Bergbauböden, Bewässerungsböden, Deposole, Versiegelte Böden und einige Reduktosole ist ebenfalls eine Aufteilung auf die drei vorstehenden Abteilungen erforderlich.

Statt dieser Aufteilung auf drei Abteilungen bietet sich eine Zusammenfassung aller durch menschliche Einwirkungen entstandener Böden in einer neuen Abteilung "Anthropogene Böden" an.

Tab.1 Abteilung Anthropogene Böden

1.Klasse	Terrestrische Kultosole	Kolluvisol, Plaggenesch, Hortisol, Rigosol, Agrosol, Treposol, Nekrosol
2.Klasse	Moorkultosole	Fehn-, Sanddeck- und Sandmischkultur
3.Klasse	Bergbauböden	Bergen, Kippen und Spülfelder des Erz-, Stein- und Braunkohlebergbaus
4.Klasse	Deposole	natürliches Substrat, Haus- und Werkmüll
5.Klasse	Versiegelte Böden	Vollversiegelte Böden mit Bodenaustausch und Dränung, Teilversiegelte Böden
6.Klasse	Bewässerungsböden	Rieselwiesen, Reisböden, Sportflächen
7.Klasse	Reduktosole	soweit durch menschlichen Einfluß entstandene Norm-, Roh- und Fahlreduktosole

Alle Terrestrischen Kultosole sind durch menschliche Eingriffe für eine land- und gartenbauwirtschaftliche Nutzung erheblich verändert worden. Die Mehrzahl der in Mitteleuropa vorkommenden Kolluvisole sind durch Erosionen nach Waldrodung oder Vergrößerung der Ackerflächen entstanden. Plaggenböden finden sich nur in einem eng begrenzten Gebiet Nordwesteuropas, in dem über Jahrhunderte mit einer Einstreu aus Heide- und Grasplaggen gearbeitet worden ist. Auch

der Hortisol geht auf eine sehr langjährige Nutzung als Gartenböden zurück. Rigosole kommen unter alten Rebflächen vor, bei denen vor einer Neuanlage mit dem Rigolen eine Bodenverbesserung möglich war.

Beim Agrosol ist diese Steigerung der Bodenfruchtbarkeit vor allem auf leichten Sandböden durch Humusanreicherung und Vertiefung der Ackerkrume auf mindestens 30 cm erreicht worden. Durch tiefwurzelnde Hauptkultur- und Zwischenfruchtpflanzen ist unter einem voll ausgebildeten Agrosol auch der Unterboden für die Wasser- und Nährstoffversorgung der Erntefrüchte von Bedeutung. Albert Schultz-Lupitz hat auf seinem Betrieb in der Altmark das ertragssichernde "Lupitzer" Wirtschaftssystem entwickelt (GÄDE, 1993). In dieser niederschlagsarmen Landschaft ist eine ausreichende Wasserversorgung der Kulturpflanzen nur aus einem tieferen Wurzelraum möglich. Dieser fehlt auch bei einem Podsolprofil. Aus diesen flachgründigen Ackerflächen sind durch Tiefpflügen Treposole entstanden, die vor allem für Kartoffel- und Maisanbau geeignet sind.

Fehn- und Sanddeckkultur sind zunächst in Handarbeit ausgeführt worden. Diese wurde vor einigen Jahrzehnten durch die Rahtjensche Kuhlmaschine ergänzt. Da seit längerem alle abgetorften Flächen vom Naturschutz für die Renaturierung beansprucht werden, entstehen heute keine Moorkultosole im engeren Sinne mehr. Es bleibt abzuwarten, ob aus den renaturierten Flächen wieder naturnahe Moore oder eine neue Sonderform der Moorkultosole werden.

Bergbauböden sind in den Gebieten des Untertageabbaus durch die Ablagerung von Bergematerial entstanden. Deren Substratzusammensetzung ist so mannigfaltig, daß für eine systematische Gliederung Unterklassen erforderlich werden. Gleiches gilt für die aus Tagebauen entstandenen Kippen (WÜNSCHE, 1995). Bei der Aufarbeitung von Erzen im Flotationsverfahren sind die anfallenden Schlämme auf Spülfeldern ausgebracht worden. Die hieraus entstandenen Böden haben in ihrer Horizontfolge einen sehr engen Wechsel.

Die eigentlichen Deposole müssen heute auch in mehrere Unterklassen gegliedert werden. Nur so können die älteren Deponien mit Sickerwasserabfluß ins Grundwasser von voll gedichteten getrennt werden. Bei diesen ist eine systematische Unterscheidung nach Art und Material der Dichtung erforderlich. Auf vielen Deponien ist heute eine unterirdische Vollversiegelung vorhanden.

In der Klasse der Versiegelten Böden ist die Oberflächenversiegelung systematisch zu trennen und in Voll- und Teilversiegelung zu untergliedern. Bei sprunghaft zunehmenden Flächenanteilen ist bisher auf bodenkundlichem Gebiet noch ein großer Nachholbedarf vorhanden.

Bewässerungsböden sind seit vielen Jahrhunderten auf Hangbewässerungen in den Alpen und ihren Randgebirgen entstanden. Im mitteleuropäischen Flachland hatten Rieselwiesen im vorigen Jahrhundert eine weite Verbreitung. Durch wiederholtes Nacharbeiten der Rieselbeete sind hier stark wechselnde, horizontreiche Profile entstanden.

Zu den Reduktosolen ist auf der diesjährigen Tagung der DBG in Konstanz ein grundsätzliches Referat vorgetragen worden. Die durch sauerstofffreie Gase entstandenen Vulkanreduktosole gehören nicht zu den Anthropogenen Böden.

Die Klassifizierung Anthropogener Böden bedarf in der deutschen

Bodensystematik einer offenen Diskussion.

Neben einer umfassenden und übersichtlichen Gliederung ist die internationale Vergleichbarkeit ein wichtiges Ziel. Hierzu ist 1994 mit dem Entwurf einer Weltbezugsebene ein wichtiger Schritt gemacht worden.

Anthrosols in der WRS

Die 1988 erstellte revidierte Legende der FAO-Weltbodenkarte enthielt erstmalig eine Hauptboden­gruppe Anthrosols. Diese systematische Einheit (major soil group) ist auch im Entwurf der WRB (World Reference Base for Soil Resources) enthalten. Diese Böden müssen einen mindestens 50 cm mächtigen "anthric"-Horizont haben. Neben diesem durch menschliche Einwirkungen entstandenen diagnostischen Horizont können andere Horizonte mit nachgeordneter Bedeutung vorhanden sein.

Eine für die Ansprache dieser Horizonte wichtige Eigenschaft ist ihre organische Substanz. Die gängige Humusformenansprache von Waldböden ist für Grünland- und Ackerböden nicht anwendbar (BEYER, 1996).

Literatur:

- AG Boden: Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl., Hannover, 1994.
BEYER, L.: Humusformen und -typen. Handbuch der Bodenkunde, 2.2.1, 1-20. ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech, 1996.
IBG, ISRIC, FAO: World Reference Base for Soil Resources (WRB), Draft, Wageningen/Rom, 1994.
GÄDE, H.: Albert Schultz-Lupitz (1831-1899) Lebenswerk und Vermächtnis eines deutschen Sandbodenpioniers und Mitbegründers der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG). Herausgeber: Deutsche Saatveredelung, Lippstadt, 1993.
KOSSE, A.: Anthrosols: Proposals for a new soil order. Berichte XIII Congress der IBG, Hamburg, Band III, 1175, 1986.
KUNTZE, H., G. ROESCHMANN u. G. SCHWERTFEGER: Bodenkunde, 5. Aufl., Verlag Ulmer, Stuttgart, 1994.
SCHRAFS, W.G.; Zur Systematik anthropogener Böden im Ruhrgebiet. Mittlg. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 59/II, 981-982, 1989.
SCHWERTFEGER, G. u. B. URBAN: Moore und Histosols - Vergleich der bodenkundlichen Systematik. Mittlg. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 76/II, 1193 -1196, 1995.
SOIL SURVEY STAFF: Keys to Soil Taxonomy, 7. ed., USDA, Washington, 1997.
URBAN, B.: Exkursionsführer Schmarbeck, Reddingen, Wietzendorf. 17. Tagung der Deutschen Landeskulturgesellschaft in Suderburg, 11. September 1996.
WÜNSCHE, M.: Kippenböden, Rekultivierung und Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft im Braunkohlerevier Westsachsens. Sonderheft HTWK Leipzig "Zukunft Südraum Leipzig", 2. Jahrgang, 21-30, Leipzig, 1995.

Laterale Podsolierung - ein pedogenetischer Prozeß auf der Landschaftsebene

von

SOMMER, M.; GEISINGER, C.; HALM, D.; STAHR, K.

Zwei Einzugsgebiete im kühl-perhumiden Schwarzwald (Niederschlag \approx 2000 mm, Abfluß \approx 1400 mm, davon 25-30% als interflow) wurden ausgewählt, um Podsolierungsprozesse auf der Landschaftsebene zu untersuchen. Die Kartiererergebnisse im Buntsandsteingebiet (S) und im Granitgebiet (G) zeigen ein ähnliches, regelhaftes Bodenmuster: Oberhänge sind durch Podsole sehr mächtiger Ae- (max. 75 cm) und geringmächtiger Bhs-Horizonte (max. 15 cm) gekennzeichnet, während sich hangabwärts das Verhältnis umkehrt: mächtige Bhs (max. 70 cm) unterlagern geringmächtige Ahe-Horizonte (max. 10 cm). Die räumliche Variabilität der Mächtigkeitsverhältnisse Bs:Ae wird aus Abb.1 ersichtlich. Das Bodenmuster kann als Kombination von "Ae-Podsolen" am Ober- und "Bs-Podsolen" am Mittel-/Unterhang charakterisiert werden.

Der Stoffbestand der Böden (je) einer repräsentativen Catena (G: 3 Peda; S: 6 Peda) unterstützt den morphologischen Befund. Sowohl die Gehalte (Tiefenfunktionen, s. Abb. 2 und 3) als auch die Mengen (mol m^{-2} Profiltiefe⁻¹) nehmen hangabwärts zu: Im Oberhangbereich (G: n=1 / S: n=4) liegen die Mengen an Fe_o (G: 2.5 / S: 18.8), Fe_d (34.9/48.5), Al_o (15.9/47.1), Mn_d (0.3/0.4) und C_t im Mineralboden (6.5/7.8 kg m⁻²) deutlich unter denen der Böden der Unterhänge (G: n=1 / S: n=2): Fe_o: 36.9/51.9, Fe_d: 85.8/99.3, Al_o: 111.2/85.6, Mn_d: 0.6/1.0 (alle in mol m⁻²) und C_t: 16.3/9.8 (in kg m⁻²). Wahrscheinliche Ursache für die Immobilisierung ist ein Anstieg der pH-Werte und Fe_t - Gehalte der Ausgangsgesteine (periglaziäre Beimischung Fe- und basenreicherer Gesteine in den untersten Catenagliedern - G: Granitporphyr; S: smcl-Konglomerat, smb-Tonstein).

Morphologische und pedochemische Befunde lassen den Schluß einer Abreicherung am Oberhang und einer - je nach Element relativen oder absoluten - Akkumulation hangabwärts zu. Dies konnte durch Bilanzrechnungen im Buntsandsteingebiet bestätigt werden. Das Muster der Ab- und Anreicherungen wird als **laterale Podsolierung** interpretiert, die durch eine (vertikale und laterale) Eluviation am Ober- und eine (laterale) Illuviation am Unterhang charakterisiert ist. Die Podsole in diesen Catenen sind mithin durch laterale Verlagerungen von Humus, Fe, Mn und Al (Interpedon-Translokationen) pedogenetisch und ökologisch miteinander verknüpft (= Translokations-Catenen nach SOMMER & SCHLICHTING, 1997).

Literatur:

SOMMER, M. & E. SCHLICHTING (1997) : Archetypes of catenas in respect to matter - a concept for structuring and grouping catenas. *Geoderma* 76: 1-33.

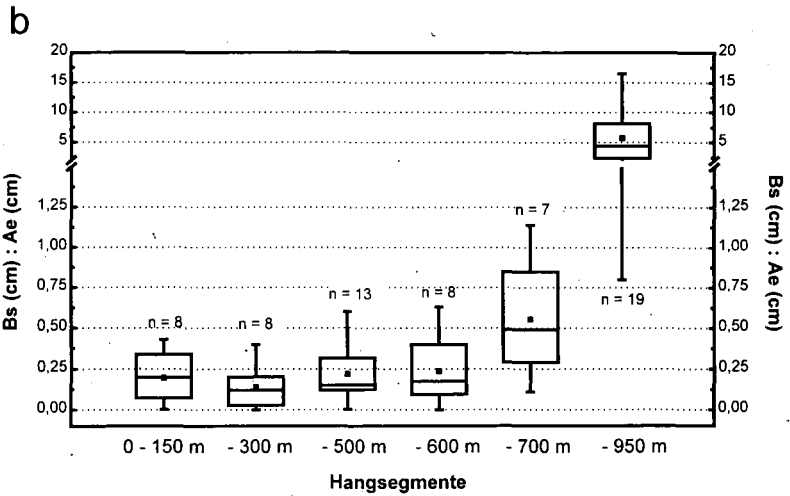
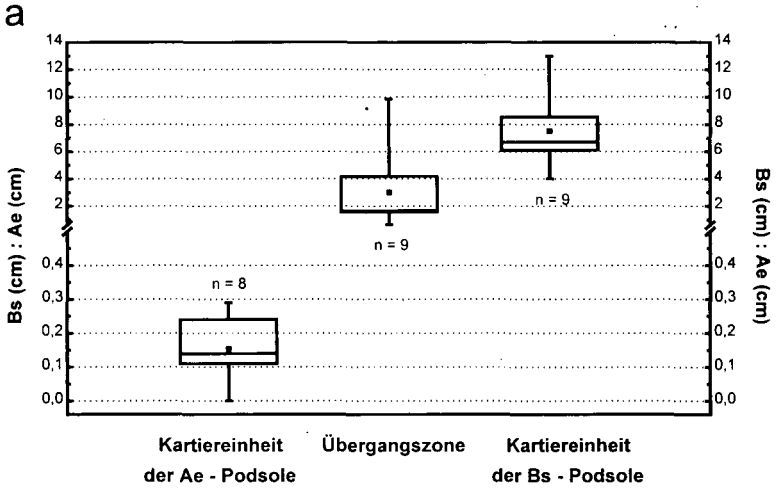


Abb.1: Mächtigkeitsverhältnisse der Bs:Ae-Horizonte von Podsoilen in der Granit-(a) und der Sandstein-Catena (b); boxplots mit 5-, 25-, 50-, 75-, 95-Perzentil, sowie Mittelwert (ausgefülltes Quadrat)

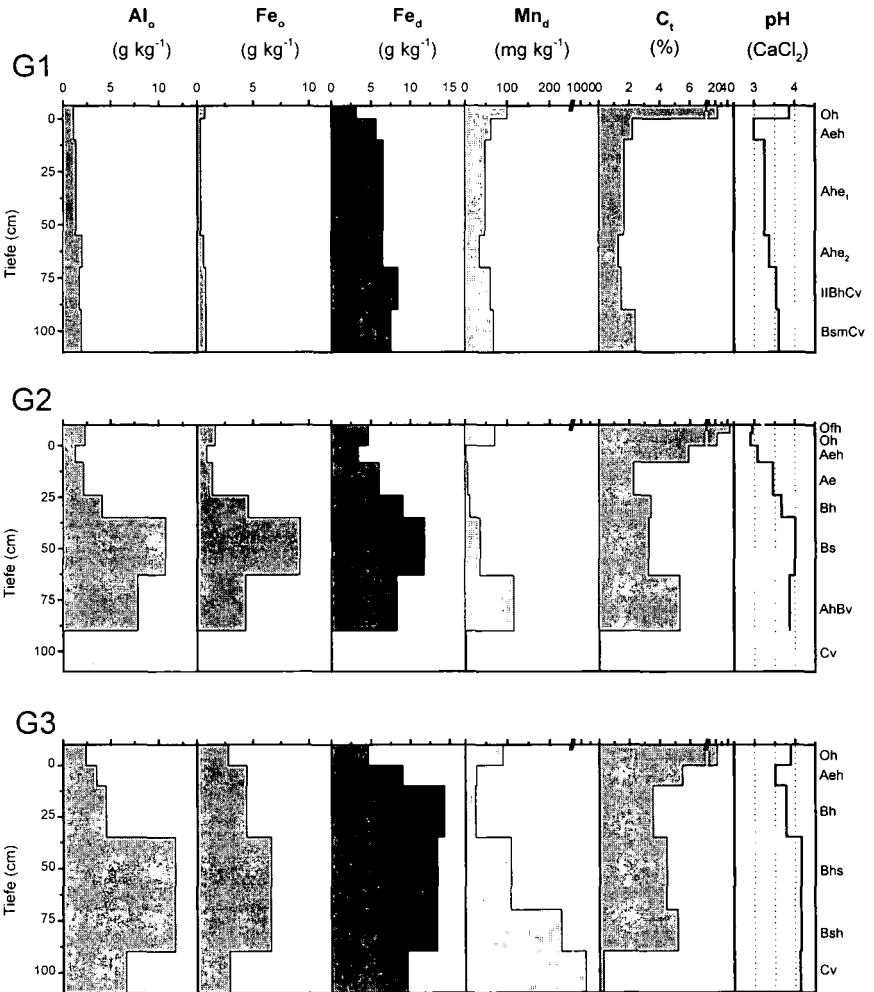


Abb. 2: Tiefenfunktionen der Al_o , Fe_o , Fe_d (alle in $g\ kg^{-1}$), Mn_d (in ppm), C_t (in %) und pH-Werte (in $CaCl_2$) der Granit-Catena (G1 = Oberhang, G2 = Mittelhang, G3 = Unterhang)

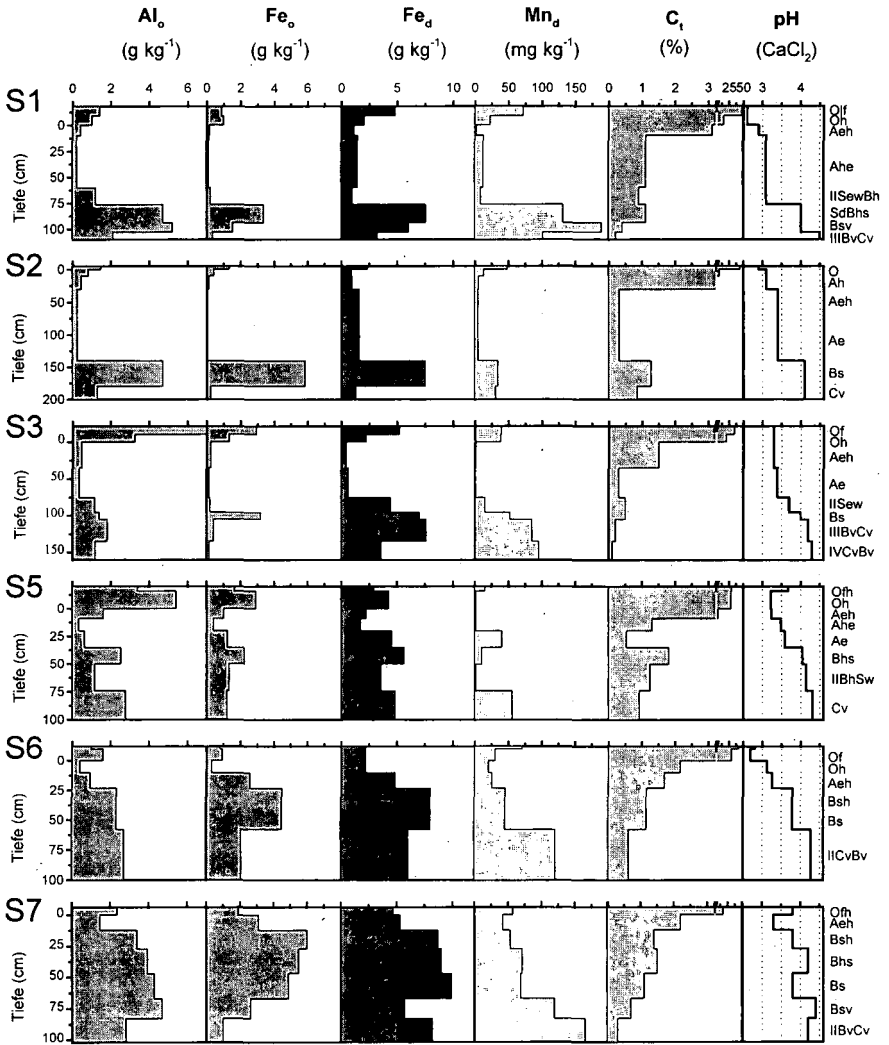


Abb. 3: Tiefenfunktionen der Al_0 , Fe_0 , Fe_d (alle in $g\ kg^{-1}$), Mn_d (in ppm), C_t (in %) und pH-Werte (in $CaCl_2$) der Böden der Sandstein-Catena (S1 → S7 = Abfolge von Ober- nach Unterhang)

Nutzung der MMK und des DGM zur Einschätzung der potentiellen Wassererosionsgefährdung

von

STEININGER, M.; ALTERMANN, M.

1. Einleitung

Eine nachhaltige Landnutzung muß den Schutz der Ressource Boden gewährleisten. Bodenschutz erfordert ein auf Standortparametern basierendes Standortmanagement. Der Rückgriff auf vorhandenes und älteres standortkundliches Kartenmaterial sowie deren Ergänzung und Koppelung mit neuen Daten ist für die Lösung von bodenschutzrelevanten Aufgabenstellungen unbedingt notwendig. Als einheitliche standortkundliche Datenbasis für das Gebiet der neuen Bundesländer ist die flächendeckend vorliegende MMK auch weiterhin eine wesentliche Grundlage zur Entscheidungsfindung.

Die Arbeiten hatten das Ziel, durch eine GIS-gestützte Auswertung von Daten der MMK und Einbindung von neu verfügbaren Reliefdaten des digitalen Geländemodells (DGM) die flächenbezogene bodenökologische Aussage zu erhöhen. Des weiteren wurde ein Vergleich zur Eignung unterschiedlicher Digitalisier- und Bewertungsverfahren durchgeführt.

2. Material und Methoden

Es wurde auf folgende Datenbestände zurückgegriffen:

- MMK: Digitalisierte Arbeitskarte i.M. 1:25000 Beispielblatt Halle (Nord) Mbl 4437 (Altdigitalisierung Stand 1980), Kartengrundlage Topographische Karte (Normalblattschnitt)
-Datenbereitstellung: Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt- [1]
Neudigitalisierung des Beispielsblattes (1996) [2]
- DGM: Rasterweite 40 m, Kartengrundlage Topographische Karte (Ausgabe Staat, 1:10.000)
-Datenbereitstellung: Landesamt für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt- [3]

Die bis 1980 durchgeführte Digitalisierung (MMK-Daten [1]) hatte im wesentlichen das Ziel, die Flächengröße der einzelnen Kartierungseinheiten zu ermitteln. Entsprechend dem damaligen Stand der Technik wurden die Kartierungseinheiten durch geradlinig verlaufende Polygone begrenzt. Diese Polygone sind mit den ausgegrenzten Arealen nicht deckungsgleich, widerspiegeln jedoch weitestgehend die Größe der jeweiligen Kartierungseinheit. Um diesen Nachteil auszugleichen, wurde das Beispielblatt Halle (Nord) 1996 erneut digitalisiert (Daten [2]).

¹⁾ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut Agrartechnik und Landeskultur, L.-Wucher-Str. 81, 06108 Halle

²⁾ Büro für Bodenökologie, Bodenschutz, Bodenkartierung, Lichtemannsbreite 10, 06118 Halle

Das digitale Geländemodell basiert auf der topographischen Karte 10.000 (Standardausgabe AS).

Die Hangneigung (HN) wurde flächendeckend mittels eines GIS berechnet und die Anteile der HN-Gruppen jedem auskartierten Areal zugeordnet. Die Klassenbildung erfolgte gemäß der MMK-Arbeitsrichtlinie von 1981. (Schmidt, Diemann 1981). Auf der Grundlage definierter Kombinationen der Hangneigungsgruppen wurde für jedes ausgegrenzte Flächenareal der Neigungsflächentyp (NFT) ermittelt, wobei die Einstufung der NFT sowohl nach dem Klassifikationsschema von 1974 (Übersicht 1) als auch nach dem von 1981 erfolgte.

Übersicht 1 : Kriterien für die Klassifikation des Neigungsflächentyps gemäß der Arbeitsrichtlinie von 1974 (Schmidt, Diemann 1974)

NFT	Hangneigungsgruppe				
	0 < 4 %	1 4-9 %	2/3 9-14 %	4/5 14-23 %	6-8 > 23 %
Symbol	Flächenanteile [%]				
01	100	x	-	-	-
02	> 80	≤ 20	x	-	-
03	61-80	21-40	x	-	-
04	21-40	61-80	x	-	-
05	> 80		≤ 20	x	-
06	> 80	≤ 20	x	x	x
07	> 80		≤ 20	x	x
08	> 80		≤ 20		x
09	> 20		21-40	≤ 20	x
10	> 20			21-40	x
11	> 20			21-40	≤ 20
12	> 20			41-60	≤ 20
13	< 40			> 20	> 20

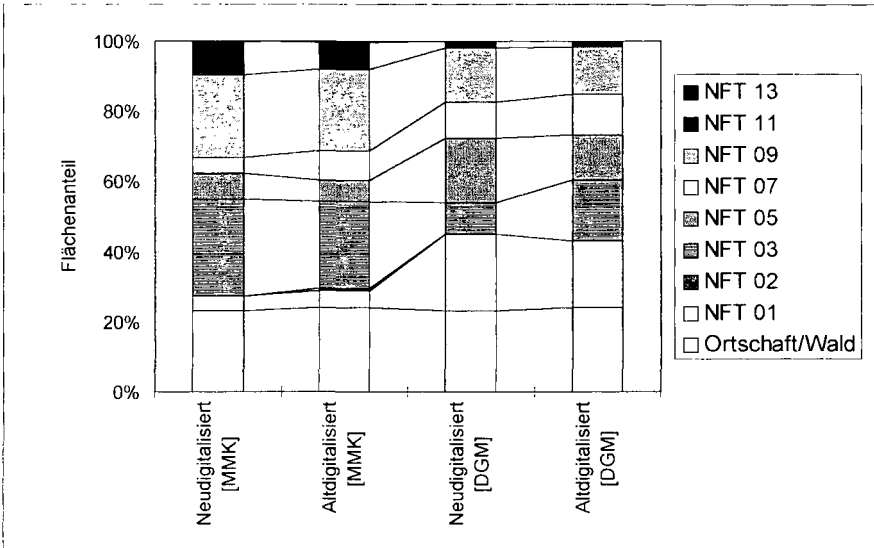
Die potentielle Wassererosionsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Flächen kann nach der „Vergleichsmethode Standort“ (VERMOST) (Thiere u.a. 1991) aus dem Substratflächentyp (SFT) und dem NFT abgeschätzt werden.

3. Ergebnisse

- Die Altdigitalisierung weist einen stark generalisierten Grenzverlauf der Kartierungseinheiten auf. Nachteilig wirkt sich der generalisierte Grenzverlauf bei stark gewellten Konturen für Bestimmungen und Berechnungen auf der Basis von Flächenarealen der Kartierungseinheiten (KE) aus.
- Gegenüber der MMK-Arbeitsrichtlinie, wonach der KE-bezogene NFT für alle Areale einer Kartierungseinheit eines administrativen Kreises durch Abschätzung aus Hangneigungskarten im Maßstab 1:10.000 einheitlich ausgewiesen wird, ist durch die Verschneidung der mittels DGM berechneten Hangneigungskarten und der digitalisierten MMK-Karten eine differenzierte Ausweisung des NFT für jede ausgegrenzte Fläche realisierbar.

- Bei den arealbezogenen Flächenauswertungen der NFT werden deutliche Unterschiede zwischen den Angaben aus den Dokumentationsblättern der MMK sowie den mittels DGM ermittelten NFT sichtbar (siehe Abb. 1).

Abb. 1 Vergleich der Flächenanteile der Neigungsflächentypen landwirtschaftlich genutzter Flächen bei Auswertung unterschiedlicher Datengrundlagen (Beispielblatt Halle (Nord) Mbl 4437)



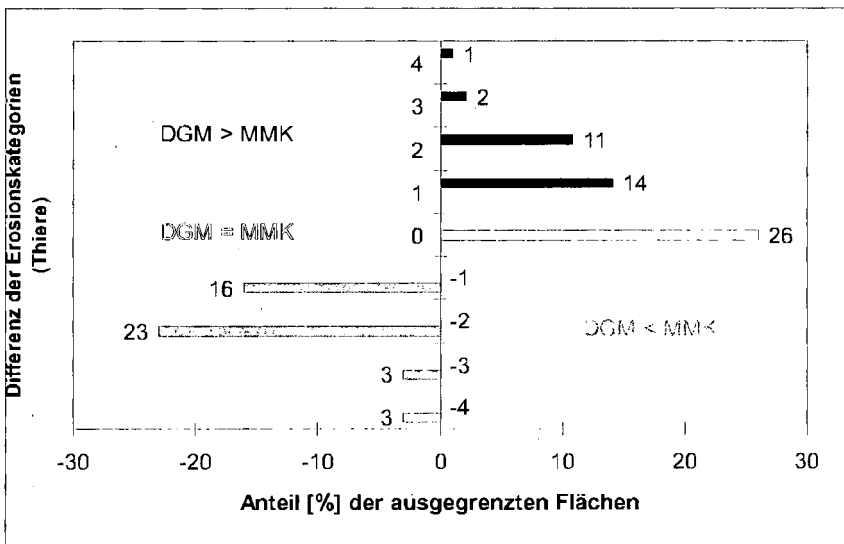
- Bei der Einstufung der NFT wurden eine sehr gute Anpassung mit dem Klassifikationschema aus der Arbeitsrichtlinie von 1974 erzielt. Dahingehend ist das vereinfachte Schema der Arbeitsrichtlinie von 1981 zu grob.
- Die durch Nutzung des DGM erreichte flächenbezogene Differenzierung des NFT bewirkt bei der Abschätzung der potentiellen Wassererosionsgefährdung aus den MMK-Daten eine wesentliche Qualifizierung der Aussagen (Abb. 2), wobei die analogen Tendenzen wie beim NFT festzustellen sind.

4. Schlußfolgerungen

- Die Entscheidung zur Verwendung der Altdigitalisierung oder für die Neudigitalisierung der MMK hängt im wesentlichen vom geplanten Bewertungsmaßstab ab. Im Maßstabbereich 1:100.000 ist die Verwendung der Altdigitalisierung durchaus vertretbar.
- Für die Verwendung im mittelmaßstäbigen Skalenbereich ist eine Neudigitalisierung der MMK angeraten, wobei für diese Anforderungen und Zielstellungen die Aussagefähigkeit der MMK-Daten sowie deren Ergänzung geprüft und gegebenenfalls durchgeführt werden muß.

- Die Einbindung digitaler Datenbestände, wie sie von den Landesvermessungsämtern derzeit bereitgestellt werden, ist realisierbar und ermöglicht für die Hangneigung (Hangneigungsflächentyp) eine Qualifizierung der vorhandenen MMK-Datenbestände.
- Die definierten Hangneigungsflächentypen nach den Anteilen der Hangneigungsgruppen müssen bei der Anwendung des DGM stärker als bisher differenziert werden. Damit können die Neignungsverhältnisse arealbezogen - also innerhalb einer MMK-Kartierungseinheit differenziert - ausgewiesen werden.
- Bei Verschneidung der MMK-Unterlagen (Substratflächentyp) mit dem DGM kann die potentielle Wassererosionsgefährdung arealbezogen - also innerhalb einer MMK-Kartierungseinheit differenziert - ermittelt werden.

Abb. 2: Vergleich der Flächeneinstufung in die Erosionskategorien nach MMK-Karte und Berechnung mittels DGM (Datengrundlage: Neudigitalisierung)



Literatur

SCHMIDT, R. und DIEMANN, R., 1974 und 1981: Erläuterung zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK). - Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften/ Bereich Bodenkunde/Fernerkundung Eberswalde.

THIERE, J; ALTERMANN, M.; LIEBEROTH, I. und RAU, D. 1991: Zur Beurteilung landwirtschaftlicher Nutzflächen nach technologisch wirksamen Standortbedingungen. - In: Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkunde, Berlin, 35 (1991) Heft 3, S. 171-183.

Zur Wirkung von Stäuben aus dem Kalkwerk Rüdersdorf auf die Entwicklung von Sand-Braunpodsolon unter Wald

von

STROHBACH, B.

Problemstellung

Die flächenhaft dominierenden Sandböden des pleistozän geprägten Tieflandes sind durch Basenverarmung und Versauerung gekennzeichnet. So entwickelten sich unter Kiefernbeständen vorwiegend Podsole und Braunerde-Podsole. Für die Durchführung des Waldumbauprogrammes in Brandenburg scheinen Kalkungen deshalb unerlässlich zu sein. Die in der Vergangenheit durchgeführten umfangreichen Kalkungsversuche in Kiefernbeständen (Krauß 1992, Renger 1990) sind eher kritisch zu bewerten, da die Boden- und Bestandesentwicklung im Ergebnis von Kalkungen zu einer Reihe unerwünschter Nebenwirkungen führte.

Durch die in Verbindung mit einer anormalen Hochlage des prä-tertiären Untergrundes im Raum Rüdersdorf historisch über einen sehr langen Zeitraum entstandene Kalk- und Zementindustrie ist das Gebiet östlich von Berlin zur Quantifizierung der Langzeitwirkung von Kalken auf die pleistozänen Sandböden gut geeignet. Nach Schroeder (1993) geht der erste nachweisliche Abbau von Rüdersdorfer Kalk auf das Jahr 1254 zurück. 1802 wurden die ersten industriell genutzten Rumford-Öfen eingesetzt. Gegenwärtig werden nach Werksangaben (1993) jährlich ca. 4,1 Mio t Kalkstein gebrochen. Der CaO-Gehalt der Kalksteine liegt zwischen 28,1 % (Mittl. Muschelkalk) und 50 % (Schaumkalk). In den Kalken sind neben MgO auch verschiedene umweltrelevante Elemente enthalten.

Emissionen und Depositionen

Erste Emissionsmessungen liegen aus dem Jahre 1975 vor. Aus den verschiedenen Betriebsteilen wurden pro Jahr ca. 58.083 t Stäube emittiert. Diese Mengen konnten bis 1990 auf 8.173 t/a reduziert werden. Durch Inbetriebnahme eines modernen tato-Ofens sollen die Emissionen ab 1994 unter 1000 t/a liegen. Depositionsmessungen (Einert 1997) in unterschiedlicher Entfernung vom Emittenten (Tab. 1) belegen den Einfluß des Kalkwerkes auf die umliegenden Waldökosysteme.

Tab. 1: Ca-Depositionen (kg/ha*a) und pH-Werte des Niederschlages in unterschiedlicher Entfernung vom Emittenten

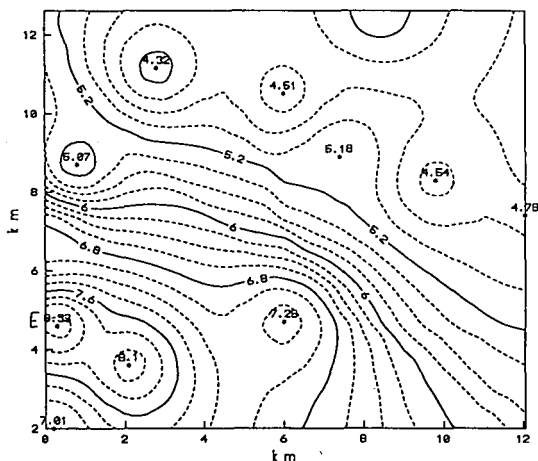
Entfernung in km	Ca		pH	
	Freifläche	BeStand	Freifläche	BeStand
0,5	36,54	79,66	6,75	6,35
7,5	6,0	9,21	5,46	5,43
11,2	6,6	12,18	5,19	5,24
12,8	4,16	5,14	5,44	5,43

Gegenwärtig werden noch ca. 80 kg/ha*a an Kalkstäuben in unmittelbarer Nähe des Werkes in die Kiefernbestände eingetragen. Bereits 12 km westlich von Rüdersdorf überwiegt vermutlich der Einfluß der Stadt Berlin.

Bodenchemischen Eigenschaften

Die bodenchemischen Eigenschaften unterliegen im untersuchten Ost-West-Transekt deutlichen Veränderungen. So ist anhand der räumlichen Verteilung der pH-Werte der Humusaufgaben (Abb. 1) eine Abnahme der Werte von pH 8,33 (am Kalkwerk (E)) zu pH 4,5 (Kiefernbestände 10 km westlich von Rüdersdorf) nachweisbar.

Abb. 1: Räumliche Verteilung der pH (H₂O)- Werte der Humusaufgaben von Kiefernbeständen



Dabei entsprechen pH (H₂O)-Werte < 5,0 den üblichen Aziditätsverhältnissen der Böden in Kiefernreinbeständen des Tieflandes. Ausgelöst werden diese Veränderungen der pH-Werte durch stark erhöhte Kalziumgehalte der Böden. Die Ca-Gesamtgehalte liegen bei 12 % (HNO₃-Druckaufschluß). Die CaCO₃-Gehalte liegen bei 25 %. Unbeeinflusste Sandböden in 12 km Entfernung haben nur noch Ca-Gesamtgehalte von 0,4 % und sind carbonatfrei. Auch die Ca-Vorräte unterscheiden sich grundsätzlich auf den ursprünglich einheitlichen Sand-Braunpodsolon (Tab. 2).

Tab. 2: Bindungsformen und Ca-Vorräte in der Bodenschicht 0-90 cm

Entfernung vom Werk	Flächen-Nr.	lösliches Ca (t/ha)	total Ca (t/ha)	Differenz Ca (t/ha)
0,64 km	12	8,7	108,2	99,5
1,80 km	3	4,3	16,8	12,5
7,10 km	6	1,7	6,6	4,9

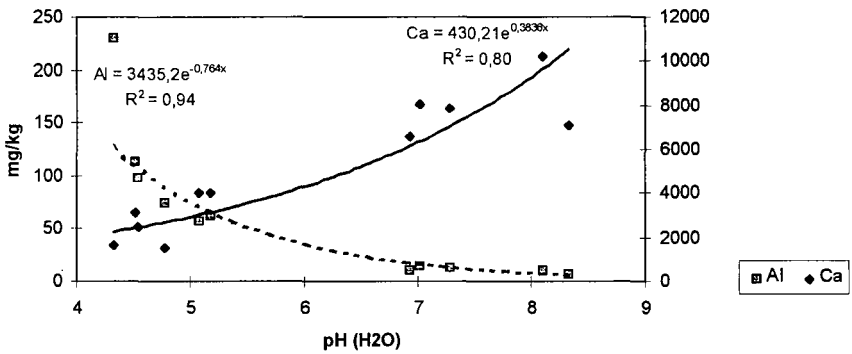
So sind am Kalkwerk in der Bodenschicht von 0 - 90 cm insgesamt 108,2 t/ha Ca fest gebunden. Nur 8,7 t Ca/ha sind davon in pflanzenverfügbarer Form vorhanden. Bereits 1,8 km vom Werk entfernt sinken die Gesamtvräte auf 16,8 t/ha. Hiervon sind 4,3 t Ca/ha pflanzenverfügbar. In Tabelle 3 sind die Manganisumvorräte anhand der 3 Profile dargestellt. Auch hier sind noch deutlich erhöhte Vorräte im Bereich des Kalkwerkes nachweisbar.

Tab. 3: Magnesiumvorräte in der Bodenschicht von 0 - 90 cm

Entfernung vom Werk	Flächen - Nr.	lösliches Mg (kg/ha)	total Mg (kg/ha)	Differenz Mg (kg/ha)
0,64 km	12	215,3	9257,6	9042,3
1,80 km	3	108,0	6470,7	6362,7
7,10 km	6	46,7	4289,1	4242,4

Engräumig entstehen infolge der Kalkstaubeinträge völlig unterschiedliche chemische Ausgangssituationen. So erfolgt ein Wechsel der chemischen Zusammensetzung in der Bodenlösung. Während in den sauren Humusaufgaben der Kiefernwälder überwiegend Al-Ionen (bis 150 mg/kg Boden) nachweisbar sind, nehmen in unmittelbarer Umgebung des Kalkwerkes die Ca-Ionen deutlich zu (Abb. 2).

Abb. 2: Austauschbares Al und Ca der Humusaufgaben als Funktion der pH-Veränderung infolge der Kalkstaubeinträge



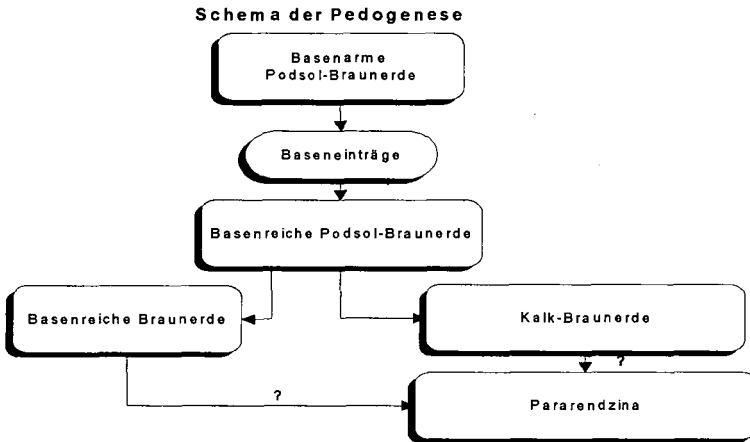
Die bodenchemischen Veränderungen sind sehr nachhaltig, da bei den Böden bis zu einer Tiefe > 100 cm Veränderungen des chemischen Milieus nachweisbar sind. Die vergleichende Betrachtung der pH-Werte (Tab. 4) von unbeeinflussten Sand-Braunpodsolen mit den Böden in der Umgebung des Kalkwerkes verdeutlicht auch diesen Aspekt.

Tab. 4: Tiefenverteilung der pH-Werte (H₂O) in unterschiedlicher Entfernung vom Kalkwerk

Profil	Schicht 1	Schicht 2	Schicht 3	Schicht 4	Schicht 5 > 90 cm
6 (7 km)	4,3	4,4	4,6	4,8	4,9
12 (0,5 km)	8,3	8,27	8,06	8,0	8,06

Auch die morphologischen Merkmale haben sich durch die Fremdstoffeinträge verändert. 12 km westlich des Emitenten wurde am Profil 9 die Horizontfolge eines typischen Braunpodsol (Ol, Of/h, Ahe, Bvs, Cv) angesprochen. Die Sekundär-Kalkböden in der Nähe des Werkes haben die Horizontfolge Ol, Ach, Bhcv, Bhv, Bv, Cv. Mindestens in der Schicht 0-30 cm Bodentiefe ist CaCO₃ (max. 25 %) nachweisbar.

Die für Tieflandstandorte übliche Pedogenese ist infolge der Kalkstaubeinträge unterbrochen und scheint rückläufig zu sein. Folgendes Schema der Bodenentwicklung ist wahrscheinlich im Untersuchungsraum vorhanden:



Dabei ist die Entwicklung bis hin zu Pararendzina ähnlichen Böden eher fraglich.

Diskussion

Parallel zur Bodenentwicklung erfolgt auch eine Veränderung der Fauna (Graefe 1993) und Flora (Heinsdorf u.a.1993). So erfolgt durch eine verstärkte Mineralisierung die Umwandlung der Rohhumusaufgabe. Es entstehen günstige Mull Humusformen mit einer deutlichen Humusanreicherung im kalkhaltigen Mineralboden. Die Waldökosysteme haben sich vom artenarmen Kiefernforst hin zum artenreichen Kiefern-Mischwald entwickelt. Neben der Kiefer sind Bergahorn, Linde, Robinie, Eiche und Ulme in den Beständen vorhanden. In unmittelbarer Nähe des Emittenten ist eine erhöhte Mortalität der Kiefern nachweisbar. Bei der Beurteilung der Zeigerwerte der Krautschicht ist die Uneinheitlichkeit der Entwicklung erkennbar. So haben sich keine typischen Pflanzengesellschaften entwickelt, sondern neben Arten die nur in bodensauren Kiefernforsten (zB. Blaubeere, Drahtschmiele) vorkommen, treten auch ausgesprochene Kalkzeiger auf. Hierzu gehören u.a. Clematis, Leberblümchen, Maiglöckchen, Bärenschoote, Klettenlabkraut.

Im Untersuchungsgebiet sind nachhaltige Veränderungen der Standorte vorhanden, die einen günstigen Einfluß auf die Bodeneigenschaften und das Bodenleben haben. Es muß aber beachtet werden, daß diese Veränderungen zur Herausbildung von völlig anderen Standortsbedingungen geführt haben. Die autochthone Flora und Fauna wurde verdrängt.

Literatur

HEINSDORF, D. und STROHBACH, B. (1993): Gutachten über die Belastung der Waldökosysteme durch gas- und staubförmige Komponenten des Zementwerkes Rüdersdorf im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsprüfung. Abschlußbericht, Im Auftrag der Rüdersdorfer Zement GmbH, 60 S.
RENGER, M.; STAHR, K.; MARSCHNER, B.(1990): Element- und Wasserhaushalt des Bodens. Abschlußbericht zum BallWös-Projekt, S.116-127

Gemeindebezogene Standortinformationen im Agraratlas Sachsen-Anhalt

von

THIERE, J.; DEUMLICH, D.; VÖLKER, L.

1. Zielstellung

Der Agraratlas des Landes Sachsen-Anhalt ist ein im Auftrage des Ministeriums für Raumordnung Landwirtschaft und Umwelt erstelltes Fachgutachten.

Er hat das Ziel, für raumstrukturelle Entscheidungen natürliche und ökonomische Faktoren und Bewertungen in ihrer regionalen Anordnung und Verteilung im Land Sachsen-Anhalt darzustellen. Er ist ein Hilfsmittel die agrarstrukturellen Belange bei zweigübergreifenden Entscheidungen zur Standortnutzung angemessen zu berücksichtigen.

Der Agraratlas umfaßt thematische Karten, Kartenerläuterungen und Tabellen zur Methodik und zu Flächennachweisen.

Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse zum Komplex "Boden" vorgestellt.

2. Datenbasis und methodisches Vorgehen

Die Datenbasis für die Inhalte der Karten-Themen zum Komplex "Boden" sind die gemeindebezogen digitalisierten Kartierungseinheiten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK), die Standortregionaltypen.

Jeder Standortregionaltyp ist neben anderen Merkmalen durch eine Kombination aus Substratflächentyp (SFT), Hydromorphieflächentyp (HFT) und Hangneigungsflächentyp (NFT) sowie durch eine aggregierte Steinigkeitsangabe (EO) gekennzeichnet. Inhaltlich ähnliche Standortregionaltypen sind für ein übergeordnetes Gliederungsniveau zu Standorttypen zusammengefaßt. Diese Kartierungsinhalte liegen den thematischen Karten zugrunde.

Neben den MMK-Daten wurden aus der DABO Datei "GEMDAT" gemeindebezogene Liegenschaftsdaten (Nutzungsarten) und gemeindebezogene Bodenschätzungsdaten (Grünlandanteil nach der Bodenschätzung, mittlere Ackerzahl und und Grünlandzahl) genutzt.

3. Ergebnisse

3.1 Überblick

Zum Komplex "Boden" enthält der Agraratlas folgende gemeindebezogene Themen:

Komponentenkarten

- Karte 12 - Geologische Substratherkünfte
- Karte 13 - Gemeindebezogene Hangneignungsverhältnisse
- Karte 14 - Gemeindebezogene Hydromorphieverhältnisse
- Karte 15 - Gemeindebezogene Steinigkeitsverhältnisse/Beurteilungskarten
- Karte 16 - Bodenbedingte Anbaueignung
- Karte 17 - Substratbedingte Bewirtschaftungseignung
- Karte 18 - Gemeindebezogene potentielle Wassererosionsgefährdung
- Karte 19 - Gemeindebezogene potentielle Winderosionsgefährdung

- Karte 2 - Mittlere Ackerzahl der Gemeinden
 Karte 3 - Mittlere Grünlandzahl der Gemeinden

Als quantitative Ergänzung zum Kartenbild werden die absolute und relative Häufigkeit (Anzahl von Gemeinden) in Legendeneinheiten und der relative Flächenanteil von Beurteilungsklassen bezogen auf das Land Sachsen-Anhalt und bezogen auf Gebiete mit vergleichbaren geologischen Substratherkünften tabellarisch angegeben.

3.2 Beispiele

Karte 12 Geologische Substratherkünfte (GEH)

Die Karte stellt die bestimmenden geologischen Herkünfte der landwirtschaftlich genutzten Bodensubstrate gemeindebezogen dar.

Die in den Standorttypen der MMK enthaltene Information über die geologische Herkunft der Bodensubstrate wird für die Bildung der Legendeneinheiten genutzt.

Dabei bedeuten:

- DS - sandbestimmte diluviale (pleistozäne) Substrate
- DL - lehmbestimmte diluviale (pleistozäne) Substrate
- DC - sandlöbbeeinflusste diluviale (pleistozäne) Substrate
- AL - alluviale (holozäne) Auensubstrate
- LÖ - Lößsubstrate
- V, K - Verwitterungssubstrate aus Festgesteinen und Kippensubstrate
- MO - flach- und tiefgründige Torfsubstrate

Die Karte "Geologische Substratherkünfte" gibt eine aggregierte Übersichtsinformation über wichtige gebietliche Differenzierungen nach dem geogenen Charakter der Bodensubstrate.

Die geologische Herkunft der Bodensubstrate bestimmt in starkem Maße Ausprägung und Nutzungseigenschaften der Böden.

Legendeneinheiten für geologische Substratherkünfte (GEH)

Legendeneinheit	bestimmende GEH	Kurzcharakteristik	Gemeinden	
			absolut n	relativ %
1	DS	> 40% D1-D3 (a,b)	220	16,9
2	DL	> 40% D4-D6 (a,b)	179	13,7
3	DC	> 40% D3-D6 (c)	104	8,0
4	AL	> 40% A11-A13 (a,b,c)	167	12,8
5	Lö	> 40% L01-L06 (a,b,c,d)	524	40,1
6	V,K	> 40 % V1-V9 (a,b,c) K1-K3 (a,b,c)	103	7,9
7	Mo	> 40% Mo1-Mo2 (b,c)	5	0,4
keine Angaben			3	0,2
Land insgesamt			1305	100

Innerhalb der geologischen Substratherkünfte werden die Substratverhältnisse durch Flächentypen (SFT) weiter differenziert.

Relativer Flächenanteil bestimmender Substratflächentypen (SFT) der MMK im Land Sachsen-Anhalt innerhalb geologischer Substratherkünfte (GEH)

GEH		SFT Bezeichnung	%LN	
SFT-Nr.			GEH	Sachsen-Anhalt
DS	01	Sand	50	16
	03	Sand mit Tieflehm	14	8
	02	Anlehmsand	10	2
DL	12	Tieflehm	51	14
	23	Decklehmsand und Lehmsandtieflehm	11	7
	15	Lehm und Tieflehm	9	2
DC	24	Decksandlöß	36	7
	27	Sandlößtieflehm	31	3
	22	Decklehmsand	15	2
AI	48	Auenlehm	34	17
	46	Deckauenehm mit Lehm	9	6
	54	Auenton mit Deckauton	9	1
Lö	61	Löß	74	35
	60	Lößtieflehm	8	26
	66	Löß mit Berglehm	6	3
V, K	80	Berglehm aus Karbonatgestein mit Löß	25	6
	68	Berglöß	15	1
	75	Schutt und Fels	10	1
Mo	37	Torf mit Torf über Mudde	22	3
	28	Torf über Sand	14	1
	29	Torf über Sand mit Torf	13	< 1

Anzahl SFT im Land Sachsen-Anhalt insgesamt: 89, das entspricht 90% der in der MMK unterschiedenen SFT (99 SFT = 100%)

Karte 16 Bodenbedingte Anbaueignung

Diese Karte enthält das Ergebnis einer vergleichenden Beurteilung der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Gemeinden des Landes Sachsen-Anhalt nach der bodenbedingten Anbaueignung.

Für die Beurteilung der bodenbedingten Anbaueignung werden die Substrat-Flächentypen (SFT) und Hydromorphie-Flächentypen (HFT) der MMK genutzt.

Zunächst ist jede Kartierungseinheit in eine von 6 möglichen Anbaueignungsklassen (AEK 0-5) eingestuft worden. Auf der Grundlage der berechneten Flächenanteile der in einer Gemeinde vorkommenden Anbaueignungsklassen sind die Gemeinden vergleichend beurteilt worden.

Unter Berücksichtigung der Häufigkeit flächenmäßiger gemeindebezogener Kombinationen von Anbaueignungsklassen sind die Kriterien für die Legendeneinheiten abgeleitet worden.

Die Anbaueignungsklassen sind durch bestimmende Fruchtarten (Leitkulturen), die sich in ihren Standortansprüchen wesentlich unterscheiden, charakterisiert. Diesen Anbaueignungsklassen können weitere Fruchtarten mit den Leitkulturen analogen Standortansprüchen zugeordnet werden.

Kriterien der Anbaueignungsklassen (AEK)

AEK	Bezeichnung	Anbaukriterien - Leitkulturen und Anbaueinschränkungen
0	sehr hoch	Weizen, Zuckerrüben, Kartoffeln - keine Anbaueinschränkung
1	hoch	Weizen, Zuckerrüben - mäßige Einschränkungen für Hackfrüchte

2	hoch	Weizen, Gerste - Hackfrüchte stark eingeschränkt
3	mäßig	Gerste, Kartoffeln - mäßig starke Einschränkungen für Weizen und Zuckerrüben
4	gering	Roggen, Kartoffeln
5	sehr gering	Roggen - keine Hackfrüchte

Für den gemeindebezogenen Vergleich nach der bodenbedingten Anbaueignung sind sowohl die Arten der vorkommenden Anbaueignungsklassen als auch deren Flächenanteil bei der Bildung der Legendeneinheiten berücksichtigt worden. Die Legendeneinheiten sind nach zunehmender Ungunst für die landwirtschaftliche Nutzung geordnet. Der Flächenanteil von Böden mit mäßiger bis sehr geringer Anbaueignung (AEK 3-5) nimmt von der Legendeneinheit 1 bis 8 zu.

Bezogen auf das Land Sachsen-Anhalt insgesamt nehmen die ungünstigen Anbaueignungsklassen 3-5 17% der landwirtschaftlichen Nutzfläche ein.

Bestimmend für das Land sind die Anbaueignungsklassen 0 (44%) und 1 (24%).

Durch die Karte "Bodenbedingte Anbaueignung" wird das "natürliche" Eignungspotential vergleichbar beurteilt und regional differenziert abgebildet.

Nach der gleichen Beurteilungsmethodik kann die innere Differenzierung der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Gemeinden bezogen auf die Konturen der Kartierungseinheiten dargestellt werden.

Legendeneinheiten für Anbaueignungsklassen (AEK)

Legendeneinheit	bestimmende AEK	Kurzcharakteristik	Gemeinden	
			absolut n	relativ %
1	0	AE durchgehend oder vorherrschend sehr hoch	523	40,1
2	0	AE vorherrschend sehr hoch, teilweise oder kleinflächig mäßig bis sehr gering	163	12,5
3	1	AE durchgehend oder vorherrschend hoch mit mäßigen Einschränkungen für Hackfrüchte	149	11,4
4	1	AE vorherrschend hoch und teilweise oder kleinflächig mäßig bis sehr gering	122	9,4
5	2	AE durchgehend oder vorherrschend hoch mit starken Einschränkungen für Hackfrüchte	57	4,4
6	2	AE vorherrschend hoch, teilweise oder kleinflächig mäßig bis sehr gering	101	7,7
7	3	AE durchgehend oder vorherrschend mäßig	54	4,1
8	4,5	AE durchgehend oder vorherrschend gering oder sehr gering	133	10,2
keine Angaben			3	0,2
Land insgesamt			1305	100

4. Literatur

AUTORENKOLLEKTIV (1996): AgrarAtlas des Landes Sachsen-Anhalt. Die Agrarwirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt in Karten - Texten - Übersichten. Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt.

LIEBEROTH I., G. ADLER, I. SCHMIDT (1977): Die Nutzung der Gemeindedatei des Datenspeichers Boden in der Landwirtschaft. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd., Berlin 21 (1977) 9, S. 687-697.

Vergleich von bodenphysikalischen Kennwerten der Bodenkundlichen Kartieranleitung mit gemessenen Werten

von

VORDERBRÜGGE, Th.

Einleitung: Erfahrungen mit den Kennwerten zur Wasserbindung und Porengrößenverteilung der 3. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (HENNING & MÜLLER 1993, ZINGK & BLUME 1987) sowie die Einführung eines neuen Bodenartendiagramms (KÜHN et al. 1995), ergaben die Notwendigkeit, diese Kennwerte neu zu berechnen (KRAHMER et al. 1995, RIEK et al. 1994). Ein Nutzer der überarbeiteten Kennwerte erwartet nun, daß:

- die Kennwerte in Abhängigkeit von der Bodenart deutlich variieren (s. Übersicht 1),

Bodenart	Kennwerte in Abhängigkeit von den Bodenarten
Sand	hohes bis sehr hohes Grobporenvolumen, geringe Feldkapazität geringe nutzbare Feldkapazität
Schluff bzw. Lehm	hohes Grobporenvolumen mittlere Feldkapazität hohe nutzbare Feldkapazität
Ton	höchste Gesamtporenvolumina hohe Feldkapazität geringe nutzbare Feldkapazität

Übersicht 1: „Kennwerte zur Wasserbindung und Porengrößenverteilung“ in Abhängigkeit von der Bodenart (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992), KUNTZE et al., (1994))

- die Kennwerte hinreichend genau mit gemessenen Werten übereinstimmen,
- die in den Tabellen dargestellte deutliche Reduktion der Luftkapazität, der nutzbaren Feldkapazität und der Feldkapazität bei zunehmender Verdichtung mit gemessenen Werten in Einklang ist.

Inwieweit diese Erwartungen erfüllt werden, wurde mittels gemessener Daten überprüft.

Material: Grundlage waren Ergebnisse bodenphysikalischer Untersuchungen nach einheitlicher Methodik von 12 Autoren, deren Daten bei der Erstellung der Kennwerttabellen aber nicht berücksichtigt wurden. An Stechzylinderproben ermittelte Wasserspannungskurven, Körnungsanalysen und Angaben zum Gehalt an organischer Substanz lagen für mehr als 600 Horizonte vor. Der Datenumfang umfaßte somit ca. 10% des Datenkollektivs der den Kennwerttabellen zugrundeliegenden Daten (KRAHMER et al., 1995). Eine Auswertung ergab eine recht gute Übereinstimmung der statistischen Kennwerte [Mittelwert, Standardabweichung, Extrema] der Grundgesamtheiten. Einige Bodenarten waren etwas überrepräsentiert, dies gilt allerdings auch für das Datenkollektiv von KRAHMER et al. (1995), so daß eine Überprüfung der Daten sehr gut möglich war.

Ergebnisse: In einem ersten Schritt wurde überprüft, ob die Werte der KA4 für die nutzbare Feldkapazität (nFK) bzw. Feldkapazität (FK) sich in Abhängigkeit von den Bodenarten deutlich unterscheiden (Abb.1+2). Es zeigt sich, daß z.B. eine Erhöhung des Schluffanteils von 40-50% (Su4) auf 80-100% (Uu) bei gleichem Tongehalt (0-8%) die nFK nur um 1 Vol.-% erhöht. Eine Erhöhung

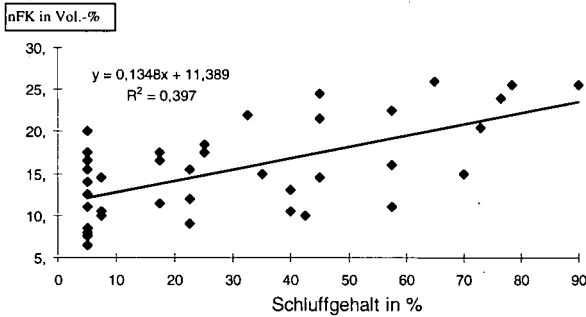


Abbildung 1:
Zusammenhang zwischen mittlerem Anteil an Schluff und nutzbarer Feldkapazität in Vol.-% gemäß Tabelle 56 der Bodenkundlichen Kartieranleitung

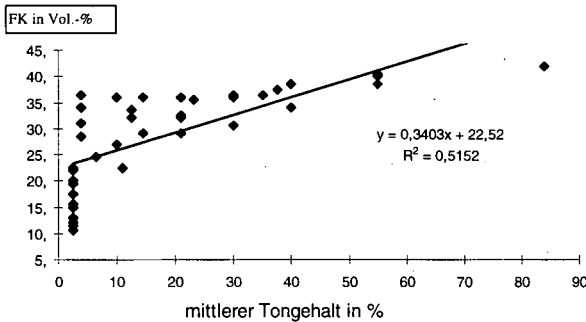


Abbildung 2:
Zusammenhang zwischen mittlerem Anteil an Ton und Feldkapazität in Vol.-% gemäß Tabelle 56 der Bodenkundlichen Kartieranleitung

von 40-50% Schluff (Ls2) auf 65-80% (Ut4) bei gleichem Tongehalt (17-25%) führt hingegen zu einer Erhöhung der nFK um 6 Vol.-%. Eine Zunahme des Schluffanteils von weniger als 15% (St3) auf 40-50% (Ls2) bei ebenfalls 17-25% Ton hat hingegen überhaupt keine Auswirkung auf die Höhe der nFK. Ein ähnliches Bild zeigt sich für den Zusammenhang zwischen Tongehalt und Höhe der Feldkapazität. Eine Zunahme des Tongehaltes von 45-65%(Tl) auf 65-100%(Tt) erhöht die FK nur um 1,5 Vol.-%. Eine Erhöhung von 8-12%(Ut2) auf 25-35%(Tu4) hat, bei gleichem Schluffanteil, ebenfalls keine Auswirkung. Auch hier sind die Angaben somit nicht plausibel. Insgesamt ist die erwartete Tendenz, daß die FK mit zunehmenden Tongehalt, bei gleichem Schluffanteil deutlich steigt, nicht zu erkennen, sie variiert i.d.R. nur um 4-5 Vol.-%, wobei die annähernd höchsten Werte der FK bereits bei Tongehalten von weniger als 10 % erreicht werden. Für einen Anwender der Tabellen ist dieser Sachverhalt nicht nachvollziehbar und unbefriedigend.

In einem weiteren Schritt wurden gemessene Daten den Schätzwerten gegenübergestellt (s. Abb.:3). Für über 60 % der Werte ergab sich eine Fehlschätzung der nFK von mehr als 2 Vol.-%, wobei ein einheitlicher Trend einer Über- oder Unterschätzung nicht zu erkennen ist. Bemerkenswert ist zudem, daß einem geschätztem Wert von 20 Vol.-% Meßwerte mit einer Spannweite von 7-32 Vol.-% gegenüberstehen. Ähnliche Ergebnisse wurden auch für die Angaben zur FK und Luftkapazität ermittelt. Bei der Auswertung der Daten zur Luftkapazität zeigte sich zudem, auf welchem extrem niedrigem Niveau die Kennwerte der Kartieranleitung liegen. Bei einer mittleren Lagerungsdichte [Klasse 3] werden für Lehme, Schluffe und Tone Grobporenvolumina von unter 8 Vol.-% angegeben. Die gemessenen Daten lagen hier allerdings deutlich darüber. Und selbst bei einer geringen Lagerungsdichte [Klasse 1-2] werden für die Mehrzahl der Lehme sowie alle Tone Grobporenvolumina von unter 8 Vol.-% z.T. deutlich weniger als 6 Vol.-% angegeben.

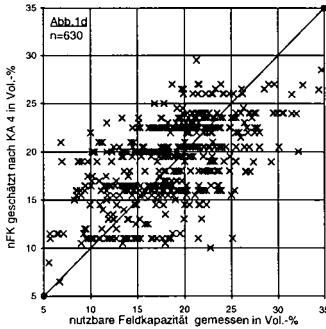


Abbildung 3:
Vergleich von gemessenen Porenvolumina der nutzbaren Feldkapazität mit den dazugehörigen Schätzwerten der Kartieranleitung.

Dies ist insofern nicht ganz nachvollziehbar, werden doch für ein Wurzelwachstum der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen Grobporenvolumina von mindestens 8% bei ausreichender Kontinuität, ansonsten Werte von mehr als 10 Vol.-% als Minimum angesehen. Nach den Kennwerten der bodenkundlichen Kartieranleitung wären somit alle Tonstandorte sowie die Lehme und Schluffe bereits ab einer mittleren Lagerungsdichte nur bedingt oder nicht durchwurzelbar. Dies stimmt mit der Realität nicht überein.

In einem nächsten Schritt wurde überprüft, ob der in der Kartieranleitung dargestellte Zusammenhang zwischen Zunahme der Rohdichte und die damit verbundene deutliche Reduktion der nFK und FK mit gemessenen Daten in Einklang ist. In der Abbildung 4 wird hierzu der Zusammenhang zwischen FK und nFK als Funktion der Rohdichte für die gemessenen Daten dargestellt.

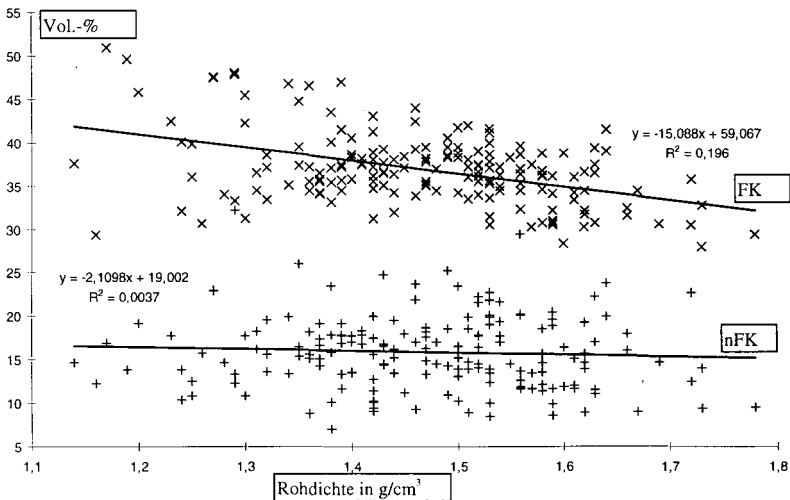


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Rohdichte und FK bzw. nFK in Vol.-% für die Lehme (n=175)

Eine Zunahme der Rohdichte mindert, gemäß den Angaben der Kartieranleitung, die Werte für die FK bzw. nFK deutlich. Eine Erhöhung der Rohdichte von sehr gering bis gering [Klasse 1-2] auf hoch bis sehr hoch [Klasse 4-5] reduziert die FK für die Lehme und Tone um etwa 12-15%, die der Sande um 7 bis 11 % sowie die der Schluffe um 4 Prozent. Für die Kennwerte zur nFK gilt ein

ähnlicher Sachverhalt. Eine Erhöhung der Rohdichte um 2 Klassen führt zu einer Reduktion der nFK um 5 - 9 Vol.-%. Die höchsten Werte finden sich mit 7 - 9 Vol.-% beim Slu, den sandigen Lehmen sowie dem Tu3. Für die gemessenen Werte der Lehme (s. Abb. 4) stellt sich dieser Sachverhalt jedoch ganz anders dar. Eine Erhöhung der Rohdichte von 1.35 g/cm³ auf 1.75 g/cm³ führt rein rechnerisch zu einer Reduktion der FK um 6 Vol.-% und zu einer Reduktion der nFK um 0.8 Vol.-%, allerdings bei einem Bestimmtheitsmaß von 19 bzw. 3 %. Betrachtet man in diesem Zusammenhang nochmals den dargestellten geringen Einfluß der Bodenart auf eine Änderung der Werte für die nFK bzw. FK, so fällt auf, daß z.B. eine Erhöhung der Rohdichte bei den Lehmen nach KA4 zu einer Reduktion der FK um bis zu 15 % führt, während eine Änderung im Tongehalt zu einer maximalen Erhöhung der FK um 5 - 6 % führt. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch für die Angaben zur nFK. Eine deutliche Erhöhung des Schluffanteils, z.B. bei den Lehmen, führt zu einer Erhöhung der nFK um 2 - 3 %. Die Erhöhung der Rohdichte reduziert die nFK hingegen um Werte von bis zu 7%. Der Einfluß der Rohdichte ist somit größer als der der Körnung. Wenn dies das Ziel der Tabellen ist, dann müssen die Werte in Abhängigkeit von der Rohdichte stärker differenziert aufbereitet werden, ansonsten ist dies für einen Anwender nicht nachvollziehbar dargestellt.

Schlußfolgerungen: Auswertungsmethoden der angewandten Bodenkunde bzw. der Methodenbanken von Bodeninformationssystemen (HENNINGS, 1995) basieren zu einem großen Teil auf den Kennwerten der Wasserbindung und der Porengrößenverteilung der bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN, 1994). So wird der FK, aufgrund ihrer engen Korrelation zum Tongehalt (HENNINGS 1991), eine große Bedeutung als physikochemischer Kennwert [Filter- und Sorptionseigenschaften der Böden] beigemessen. Die aufgezeigten Sachverhalte zeigen aber deutlich, daß eine unkritische Übernahme der Kennwerte der Bodenkundlichen Kartieranleitung sehr schnell zu einer Fehlinterpretation von standortkundlichen Eigenschaften insbesondere im Hinblick auf das Filtervermögen gegenüber mobilen Schadstoffen führen kann. Es bedarf somit unbedingt einer differenzierteren Aufarbeitung der bodenphysikalischen Kennwerte in Abhängigkeit von Körnung und Substrat.

Literatur: AG BODEN, (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl., E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. HENNINGS, (1991): Die Bedeutung der räumlichen Variabilität bodenkundlicher Basisdaten für aktuelle und zukünftige Kartiertechniken, dargestellt an einem Beispielsgebiet im nördlichen Harzvorland.- Geol. Jb, F28, Hannover. HENNINGS, (1994): Methodendokumentation Bodenkunde.-Geol. Jb., F 31, Hannover. HENNINGS, V. & U. MÜLLER, (1993): Überprüfung eines Schätzverfahrens zur Ermittlung von Kennwerten der Wasserbindung anhand der Labordatenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems. Z. Pflanzenern. Bodenk., 156, 67-73. KRAHMER U., V. HENNINGS, U. MÜLLER & H.-P. SCHREY, (1995): Ermittlung bodenphysikalischer Kennwerte in Abhängigkeit von Bodenart, Lagerungsdichte und Humusgehalt. Z. Pflanzenern. Bodenk., 158, 323-331. KUNTZE, H., G. ROESCHMANN & G. SCHWERTDFEGER, (1994): Bodenkunde.-5. Aufl., Stuttgart (Ulmer), KÜHN, D., W. ECKELMANN & R. JÄHNERT (1995): Veränderungen in der Unterteilung des Feinbodens in Bodenarten. Z. angew. Geol., 41 (1), 37-39. RIEK ET AL. (1994): Ableitung bodenphysikalischer Kennwerte auf substratgenetischer Grundlage. Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 74, 209-212. SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL, (1992): Lehrbuch der Bodenkunde.-13. Aufl., Stuttgart (Enke). ZINGK, M. & H.-P. BLUME, (1987): Zur nutzbaren Feldkapazität von Sandböden; Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 55, I, 265-268.

**Erstellung eines Übersetzungsschlüssels zur Ableitung einer Bodenartenkarte
aus den Daten der Bodenschätzung im Weiherbachgebiet/Kraichgau**

von

WEIBLEN,B.; SCHILLINGER,M.P.; HUWE,B.

Einführung und Problemstellung

Die Bodenschätzung stellt für Deutschland eine einheitliche und flächendeckende Datengrundlage für Acker- und Grünland dar. Die dabei verwendete Systematik der KorngröÙeneinteilung in verschiedene Bodenartengruppen geht auf A. Thaer zurück. Sie unterscheidet im Feinbodenbereich nur zwischen Sand und Ton. Für die moderne Bodenkunde ist eine Übersetzung in die Nomenklatur der Bodenkundlichen Kartieranleitung sinnvoll. Das Ziel der Arbeit bestand in der Ableitung einer Bodenartenkarte aus den Daten der Bodenschätzung für ein Einzugsgebiet im Kraichgau mit einer Fläche von 6,3 km².

Methodik

Für die Übersetzung wurden alle Klassen-, Klassenabschnitts- und Sonderflächen aus den Schätzungskarten mit Hilfe von ARC/INFO erfaßt. Jeder Fläche wurde ein Horizontaufbau über die bestimmenden Grablöcher aus dem Schätzungsbuch, die mit Hilfe eines Datenbankprogrammes erfaßt wurden, zugewiesen.

Bodenartendaten nach Bodenkundlicher Kartieranleitung wurden verwandt, um horizontbezogen Wertepaare aus Bodenschätzungsdaten und solchen nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung zu bilden. Sie dienen der Erstellung des Übersetzungsschlüssels für die Ableitung der Bodenarten aus der Bodenschätzung in die Bodenkundliche Kartieranleitung. Gruppen mit ausreichend vielen Wertepaaren (Hauptgruppen) wurden direkt in die Bodenkundliche Kartieranleitung übersetzt, indem der Median der KA3-Werte für jede BS-Klasse berechnet wurde. Bei den schwach mit Wertepaaren besetzten Nebengruppen (ca. 5%) erfolgte die Übersetzung mittels Interpolation innerhalb der von sandig nach tonig geordneten Hauptgruppen.

¹ Postanschrift: Universität Bayreuth; Abteilung Bodenphysik; 95440 Bayreuth
@-mail: bermd.huwe@uni-bayreuth.de

Übersetzungsschlüssel

Das Ergebnis des Übersetzungsschlüssels ist in Tabelle 1 dargestellt. Der Vergleich mit Studien zu Übersetzungsschlüsseln aus anderen Arbeitsgebieten (BENNE ET AL., 1990 / WALLBAUM, 1991) bestätigt die These, daß Ableitungsergebnisse räumlich auf das jeweilige Eichgebiet begrenzt sind (WALLBAUM, 1991).

Da die Datengrundlagen beider Systeme aus unterschiedlichen Quellen stammten, mußte geprüft werden, ob die Datensätze systematische Unterschiede aufweisen, die das Übersetzungsergebnis beeinflussen. Seitens der Bodenschätzung wurden im Arbeitsgebiet gemarkungsbezogen drei verschiedene Kartierungen durchgeführt. Die Daten nach Bodenkundlicher Kartieranleitung entstammten vier Datenquellen.

Tab. 1: Übersetzungsschlüssel der Bodenschätzungsbodenarten in KA3-Bodenarten

BS- Bodenart	KA- Bodenart	T [%]	U [%]	S [%]	BS -Bodenart	KA- Bodenart	T [%]	U [%]	S [%]
SI3-SI4	S	2,5	5,0	92,5	Lfs3-Lschlu3	Lu	23,1	69,5	7,4
f3SI3	UI2	10,1	79,4	10,5	Ls3-Lkr3	Lu	22,7	69,6	7,7
SI4	S	2,5	5,0	92,5	Lfs3-Lkr3	Lu	22,3	69,6	8,1
f3SI3-f3SI4	UI2	10,1	79,4	10,5	Lschlu3-Lschli3	Ltu	21,9	69,7	8,5
Lfs4-f3SI3	U	3,7	88,2	8,1	Lkr3-Ls2	Lu	21,4	69,7	8,8
f3SI4	UI2	9,9	77,5	12,6	Lfs2-(Lfs3)	Lu	21,0	69,7	9,2
f3SI4-(Lfs4)	UI3	12,0	76,7	11,3	Lfs2	Lu	20,6	69,8	9,6
Lfs4-f3SI4	UI3	14,1	75,8	10,1	Lfs2-(Lkr3)	Lu	23,7	64,9	11,4
Ls4	UI3	13,1	76,7	10,2	Ls3-Lt3	TI	53,8	32,1	14,1
Lfs4-(f3SI4)	UI2	12,1	77,6	10,3	Lfs2-Lkr3	Lu	26,8	60,0	13,2
Lfs4	UI2	11,0	78,5	10,4	Lfs1	Lt3	33,8	52,1	14,1
Lfs3-f3SI4	UI3	11,9	77,7	10,4	Lkr3-(Lfs2)	TI	40,9	44,1	15,0
Lfs4-(Lfs3)	UI3	12,8	76,8	10,4	Lkr3	TI	47,9	36,2	15,9
Ls3	UI3	13,6	76,0	10,3	Lkr3-(Lt2)	TI	47,9	36,2	15,9
Lfs3-Lfs4	UI3	14,5	75,2	10,3	Lkr3-Lschw3	TI	47,9	36,2	15,9
Ls2-Ls3	UI3	15,3	75,2	9,5	Lschw3-(Lkr3)	TI	50,9	34,1	15,0
Lfs4-Lschlu3	UI3	16,1	75,2	8,7	Lschw3	TI	53,8	32,1	14,1
Lfs3-(Lfs4)	UI4	16,9	75,3	7,8	Lkr3-Lt3	TI	55,0	30,7	14,3
Lfs3	UI4	17,7	75,3	7,0	Lschw4	TI	56,2	29,3	14,5
Lfs3-(Lfs2)	UI4	19,2	73,8	7,0	Lschw3-Lt3	TI	57,3	28,0	14,7
Lfs2-Lfs4	UI4	20,6	72,4	7,0	Lschw3-Lt3-TI3	TI	58,4	26,6	15,0
Lfs2-Ls3	Lu	22,1	70,9	7,0	Lt3	TI	59,6	25,2	15,2
Lfs2-Lfs3	Lu	23,5	69,5	7,0	TI3-T	TI	60,7	23,8	15,5

Eine Überprüfung mit Hilfe des H-Tests nach Kruskal und Wallis ergab keine groben Mißverhältnisse, die einer gemeinsamen Verarbeitung der verschiedenen Datengrundlagen widersprochen hätten. Feinere Differenzen des stärker heterogenen Datensatzes der Bodenschätzung wurden mit Hilfe des U-Tests nach Mann-Whitney näher untersucht. Das Ergebnis erbrachte Hinweise auf personenbezogene Differenzen innerhalb der Bodenschätzung. Nur in zweiter Linie war die Zeitspanne zwischen zwei Ansprachen nach Bodenschätzung als Ursache für die Unterschiede auszumachen.

Güteprüfung

Wichtiger Teil der Arbeit war die Entwicklung von Gütekriterien, unter deren Zuhilfenahme eine Überprüfung des Übersetzungsschlüssels ermöglicht wurde. Die erarbeiteten Gütemaße bauen sinnvoll aufeinander auf, damit eine sukzessive Überprüfung des Übersetzungsschlüssels erfolgen kann (Abb. 1).

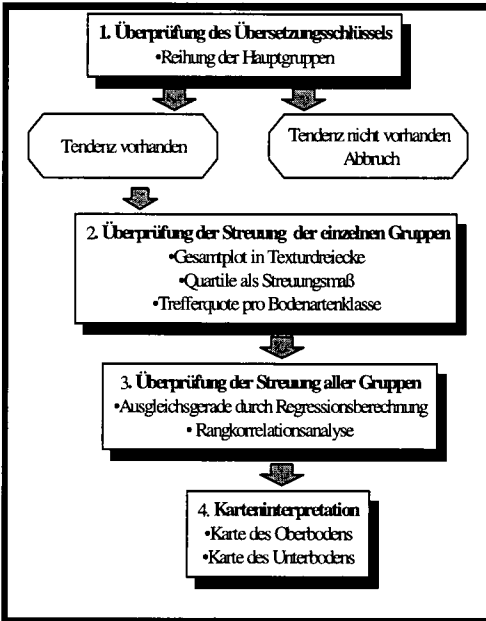


Abb. 1: Schema der Güteprüfung

Die zweite Überprüfungsmethode untersucht gruppenweise die Streuung der Ausgangsdaten. Diese streuten stärker im tonigen Bereich, was hauptsächlich auf Randeffekte in den kleinräumigen Keupervorkommen zurückgeführt werden kann. Das Verfahren der Trefferquote zeigt die Problematik der Einteilung von Texturen in Bodenartenklassen. Es läßt gleichzeitig Rückschlüsse auf die natürliche Variabilität von Bodenarten innerhalb einer als homogen angenommenen Klassenfläche zu.

Die dritte Methode überprüft eine Gesamtstreuung aller Gruppen anhand einer Kreuzvalidierung. Im Idealfall ergibt deren Ergebnis eine Punktwolke, die sich einer Ursprungsgerade mit Steigung eins anpaßt. Die Überprüfung der Ergebnisse unter Verwendung der Rangkorrelation nach Spearman bestätigt die geringe Streuung der Ausgangsdaten.

Die entwickelten statistischen Methoden können auch bei Vergleichen von Datensätzen aus anderen Gebieten sinnvolle Bewertungsmaßstäbe sein.

Im ersten Schritt werden sowohl die Übersetzungsergebnisse überprüft, als auch Ausreißergruppen im Übersetzungsschlüssel erkannt. Sind die Überprüfungsergebnisse nicht plausibel, muß der Übersetzungsschlüssel verworfen werden. Die Überprüfung verlief indes positiv. Es wurden jedoch zwei Ausreißergruppen ausgemacht, die bei der weiteren Auswertung eine gesonderte Behandlung erfordern. Die Ausreißergruppen waren im wesentlichen auf eine geringe Gruppenbelegung zurückzuführen. Deshalb kann für weitere Auswertungen eine Hauptgruppenbelegung von $n > 9$ empfohlen werden.

Bodenartenkarte

Zwei Bodenartenkarten wurden exemplarisch für die Tiefen 5 cm und 40 cm berechnet und dargestellt (Abb. 2). Die Ergebnisse bestätigen die bei der Geländebegehung angetroffenen räumlichen Verhältnisse der Bodenartenvorkommen. Auch zeigt der Vergleich der beiden Karten den im Zuge der Pedogenese zu erwartenden stärkeren Tongehalt im Oberboden durch Tonmineral- und Sesquioxid-Neubildung.

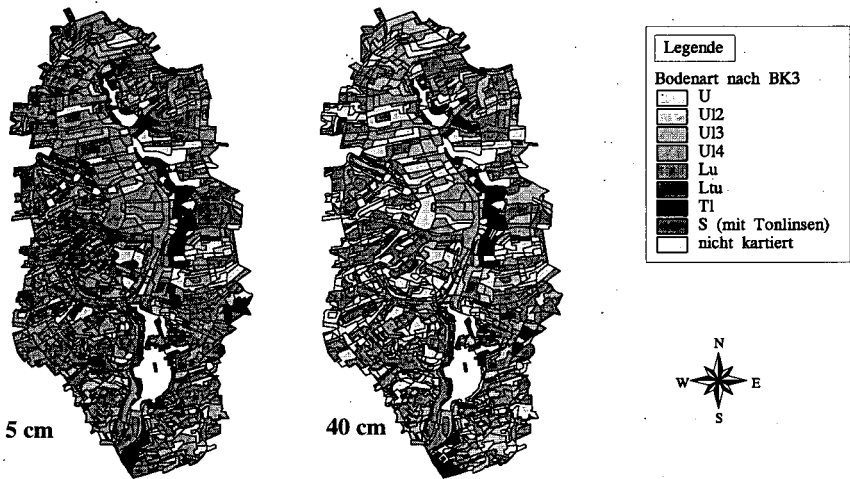


Abb. 2: Bodenartenkarte des Untersuchungsgebietes für 5 und 40 cm Tiefe

Zusammenfassung

Eine für das Projektgebiet geeignete Vorgehensweise zur Übersetzung der Bodenarten sowie Möglichkeiten zur Validierung der Ergebnisse konnten entwickelt werden.

Die Bodenschätzung kann als eine geeignete Grundlage für die flächige Ableitung einer Bodenartenkarte gelten.

Literatur:

Benne, I., Heinecke, H.-J. und Nettelmann, R. 1990 Die DV-gestützte Auswertung der Bodenschätzung, Erfassungsanweisung und Übersetzungsschlüssel, Hrsg: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, 125 S.

Wallbaum, E., 1991 Ableitung von Informationen zur Bodenkartierung aus Ergebnissen der Reichsbodenschätzung, Dissertation an der Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Bodenfruchtbarkeit und Landeskultur, Berlin, 118 S.

Das Boden-Informationssystem Bénin als Werkzeug der Agrarplanung

von

WELLER,U.; MOUINOU IGUÉ,A.; STAHR,K.

Einleitung

Pläne werden in der Landwirtschaft auf sehr unterschiedlichen Skalen gemacht. Ein Bodeninformationssystem muß dem Rechnung tragen und Daten mit sehr unterschiedlichem Abstraktionsgrad zur Verfügung stellen können. Dabei muß gewährleistet sein, daß auch bei kleinmaßstäblicher Betrachtung die subskalige Variabilität berücksichtigt bleibt, um systematische Fehler zu begrenzen, da die Vernachlässigung von Variabilität selbst auf Feldebene zu Fehlbewertungen führen kann (Kachanowski und Fairchild, 1996). Auf der anderen Seite besteht auf Dorfebene der Bedarf nach detaillierterer Information. Hierfür muß ein Informationssystem zumindest den Rahmen liefern.

Klassische Bodenkarten liefern bei kleineren Maßstäben oft nur einen Übereinstimmungsgrad von 50% (Burrough et al., 1971) und liefern keine Aussage über kleinräumigere Strukturen. Deshalb wurde für das Bodeninformationssystem Bénin ein Konzept gesucht, welches sich an den Landschaftsstrukturen orientiert und kleinräumige Unterteilungen erfaßt.

Das Bodeninformationssystem Bénin

Gegenwärtig wird am CENAP Bénin ein Bodeninformationssystem eingerichtet, welches im wesentlichen auf dem SOTER-Konzept aufbaut (van Engelen, 1993). Die Landschaft wird in Geländeeinheiten gegliedert, die in sich ein regelmäßiges Muster an Geländeformen und Bodenkomponenten aufweisen (chorische Einheiten). Jeder Geländeeinheit sind eine oder mehrere Geländekomponenten, jeder Geländekomponente eine oder mehrere Bodenkomponenten zugewie-

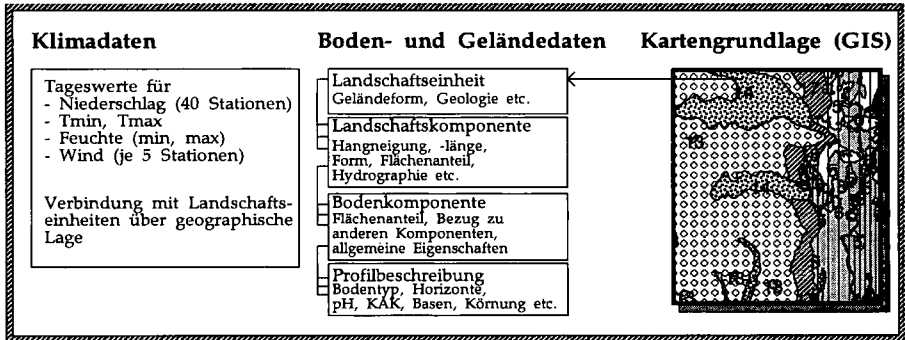


Abb. 1: Die Struktur des Informationssystems

1. Institut für Bodenkunde und Standortslehre (310), Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart
2. Centre National d'Agro-Pédologie (CENAP), B.P. 988, Cotonou, Bénin

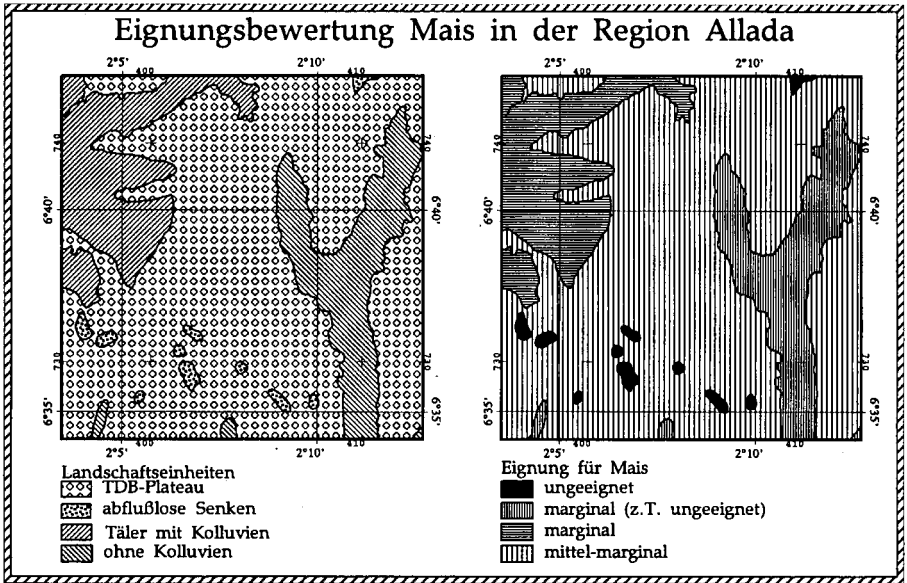


Abb. 2: Karten- und Auswertungsbeispiel

sen. Für die Komponenten sind Flächenanteil und Bezug zu anderen Komponenten erfasst. Die Bodenkategorien werden durch Profilbeschreibungen und Analysenwerte charakterisiert. Grundlage der Geländeeinteilung waren die ORSTOM-Bodenkarte (Volkoff, 1976), die Arbeit von Fritz (1996) und Felderhebungen. Profildaten stehen von Fritz (1996) und einer Zufallsbeprobung als unabhängiger Stichprobe zur Verfügung.

Regendaten werden über die Entfernung der Klimastationen zugeordnet. Wegen der großen räumlichen und zeitlichen Variabilität des Regens ist eine Interpolation weder möglich noch notwendig. Gegenüber dem Originalkonzept wurde die Struktur dahingehend verändert, daß die Bodeneigenschaften der Bodenkategorien nicht durch ein einzelnes Musterprofil beschrieben werden, sondern durch einen Satz von Profilbeschreibungen (derzeit sind ca. 300 Bodenprofile erfasst). Hierdurch werden Abschätzungen über die Variabilität innerhalb eines Bodentyps möglich. Außerdem enthält die Klimadatenbank statt Monats- Tageswerte, um bessere Simulationen zu ermöglichen. Die Datenbank liefert tägliche Regendaten für 30 Jahre an 40 Stationen. Für weitere Wetterdaten sind 5 Stationen vorhanden.

Nationaler Maßstab

Auf nationaler Ebene werden Auswertungen im Allgemeinen auf kleinmaßstäblichen Karten- und dazugehörigem Datenmaterial durchgeführt. Hieraus resultieren zwei Fehlerquellen: Auf kleinmaßstäblichen Bodenkarten ist ein Leitbodentyp angegeben, welcher zur Bewertung der Eigenschaften herangezogen wird. Dieser Leitboden hat nicht notwendigerweise die mittleren Eigenschaften für eine Auswertung. Desweiteren muß die Variabilität auch innerhalb einzelner Bodentypen bei einer Bewertung berücksichtigt werden (Lafrance und Banton, 1995).

Um Fehlinterpretationen durch Abstraktion vorzubeugen, werden alle Auswertungen an den erfaßten Einzelprofilen vorgenommen. Die Resultate werden anschließend für die Landschaftseinheiten gemittelt. Hierdurch stehen neben einem erwartungstreuen Schätzwert Varianz und Vertrauensintervall der Bewertung zur Verfügung. Außerdem ist es möglich, die Wirkung von lokal standortange-

Profil	pH	KAK	Σ Basen	Sätt.
BJR194	S1	S2	S1	S1
BJR202	S1	S2	S1	S1
BJR207	S1	S2	S1	S1
BJR209	S1	S2	S1	S1
BJR212	S1	S2	S1	S1
BJR229	S1	S2	S1	S1
BJR247	S1	S2	S1	S1
BJR263	S1	S2	S1	S1
BJR264	S1	S2	S1	S1
BJR273	S1	S2	S1	S1
BJR297	S1	S2	S1	S1
BJR306	S1	S2	S1	S1
BJR405	S1	S2	S1	S1
BJR460	S1	S2	S1	S1
BJR463	S1	S2	S1	S1
BJR196	S1	S2	S2	S1
BJR226	S1	S2	S2	S1
BJR275	S1	S2	S2	S1
BJR281	S1	S2	S2	S1
BJR296	S1	S2	S2	S1
BJR313	S1	S2	S2	S1
BJR316	S1	S2	S2	S1
BJR427	S1	S2	S2	S1
BJR293	S1	S2	S2	S2
BJR417	S1	S2	S3	S1
BJR255	S2	S2	S1	S1
BJR236	S2	S2	S2	S1
BJR300	S2	S2	S2	S1
BJR249	S3	S2	S1	S1
BJR266	S3	S2	S2	S1

Tiefe	Ø	s	Max	Min
18,4	6,14	0,52	7,4	5
45,6	6,1	0,65	8	5
83,3	5,8	0,67	7,8	4,4
100	5,66	0,66	7,6	5

Tabelle 1: Mittlere Verteilung des pH-Wertes für Terre de Barre

Klasse	% der Fläche
S1	75
S2	12
S3	6
N1	6

Tabelle 2: Klassifizierung des pH-Wertes für Terre de Barre

Tabelle 3: Klassifikation von Bodenparametern für Terre de Barre

passten Maßnahmen abzuschätzen und so das Potential differenziert eingesetzter Maßnahmen zu bewerten.

Lokaler Maßstab

Auf Dorfebene wird genaueres Datenmaterial benötigt. Ein Projekt, welches mit Bauern zusammenarbeitet, muß wissen wo welche Ressourcen vorhanden sind und wie sie am besten zu nutzen sind. Das Bodeninformationssystem liefert hierfür ein Inventar der Landschaft. Es stellt eine Landschaftseinteilung bereit, welche als Rahmen für detailliertere Untersuchungen dienen kann und gibt Informationen über die vorhandenen Gelände- und Bodenkomponenten und ihre Verteilung. Für spezifische Auswertungen können mittels multivariater Analyse einfache Indikatoren abgeleitet werden, die bei der Feldansprache herangezogen werden können (Sañchez-Marañón et al., 1996). Verknüpft man das Inventar aus dem Bodeninformationssystem mit dem lokal vorhandenen Wissen über die Verteilung der Standorte läßt sich schnell eine detailliertere Beurteilung vornehmen und ein lokal angepaßter Aktionsplan aufstellen.

Ausblick

Das Informationssystem ist in ständiger Entwicklung. Mit zunehmender Integration neuer Auswertetechniken und standortkundlicher Daten wird es in Zukunft immer besser möglich sein, für spezifische agrarökologische Anwendungsfragen auf unterschiedlichen Ebenen eine Antwort zu finden. Es richtet sich sowohl an nationale Institutionen der Forschung und Beratung als auch an Internationale in Forschung und Entwicklung.

Literatur

- BURROUGH, P.A., BECKETT, P.H.T. und JARVIS, M.J. (1971): The relation between cost and quality in soil survey. I-III. *Journal of soil science*, 22, Sn. 359-394.
- VAN ENGELEN, V.W.P. (Hrsg.) (1993): *Global and national soils and terrain digital databases (SOTER). Procedures Manual*. International Soil Reference and Information Center, Wageningen, 115 Sn.
- FRITZ, CH. (1996): *Boden- und Standortmuster in geomorphen Einheiten Süd-Benins (Westafrika)*. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, Band 29, 143 Sn.
- KACHANOWSKI, R.G. und FAIRCHILD, G.L. (1996) Field-scale fertilizer recommendations: The spatial scaling problem. *Canadian Journal of Soil Science*, 76, No. 1, Sn. 1-6.
- LAFRANCE, P. und BANTON, O. (1995): Implication of spatial variability of organic carbon on predicting pesticide mobility in soil. *Geoderma*, 65, Sn. 331-338.
- SAÑCHEZ-MARAÑÓN, M., DELGADO, R., PÁRRAGA, J. und DELGADO, G. (1996): Multivariate analysis in the quantitative evaluation of soils for reforestation in the Sierra Nevada. *Geoderma*, 69, No. 4, Sn. 233-248.
- VOLKOFF, B. (1976): *Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin*. ORSTOM, Paris.

**Variation laws of element content in the mountainous soils in
arid areas of Xinjiang, China**

von

GUOYING, Y.; LIN, W.

Abstract

Located in the hinterland of Eurasia, the Tianshan Mountains are a humid island and give birth to the desert oases with its rich water resources. Precipitation here fans and temperature rises with lowering of elevation. From the alpine zone to the low mountain zone on the northern slope of Tianshan Mountains, various mountainous soils distribute successively, they include moraine soil, primeval soil, alpine meadow soil, sub-alpine meadow soil, gray-drab soil, chernozem, chestnut soil, and brown soil. According to our study on the chestnut background values of soil elements, the content of mobile elements, such as K, Na, Li, etc., and Sr and Ca raises but that of Mn, Fe, Ti, Co, V, Pb, Zn, Cd, Hg, etc. fans with lowering of elevation.

Key words: arid area; mountainous soil; element content variation

The Tianshan Mountains (60 - 96° E, 38 - 45° N) are located in the central area of Eurasia, and are about 2400 km long from east to west. Mount Tuomuer (7435 m a. s. l.), the highest peak in Tianshan Mountains in China, is located about 20 km south-east of Hantengeri Peak which is a boundary peak of China and Kazakhstan. The western section of Tianshan Mountains is in Kazakhstan, and the middle and eastern sections of it are in Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. Affected by the vertical climatic zones, the vertical soil zones distribute in the certain laws on both southern and northern slopes of Tianshan Mountains from 800 to over 5000 m a. s. l. In our research on the background values of soil elements in China, 61 elements in soils are analysed, and the content of elements in mountainous soils of the vertical soil zones in Tianshan Mountains in china is also researched. It is revealed that the content of elements in the mountainous soils varies in the certain laws with elevation variation.

1. Vertical Soil Zones on the Northern Slope of Tianshan Mountains
- 1.1 Moraine soil zone: It distributes in the glacial and firm exposed areas of over 3900 m a. s. l.
- 1.2 Primeval soil zone: It lies in the zone of 3200 - 3900 m a. s. l., and the soil develops poorly.

- 1.3 Alpine meadow soil zone: It lies in the zone of 2850 - 3200 m a. s. l., the soil layer is thin, and meadowization is violent.
 - 1.4 Sub-alpine meadow soil zone: It lies in the zone of 2300 - 2850 m a. s. l., interlocates with forest, and the humus content in the soil is high.
 - 1.5 Gray-drab soil zone: It distributes in the sheltered slopes of 1650-2840 m a. s. l., with a deep soil layer, and the content of organic matter in the soil is high.
 - 1.6 Mountainous chernozem zone: It develops on the sheltered slopes of 1650 - 1900 m a. s. l. with a deep soil layer and fertile soil.
 - 1.7 Mountainous chestnut soil zone: It lies in a zone of 1100 - 1500 m a. s. l., and the soil belongs to the typical desert-steppe soil.
 - 1.8 Mountainous brown soil zone: It distributes in the zone of 800 - 1100 m a. s. l., and the soil belongs to semi-desert-steppe soil.
- On the sunshine slopes of Tianshan Mountains, the distribution elevation of these soils is 100 - 300 m higher, and the soil types vary in some degree.

2. The Main Factors Affecting Element Content in the Mountainous Soils

2.1 Biological and Climatic Conditions

The elevation difference between the summit and piedmont plains is over 5000 m on the northern slope of Tianshan Mountains. Along with the lowering of elevation, the annual air temperature rises but precipitation falls which affect the vegetation growth. The content of various elements in the soils is affected by such biological and climatic conditions. For example, the content of mobile elements, such as K, Na, Li, etc., and Sr and Ca raises with the lowering of elevation and has an obvious variation from elevation to accumulation. On the contrary, the elements of the iron family, such as Mn, Fe, Ti, Co, V, etc., and Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, and other zinc and sulphur elements relatively concentrate in the soils in the areas with a high elevation, and their content is high.

2.2 Soil Parent Materials

At the beginning, one section was selected in each vertical soil zone for analysing element content of the soil; but there were no laws in element content due to the big content difference of various elements in the soil parent materials. However, the laws are revealed by analysing more sections in different regions, that is the more the sections are selected, the more obvious the laws are in the calculations and analyses.

3. Variation Laws of Element Content in the Soils of the Vertical Soil Zones in Tianshan Mountains.

In our study, the analytical data of 5 to 8 soil samples of layer A in each soil zone on the northern slope of Tianshan Mountains are selected for calculation and comparison. The results are as follows (Tab. 1):

Table 1 Tianshan Mountain Altitude Soil Zones, Element Contents of Soil unit: mg/kg

altitude soil zone	mountain brown soil	chestnut soil	mountain chernozem	mountain grey brown forest soil	Submountain meadow soil	mountain meadow soil
FAO soil classification	Haplic Xerosols	Eutric Regosols	Eutric Cambisols	Eutric Cambisols	Dystic Histosols	Humic Cambisols
above sea level (m)	800-1100	1100-1500	1500-1900	1650-2840	2300-2850	>2850
Cu	27.45	30.11	32.55	36.33	39.12	64.51
Pb	18.41	20.16	22	21.23	23.6	25.8
Zn	70.2	76.6	82.79	93.4	1.3.7	113.3
Cd	0.076	0.09	0.13	0.17	0.203	0.26
Ni	29.3	29.6	32	38.2	40.3	40.5
Cr	63.8	49	57.9	57.3	58.5	65.8
Hg	0.017	0.02	0.022	0.028	0.024	0.023
As	11.49	12.9	16.63	12.87	19.29	16.58
Co	11.5	13.3	17.5	17.5	12.21	16.6
V	86.3	87.2	87.4	87.9	94.5	93.7
Mn	663.6	806.7	927.6	1013.3	1138.1	1082.7
F	395	471	530	533	582	612
Ca (%)	1.49	0.71	-	0.59	0.39	033

- 3.1 The content of mobile elements on the soils of layer A, such as K, Na, Ca, Li, etc., raises obviously with the lowering of elevation. The content variation of Ca is shown in Fig. 1 an example.
- 3.2 In immobile elements, the content variation of Cu, Zn, and Cd is the most obvious, and heir content in the soils in low mountain zone is half of that in alpine zone (Fig. 2 and 3).
- 3.3 The content of the most immobile elements in soils, such as Pb, Ni, V, Fe and Mn, reduces with lowering of elevation (Fig. 2, 3 and 4).
- 3.4 The content of As and Co in the soils in the alpine zone is close to that in the low mountain zone, but varies greatly in the soils in mid-mountain zone (Fig. 5). The causes await to be further researched.
- 3.5 The content variating of Hg is small (Fig. 6).

mountain meadow soil >2850m
 submountain meadow soil 2300-2850m
 mountain grey-brown forest soil 1650-2840m
 mountain chernosem 1500-1900m
 chestnut soil 1100-1500m
 mountain brown soil 800-1100m

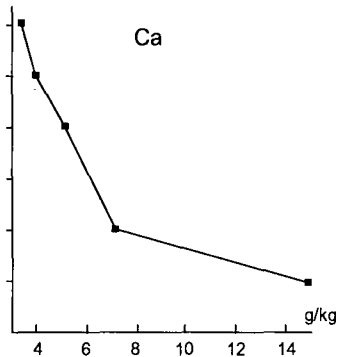


Fig. 1 Ca contents

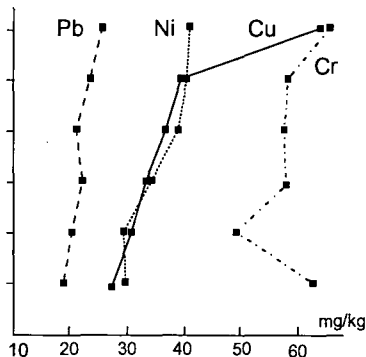


Fig. 2 Pb, Ni, Cu, Cr contents

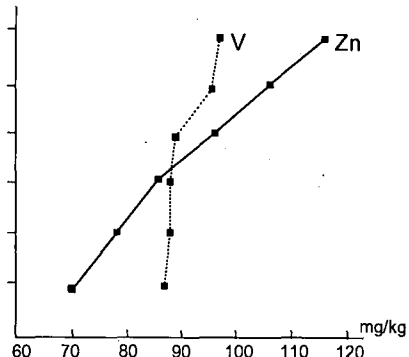


Fig. 3 Zn, V contents

mountain meadow soil >2850m
 submountain meadow soil 2300-2850m
 mountain grey-brown forest soil 1650-2840m
 mountain chernosem 1500-1900m
 chestnut soil 1100-1500m
 mountain brown soil 800-1100m

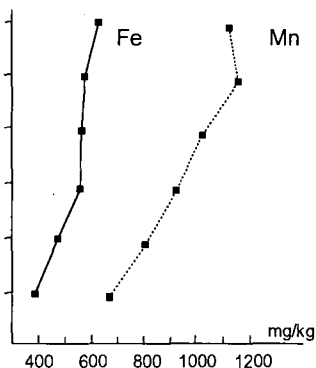


Fig. 4 Fe, Mn contents

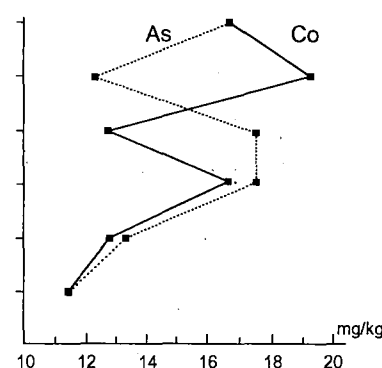


Fig. 5 As, Co contents

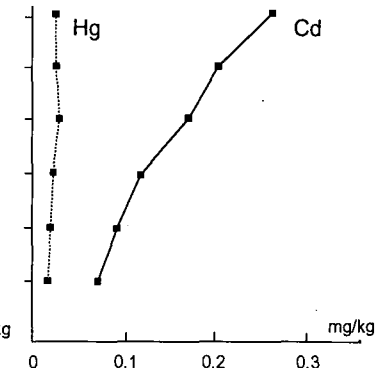


Fig. 6 Hg, Cd contents

BEITRÄGE

KOMMISSION VI

Band 85

Heft III

1997

Auswirkung einer umweltschonenden Landbewirtschaftung auf die stoffliche Belastung von Oberflächengewässern - Modellstudie Scheyern

von

AUERSWALD, K.; WEISS, K.

Viele Studien beschäftigen sich mit dem Einfluß der Landnutzung auf die Gewässerqualität. Es gibt jedoch nur wenige, in denen lückenlos von den Prozessen auf dem Land bis zu den Prozessen im Gewässer dieser Landnutzungseinfluß verfolgt wird. Auf dem Versuchsgut Scheyern (ca. 150 ha) des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München werden seit einer Nutzungsumstellung auf bodenschonende Produktionsweisen seit 1992 die Veränderungen in den terrestrischen und aquatischen (sowohl Fließ- als auch Stillgewässer) Ökosystemen kontinuierlich verfolgt (z. B. ca. 400 Bodendauermeßpunkte im Raster 50 × 50 m; kontinuierliche Abfluß- und Abtragserfassung an 16 Kleineinzugsgebieten von 0,5 - 16 ha; Bodenwasser-Meßschächte an 14 Stellen; 7 Drainagemeißstellen; 4 Meißwehre an drei kleinen Fließgewässern; vgl. v. Lützw et al., 1997).

Ergebnisse:

Die Messungen belegen:

1. Selbst 7 Jahre ohne mineralische Applikation von P und K hat sich deren Konzentration in den Oberböden wegen der geringen Exporte über die Verkaufsf Früchte im Mittel kaum verändert.

2. Die Transportprozesse in Richtung Gewässer konnten durch ein Maßnahmenbündel (z. B. Mulchsaat, Flurstücksverkleinerung, Retentionsbecken) z.T. um 3 Größenordnungen verringert werden (s. Tabelle).

3. Der Eintrag in die Gewässer hat beim wenig gepufferten Chlorid dra-

	Abfluß (mm/a)	Abtrag (t/ha/a)	partikulärer P ²⁾ (kg/ha/a)	gelöster P ³⁾ (kg/ha/a)
vor 1993	ca. 52 (TOPSIM)	ca. 9,6	ca. 13,1	ca. 0,2
1993 (Spanne ¹⁾)	43 0-180	1,7 0-12	3,2	0,19
1994	47 0-92	0,4 0-1,3	1,1	0,14
1995	15 0-60	0,04 0-0,2	0,2	0,05
1996	14 2-56	0,03 0-0,1	0,2	0,16

Anmerkungen:

¹⁾ 16 Kleineinzugsgebiete; ca. 30 erosive Regen- und Schneeschmelzereignisse pro Jahr (vor 1993 modelliert)

²⁾ Konzentration im Oberboden im Mittel 0,91 g/kg; Anreicherung im Abtrag von 1,5 auf 4,5 zunehmend (modelliert)

³⁾ Konzentration entspricht etwa Bodenlösungskonzentration; ab 1996 etwas ansteigend

stisch abgenommen. Die Abnahme entspricht den Erwartungen auf Grund der Zufuhr, wenn eine mittlere Transportzeit von ca. 2,5 Jahren angesetzt wird.

4. Die P-Konzentrationen im Gewässer haben sich trotz des enormen Rückgangs im Transport dagegen nicht nachweisbar verändert. Aus dem charakteristischen Jahresgang der P-Konzentration kann geschlossen werden, daß die P-Quelle nicht der aktuelle P-Eintrag ist, sondern daß der Gewässergrund durch Reduktionsprozesse vor allem im Sommer P ans Gewässer abgibt. Das Gewässer reagiert dadurch mit einer Zeitverzögerung von ca. 28 Tagen auf hohe Wassertemperaturen mit geringer O₂-Löslichkeit und hoher mikrobieller Aktivität mit einem Anstieg in der P-Konzentration. Wann diese vor der Nutzungsumstellung in den Gewässerböden angelegten P-Vorräte erschöpft sind, läßt sich nicht beurteilen. Die Zeitverzögerung erklärt sich durch den Transport vom Porenwasser der Gewässerböden in das frei fließende Wasser.
5. Nitrat, das im wesentlichen über Drainageabläufe in die beiden untersuchten Fließgewässer gelangt und so den reduktiven Gewässerboden umgeht, sank seit der Bewirtschaftungsumstellung deutlich in seiner Konzentration ab und liegt nun unter den Konzentrationen, die im Gewässer gemessen werden, wenn es den Wald verläßt und ins Untersuchungsgebiet fließt.

Schlußfolgerungen:

- Die Gewässer reagieren offenbar auf Veränderungen am Land. Diese Reaktion erfolgt aber gedämpft, durch weitere Signale überlagert und zeitversetzt. Ursache sind v. a. Retentionsprozesse in den terrestrischen und aquatischen Böden.
- Nur durch langfristige, das Gesamtsystem erfassende Messungen, wie sie vom Forschungsverbund Agrarökosysteme München durchgeführt werden, lassen sich die Zusammenhänge aufklären. Der lineare Schluß, daß eine Veränderung am Land auch eine Veränderung im Gewässer nach sich zieht, ist nicht zulässig.
- Durch die Retentionsprozesse in den Böden, lassen sich bestehende Belastungen, z.B. durch eine P-Übersorgung der Böden, nur sehr langfristig zurückführen. Die Boden-erosion ließe sich dagegen sehr schnell mit wirtschaftlichen Maßnahmen auf eine tolerables Maß drücken, wenn diese Maßnahmen Eingang in die landwirtschaftliche Praxis finden würden.

Literatur:

v. Lützw, M.; Filser, J.; Kainz, M.; Pfadenhauer, J. (Hrsg., 1997): Jahresbericht 1996. FAM-Bericht 13, 333 S.; GSF Neuherberg

Danksagung:

Die Aktivitäten des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München werden durch das Bundesministerium für Bildung, Forschung und Technologie und durch das Bayerische Kultusministerium finanziert.

Zur Eignung des HELP-Modells zur Simulation des Wasserhaushalts von Oberflächenabdichtungssystemen für Deponien und Altlasten

von

BERGER.; MIEHLICH,G.

Einleitung

Deponien und Altlasten werden durch Oberflächenabdichtungssysteme (OAS) gegen das Eindringen von Niederschlagswasser gesichert. Ein kritischer Punkt für die Wirksamkeit von OAS ist ihr Wasserhaushalt unter den klimatischen Gegebenheiten des jeweiligen Standorts. Ein Simulationsmodell kann hierbei ein geeignetes Werkzeug für verschiedene Aufgaben in der Planung und Überwachung von OAS sein:

- (1) Vergleich der hydrologischen Wirksamkeit unterschiedlich aufgebauter OAS,
- (2) Abschätzung der langfristigen hydrologischen Wirksamkeit von OAS,
- (3) Optimierung einzelner Schichten unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten,
- (4) Abschätzung spezifischer Risiken z.B. älterer OAS und
- (5) Abschätzung des Wasserhaushalts, insbesondere schwierig meßbarer Komponenten, im Rahmen der von den Regelwerken geforderten Langzeitüberwachung.

Eine wesentliche Voraussetzung für den praktischen Einsatz von Simulationsmodellen liegt darin, daß diese hinreichend validiert sind, insbesondere durch einen Vergleich von Simulationsergebnissen mit anwendungsnah gewonnenen Meßdaten. Speziell für den Wasserhaushalt von Abdichtungssystemen wurde in den USA das HELP-Modell entwickelt (s.u.), das auch in der deutschen Literatur intensiver behandelt wird. In einem vom BMBF geförderten FuE-Vorhaben wird eine Validierungsstudie für das HELP-Modell unter deutschen Klimaverhältnissen und eine Anpassung der Eingaberoutinen für die Benutzung in Deutschland durchgeführt (Berger, in Vorb.), aus der im folgenden einige Ergebnisse vorgestellt werden. Darüber hinaus erstellt eine Arbeitsgruppe der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik eine Empfehlung zur Anwendung des HELP-Modells in Deutschland, die im Herbst 1998 erscheinen soll.

Das HELP-Modell

Das "Hydrologic Evaluation of Landfill Performance" (HELP) Modell wurde im Auftrag der US EPA unter Federführung von Dr. Paul Schroeder (US Army Waterways Experiment Station) entwickelt. Zweck ist die Abschätzung des Wasserhaushalts offener und geschlossener Deponien sowie von Abdichtungssystemen, primär zum Vergleich alternativer Aufbauten. Die Version 1 erschien 1984, Version 2 1988 und die stark überarbeitete und u.a. um eine Benutzeroberfläche ergänzte Version 3 Ende 1994 (Schroeder et al. 1994). HELP ist ein "quasi-zweidimensionales" Schichtmodell, das folgende Prozesse auf unterschiedlich detaillierte Weise modelliert: Akkumulation von Niederschlag als Schnee, Schneeschmelze, Oberflächenabfluß nach der SCS-Kurvennummern-Methode, Evapotranspiration (ETp mit einem vereinfachten Penman-Ansatz, ETa nach Ritchie und auf Basis eines Wachstumsmodells der Vegetation), ungesättigte vertikale Versickerung (k_v für unimodale Porengrößenverteilung nach Brooks &

Corey), laterale Dränage, Durchsickerung von mineralischen Dichtschichten und von Kombinationsdichtungen (Kunststoffdichtungsbahn auf oder unter mineralischer Dichtschicht), Frostzustand des Bodens (Literaturangaben in Schroeder et al. 1994 oder Berger, in Vorb.). Als Eingabedaten werden benötigt: Tageswerte von Niederschlag, Lufttemperatur und Globalstrahlung, Parameter für die Verdunstung, Daten zu Boden- und Materialeigenschaften sowie zum Profilaufbau und zum Standort. Der Profilaufbau ist während eines Simulationslaufs konstant. HELP ist allgemein verfügbar und läuft auf PCs unter MS DOS.

Validierung anhand von Daten der Testfelder auf der Deponie Hamburg-Georgswerder

Im Rahmen der Sanierung der Deponie Hamburg-Georgswerder wurden in die sog. "Obere Abdeckung" der Deponie sechs Testfelder integriert, an denen der Wasserhaushalt und die Wirksamkeit unterschiedlich aufgebauter Abdichtungssysteme untersucht wurde (Melchior 1993). Jedes der Felder ist 50 m in Gefällerrichtung lang und 10 m breit, je drei sind 4 % bzw. 20 % geneigt. Alle Felder besitzen eine 75 cm mächtige Deckschicht, deren obere 25 cm humos sind und die mit einer Grünlandvegetation bestanden ist. Darunter liegt eine 25 cm mächtige Dränschicht (Flächendränage) aus einem Grobsand-Feinkies-Gemisch, auf die eine von drei Dichtungen folgt: (1) einfache mineralische Dichtung, 60 cm mächtig, (2) Kombinationsdichtung (Kunststoffdichtungsbahn über mineralischer Dichtschicht) und (3) erweiterte Kapillarsperre.

Simulationen wurden für fünf Testfelder und die acht Jahre 1988 bis 1995 mit einer vom Autor leicht modifizierten Version HELP 3.06 durchgeführt. Kapillarsperren sind mit HELP nicht simulierbar, da ungesättigter lateraler Fluß und Effekte an der Grenzfläche zwischen relativ fein- über relativ grobporigem Material nicht berücksichtigt werden. Der Gesamtzeitraum wurde in Jahresschritten simuliert, um Eingabegrößen anpassen zu können. Aus Platzgründen werden im folgenden nur ausgewählte Ergebnisse des Testfeldes F1 (einfache mineralische Dichtung, 4 % Neigung) dargestellt (s. Abb. 1) und zwar von "Nullvarianten" (mit Mittelwerten der bodenphysikalischen Parameter). Außerdem wurden Varianten mit Kalibrierung der Flüsse für 1988 und Extrapolation für 1989 bis 1995 gefahren. - Der um systematische Meßfehler korrigierte Niederschlag (kN) betrug im Gesamtzeitraum 6924 mm. (Simuliert wurde mit aus den Meßwerten konstruierten "US-" und "DWD-Niederschlagsreihen".) Hamburg hat im langjährigen Jahresmittel einen für die BRD in etwa durchschnittlichen Niederschlag.

Oberflächenabfluß: Im Gesamtzeitraum wurden 17,5 mm Oberflächenabfluß gemessen (0,3 % vom kN), davon aufgrund sich erst entwickelnder Vegetation 5,5 mm im ersten Jahr. Am 27. und 28.08.89 gab es einen "Jahrhundertregen", bei dem 102 mm kN in 38 Std. als Dauerregen nach einer längeren sommerlichen Trockenphase fielen. Die Simulation von 1989 mit der Oberflächenabfluß-Kurvennummer von 1988 führt zu einem sehr hohen Oberflächenabfluß (31 mm am 27./28.08., gemessen wurden 0,1 mm). Um die Vergleichbarkeit für die anderen Abflüsse zu verbessern und die Vegetationsentwicklung der ersten Jahre zu berücksichtigen, wurde die Summe des Oberflächenabflusses für jedes Jahr kalibriert. Für 1994 war dies nicht möglich, da der Oberflächenabfluß auf nach HELP gefrorenem Boden stattfindet (HELP benötigt für das Auftauen eines gefrorenen Bodens in Hamburg mindestens ca. 30 Tage). In den Simulationsläufen mit Vorgaben, die von HELP anhand Bodenart, Vegetation, Hangneigung und -länge berechnet wurden, unterschätzt HELP den Oberflächenabfluß deutlich (mit Ausnahme des Folgefehlers "Abfluß auf gefrorenem Boden"; s. Abb. 1).

Abfluß unter der mineralischen Dichtung: Er wird in HELP nach dem Gesetz von Darcy unter der Annahme, daß die Dichtschicht stets wassergesättigt ist, berechnet. Die Flußrate liegt daher bei F1 stets etwas oberhalb der gesättigten Wasserleitfähigkeit oder darunter (meist ist sie dann 0 mm/d, weil die Dränschicht trockengefallen ist). Die Meßdaten zeigen dagegen nach

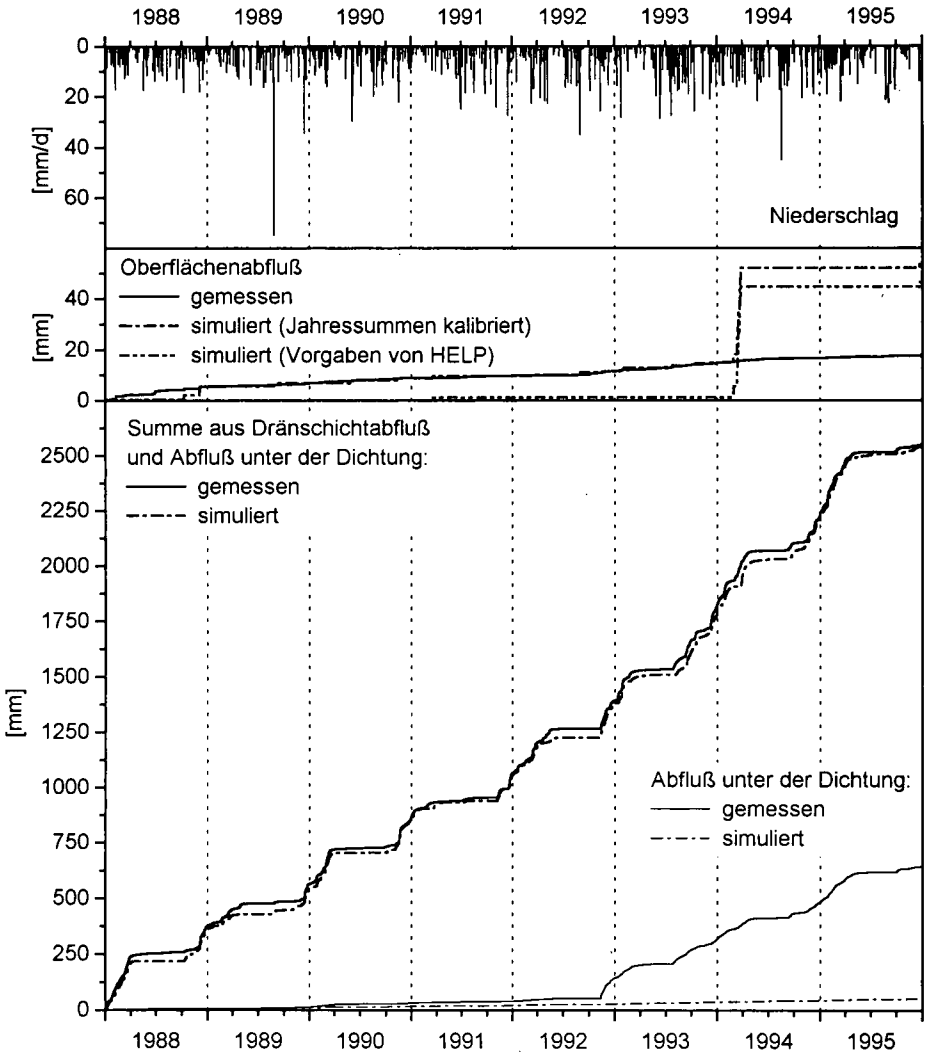


Abb. 1: Vergleich von gemessenen und mit HELP 3 simulierten kumulierten Tagessummen von Wasserhaushaltsgrößen für das Testfeld F1 (4 % Neigung)

einer anfänglichen Porenwasserabgabe nach dem Einbau der Dichtung drei aufeinander folgende Phasen: (1) wirksame Dichtung bis Ende August 1989, (2) in der Wirksamkeit beeinträchtigte Dichtung bis Herbst 1992 und (3) in der Wirksamkeit zerstörte Dichtung ab Ende 1992. Ursache hierfür ist eine geringfügige Austrocknung zunächst durch kapillaren Wasserentzug, später auch durch Entzug durch Pflanzenwurzeln, und die damit einhergehende Bildung von durchgängigen Schrumpfrissen (Makroporen), die präferentiellen Fluß ermöglichen. Beide Prozesse (Bildung von Schrumpfrissen und präferentieller, nicht Darcy-konformer Fluß) werden von HELP nicht erfaßt.

Summe aus Dränschichtabfluß und Abfluß unter der mineralischen Dichtung: Aufgrund der starken Zunahme des Abflusses unter der Dichtung seit Ende 1992, die den Dränschichtabfluß stark verringert, wird die Summe beider Größen anstelle des Dränschichtabflusses allein betrachtet. Die Summe läßt aufgrund des geringen Oberflächenabflusses auch Rückschlüsse auf die Güte der Modellierung der Prozesse in der Deckschicht zu, zumindest auf die Summe von realer Verdunstung und Wasservorratsänderung. Im Gesamtzeitraum wurden 1906 mm Dränabfluß (27,5 % vom kN) und 645 mm Abfluß unter der Dichtschicht (9,3 % vom kN) gemessen. Die im Winter aufgrund der geringen realen Verdunstung hohen gemessenen Abflüsse und das mehrmonatige Trockenfallen der Flächendränage im Sommer werden von HELP bei F1 gut reproduziert. Bei den anderen Testfeldern (v.a. denen mit 20 % Neigung) und auch bei den kalibrierten Varianten ist die Übereinstimmung von gemessenen und simulierten Abflüssen meist weniger gut. Dies kann auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein: Modellansatz, Inkompatibilitäten von Modell und realem System (HELP berücksichtigt keinen Zwischenabfluß der Deckschicht), Meßfehler, Unsicherheiten in der Beschreibung des realen Systems.

Schlußfolgerungen

Stärken von HELP Version 3 liegen darin, daß es auf die spezifischen Anforderungen von Deponien hin konzipiert ist, einen hohen Allgemeinheitsgrad besitzt (berücksichtigte Prozesse, vielfältige Deponieaufbauten und klimatische Verhältnisse), einfach zu bedienen ist und die erforderlichen Eingabedaten leicht verfügbar sind.

Einige Modellierungsansätze sind Schwachpunkte (Frostzustand des Bodens; Oberflächenabfluß durch Vernachlässigung der Niederschlagsintensität und durch Folgefehler aufgrund von Fehleinschätzungen des Frostzustand des Bodens; Durchsickerung mineralischer Dichtungen, zu denen auch Bentonitmatten gerechnet werden können), andere Ansätze scheinen recht realitätsnah zu sein (Dränabfluß; mit Einschränkungen reale Verdunstung). Eine Verbesserung der Modellierungsansätze ist z.T. relativ leicht möglich (Frostzustand des Bodens), z.T. scheitert sie an der Verfügbarkeit erforderlicher Eingabedaten (Niederschlagsintensität beim Oberflächenabfluß), z.T. sind die Problemkreise noch Forschungsgegenstand (Schrumpfverhalten mineralischer Dichtschichten, präferentieller Fluß).

Zusammenfassend kann HELP ein geeignetes Werkzeug für hydrologisch geschulte Fachleute zur Bearbeitung einiger der eingangs genannten Fragestellungen sein. Voraussetzung ist jedoch eine genaue Kenntnis des Modells und seiner Eigenheiten und Beschränkungen, insbesondere bei Größen, die für die Sicherung einer Deponie kritisch sind.

Danksagung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des BMBF unter dem Förderkennzeichen 1471038 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Literatur

- Berger, K., in Vorb.: Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von Simulationsmodellen für den Wasserhaushalt von Oberflächenabdichtungssystemen für Deponien, aufgezeigt am HELP-Modell. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten, in Vorbereitung.
- Melchior, S., 1993: Wasserhaushalt und Wirksamkeit mehrschichtiger Abdecksysteme für Deponien und Altlasten. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten, Bd. 22.
- Schroeder et al., 1994: The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model. 2 Bände: "User's Guide for Version 3" und "Engineering Documentation for Version 3". EPA/600/R-94/168a,b. US EPA, Cincinnati, Ohio.

Untersuchungen zur Regenwasserversickerung in bestehenden Wohngebieten

von

BLETGEN, M.; BURGHARDT, W.

1. Einleitung

Seit dem 1.1.1996 gilt in Nordrhein-Westfalen gemäß des Paragraphen 51 Landeswassergesetz, daß auf Neubauflächen vorrangig eine ortsnahe Niederschlagsversickerung zu erfolgen hat. Herausragende Ziele sind dabei:

- Einsparungen und Verringerungen der Kosten der Siedlungswasserwirtschaft (kein Ausbau von Kläranlagen, Regenrückhaltebecken, Kanalnetzen)
- Ökologische Verbesserungen an Gewässern (Verringerung von Mischwassereinleitungen) sowie im Bereich der Grundwasseranreicherung

Für die Siedlungswasserwirtschaft von weitaus größerer Bedeutung sind die Flächen des Siedlungsbestandes, da hier der vergleichsweise höhere Anteil des Abwassers anfällt. Hier setzt die vorliegende Untersuchung an. Sie soll zeigen, daß in einem Gebiet mit hoher Siedlungsdichte, sehr heterogener Bebauung, unterschiedlichen Grundstücksgrößen, anthropogen überformten Böden und wechselnden topographischen Verhältnissen, Möglichkeiten für einen ökologisch ausgerichteten Umgang mit Regenwasser bestehen. Darüber hinaus wird das Problem der Erfassung bodenphysikalischer Parameter und der daraus resultierenden Aussagen zur Infiltrationsleistung eines Bodens aufgezeigt, die letztendlich zur Planung geeigneter Versickerungsanlagen auf bereits bebauten Grundstücken führen sollen.

2. Untersuchungsgebiet und Methoden

Das Untersuchungs- und Planungsgebiet Holsterhausen/Rüttenscheid liegt in Nordrhein-Westfalen und ist Teil des Stadtgebietes Essen. Es hat sich in den letzten 100 Jahren zu einem hochverdichteten Siedlungsgebiet entwickelt. Neben hochverdichteter Blockbebauung (Straßenrandbebauung) mit bis zu acht Geschossen sind auch 1,5geschossige Einzelhäuser mit größeren Gärten anzutreffen. Exemplarisch wurden fünf verschiedene Bebauungsstrukturen untersucht.

Im Gebiet wurden sehr heterogene Bodenverhältnisse angetroffen. Die Variationen reichen von nahezu natürlichen bis hin zu extrem überformten Böden.

Tab. 1.: Bodentypen an den Untersuchungsstandorten

Untersuchungsstandort	Bodentyp
Esmarchstr. 20	Pseudovergleyte Parabraunerde
Pelmanstr. 53	Regosol (ehemaliger Bahndamm)
Esmarchstr. 6	Regosol auf Sandauftrag
Eduard-Lucas-Str.	Pararendzina aus Bauschutt
Achenbachhang	Regosol

Zentrale Idee zur Untersuchung der Infiltrationsleistung der Böden war die Messung der Versickerung mit der Doppelring-Methode (DIN 19682 Blatt 7). Diese liefert zunächst jedoch nur oberflächenrelevante Werte. Um genauere Aussagen über die Versickerungsleistung der Böden in den unterschiedlichen Tiefen machen zu können wurde die Rohrversickerung (Open-End-Test) hinzugezogen. Darüber hinaus wurden im Labor weitere Methoden eingesetzt um Parameter zu erhalten, die die Freilandmessungen bezüglich ihrer Aussagen ergänzen oder widerlegen. Zur Untersuchung der Infiltrationsleistung und Wasserspeicherkapazität der Böden wurden schließlich fünf Methoden herangezogen. Dies sind im einzelnen:

- die Doppelringinfiltrations-Methode (DIN 19682 Blatt 7)
- der „open-end-Test“ (zitiert in LANGGUTH & VOIGT 1980)
- die kf-Messung (DIN 19683 Blatt 9)
- die pF-Messung (DIN ISO 11274 und RICHARDS 1949)
- die Korngrößenanalyse (DIN 19683 Blatt 1 und 2)

3. Ergebnisse

Im Untersuchungszeitraum haben sich die angewendeten Methoden in ihrer Praxistauglichkeit und Genauigkeit unterschiedlich dargestellt.

Kriterien:

- Praxistauglichkeit: einfache Handhabung, geringer Geräteaufwand, Messung im Gelände, Werte stehen sofort zur Verfügung
- Genauigkeit: Messung liefert sehr genaue Werte, geringe Abweichungen bei Vergleichsmessungen
- Zeitaufwand: Messung sollte innerhalb weniger Stunden abgeschlossen sein
- Aussagefähigkeit: Meßwerte sollten planungstauglich sein

Die nachfolgende Tabelle 2 gibt hierzu eine Übersicht.

Tab. 2: Beurteilungsmatrix zu den verwendeten Methoden zur Ermittlung der Versickerungsfähigkeit des Bodens

Methode	1	2	3	4	5	6
Genauigkeit	o	o	o	-	o	-
Aussagefähigkeit	++	++	o	o	++	-
Zeitaufwand	++	++	++	o	-	o
Praxistauglichkeit	++	++	++	-	-	o

1	Doppelringinfiltrationsmessung	6	Korngrößenanalyse
2	Open-End-Test		
3	Bodenansprache	++	geeignet
4	kf-Messung	o	bedingt geeignet
5	pF-Messung	-	sehr eingeschränkt geeignet

Die Planung der Versickerungsanlagen auf den Grundstücken ist nicht nur von den Versickerungseigenschaften der Böden abhängig, sondern von weiteren Bedingungen, die in Tabelle 3 dargestellt sind. Durch die Erstellung einer Matrix kann die Beurteilung der Grundstücke zur Versickerungseignung sowie zur Planung einer bestimmten Versickerungsanlage erleichtert werden.

1. Bodeneigenschaften im Hinblick auf die Regenwasserversickerung
2. Bau der Versickerungsanlage in einer Entfernung zum Nachbargebäude > 6 m möglich
3. Große Gartenfläche
4. Flächengestaltung durch Wasser erwünscht

5. Hohes Speichervolumen erforderlich durch ungünstiges Dachflächen-/Versickerungsflächen-Verhältnis
6. Wasserversickerung innerhalb von 1-2 Tagen gewährleistet
7. Beeinträchtigung des Bodens durch das Sickerwasser zu erwarten
8. Umweltrelevante Belastung des Untergrundes
9. Technogene Substrate im Untergrund
10. Hoher anstehender Grundwasserspiegel

Tab. 3: Faktorenübersicht und Beurteilung der Grundstücke

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Esm.20	+/-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
Pel. 53	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-
E.-L.-S.	+	-*	-	+	-	+	-	-	+	-
Ach. 37	+	-*	-	-	-	+	-	-	+	-
Esm.6	-	-*	-	+	+	-	-	-	-	-

Abkürzungen:

Esm.20: Esmarchstraße 20

Pel. 53 : Pelmanstraße 53

E.-L.-S: Eduard-Lucas-Straße 53

Ach. 37: Achenbachhang 37

Esm. 6 : Esmarchstraße 6

+ : positive Einschätzung

- : negative Einschätzung

* nicht möglich ; hier allerdings ohne Belang, da die Nachbargebäude nicht unterkellert sind (Garagen, Gartenhäuser etc.)

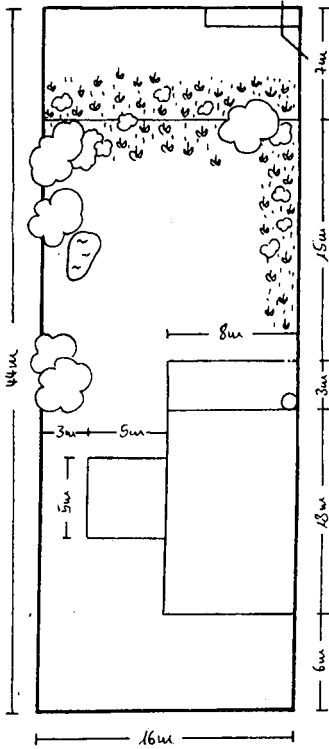
Die Abbildung 1 zeigt beispielhaft einen Planungsentwurf, der sich aus den Untersuchungen und den zuvor dargestellten Ansprüchen und Zwängen (siehe Matrix Tab. 3) ergeben. Das Gelände Esmarchstraße 20 kann bei der Planung der Versickerungsanlagen gestaltungstechnisch großzügig eingebunden werden (Retentionsraumversickerung, Muldenversickerung), während auf anderen Grundstücken aufgrund der oftmals hohen Nutzungsansprüchen (Esmarchstr.6, Achenbachhang, Pelmanstr.) nur beschränkte gestaltungsmöglichkeiten bestehen und daher die Versickerungsanlagen in Randbereichen (Mulden) oder als Schachtversickerung geplant wurde.

4. Schlußfolgerungen

- ⇒ Jedes Grundstück muß individuell untersucht, beurteilt und beplant werden.
- ⇒ Nicht alle angewendeten Untersuchungsmethoden sind praxistauglich. Die höchste Praxistauglichkeit hatten Doppelring- und Rohr-Infiltrationsmessung.
- ⇒ Neben den Versickerungseigenschaften der Böden müssen auch weitere Nutzungsansprüche und Faktoren bei der Planung von Versickerungsanlagen beachtet werden.
- ⇒ Auch in Lößgebieten und bei scheinbar nicht geeigneten Bodentypen (z.B. pseudovergleyte Böden) kann Versickerung erfolgen, wenn planungstechnisch die Versickerungsanlage entsprechend darauf eingestellt wird.

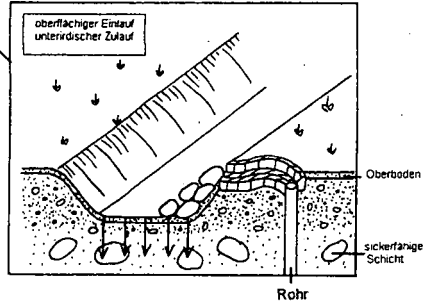
5. Literatur

- Langguth, H.-R. und R. Voigt (1980): Hydrogeologische Methoden. Springer Verlag, Heidelberg
- Richards, L.A. (1949): Methods of measuring soil moisture sorption and transmission by soils. Soil Science 68, 95-112.



Grundstück Pelmanstraße 53

Querschnitt



Legende

Grundstücksgrenze ———

Gebäude ———

Fallrohr ○

Bäume/Sträucher

Zulauf

Flächenangaben

Dach: 178 m²

Abb. 1: Planungsentwurf zur Anlage einer Regenwasserversickerungsanlage bei bereits bestehender Wohnbebauung

Ökologische Aspekte einer direkten Grüngutausbringung auf landwirtschaftlichen Flächen

von

COESTER, M.; METTE, R.; SATTELMACHER, B.

1. Einleitung

Insgesamt fallen im Bundesgebiet jährlich ca. 8-10 Millionen Tonnen Grünabfälle an. Diese stammen aus privaten Haushalten und dem kommunalen Bereich, z.B. städtische Anlagen und Friedhöfe (KRUSE 1994).

Seit dem Inkrafttreten des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (BUNDESGESTZBLATT 07.10.1996) müssen diese biogenen Abfälle einer stofflichen oder energetischen Verwertung zugeführt werden. Eine Deponierung des org. Materials ist nicht mehr möglich und auch nicht sinnvoll.

Neben der üblichen Mietenkompostierung wird als Alternative eine kostengünstige, energieextensive und stoffliche Verwertung der Grünabfälle (KERN et al. 1990) in Form einer Flächenkompostierung erprobt. Aufgrund der großen Flächenausstattung liegen in der Landwirtschaft die größten Potentiale zur Verwertung dieser Stoffe.

Als Alternative zur Kompostierung oder Verbrennung der biogenen Reststoffe wird in diesem Pilotprojekt eine direkte Verwertung des Grünschnitts auf landwirtschaftlichen Flächen angestrebt.

Bei dem hier dargestellten Vorhaben wird die Grünguterfassung und Ausbringung im Rahmen eines kommunalen Stoffkreislaufkonzeptes exemplarisch auf der Insel Fehmarn untersucht.

Neben Grüngut wurde Seegrass, daß insbesondere auf den Inseln und in Küstenregionen zunehmenden zu Entsorgungsproblemen führt, als Komponente in die stoffliche Verwertung integriert.

2. Problemstellung und Untersuchungsfläche

Grüngut besteht überwiegend aus leicht zersetzbarer organischer Substanz (siehe Tab. 1). Die Zufuhr großer Mengen organischen Kohlenstoffs läßt Auswirkungen auf die Stickstoffdynamik erwarten. Zudem kann es durch Komponenten des Grünguts mit weitem C/N - Verhältnis (holzige Bestandteile) zu einer zeitweiligen N-Sperre kommen.

Untersuchungen zur Nährstoffdynamik sollen zudem die Pflanzenverfügbarkeit der im Grüngut enthaltenen Nährstoffe (N, P, Mg, K, Ca) klären.

Neben diesen direkt die Pflanzenproduktion betreffenden Kriterien soll zudem eine potentielle Schwermetallbelastung und Akkumulation in Pflanzen- und Bodenmaterial untersucht werden.

Innerhalb einer dreijährigen Fruchtfolge werden die positiven und negativen Wirkungen des Grünguts auf den Boden und die jeweiligen Kulturpflanzen untersucht. Neben einer Ausbringung nach der Ernte (Herbst) wird auch eine Ausbringung im Frühjahr (Mulch) durchgeführt, mit der die optimale Applikationszeit ermittelt werden soll.

Die Ausbringung findet auf einem 25 ha großem Feld statt. Die außerordentliche Bodenhomogenität spiegelt sich in den gleichmäßigen Weizenerträgen der einzelnen Parzellen vor der ersten Grüngutapplikation 1996 wieder (112,4 - 117,9 dt/ha).

Der Tschernosem-Pseudogley weist einen pH-Wert von 7,9 und eine Kationenaustauschkapazität von 155 mmol/kg auf. Damit ergibt sich ein hohes Bindungsvermögen für eventuell im Grüngut vorhandene Schwermetalle (Tab. 2).

3. Ergebnisse

Im Vergleich liegen die Nährstoffgehalte des applizierten Grünguts (Tab.2) im Bereich von ausreichend mit Mineralstoffen versorgten Nadel- und Laubbäumen (BERGMANN; W.), sowie von Komposten aus Grünabfällen des Landes Schleswig-Holsteins (s. Tab.1). Grüngut, daß im Frühjahr appliziert wurde (Mulchvariante), weist dabei niedrigere Nährstoffgehalte auf, als gras- und grünstaudenreiches Grüngut, daß im Herbst appliziert wurde.

Die Bonituren nach den ersten Grüngutapplikationen zeigten bei gleichbleibender Fungizidbehandlung (Juwel) keine Häufungen von Pflanzenerkrankungen.

Die N-min Gehalte nach den ersten Grüngutapplikationen, lassen während der Vegetationsperiode keine Rückschlüsse auf eine eventuell vorhandene Stickstoffsperrre, obwohl Ende Mai Unterschiede in der Färbung des Weizenbestandes auftraten.

Die ersten Ernteergebnisse (Winterweizen, 1997) nach Frühjahrs- bzw. Herbstapplikation zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tab.3). Das Ährgewicht (136 dt/ha), sowie die Biomasse (224 dt/ha) bei einer Grüngutapplikation zeigen danach keinen Einfluß auf den Ertrag.

Tab.1: Nährstoffgehalte i.d.Tr.M. und chemische Kennwerte (Mittelwerte von 120 Proben) vom Grüngut und Seegras im Vergleich zu Analysedaten von Kompost aus Grünabfällen des Landes Schleswig-Holstein

	Grüngut	Seegras	Kompost aus Grünabfällen
pH - Wert	6,93	7,32	7,1
eC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1391	3191	-
Körnig			
< 2 mm	62	44	-
< 5 mm	14	28	-
< 12 mm	11	19	-
> 12 mm	13	9	-
Salzgehalt (g/kg)	8,2	18,9	3,97
P ₂ O ₅ (g/kg)	4,83	4,6	4,97
K ₂ O (g/kg)	11,03	7,56	8,32
MgO (g/kg)	2,82	7,14	3,83
N _t (g/kg)	8,19	11	8,15
C/N	17,84	15,95	17
organische Substanz (%)	31,65	42,22	25,2

Tab.2: Chemische Kennwerte (Mittelwerte von 210 Proben) des Tschernosems-Pseudogleys

pH - Wert	7,87
KAK eff	155,4
eC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	6313
P ₂ O ₅ (mg/100g) CAL - Aufschluß	17,86
K ₂ O (mg/100g) CAL - Aufschluß	18,01
MgO (mg/100g) Ca Cl ₂ - Aufschluß	21,58
Mn (g/kg)	0,06
Feo (g/kg)	0,61
C _t (%)	1,38
org. Substanz (%)	2,24

Tab.3: Ernteergebnisse des Winterweizens 1997

a. = Variante mit Stoppelapplikation (Herbst)

b. = Variante mit Mulchapplikation (Frühjahr)

Variante	Ährenzahl/m ²		Ährengewicht dt/ha		Biomasse dt/ha	
	a.	b.	a.	b.	a.	b.
1. mineralische Düngung	255		140		228	
2. Grüngut (100m ³ /ha) + mineralische Düngung	271	286	136	141	231	236
3. Grüngut (100m ³ /ha)	267	263	131	134	213	213
4. Grüngut (50m ³ /ha)	264	271	134	145	219	230
5. Grüngut (50m ³ /ha) + Seegrass (50 m ³ /ha)	251	260	137	134	225	218
6. keine Düngung	272		135		226	

4. Aussichten

Bei der diesjährigen Applikation des Grünguts wurde ¹⁵N markiertes Grüngut ausgebracht, so daß in der nächsten Vegetationsperiode genaue Daten über die Stickstoffumsetzung erhoben werden können. Zudem sollen die Ergebnisse im Hinblick auf einen ökologischen Einsatz des Grünguts ausgewertet werden.

Durch die Schwermetallanalyse des Bodens, des Grünguts und des Erntegutes sollen die Möglichkeiten und Grenzen im Vergleich zu anderen Sekundärrohstoffdünger erarbeitet werden.

Das Projekt wird gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.

LITERATUR

- Bergmann, W. (1986): Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Visuelle und analytische Diagnose, VEB Gustav-Fischer-Verlag, Jena
- Bundesgesetzblatt, Teil I(1994): Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen vom 27. September 1994, 2705 -2728
- Kern, M.; Fricke, K.; Vogtmann, H. und Wiemer, K. (1990): Betriebskosten der Mietenkompostierung von Bioabfall; in Fricke, K.; Turk, T. und Vogtmann, H.: Grundlagen der Kompostierung, EF-Verlag, Berlin, 379 - 407
- Kruse, G. und Müskens, J. (1994): Abfallarten und deren Zusammensetzung; in Tabasaran, O.: Abfallwirtschaft, Abfalltechnik, Ernst, Berlin. 23-82

Gehalte potentiell toxischer Metalle boden- und industriebürtiger Deposite im Ruhrgebiet

von

HÖKE,S.; BURGHARDT,W.

1. Einleitung

In urban-industriell geprägten Räumen erfolgen hohe Staubeinträge in die Böden. Quellen für die hier untersuchten äolischen Deposite waren primär die Montanindustrie, unversiegelte unbewachsenen Bodenoberflächen (häufig hoch mit Schadstoffen belastet), sowie Staubresuspensionen. Der Staub-eintrag von mit Schadstoffen befrachteten Partikel in umliegende Böden kann zu einer Degradation derselben führen.

2. Material und Methoden

Untersucht wurden Depositauflagen und -einwehungen sowie Unterlagesubstrate aus dem Landschaftspark Duisburg-Nord (einem ehem. Hütten- und Gießereiwerk) und einem Wohnviertel in Oberhausen (in ehem. direkter Nachbarschaftslage zu Hütten- und Stahlwerken). Die Korngrößenanalysen wurden ohne Carbonatzerstörung nach DIN 19683 durchgeführt. Anschließend wurde mit den Korngrößendaten eine Clusteranalyse nach der Ward-Methode (Squared Euclidean Distance) gerechnet. Die Metallgehalte wurden nach DIN 38414 (Königswasser) extrahiert und mit der Flammen-AAS bzw. ICP bestimmt.

3. Ergebnisse

Staubeinträge in Böden lassen sich durch eine gegenüber dem Unterlagesubstrat veränderte chemische Zusammensetzung, aber auch durch spezifische Korngrößenzusammensetzungen nachweisen. Abb.1 zeigt die mittleren Korngrößenzusammensetzungen von Unterlagesubstraten und von Staubeinträgen geprägten Standorten, die mittels einer Clusteranalyse voneinander abgegrenzt wurden. Die von Staubeinträgen geprägten Standorte bilden 3 Gruppen.

Die Depositgruppen 2 und 3 zeigen die Korngrößenzusammensetzung der eingetragenen Stäube auf und in der Nähe der untersuchten Montanindustriestandorte. Die Deposite in der Gruppe 3 ähneln in ihrer Korngrößenzusammensetzung den natürlichen Sandlössen.

Je unvermischter die Deposite vorliegen, desto häufiger werden die Richtwerte für Schadmetalle von EIKMANN & KLOKE (1993) für Park- und Freizeitanlagen überschritten (s. Tab.1). Die eingetragenen Partikel sind in der Regel hoch mit Schadmetallen befrachtet.

Tab.1: Gehalte an potentiell toxischen Metallen der Depositgruppen

Element	n	> BW II* %	> BW III** %
As		(BW II = 40 mg/kg)	(BW III = 80 mg/kg)
Gruppe 1	13	55	9
Gruppe 2	13	55	9
Gruppe 3	14	92	67
Deposite gesamt	40	68	29
Cd		(BW II = 4 mg/kg)	(BW III = 15 mg/kg)
Gruppe 1	13	18	0
Gruppe 2	13	27	0
Gruppe 3	14	83	16
Deposite gesamt	40	44	6

BW II* = z.T. tolerabel (weitere Untersuchungsbedarf) / BW III** = Sanierung notwendig

Im urban-industriell geprägtem Raum tritt die Schwierigkeit der Trennung zwischen bodenbürtigen und direkt industriebürtigen Depositen auf. Die Abb.2 zeigt die Höhenverteilung der Korngrößenzusammensetzung von Depositen an 3 Mauern in Oberhausen. Die auftretende vertikale Korngrößerverteilung ist typisch für bodenbürtige Staubfreisetzungsprozesse. Zur Kalkulation der Immissionsbelastung von Böden mit Schadmetallen werden zumeist in 1,5 m Höhe ermittelte Staubniederschlagsdaten verwendet. Bodenbürtig freigesetzte Stäube werden jedoch zunächst zu etwa 90 Massenprozent in den untersten 30 cm über der Geländeoberfläche transportiert und nur zu sehr geringen Massenanteilen über 1 m Höhe (CHEPIL 1945, BOCHAROV 1986). Durch die hohen versiegelten Flächenanteile (= hohe Resuspensionsraten) und die immer wieder auftretenden offenen Bodenoberflächen (mit oft hohen Schadstoffgehalten), ist in urban-industriell geprägten Gebieten anzunehmen, daß der reale (Schad-)Stoffeintrag in die Böden stark durch bodennahe Stoffumlagerungsprozesse gesteuert wird.

Auch die Metallgehalte zeigen bodennah Höhenabhängigkeiten und Bezüge zu den Korngrößenzusammensetzungen. Die Abb.3 zeigt, daß die Fe-, Ba-, Cr-, und Pb-Gehalte mit zunehmender Mauerhöhe abnehmen. Genau gegensätzlich verhalten sich an dieser Mauer Mn, Cu, Cd und Al. Deren Gehalte nehmen mit zunehmender Mauerhöhe und feiner werdender Korngrößenzusammensetzung zu.

Für die Beurteilung der Gefährdung an Staubemissionsquellen angrenzende Böden durch belastete Stäube ist neben der Quellhöhe auch die Partikelgröße der Schadstoffträgersubstanz von entscheidender Bedeutung, da sie maßgeblich die Transportweiten steuert. Ein Zusammenhang zwischen den Gehalten der Ton-, T- + fU- und T- + fU- + mU- Fraktion und der Menge an po-

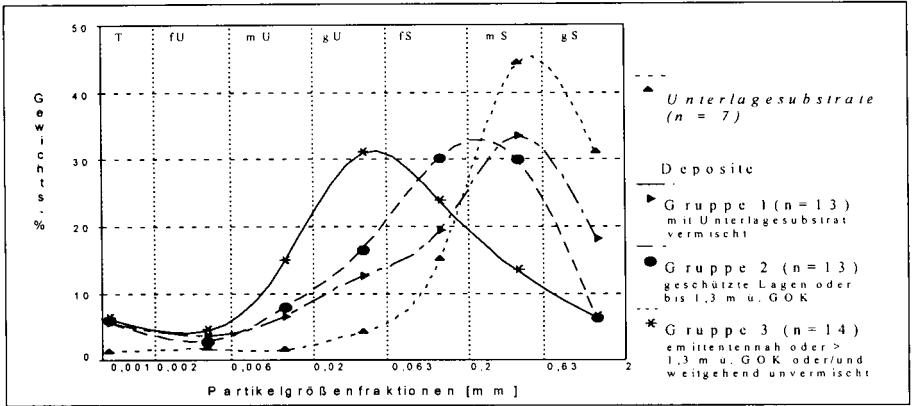


Abb.1: Mittlere Korngrößenverteilungen von Depositen und Unterlagesubstraten

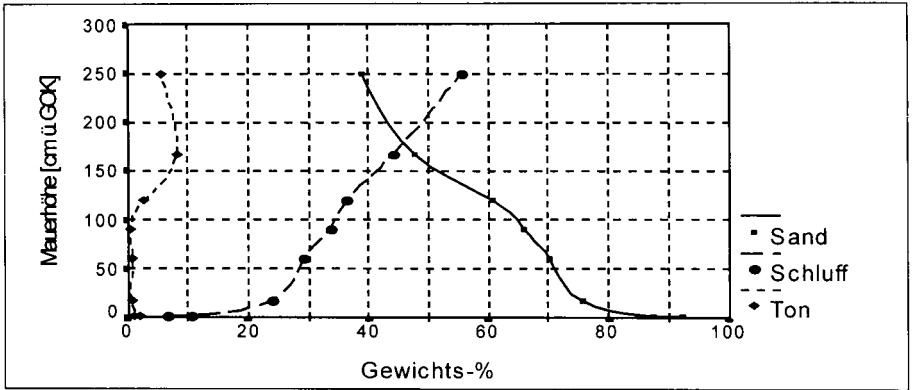


Abb.2: Höhenverteilung der Korngrößenzusammensetzung von Depositen an 3 Mauern im Brückentorviertel/Oberhausen (Staubfänger Moose)

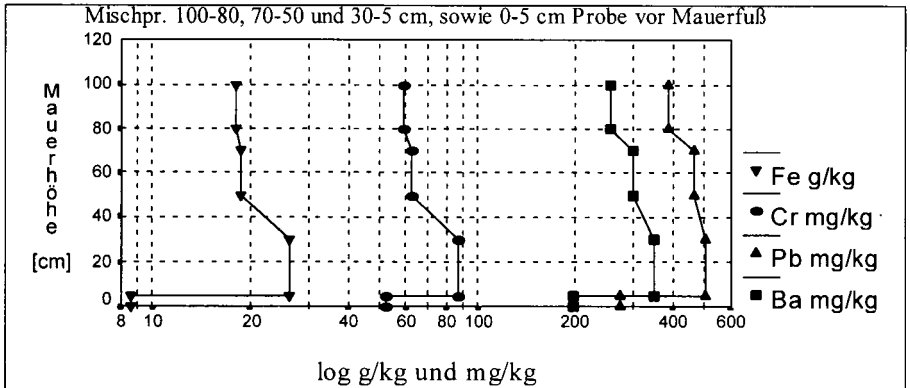


Abb.3: Höhenverteilung königswasserlöslicher Metalle in Depositen an einer Mauer im Brückentorviertel/Oberhausen (Staubfänger Moose)

tentiellen Schadmetallen zeigt sich für die hier untersuchten Deposite nicht. Erst wenn die gU-Fraktion in die Berechnung einbezogen wird, treten signifikante Korrelationskoeffizienten auf (s. Tab.2). Dies bedeutet nicht, daß die feinen Fraktionen keine hohen Schadmetallgehalte tragen, sondern zeigt, daß die gU- Fraktion in den eingetragenen Stäuben massenmäßig dominiert und ebenfalls als wichtiger Schadstoffträger zu berücksichtigen ist. Cr und Ni zeigen Bezüge zur Feinstsandfraktion. Dies ist möglicherweise auf einen Cr- und Ni- Eintrag gekoppelt an Flugaschen zurückzuführen.

Tab. 2: Korrelationen zwischen Korngrößenfraktionen und den Metallgehalten von Depositen

Element (n = 40)	0.063 - 0.02 mm gU	< 0.063 mm T + U	< 0.1 mm T + U + ffs	0.1 - 0.063 ffS
As	0.75 ***	0.71 ***	0.70 ***	ns
Cd	0.65 ***	0.61 ***	0.53 ***	ns
Pb	0.44 *	0.51 **	0.44 **	ns
Zn	0.41 *	0.47 **	0.37 *	ns
Cr	0.50 ***	0.46 **	0.59 ***	0.52 **
Ni	0.69 ***	0.52 **	0.70 **	0.68 ***

Zwischen den untersuchten potentiellen Schadelementen und den Carbonatgehalten sowie den Glüh-verlusten bei 550 °C und den C_{total} - Konzentrationen treten keine Korrelationen auf. Vor allem die As- und Cd- Gehalte zeigen jedoch sehr gute Bezüge zu den Fe-Konzentrationen.

In Siebfraktionen liegen in 6 von 7 Proben die Fe- Gehalte und in 4 von 7 Proben die Cr- Gehalte in der gU oder ffs- Siebfraktion höher als in der Siebfraktion < 25 µm. Diese Ergebnisse decken sich gut mit der Metallhöhenverteilung an der Mauer (s. Abb.3) und den gefundenen Korrelationskoeffizienten zwischen Schadmetallen und Korngrößenfraktionsanteilen.

4. Zusammenfassung

- Die untersuchten Deposite ähneln in ihrer Korngrößenzusammensetzung dem Sandlöß.
- Die eingetragenen Partikel sind hoch mit potentiellen Schadmetallen befrachtet.
- Die Korngrößenverteilungen an Mauerdepositen zeigen eine charakteristische Höhenverteilung für bodenbürtige Staubquellen.
- Auch alle U- Fraktionen sind als Schadstoffträger für potentielle Schadmetalle von Relevanz.
- Cr und Ni scheinen in den beiden Untersuchungsgebieten vor allem an gU- und ffs-Partikel gebunden in die Böden eingetragen zu werden.

Literatur:

- BOCHAROV, A.P. (1986). A Description of Devices Used in the Study of Wind Erosion of Soils. Rotterdam.
- CHEPIL, W.S. (1945a). Dynamics of wind erosion: I. In: Soil Sci., 60, 305-320.
- EICKMANN, TH.; KLOKE, A. (1993). Nutzungs- und Schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden. In: Rosenkranz, D.; Einsele, G.; Harreß, H.M. (Hrsg.): Bodenschutz, Berlin.

**Beurteilung von Grünabfällen und ihre Verwertungsmöglichkeiten in Gebieten
mit erheblicher Schwermetallbelastung der Böden am Beispiel
des Landkreises Goslar**

von

JANSSEN,E.; GERNANDT;P.; BECKER,K.W.; MEYER,B.

Problemstellung

Die geogene Grundbelastung der Böden im Harz und Vorharz und viel mehr noch die jahrhundertelange Bergbau- und Verhüttungstätigkeit der Menschen haben dazu geführt, daß im Landkreis Goslar nahezu alle Böden erhöhte Schwermetallgehalte aufweisen. Das Niveau der Belastung reicht von einer relativ leichten Erhöhung um etwa 100 % der natürlichen Gehalte, wie sie z.B. auf Lößböden in größerer Entfernung zu den Hauptemissionsstandorten gemessen werden, bis zu Überschreitungen der Grenzwerte für Böden der Klärschlammverordnung um mehr als das 100-fache in den Bergbauorten.

Die auf belasteten Böden wachsenden Pflanzen nehmen mehr Schwermetalle auf als in unbelasteten Gebieten. Soll solches Pflanzenmaterial kompostiert werden, enthält der erzeugte Kompost ebenfalls höhere Schwermetallmengen. Auf der Suche nach einer sinnvollen Verwertung des Bioabfalls stand der Landkreis Goslar vor der Frage, aus welchen Gebieten des Landkreises Grünabfall gesammelt werden kann, damit die Richtwerte der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) bzw. der Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) eingehalten werden können.

Untersuchung der Schwermetallbelastung der Böden in 520 Hausgärten

Voruntersuchungen von organischem Abfall aus Hausmülltonnen und von Material der Baum- und Strauchschnittsammlung hatten gezeigt, daß die Schwermetallgehalte je nach Herkunftsgebiet sehr unterschiedlich sind. Untersuchungen, die über das Maß der Schwermetallbelastung von Böden innerhalb der Ortschaften Auskunft geben, lagen nur in einigen Bergbau- und Hüttenstandorten vor. Für die überwiegende Anzahl Orte gab es keine entsprechenden Informationen.

Um das Belastungsniveau der Böden in den 65 Ortsteilen der 11 Gemeinden im Landkreis Goslar einschätzen zu können, wurden 520 Bodenproben aus Hausgärten entnommen. Die Entnahmepunkte wurden dabei nach Auswertung aller verfügbaren Vorinformationen so ausgewählt, daß die untersuchten Böden für den jeweiligen Ort eine möglichst hohe Repräsentanz hatten. Die Proben wurden in drei Durchgängen entnommen, wobei beim 2. und 3. Beprobungsdurchgang die Entnahmepunkte in Gebiete gelegt wurden, die nach dem vorhergehenden Durchgang noch nicht ausreichend sicher beurteilt werden konnten. Es wurden die Gehalte der Schwermetalle, die sich in Voruntersuchungen als problematisch erwiesen hatten, nämlich Blei, Cadmium, Kupfer und Zink untersucht.

*) Büro für Boden- und Wasserbewertung, Dickhof 16, 37191 Gillersheim

**) Inst. f. Bodenkunde der Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 4, 37075 Göttingen

In Tabelle 1 sind die im Landkreis Goslar ermittelten Mittel- und Maximalwerte den Grenzwerten der Klärschlammverordnung (KSVO) und Gehalten von vergleichbaren Böden in unbelasteten Gebieten in Südniedersachsen gegenübergestellt. Um trotz der teilweise sehr unterschiedlichen Belastung mit den einzelnen Schwermetallen die Böden miteinander vergleichen zu können, wurde ein Belastungsindex eingeführt, der die 4 untersuchten Schwermetalle nach dem KSVO-Grenzwert gewichtet. Der Index ist 100, wenn alle 4 Elemente genau dem KSVO-Grenzwert entsprechen. Der Index berechnet sich wie folgt:

$$\text{Index} = (\text{Pb} \times 0,25) + (\text{Cd} \times 16,66) + (\text{Cu} \times 0,42) + (\text{Zn} \times 0,125)$$

Tabelle 1: Schwermetallgehalte in Gartenböden des Landkreises Goslar (Angaben in ppm)

	Pb	Cd	Cu	Zn	Index
Gehalt in unbelast. Gebieten	20	0,25	14	50	21
KSVO-Grenzwert	100	1,50	60	200	100
Mittelwert LK Goslar	738	3,21	91	708	364
Maximalwert LK Goslar	15550	35,72	894	6505	4359

Tabelle 2 zeigt an zwei Beispielen, in welchem Rahmen sich die Schwermetallbelastung in den Orten des Landkreises Goslar bewegt. Neuenkirchen liegt am nördlichen Rand des Landkreises und ist relativ weit von den Hauptemissionsgebieten entfernt, Wildemann ist ein alter Bergbau- und Hüttenstandort im Oberharz.

Tabelle 2: Schwermetallgehalte der Gartenböden am Beispiel zweier Orte (Angaben in ppm)

Gemeinde Liebenburg, Ortsteil Neuenkirchen

Nummer	Pb	Cd	Cu	Zn	Index
1	62	0,48	18	124	47
2	73	0,51	20	116	50
3	43	0,56	17	94	39
Mittel	59	0,52	18	111	45

Gemeinde Oberharz, Ortsteil Wildemann

Nummer	Pb	Cd	Cu	Zn	Index
1	6200	4,74	305	5671	2466
2	9132	0,22	125	180	2362
3	6104	8,34	85	1729	1917
4	3261	3,26	111	1094	1053
5	9632	7,04	170	740	2689
6	4768	7,28	196	1702	1608
Mittel	6516	5,15	165	1853	2016

Neuenkirchen und Wildemann zeigen eine relativ gleichmäßige Belastung mit Schwermetallen. In anderen Orten sind die Schwermetallgehalte sehr unterschiedlich. So sind in Orten, die an Harzflüssen liegen, die Werte in den Auenböden im Durchschnitt mehr als fünf mal höher als in Lößböden. In vielen Orten sind die alten Ortskerne deutlich höher belastet als die Böden in den

Neubaugebieten. So enthalten zum Beispiel die Böden in den Stadtkernen von Clausthal-Zellerfeld sechs mal mehr Blei als die Böden in den Außenbezirken.

Eine weitere Ursache für sehr unterschiedliche Gehalte innerhalb eines Ortes ist das Auftragen von Fremdboden. In etwa einem Drittel aller Hausgärten befindet sich Bodenmaterial, das aus anderen Gebieten herangefahren und aufgetragen wurde. Tabelle 3 macht am Beispiel der Orte Liebenburg und Langelsheim deutlich, daß das Auftragen von Fremdboden in gering belasteten Gebieten zu einer Verschlechterung der Bodenqualität führt, während die Böden in hoch belasteten Orten durch Fremdboden deutlich verbessert werden.

Tabelle 3: Auswirkungen durch das Auftragen von Fremdboden auf die Schwermetallgehalte

Ort	Auftrag	Pb	Cd	Cu	Zn	Index	Anzahl
Liebenburg	mit	212	1,04	45	360	134	9
Liebenburg	ohne	160	0,94	31	199	94	39
Langelsheim	mit	1117	3,67	133	1048	527	18
Langelsheim	ohne	3068	5,68	148	1547	1117	26

Nach Abschluß der Untersuchungen wurden alle 65 Ortsteile anhand des durchschnittlichen Indexes in 6 Belastungsbereiche eingeteilt. Größere Orte mit gebietsweise sehr unterschiedlicher Belastung wurden getrennt bewertet. In den Orten der 3 Belastungsbereiche mit den niedrigsten Schwermetallgehalten wurde Bioabfall eingesammelt und in einem zentralen Kompostwerk getrennt nach Bereich verarbeitet. In Tabelle 4 sind die durchschnittlichen Schwermetallgehalte, die im ersten Betriebsjahr in dem Kompost aus den 3 Belastungsbereichen gemessen wurden, zusammengestellt. Die Unterschiede in den Bodengehalten der Hausgärten spiegeln sich sehr gut in den Kompostgehalten wider.

Tabelle 4: Mittlere Schwermetallgehalte im Kompost getrennt nach Belastungsbereichen

Kompostprobe	Pb	Cd	Cu	Zn	Index
Mittelwerte Bereich A	90	0,84	36	265	85
Mittelwerte Bereich B	150	1,01	48	518	139
Mittelwerte Bereich C	250	2,38	68	531	197

Untersuchung der Schwermetalle im Bioabfall von 42 Haushalten

Neben den Bodenuntersuchungen wurde in 42 ausgewählten Haushalten über einen Zeitraum von 18 Wochen das Grünmaterial getrennt nach Garten- und Küchenabfällen gesammelt und ebenfalls auf die Gehalte an den vier Schwermetallen untersucht. Ein Vergleich mit den Bodenwerten dieser Haushalte zeigt einen engen Zusammenhang zwischen der Belastung des Bodens und den Gehalten der Gartenabfälle. In Abbildung 1 ist die Abhängigkeit der Gehalte im Grünabfall zu den Bodenwerten am Beispiel des Bleis dargestellt. Der Korrelationskoeffizient liegt für Blei mit $r = 0,94$ sehr hoch. Für die anderen Schwermetalle liegt er zwischen $0,55$ und $0,87$. Die enge Beziehung zwischen den Bodenwerten und den Kompostgehalten kann zu einem Teil mit den nicht unerheblichen Mengen Bodenmaterial, das den Pflanzen anhaftet oder als Kehrgut in die Biotonne gelangt, erklärt werden.

Abbildung 2 zeigt die Transferkoeffizienten Bioabfall:Boden der 6 Belastungsbereiche. Die Reihenfolge der 4 untersuchten Schwermetalle ist unabhängig von der Höhe der Belastung. Cadmium > Zink > Kupfer > Blei. Auf den gering belasteten Böden sind die Transferkoeffizienten zum Teil unerklärlich hoch. Hier müssen andere Belastungspfade noch eine Rolle spielen.

In den mittleren Belastungsbereichen II bis V sind die Transferkoeffizienten recht ähnlich, erst auf den am höchsten belasteten Böden des Bereiches 6 fallen sie deutlich ab.

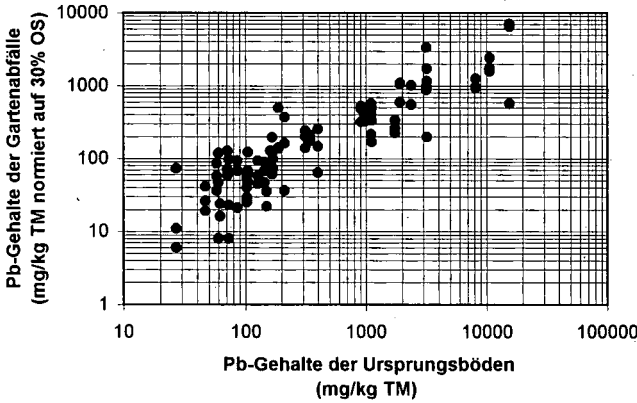


Abbildung 1: Bleigehalte der Gartenabfälle als Funktion der Bleigehalte der Böden

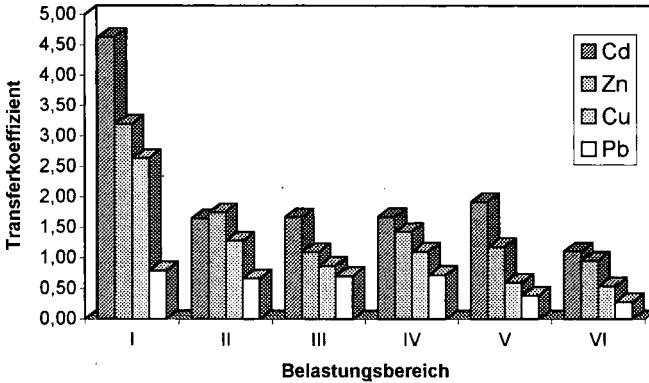


Abbildung 2: Transferkoeffizienten Bioabfall : Boden

Fazit

Die Untersuchung der Böden in Hausgärten stellt eine zuverlässige Grundlage zur Voraussage der Kompostqualität dar. Auf Grundlage dieser Untersuchung ist es gelungen, in einem ersten Schritt aus dem Bioabfall der wenig belasteten Orte Qualitätskompost zu erzeugen. In einem zweiten Schritt sollen Möglichkeiten der Verwertung von höher belastetem Kompost erarbeitet werden. Dabei soll eine Verschleppung von belastetem Material in wenig belastete Gebiete vermieden werden.

Verminderung der Boden- und Gewässerbelastung im Kartoffelanbau des Ökologischen Landbaus

von

KAINZ, M.; GERL, G.; AUERSWALD, K.

Problemstellung

Kartoffelanbau im ökologischen Landbau kann Böden und Gewässer belasten und die Bodenfruchtbarkeit gefährden:

- Bodenerosion infolge geringer Bodenbedeckung durch den arttypisch langsamen Bestandsaufbau zu Beginn der Vegetationsperiode
- Bodenerosion nach dem Verlust der oberirdischen Biomasse infolge des Befalls durch *Phytophthora infestans* am Ende der Vegetationsperiode
- Aggregatzerstörung, Bodenerosion und lineare Schadverdichtung in den Fahrspuren durch Befahren bei den häufigen mechanischen Unkrautregulierungsmaßnahmen
- Restnitrat kann der Auswaschung in der Sickerwasserperiode unterliegen.

Anbauverfahren

Zur Lösung wurden ackerbauliche Maßnahmen aufeinander abgestimmt:

1. Verringerung der Bodenerosion

- blattreiche Kartoffelsorten und zügige Jugendentwicklung
- schnellere Bestandesentwicklung durch Vorkeimen der Pflanzkartoffeln
- Senfeinsaat (8 kg/ha) nach dem Absterben oder Abschlegeln des Kartoffelkrautes mehrere Wochen vor der Kartoffelernte

2. Verringerung der Nitratauswaschung

- Nitrataufnahme nach dem Absterben der Kartoffeln durch den eingesäten Senf

3. Verringerung der Schadverdichtungen

- Reduzierung der Befahrungshäufigkeit durch schnelle Jugendentwicklung der Kartoffeln

4. Verringerung des Bodenabtransports mit der Ernte

- bessere Aggregation und ausgeglichene Bodenfeuchte durch die Senfbeschattung vor der Ernte

* Forschungsverbund Agrarökosysteme München, Versuchsstation Klostergut Scheyern

** Lehrstuhl für Bodenkunde, TU-München/Weihenstephan

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden durchgeführt auf der Versuchsstation Klostergut Scheyern der TU-München/Weihenstephan auf dem im „Ökologischen Landbau“ überwiegend Pflanz- und zum geringeren Teil Konsumkartoffel in erosionsgefährdeten Lagen angebaut werden. Der mittlere Niederschlag liegt bei 830 mm/a mit einem R-Faktor von 70. Durch das bewegte Gelände mit Hangneigung von bis zu 15 % bei ls - tl ergibt sich eine hohe Erosionsneigung beim Anbau von Reihenkulturen. Im „Ökologischen Landbau“ in Scheyern steht die Kartoffel in einer siebengliedrigem Fruchtfolge nach Luzerne-Klee gras, das im Spätwinter gepflügt wird.

Ergebnisse und Diskussion

Sorten mit schnellem Auflauf, einer zügigen Bestandesentwicklung und blattreicher Staude (z.B. cv. Linda) erreichen denselben Bedeckungsgrad um bis zu 12 Tagen früher als sich langsam entwickelnde Sorten (z.B. cv. Granola). Die Entwicklung kann durch Vorkeimen noch weiter vorverlagert werden, so daß im Schnitt der Jahre am Standort Scheyern am 1. Juni eine Bodenbedeckung von 43 % gegenüber 17 % erreicht wird (Abb. 1), wodurch die Erosionsdisposition auf 1/6 sinkt (Tages-C-Faktor in Abb. 2). Da die Kartoffeln im ökologischen Landbau nicht mit Fungiziden behandelt werden, stirbt verbreitet die oberirdische Biomasse infolge einer Infektion mit *Phytophthora infestans* ab oder wird abgeschlagen, um einer Infektion der Knollen zuvorzukommen. Dabei kann Saatgut von Senf (*Sinapis alba*) eingestreut werden, wodurch die Bodenbedeckung ab Mitte August wieder ansteigt (Abb. 1), die Erosion reduziert (Abb. 2, Kurven ab 1. August). Für die Zeitspanne des Kartoffelanbaus (15.04. bis 01.10.) ergeben sich Teil-C-Faktoren von 0,23 für einen konventionellen ökologischen Anbau und von 0,16 für das mit Vorkeimen und Senfeinsaat optimierte Verfahren. Weitere Optimierungsschritte sind die Wahl schnellentwickelnder, blattreicher, gegen *Phy. infestans* widerstandsfähige Sorten (z.B. cv. Marena, Escort, Bettina) und die Einsaat von Senf ca. 1 Woche vor dem Abschlageln des Kartoffelkrautes.

Der eingesäte Senf nimmt bis zur Kartoffelernte ca. 60 - 120 kg N/ha in die oberirdische Biomasse auf, viel mehr, als das ohne Senfeinsaat aufkommende Unkraut vermag (17 - 38 kg N/ha, Tab. 1). Dadurch wird der N_{\min} Gehalt der Böden bis zu einer Tiefe von 90 cm abgesenkt (Tab. 1). Während der Sickerwasserperiode steht damit weniger NO_3 zur Auswaschung zur Verfügung.

Eine schnelle Jugendentwicklung der Kartoffeln (s.o.) unterdrückt das Unkraut frühzeitig, so daß - je nach Jahrgangswitterung und Standort - auf bis zu 2 mechanische Pflegedurchgänge verzichtet werden kann und die Belastung der Fahrspuren (19% der Bodenoberfläche bei einem 3 m - Anbausystem) geringer bleibt.

Der Senfbestand führt zu einem ausgeglichenem Mikroklima auf der Bodenoberfläche und zu eher mittleren Bodenfeuchten. Dadurch ist die Siebfähigkeit verbessert und der Bodentransport mit dem Erntegut verringert. Ansonsten wird die Kartoffelernte durch die einfache Abtrennbarkeit des Senfstrohs nicht behindert

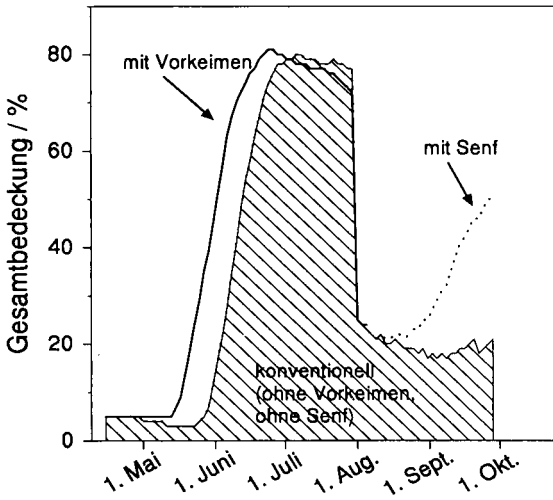


Abb.1: Gesamtbodenbedeckung im Kartoffelanbau in Scheuern mit und ohne Vorkeimung und mit Senfansaat

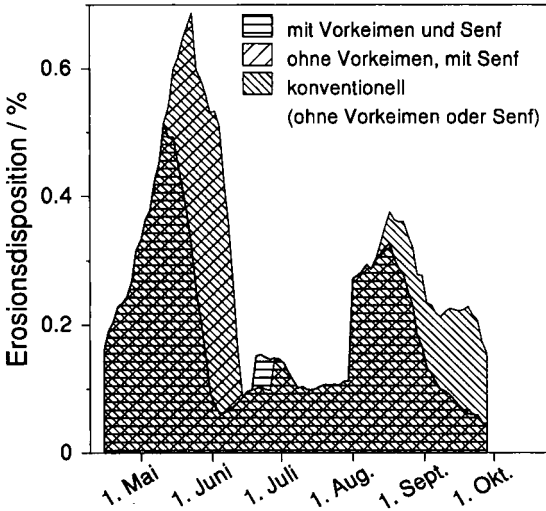


Abb. 2: Erosionsdisposition im Kartoffelanbau in Scheuern mit und ohne Vorkeimung und mit Senfansaat

Tabelle1: Stickstoffgehalte im Boden (N_{min} ; 15 Einstiche) und im oberirdischen Aufwuchs ($n=4$) bei der Kartoffelernte 1997 (Vorfrucht 1996: Luzerne-Klee-Gras)

	Standort 1 (IS)		Standort 2 (I'S)		Standort 3 (uL)	
	Senf		Senf		Senf	
	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne
N_{min} ; [kg/ha]						
0-30	34	86	38	76	30	107
30-60	18	37	12	59	16	75
60-90	16	18	5	35	25	34
0-90	68	141	55	170	71	216
N im Senf [kg/ha]	60		64	0		
N im Unkraut [kg/ha]	9	22	10	38	17	
N im Aufwuchs [kg/ha]	69	22	72	38	121	17

Außerdem kann durch die zusätzliche Senf-Biomasse das Bodenleben angeregt und der für hohe Erträge der Folgekulturen notwendige Stickstoff im Boden konserviert werden.

Schlussfolgerungen

Durch ein abgestimmtes Bündel von Maßnahmen können die Probleme, die im Bereich des Boden- und Gewässerschutzes beim Anbau von Kartoffeln im ökologischen Landbau auftreten können, stark verringert werden:

Geeignete Sortenwahl und Vorkeimen der Pflanzkartoffeln beschleunigen die Pflanzenentwicklung:

- dies reduziert die Befahrungshäufigkeit für die Unkrautregulierung und das Ausmaß der Aggregatzerstörung
- dies reduziert die Erosionsdisposition im Frühsommer.

Die Einsaat von Senf im Juli/August auf die Kartoffeldämme erhöht die Bodenbedeckung und den oberirdischen Biomasseaufwuchs:

- dies reduziert die Erosionsdisposition ab Mitte August
- dies unterdrückt für die Erntearbeit störenden Unkrautwuchs
- dies nimmt NO_3 auf und speichert Stickstoff über die Sickerwasserperioden hinweg
- dies vermindert den Klutenanteil bei der Ernte.

Stoffhaushalt eines Fichtenökosystems mit hohen Stickstoffeinträgen

von

LUKES, M.; v. WILPERT, K.; HILDEBRAND, E. E.

1 Depositions- und Stoffflußmeßnetz der FVA

Seit 1983 betreibt die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) ein **Depositionsmeßnetz**. Mit Hilfe von Bulk-Sammlern werden die Stoffeinträge der wichtigsten Nährelemente mit dem Niederschlag im Freiland und im Fichtenbestand ermittelt. Derzeit gibt es in Baden-Württemberg 25 Meßstationen.

Die erste Station des **Stoffflußmeßnetzes** wurde 1993 eingerichtet. Inzwischen sind die Depositionsstationen Ochsenhausen, Rotenfels, Altensteig, Esslingen und Heidelberg zu Stoffflußstationen ausgebaut. Ziel ist die Bestimmung der Stoffverlagerung im Boden, die Charakterisierung verschiedener Stoffhaushaltstypen (KÖLLING, 1997) und die Frage nach eventuell zu ergreifenden Vorsorgemaßnahmen.

2 Material und Methoden

An den Stationen des Stoffflußmeßnetzes werden einmalig wichtige Bestandesparameter (z. B. Kronenschlußgrad, Interzeptionskapazität) und Bodenparameter (z. B. Profilbeschreibung, Wurzelverteilung, gesättigte und ungesättigte Wasserleitfähigkeit) bestimmt. In zweiwöchentlichem Abstand werden die Stoffkonzentrationen im Freiland- und Bestandesniederschlag sowie im Sickerwasser aus 0 cm, 20 cm und 80 cm Bodentiefe analysiert. Als Stundenmittelwerte werden die Klimaparameter Lufttemperatur, Globalstrahlung, Luftfeuchtigkeit und Niederschlag im Kronenraum des Fichtenbestandes sowie die Tensionen in 20 cm und 80 cm Bodentiefe mit einem Datenlogger gemessen.

Da sich die Sickerwasserraten im Boden nur mit sehr hohem Aufwand direkt messen lassen, wird der Wasserhaushalt am jeweiligen Standort mit Hilfe des Simulationsmodells WHNSIM (HUWE, 1992) berechnet. Physikalische Grundlage dieses PC-Programms ist das Darcy-Gesetz.

Die Stofffrachten mit dem Bodenwasser ergeben sich als Produkt aus Sickerwasserkonzentration und Sickertrate der betreffenden Bodentiefe (LUKES et al., 1996).

3 Ergebnisse für die Station Ochsenhausen

Die Station Ochsenhausen liegt im Südwestdeutschen Alpenvorland, das durch intensive Viehhaltung und Grünlandwirtschaft geprägt ist. Innerhalb des Depositionsmeßnetzes der FVA gehört sie zu den Stationen mit den höchsten Stickstoffeinträgen in einen Fichtenbestand. Im Mittel der letzten Jahre beträgt der atmosphärische Stickstoffeintrag über 30 kg/ha/a. Über 60 % des Stickstoffs werden in

¹ Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Bodenkunde und Waldernährung, Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg, Tel. (0761) 4018-145, Fax (0761) 4018-333

² Universität Freiburg, Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre, Bertoldstraße 17, 79085 Freiburg, Tel. (0761) 203-3625

Form von Ammonium eingetragen.

Im Folgenden werden die Stofffrachten der wichtigsten Anionen und Kationen für das Kalenderjahr 1994 vorgestellt. Im obersten Balken ist jeweils der Eintrag mit dem Bestandesniederschlag dargestellt, gefolgt von den berechneten Stofffrachten in 0 cm Bodentiefe (Grenze zwischen Humusauflage und Mineralboden) und in 80 cm Bodentiefe (unterhalb des Hauptwurzelraumes).

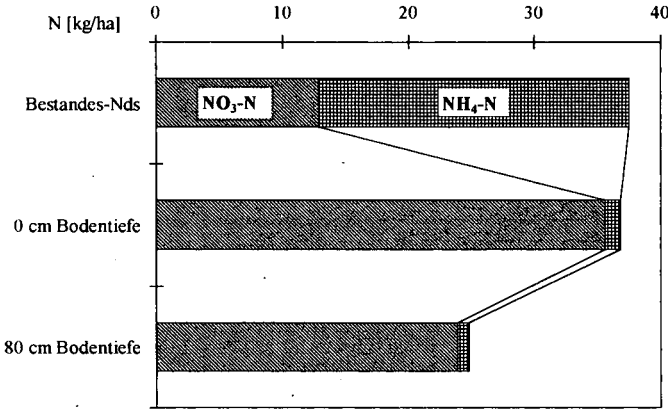


Abbildung 1:

N-Einträge und N-Frachtraten mit dem Sickerwasser in Ochsenhausen 1994.

Der Stickstoffeintrag (Abbildung 1) mit dem Bestandesniederschlag beträgt 1994 rund 38 kg/ha/a. Zwei Drittel des Stickstoffs werden als Ammonium eingetragen, ein Drittel als Nitrat. Bereits unter der Humusauflage ist das eingetragene Ammonium zu 99 % in Nitrat umgewandelt. Die Stickstoffverlagerung im Mineralboden geschieht also hauptsächlich in Form von Nitrat. In 80 cm Bodentiefe verlassen rund zwei Drittel des eingetragenen Stickstoffs mit dem Sickerwasser den Hauptwurzelraum.

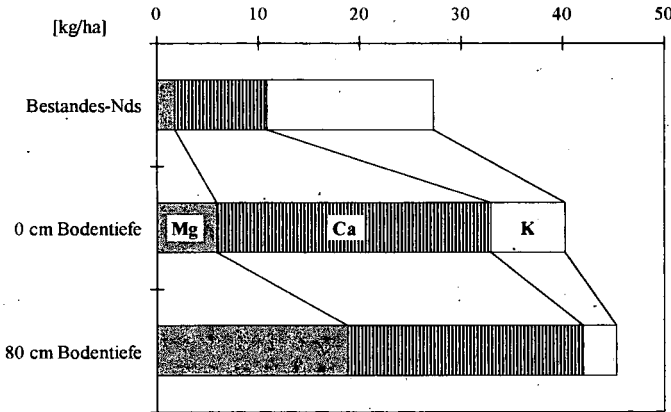


Abbildung 2:

Einträge und Frachtraten mit dem Sickerwasser von K, Ca und Mg in Ochsenhausen 1994.

Die Einträge und Frachtraten der wichtigsten Kationen sind in Abbildung 2 dargestellt. Für Magnesium und Calcium ergibt sich ein Netto-Austrag. Hohen Kalium-Einträgen mit dem Bestandesniederschlag stehen relativ geringe Austräge mit dem Sickerwasser in 80 cm Bodentiefe gegenüber. Ursache dafür ist eine hohe interne Umsetzung des Kaliums zwischen Boden und Pflanzenbestand.

Die Sulfateinträge betragen 1994 knapp 50 kg/ha/a. Frachtraten in gleicher Größenordnung finden sich unter der Humusaufgabe in 0 cm Bodentiefe und in 80 cm Tiefe. Es gibt demnach für Sulfat keine bedeutenden Quellen oder Senken in Humus und Mineralboden.

In der *Abbildung 3* sind die Frachtraten der wichtigsten Anionen und Kationen mit dem Sickerwasser in 80 cm Bodentiefe in Ladungsäquivalenten aufgetragen. Es wird deutlich, daß der Austrag von Magnesium, Calcium und Kalium hauptsächlich von Sulfat und Nitrat gesteuert wird, da die Ladungsbilanz dieser Ionen nahezu ausgeglichen ist. Der Austrag von Kalium spielt bei den Kationen eine untergeordnete Rolle. Auf der Anionenseite dominiert der Nitrat-Anteil mit deutlich über 50 %. Da beide genannten Anionen aus der atmosphärischen Deposition stammen, kann von einem extern gesteuerten Kationenexport ausgegangen werden.

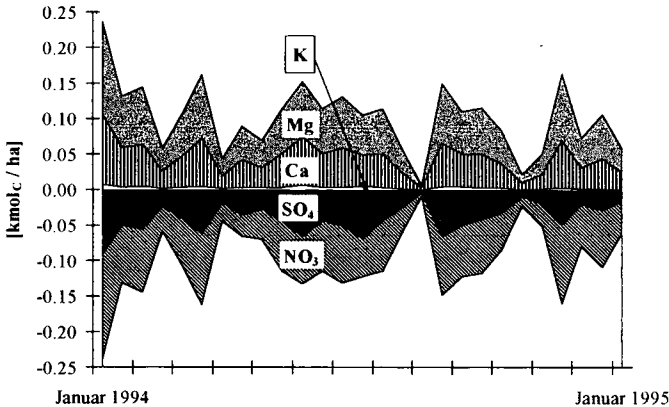


Abbildung 3:

Frachtraten mit dem Sickerwasser in 80 cm Bodentiefe in Ochsenhausen 1994.

Die Entwicklung der Einträge mit dem Bestandesniederschlag für die folgenden Jahre bis 1996 läßt bei keinem der untersuchten Stoffe einen deutlichen Trend bezüglich einer Zu- oder Abnahme erkennen. Demnach hat sich die Eintragungssituation in den letzten Jahren in Ochsenhausen nicht verändert.

4 Fortschreibung des aktuellen Zustandes

Es stellt sich die Frage, welche Folgen für das Ökosystem zu erwarten sind, wenn die derzeitigen Depositionen auch weiterhin in gleicher Größenordnung fortbestehen. Im Folgenden wird daher der ermittelte aktuelle chemische Zustand des Standortes in Ochsenhausen mit Hilfe vereinfachender Modellannahmen fortgeschrieben. Dabei geht es sich nicht um eine Prognose einer tatsächlich eintretenden künftigen Entwicklung sondern um eine Abschätzung der Folgen der aktuellen Ionenverluste. Die Fortschreibung des aktuellen Zustandes beruht auf folgenden Modellannahmen:

- Die aktuellen Verlustraten der Kationen und Anionen mit dem Sickerwasser sind proportional zum austauschbar gebundenen Vorrat des betreffenden Ions im Mineralboden. Damit ergibt sich eine Abnahme analog dem radioaktiven Zerfall (HILDEBRAND, 1994).
- Der Nettozugang aus der Silikatverwitterung beträgt 0,25 kmolc/ha/a und wird entsprechend der Gesamtgehalte der einzelnen Elemente im Ausgangsgestein aufgeteilt.
- Der Biomasseentzug durch Ernte, die aktuellen Freiland-Depositionsraten und ein anzunehmender selbstverstärkender Austrag bei sinkendem pH-Wert des Bodens bleiben unberücksichtigt.

Damit sind die Zugänge vergleichsweise hoch angesetzt und es kann von einer konservativen Schätzung ausgegangen werden.

In der *Abbildung 4* ist die Vorratsentwicklung für Kalium, Calcium und Magnesium unter den genannten Bedingungen für die nächsten 400 Jahre dargestellt. Besonders stark sinkt der Vorrat an

Magnesium. Bereits nach 300 Jahren ist er auf lediglich 10 % des Ausgangsvorrates gesunken. Auch beim Calcium kommt es zu hohen Verlusten. Lediglich der Kaliumverlust ist unbedeutend.

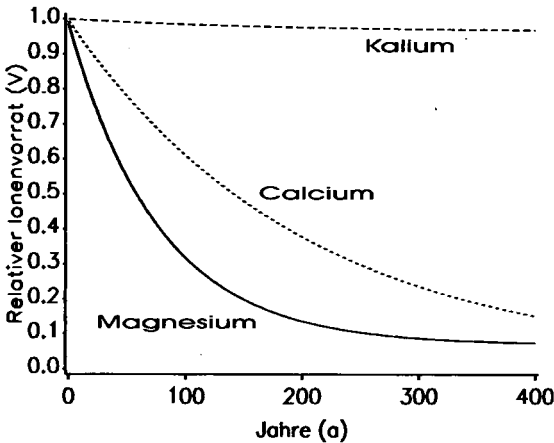


Abbildung 4:

Modellierte Vorratsentwicklung von K, Ca und Mg in Ochsenhausen für einen Zeitraum von 400 Jahren.

5 Folgerungen

Die vorgestellten Ergebnisse der Station Ochsenhausen lassen den Schluß zu, daß die gegenwärtig vergleichsweise hohen Stickstoffeinträge zu einer Belastung des Trinkwassers mit Nitrat führen können. Ferner kommt es in forstlich bedeutsamen Zeiträumen (innerhalb weniger Umtriebszeiten) zu einer deutlichen Veränderung des Standortes: Es muß mit einer Verarmung des Bodens an Magnesium und Calcium gerechnet werden.

Verantwortlich für die festgestellte Standortsdrift sind vor allem die Stickstoffeinträge in Form von Ammonium und Nitrat. Ursachen für die hohen Ammoniumeinträge sind in der landwirtschaftlichen Produktion zu suchen, hingegen stammt das Nitrat hauptsächlich aus dem Kraftfahrzeugverkehr. Auch die Sulfatdeposition hat noch einen bedeutenden Anteil am Kationenexport und müßte daher weiter geseht werden. Sulfat entstammt der Verbrennung fossiler Energieträger in Industrie und privaten Haushalten.

Als Vorsorgemaßnahme kann durch eine gezielte Kompensationskalkung mit Dolomit dem festgestellten Magnesium- und Calciumexport entgegen gewirkt werden. Ferner sollte versucht werden, das Stickstoffspeichervermögen des Waldbestandes zu erhöhen. Dies kann durch den Umbau des Fichtenreinbestandes in einen laubholzreichen Mischbestand erreicht werden. Dadurch würde es zu einer Diversifizierung und zu einer Vertiefung des Wurzelraumes kommen und in der Folge zu einer höheren Stickstoffaufnahme durch Flora und Fauna.

6 Literatur

- HILDEBRAND, E. E. (1994): Der Waldboden - ein konstanter Produktionsfaktor? Allg. Forstzeitschr. 2, 99-104.
- HUWE, B. (1992): WHNSIM. Ein Modell zur Simulation des Wasser-, Wärme- und Stickstoffhaushalts von Standorten mit unterschiedlicher Nutzung. Vers. 2.0. Programmdokumentation. Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie, Abt. Bodenphysik, Universität Bayreuth, unveröffentlicht, 112 S.
- LUKES, M., K. V. WILPERT & E. E. HILDEBRAND (1996): Elementflüsse in einem Fichtenökosystem mit hoher Ammoniumdeposition. Forst und Holz 24, 796-801.
- KÖLLING, C. (1997): Profile von Lösungskonzentrationen und Stofffrachten - Stoffhaushaltsgrößen als charakteristische Eigenschaften von Waldökosystemen. Forst und Holz 7, 171-175.

Feld- und Laborversuche zur Wirksamkeit von Bentonitmatten in austrocknungsgefährdeten Deponieabdeckungen

von

MELCHIOR, St.; STEINERT, B.

Anwendungsgebiete und Aufbau von Bentonitmatten

Bentonitmatten werden für verschiedene wasserbauliche Zwecke und zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten eingesetzt. Sie werden von den Herstellern als einfach zu verlegende und kostengünstige Alternative zu den herkömmlichen Dichtungen aus tonhaltigen mineralischen Erdstoffen vermarktet. Bentonitmatten bestehen im Grundsatz aus zwei Geotextilien (Vliese oder Gewebe), zwischen die im Werk 3 bis 5 kg/m² pulverisierter oder granulierter Bentonit eingestreut wird. Je nach Hersteller wird natürlicher oder aktivierter Natriumbentonit eingesetzt. Das Verbundprodukt Geotextil-Bentonit-Geotextil ist im trockenen Lieferzustand rund 7 bis 8 mm dick und wird, je nach Hersteller und Mattentyp, durch Nähte oder Faserbrücken zusammengehalten. Bentonitmatten werden industriell gefertigt und als Rollenware zur Einbaustelle geliefert. Nach Einbau werden sie mit Dränagematerial und Abdeckboden überschüttet, so daß die Befeuchtung und Quellung des Bentonits unter Auflast erfolgt. Nach der Erstquellung unter Auflast haben Bentonitmatten eine sehr geringe Wasserleitfähigkeit.

Untersuchungskonzept

Bentonitmatten sind in den 80er Jahren in den USA entwickelt worden und werden erst seit wenigen Jahren auch in Deutschland hergestellt und eingesetzt. Daher liegen kaum Erfahrungen zur Wirksamkeit in situ und zur Langzeitbeständigkeit der Matten vor. Vorbehalte bestehen hinsichtlich der mechanischen Empfindlichkeit der relativ dünnen Matten beim Einbau, hinsichtlich der Langzeitsicherheitsanforderungen an steilen Böschungen und im Hinblick auf die Austrocknungs- und Reißgefährdung der Matten.

* IGB - Ingenieurbüro für Grundbau, Bodenmechanik und Umwelttechnik
Heinrich-Hertz-Straße 116, 22083 Hamburg

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

Im Rahmen des von der Freien und Hansestadt Hamburg und von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Forschungsvorhaben „Entwicklung und Bewertung alternativer Systeme zur Abdeckung von Altlasten“ hat das Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg Feld- und Laborversuche zur Wirksamkeit von Bentonitmatten in austrocknungsgefährdeten Oberflächenabdichtungen durchgeführt. Auf der Altdeponie Hamburg-Georgswerder wurden zwei Großlysimeter mit je 100 m² hergestellt, auf denen die Durchsickerung der Matten direkt gemessen wird. Auf drei weiteren Beobachtungsfeldern mit je 6 m² Fläche wurde auf die Messung der Durchsickerung verzichtet, um im Versuchsverlauf zerstörend Proben aus den Matten entnehmen zu können.

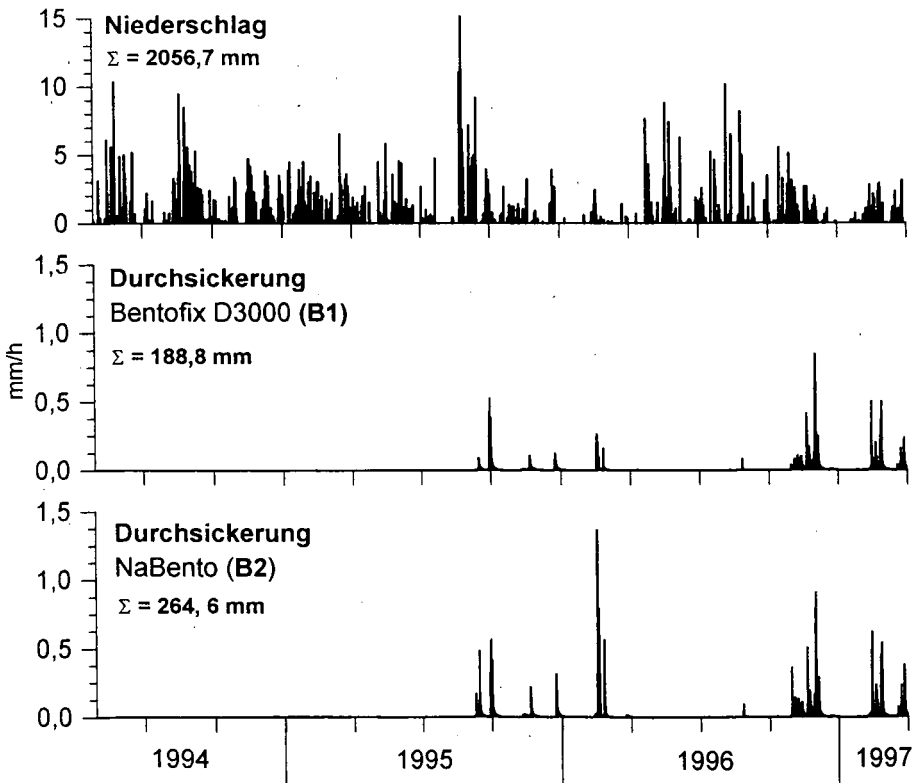


Bild 1 Stundensummen von Niederschlag und Durchsickerung der Bentonitmatten auf den Feldern B1 und B2 auf der Deponie Hamburg-Georgswerder vom 27.04.1994 bis zum 31.03.1997

Die Matten wurden im April 1994 im Beisein der Hersteller verlegt und mit 15 cm Dränagematerial (Grobsand/Feinkies), rund 30 cm Oberboden (humoser lehmiger Sand) sowie gestochenen Soden aus der Gras- und Krautvegetation der vorhandenen Deponieabdeckung bedeckt. Die geringe Mächtigkeit der Überdeckung wurde gewählt, um die Bentonitmatten in vertretbaren Untersuchungszeiten und unter starkem Einfluß von Trocken-/Naßzyklen testen zu können. Hinzu kommt, daß Bentonitmatten in temporären Abdichtungen von Altlasten häufig unter vergleichbar geringen Überdeckungen eingesetzt werden und zudem aus anderen Untersuchungen (Melchior 1996) bekannt ist, daß Dichtungen auch bei wesentlich mächtigeren Deckschichten austrocknen und durchwurzelt werden können.

Ergebnisse

Bild 1 zeigt die Durchsickerung der Matten in Abhängigkeit vom Niederschlagseintrag im gesamten Untersuchungszeitraum. Im ersten Winter 1994/95 sind die Matten gequollen und sehr gut wirksam. Im Sommer 1995 erfuhren sie die erste gravierende Austrocknung und entwickelten Risse. Im Winter 1995/96 nahmen die Matten zwar wieder Wasser auf, die Risse blieben aber über das gesamte Winterhalbjahr wirksam, so daß nennenswerter Niederschlagseintrag seither immer eine deutliche Durchsickerung der Matten bewirkt, sofern das Wasser nicht im Sommerhalbjahr im trockenen Deckschichtsubstrat gespeichert und durch die Pflanzen wieder verdunstet wird. Die folgende Tabelle zeigt die Durchsickerungsraten in den drei untersuchten hydrologischen Jahren.

	1994 / 95	1995 / 96	1996 / 97
Niederschlag	992,7	493,1	570,9
Durchsickerung B1 Bentofix D 3000	0,0	55,6	133,2
Durchsickerung B2 NaBento	4,1	102,4	159,1

Tabelle 1 Niederschlags- und Abflußsummen in mm/a (hydrologische Jahre April bis März)

Die jährliche Durchsickerung hat im Verlauf der drei Jahre drastisch zugenommen. Die Werte der beiden letzten hydrologischen Jahre sind angesichts der geringen Niederschlagssummen als sehr hoch einzustufen. Trotz der festgestellten Durchsickerung der Matten haben diese offenbar nicht genug und zu langsam Wasser aufgenommen, um die gebildeten Risse wieder zu schließen.

Die Untersuchungsergebnisse hatten erhebliche Bedeutung für die Hersteller der Matten und für das damals laufende baurechtliche Zulassungsverfahren für Bentonitmatten zur Abdichtung von Deponien der Klasse I nach TA Siedlungsabfall beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt, Berlin). Den Herstellern wurde daher gestattet, die Testfelder unter Federführung des DIBt im Frühsommer 1996

aufzugraben, Proben zu entnehmen und die Untersuchung zu überprüfen (siehe Herold 1997). Die in diesem Zusammenhang hergestellten Röntgenaufnahmen und die visuelle Prüfung der Matten hat die Präsenz eines engen polygonalen Reißsystems in den Matten bestätigt. Lediglich in den Überlappungsbereichen der Matten wiesen die unteren Lagen höhere Wassergehalte und geringere Strukturmerkmale als im einlagig verlegten Bereich auf. Die tonmineralogischen und bodenchemischen Untersuchungen haben gezeigt, daß der ursprünglich in den Matten enthaltene Natrium-Bentonit weitgehend in einen Calcium-Bentonit umgewandelt wurde und nur noch 30 % bis 40 % der ursprünglichen Werte des Quellvolumens und des Wasseraufnahmevermögens aufweist. Die Untersuchungen gaben keine Hinweise auf andere Ursachen für die erhöhte Durchsickerung der Matten (z.B. Nage-tierverbiß, Einwirkung aggressiver Gase oder Flüssigkeiten, Ablagerung von Metalloxiden oder anderer Stoffe auf den Bentonitaggregaten). Zu den Ergebnissen ergänzender Laborversuche zum Quellverhalten und zum Einfluß von Ionenbelegung und Austrocknung auf die Durchlässigkeit der Matten siehe Steinert & Melchior (1997).

Schlußfolgerungen zum Einsatz von Bentonitmatten in Oberflächenabdichtungen

Der Einsatz der derzeit auf dem Markt erhältlichen Bentonitmatten kann nach Auffassung der Autoren nur empfohlen werden, wenn eine Austrocknung der Matten langfristig sicher ausgeschlossen ist. In Oberflächenabdichtungen für Deponien und Altlasten ist das in den meisten Regionen Mitteleuropas nur durch kostenverursachende konstruktive Änderungen am Dichtsystem selbst sowie durch eine entsprechende Dimensionierung von Auflager, Entwässerungs- und Rekultivierungsschicht zu erreichen. Insbesondere die Rekultivierungsschicht und die Vegetationsentwicklung müssen standort- und witterungsabhängig betrachtet werden. Die Schlußfolgerungen des DIBt aus der Untersuchung können in Herold (1997) nachgelesen werden. Den ursprünglichen Zulassungsanträgen wurde nicht gefolgt und Zulassungen nur für die doppelte Verlegung der Matten und unter ergänzenden, die Austrocknungsgefährdung reduzierenden Hinweisen und Empfehlung zum Aufbau von Auflager, Entwässerungs- und Rekultivierungsschicht in Aussicht gestellt.

Literatur

Herold, C. (1997): Besondere Aspekte bei der Zulassung von Bentonitmatten für Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien der Deponieklasse I. In: Prihs, H. (Hrsg.): Geotechnische Fragen beim Bau neuer und bei der Sicherung alter Deponien. 13. Nürnberger Deponieseminar. Veröffentlichungen des LGA-Grundbauinstituts, Nürnberg, 76. 16 S.

Melchior, S. (1996): Die Austrocknungsgefährdung von bindigen mineralischen Dichtungen und Bentonitmatten in der Oberflächenabdichtung. Ergebnisse von mehrjährigen In-situ-Versuchen und Aufgrabungen auf der Altdeponie Hamburg-Georgswerder. In: Maier-Harth, U. (Hrsg.): Geologische Barriere. Basisabdichtung, Oberflächenabdichtung - Möglichkeiten der standortgerechten Optimierung. 3. Deponie-Seminar des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz. Selbstverlag, Mainz, 40 S.

Steinert, B. & S. Melchior (1997): Untersuchungen zur Wirksamkeit von Bentonitmatten in austrocknungsgefährdeten Oberflächenabdichtungen. Ergebnisse von mehrjährigen In-situ-Versuchen auf der Altdeponie Hamburg-Georgswerder mit begleitenden Laborversuchen. In: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Sanierungsuntersuchung und Sanierung von Altlasten. Altlastenseminar des LUA NRW. Selbstverlag, Duisburg, 20 S.

Zur möglichen Vorausschätzung der Befahrbarkeit von Böden

von

MÜLLER, L.; SCHINDLER, U.; ROGASIK, H.; EULENSTEIN, F.

1. Problemstellung

Die flächenhafte Vorausschätzung des Bodenzustandes größerer Regionen hinsichtlich seiner Befahr- und Bearbeitbarkeit könnte aus der Sicht der Landwirtschaft und des Bodenschutzes praktisches Interesse erlangen. Denkbar wären dynamische Übersichten in Analogie zur Wetterkarte.

Ein solches Konzept würde erhebliche Anforderungen an die zu entwickelnde Methoden- und Datenbasis stellen. Bisherige Ansätze thematischer Kartierungen oder der Modellierung von Fahrzeug- Boden-Interaktionen wären nur in geringem Maße nutzbar.

Wünschenswert wären Resultate, die nicht nur den physikalischen Bodenzustand möglichst treffsicher und reproduzierbar voraussagen, sondern im Endergebnis zu einer praktikablen Bewertung (z. B. in der Spanne: Befahrbar - Nicht befahrbar) führen.

Nachfolgende Betrachtungen und Ergebnisse basieren auf dem Versuch, solche Beziehungen in umgekehrter Reihenfolge zu analysieren: Ausgehend von praktischen Feld- Befahrbarkeitsurteilen, die auf das Beurteilungsvermögen und verantwortungsbewußte Handeln erfahrener Landwirte abgestimmt sind, soll der Einfluß von Boden- und Witterungsfaktoren auf die Dynamik dieser Urteile quantifiziert werden.

2. Hypothesen und Lösungsansätze

Lösungsansatz 1: Kombination von Bodenfeuchtemodellen mit Feuchtegrenzwerten der Befahrbarkeit

Ein plausibel erscheinender Ansatz besteht in der Kombination von Bodenfeuchte-Simulationsmodellen mit Feuchtegrenzwerten der Befahrbarkeit. Dieser Ansatz wurde bereits in einigen Arbeiten zur Ableitung von Häufigkeitsaussagen oder auch zu Befahrbarkeitsempfehlungen geprüft (Babeir u. a., 1985, Wösten und Bouma, 1985, Michel, 1989, Shearer u. a., 1990). Aufgrund des Fehlens hinreichend sensibler Modelle, aber vor allem treffsicherer Feuchtegrenzwerte der Befahrbarkeit, ist seine Eignung für eine befriedigende Schätzung von Einzelereignissen derzeit nicht belegt. Bisherige Untersuchungen zeigen, daß einzelne, für den gesamten Oberboden geltende Parameter (z. B. Bodenfeuchte), zur Grenzwertmittlung nicht geeignet sind (Müller u. a., 1994).

Lösungsansatz 2: Autoregressives Vorausschätzen mit Führungsgrößen

Dieser Ansatz beruht auf der Theorie der Ähnlichkeit benachbarter Größen oder Prozesse in räumlicher und/oder zeitlicher Ebene (Box und Jenkins, 1976, Bahrenberg u. a., 1992, SPSS Inc. 1996). Es wird davon ausgegangen, daß das Befahrbarkeitsurteil des kommenden Tages aus dem gegenwärtigen Befahrbarkeitsurteil oder Bodenzustand und der zu erwartenden Witterung (Niederschlag, Verdunstung) geschätzt werden kann. Das erfordert eine Zeitreihenanalyse, insbesondere Prüfung auf Stationarität, Ermittlung von Autokorrelationsfunktionen, Modellanpassung und -test.

3. Material und Methodik

Zum Test der in bisherigen Untersuchungen erstellten Konsistenzmatrix (Müller u. a., 1994) wurde auf zahlreichen Standorten mit bindigen Böden sowohl die Befahrbarkeit bonitiert als auch die Bodenfeuchte und -dichte meßtechnisch erfaßt. Die Bonitur erfolgte mittels einer siebenstufigen Skala (Urteile 1=befahrbar bis 4=nicht befahrbar, mit Zwischenstufen). Prüfkriterien waren Form und Tiefe von Fahrspuren.

* Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V. Münchenberg, Eberswalder Str. 84, 15374 Münchenberg

Zur Analyse des zeitlichen Verlaufs von Bodenkennwerten, der Witterung und der Befahrbarkeit wurden in einem etwa 4 km² großen, mehrere Feldschläge umfassendem Gebiet im Oderbruch, Teilflächen mit möglichst unterschiedlichen pedohydrologischen und Bewirtschaftungsverhältnissen ausgegrenzt. Auf diesen Teilflächen wurde in einer Frühjahrsperiode von März bis Mai der Befahrbarkeitszustand täglich bonitiert. Eine in diesem Gebiet liegende agrarmeteorologische Station lieferte Tageswerte des Niederschlages und der potentiellen Verdunstung. Auf den Teilflächen wurden ereignisorientiert, im Mittel etwa wöchentlich, die Feuchte und Trockenrohddichte erhoben. Alle Werte (Befahrbarkeitsurteile und Meßwerte) wurden als Zeitreihe dargestellt und auf Auto- und Kreuzkorrelationen geprüft.

3. Ergebnisse

Lösungsansatz 1: Kombination von Bodenfeuchtemodellen mit Feuchtegrenzwerten

Die erstellte Bewertungsmatrix für das Befahrbarkeitsurteil (Müller u. a., 1994) enthält 6 Konsistenzstufen (mögliche Feldansprache nach Bodenkundlicher Kartieranleitung, AG Boden, 1994) und 3 Dichtestufen. Sie gilt für bindige Böden mit Tongehalten > 15%. Diesen Konsistenzstufen liegen substratspezifische Feuchtebereiche zugrunde (Tabelle 1).

Tabelle 1: Feuchtbereiche der Konsistenzstufen für einige Körnungsarten von Böden des Oderbruchs

Körnungsart nach FAO, 1990	Ton- gehalt %	Humus- gehalt %	Bodenfeuchtebereiche [g/100g] für Konsistenzstufen nach AG Boden, 1994					
			Ko1 fest (hart)	Ko2 halbfest	Ko3 steif (-plastisch)	Ko4 weich (-plastisch)	Ko5 breiig (-plastisch)	Ko6 zäh- flüssig
SiL	17	4,4	< 14	14 - 19	19 - 23	23 - 27	27 - 34	> 34
L	16	3,6	< 13	13 - 17	17 - 20	20 - 23	23 - 30	> 30
SCL	26	3,3	< 12	12 - 19	19 - 24	24 - 29	29 - 39	> 39
CL	34	4,8	< 18	18 - 26	26 - 32	32 - 39	39 - 52	> 52
SiC	43	4,9	< 21	21 - 30	30 - 38	37 - 47	47 - 63	> 63
C	51	4,9	< 24	24 - 34	34 - 43	43 - 52	52 - 69	> 69

Zu Dichtestufe 1 (gering) zählen Böden, die aufgrund vorheriger Bearbeitung noch sehr locker sind, z. B. im Herbst gepflügte Böden, die im Frühjahr einer Saatbettbereitung bedürfen. Stufe 2 (mittel) umfaßt abgesetzte, mittel bis stark vorbelastete Böden, z. B. unter Wintergetreide im Frühjahr. Zu Stufe 3 (hoch) zählen stark bis sehr stark vorbelastete Böden, z. B. unter Dauerkulturen.

Der Boden kann bei den Stufen 1 und 1,5 als befahrbar gelten, darüberhinaus als nicht befahrbar.

Der Test der Matrix (Tabelle 2) ergab überwiegend nur geringe Abweichungen zwischen neueren Feldurteilen und dem Matrixwert. Die beim Befahren tonreicher Böden des Holozäns zu erwartenden Spurtiefen wurden durch Schraffur gekennzeichnet.

Lösungsansatz 2: Autoregressives Vorausschätzen mit Führungsgrößen

Befahrbarkeitsurteile weisen signifikante zeitliche Autokorrelationen auf. Witterungsfaktoren sind ebenfalls überwiegend mit Befahrbarkeitsurteilen korreliert, dynamische Bodenkennwerte nur teilweise bzw. in geringerem Maße.

Da die Befahrbarkeit tonreicher Böden in starkem Maße vom Feuchte- bzw. Konsistenzzustand der Bodenoberfläche abhängt, werden kritische Zustände durch die ursächlichen Witterungsereignisse oftmals bereits hinreichend erfaßt.

In vielen Fällen kann das Befahrbarkeitsurteil mit befriedigender Genauigkeit (Abweichung < 1 Stufe) aus dem Urteil des Vortages und Witterungsdaten mit Regressionsmodellen für einen Tag vorausgeschätzt werden (Abb. 1). Für die Teilflächen gelten unterschiedliche Ansätze oder Regressionskoeffizienten.

Tabelle 2: Befahrbarkeitsurteile bindiger Böden in Abhängigkeit von der Konsistenzstufe dreier Schichten des Oberbodens (Radtraktor, mittlerer Zugkraftbedarf)

Kons. stufe 0-2 cm	Kons. stufe 2-10 cm	Konsistenzstufe																			
		10-30 cm																			
		Dichtestufe 1 (gering)						Dichtestufe 2 (mittel)						Dichtestufe 3 (hoch)							
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
1 Fest	1	1	1	1	1	2	3,5	1	1	1	1	1	2	3,5	1	1	1	1	1	2	3,5
	2	1	1	1	2	3	4	1	1	1	2	3	4	1	1	1	1,5	3	4		
	3	1	1	1,5	2,5	3,5	4	1	1	1,5	2	3	4	1	1	1	2	3	4		
	4	1,5	1,5	2	3	4	4	1,5	1,5	1,5	2,5	3,5	4	1,5	1,5	1,5	2,5	3,5	4		
	5	2,5	2,5	3	3,5	4	4	2,5	2,5	3	3	3,5	4	2,5	2,5	3	3	3,5	4		
	6	3	3	3,5	4	4	4	3	3	3,5	4	4	4	3	3	3,5	4	4	4		
2 Halbfest	1	1	1	1	1,5	2	4	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	2	4		
	2	1	1	1,5	2	3	4	1	1	1	2	2,5	4	1	1	1	1,5	2,5	4		
	3	1	1	1,5	2,5	3,5	4	1	1	1,5	2	3,5	4	1	1	1	2	3	4		
	4	2	2	2,5	3,5	4	4	2	2	2	2,5	3,5	4	2	2	2	2,5	3,5	4		
	5	2,5	2,5	3	3,5	4	4	2,5	2,5	3	3,5	4	4	2,5	2,5	3	3,5	4	4		
	6	3	3	3,5	4	4	4	3	3	3,5	4	4	4	3	3	3,5	4	4	4		
3 Steif- plastisch	1	1	1	1	2	3	4	1	1	1	2	3	4	1	1	1	1	2	3	4	
	2	1	1	1,5	2,5	3,5	4	1	1	1	2	3,5	4	1	1	1	2	3,5	4		
	3	1	1,5	2,5	3	4	4	1	1	2	3	4	4	1	1	2	2,5	4	4		
	4	2	2	3,5	4	4	4	2	2	3	3,5	4	4	2	2	2,5	2,5	4	4		
	5	2,5	3	3,5	4	4	4	2,5	3	3	3,5	4	4	2,5	3	3	3,5	4	4		
	6	3	3	4	4	4	4	3	3	3,5	4	4	4	3	3	3,5	4	4	4		
4 Weich- plastisch	1	1,5	1,5	2	3	3	4	1,5	1,5	2	3	3	4	2	2	2	3	3	4		
	2	1,5	2,5	2,5	3	3,5	4	1,5	2	2,5	3	3,5	4	2,5	2,5	2,5	3	3,5	4		
	3	2	2,5	3,5	4	4	4	2	2	3	4	4	4	2,5	2,5	3	4	4	4		
	4	2,5	3	4	4	4	4	2,5	2,5	3,5	4	4	4	3	3	3	4	4	4		
	5	3	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4		
	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
5 Breiig- plastisch	1	2,5	3	3	4	4	4	2,5	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4		
	2	3	3	3,5	4	4	4	3	3	3,5	4	4	4	3	3	3,5	4	4	4		
	3	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4		
	4	3	3,5	4	4	4	4	3	3,5	4	4	4	4	3	3,5	4	4	4	4		
	5	3,5	3,5	4	4	4	4	3,5	3,5	4	4	4	4	3,5	3,5	4	4	4	4		
	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
6 Zähflüssig	1	3	3	3,5	4	4	4	3	3	3,5	4	4	4	3,5	3,5	3,5	4	4	4		
	2	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3,5	3,5	4	4	4	4		
	3	3,5	3,5	4	4	4	4	3,5	3,5	4	4	4	4	3,5	3,5	4	4	4	4		
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		

Stufen der Befahrbarkeit: 1 = Günstig befahrbar, keine signifikanten Strukturschäden
 2 = Eingeschränkt befahrbar, geringe bis mittlere Strukturschäden
 3 = Schlecht befahrbar, deutliche Strukturschäden
 4 = Nicht befahrbar, extreme Strukturschäden

Spurtiefen

	Spur < 5 cm
	Spur 5 - 10 cm
	Spur 10 - 15 cm
	Spur > 15 cm

Trends bzw. Instationarität bereiten bei der Modellanpassung Probleme, räumliche Autokorrelationen sind wahrscheinlich und zu prüfen.

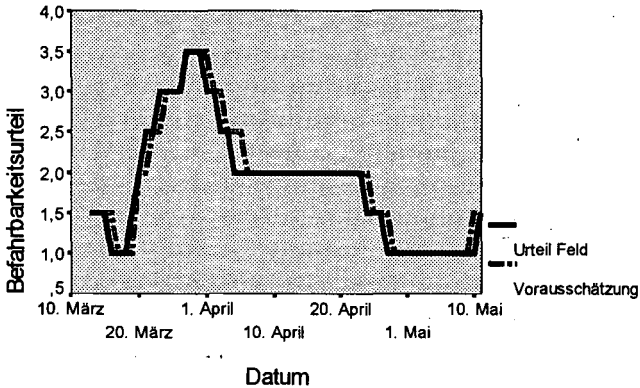


Abb. 1: Beispiel für die Vorausschätzung des Befahrbarkeitsurteils auf der Grundlage der Autokorrelationsfunktion sowie Niederschlag und Verdunstung (Meßplatz 17)

Diskussion

Hinsichtlich der prinzipiellen Vorausschätzbarkeit der Befahrbarkeit sind die Ergebnisse ermutigend. Beide Lösungsansätze erscheinen prinzipiell geeignet, erfordern für eine breitere Umsetzung jedoch weitere Arbeiten.

Lösung 1 stellt eine Herausforderung für die Bodenfeuchtemodellierung dar, ein Modell zu entwickeln, das den Bodenfeuchteverlauf in 0-2 cm, 2-10 cm und 10-30 cm beschreiben kann. Probleme mit der Matrix nach Tabelle 2 sind ggf. bei schwachbindigen Böden zu erwarten. Hystereses Verhalten zwischen Bodenwassergehalt und Konsistenz ist nicht auszuschließen.

Lösung 2 basiert auf der „Erhaltungsneigung“ von Prozessen und ist „objektspezifisch“ (z. B. Klimagebiet, Bodenregion, Teilfläche) geprägt. Flächenhafte Vorausschätzungen erfordern größere Datenbanken und weitere „Lernübungen“ der Modelle.

Literatur

- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, Hannover 1994, 392 S.
- Babeir, A., T. S. Colvin and S. S. Marvin (1985): Predicting field tractability with a simulation model. ASAE Paper No. 85-1025, 1-15
- Bahrenberg, G., E. Giese, J. Nipper (1992): Statistische Methoden in der Geographie. Band 2 Multivariate Statistik, Teubner Studienbücher Geographie, 2nd edit. 416 pp.
- Box, G. E. P. and G. M. Jenkins (1976): Time series analysis: Forecasting and control. San Francisco Holden-Day
- FAO, 1990: Guidelines for soil description, 3rd edition, Rome 1990, 70 pp.
- Michel, R.-M., 1989: Zur Modellierung der räumlichen Bodenfeuchteverteilung und ihrer Anwendung bei der Beurteilung der Befahrbarkeit von Ackerflächen im Jungpleistozän. Diss. AdL Berlin, 99 S.
- Müller, L., U. Schindler, H. Rogasik and H. Kretschmer (1994): Trafficability of mineral lowland sites as related to soil hydrologic conditions. In: Soil tillage for crop production and protection of the environment. Proc. of the 13th ISTRO Conference 1994 Aalborg, Denmark, Vol. II, 1163 - 1168.
- Shearer, S., G. K. Felton, K. T. Priddy, E. Roland and L. Swetnam (1990): Trafficability/tractability prediction and information delivery via Agtext. ASAE-paper No. 90-1561
- SPSS Inc., (1993): Handbooks SPSS for Windows. Release 6.0. Advanced statistics 578 pp., Professional statistics 385 pp., Trends 353 pp.
- Wosten J. H. M. and J. Bouma, 1985: Using simulation to define moisture availability and trafficability for a heavy clay soil in The Netherlands. Geoderma 35, 187-196

Stickstoffhaushalt in einem klärschlammhaltigen Rekultivierungssubstrat

von

NIKLAUS,P.; KLEBER,M.; STAHR,K.

Einleitung und Problemstellung

Halden des Steinkohlenbergbaus stellen auf lange Zeit Fremdkörper in der Landschaft dar. Einschränkend auf die Schaffung einer geschlossenen Vegetationsdecke wirken der Mangel an verfügbaren Nährstoffen (N, P) im Ausgangsmaterial und, bedingt durch die hohen Skeletthaltegehalte, die geringe Feldkapazität sowie stark erhöhte Oberflächentemperaturen des dunkel gefärbten Bergematerials (Stalljann 1984). Dominierender Faktor der Bodenentwicklung in den ersten Jahren nach Aufhaltung ist die starke Versauerungsdynamik aufgrund der Oxidation im Bergematerial enthaltener Eisendisulfide (Kerth & Wiggering 1991).

Der Beitrag organischer Reststoffe und Klärschlämme zur Rekultivierung dieser Flächen wird hauptsächlich in der Zufuhr von Nährstoffen, der Zufuhr organischer Substanz zur Belebung der Bodenfauna und zur Erhöhung der Feldkapazitäten und Puffereigenschaften gesehen (Sopper 1993; Pichtel et al. 1994). Diese zuletzt genannten Ziele unter ausschließlicher Verwendung organischer Reststoffe zu erreichen erfordert Aufwandmengen, die den aktuellen Bedarf der aufkommenden Vegetationsdecke an Stickstoff in den ersten zwei bis drei Jahren um ein vielfaches übersteigen können. Das Risiko hoher Nährstoffausträge aus dem Rekultivierungssubstrat stellt damit einen begrenzenden Faktor der Ausbringung organischer Reststoffe zur Rekultivierung dar, sofern die Verwendung schadstoffarmer bzw. -schadstofffreier Reststoffe sichergestellt ist.

Die Rekultivierungsmaßnahme

Die Halde Reden ca. 25 km nördlich von Saarbrücken wurde im Rahmen der Stilllegung der Grube Landsweiler-Reden im Jahr 1996 zur Rekultivierung vorgesehen. Die ca. 13 ha Plateaufläche des 80 m mächtigen Haldenkörpers wurden zwischen 1994 und 1996 mit einer ca. 20 dm mächtigen Substratschicht, bestehend aus 80 Vol.% Bergematerial, 10 Vol.% kalkkonditionierten Klärschlämmen und 10 % Holzkompost, bedeckt. Dies entspricht einer einmalig ausgebrachten Klärschlammmenge von ca. 450 t TM · ha⁻¹.

Standorteigenschaften	Pararendzina, tiefhumos	
Skelett, [Vol.%], Bodenart	60-70	Ls4
Nutzb. Feldkapazität ^{a,c} [l m ⁻²]	70	(gering)
pH (Mai 1996)	7.0 - 7.5	
KAK _{eff} ^a [mol _c m ⁻²]	34	(mäßig)
N _t ^b [t ha ⁻¹]	24.3	(s. hoch)
P _{CAL} ^b [kg ha ⁻¹]	1490	(s. hoch)

^a eff. Wurzelraum

^b gesamte Profiltiefe

^c Schätzwert

Tab. 1: Eigenschaften des Rekultivierungssubstrates 2 Jahre nach Ausbringung

Die Fragestellung

Ziel des hier vorgestellten Forschungsprojektes ist es, neben der standortkündlichen Ansprache des Rekultivierungssubstrates zeitliche Verläufe der Gehalte und Umsätze an mineralischem Stickstoff zu dokumentieren sowie eine Abschätzung der Stickstoffausträge aus dem Substrat zu ermöglichen.

Methodik

Aufgrund der hohen Skelettgehalte im Substrat war eine Rasterbeprobung zur Prüfung der gewählten Standorte auf Repräsentanz ebensowenig wie die Probennahme zur Bestimmung der N_{min} -Gehalte mit Bohrstock. Die Beprobung erfolgte daher an einer nordexponierten und isolierten Profilwand nach Abgraben einer jeweils ca. 10-20 cm mächtigen Schicht. Zur Erfassung der räumlichen Variabilität erfolgte die Beprobung an fünf benachbarten Bereichen der Profilwand mit jeweils vier Wiederholungen.

Seit Frühjahr 1996 werden die Verläufe der NO_3^- -N- und NH_4^+ -N-Konzentrationen im Substrat und in der Bodenlösung in 4 Tiefen (20, 60, 100 und 200 cm) in kleinen Zeitschritten beobachtet.

Die Bestimmung der N-Netto-Mineralisation erfolgte in den genannten Tiefen mit der PVC-beutel-Methode nach Runge (1970). Die Bodenlösung wurde mittels Saugkerzenlysimetern gewonnen und auf NO_3^- -N, NH_4^+ -N und PO_4^{3-} -P untersucht. Die Sickerwassermengen und Austragsfrachten wurden anhand der klimatischen Wasserbilanz nach HAUDE abgeschätzt.

Ergebnisse

Gehalte im Boden

Die Gehalte an mineralischem Stickstoff (Abb.1) im Rekultivierungssubstrat zwischen April 1996 und Juni 1997 weisen Spitzenwerte von bis zu $640 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ auf. Im Frühjahr 1997 sind deutlich geringere Gehalte an mineralischem N im Oberboden zu beobachten, während in 20 dm Tiefe weiterhin hohe Gehalte vorliegen.

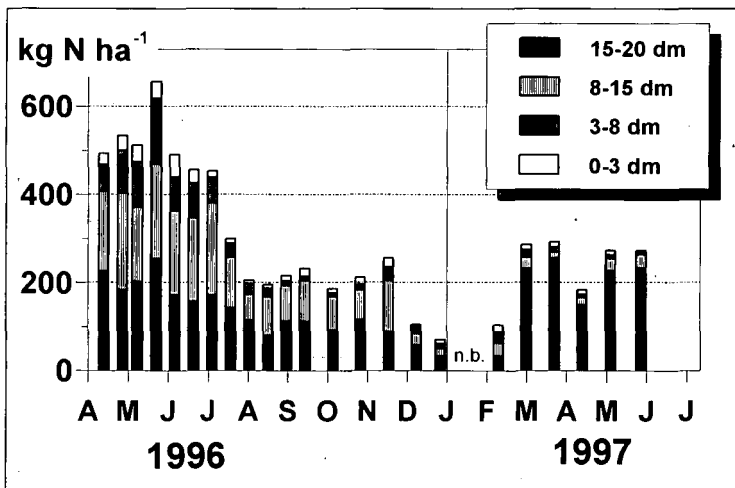


Abb. 1: Mineralischer Stickstoff im Rekultivierungssubstrat [$\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$]

Konzentrationen in der Bodenlösung

Die Bodenlösung in 20 dm Tiefe weist erhebliche Konzentrationen an $\text{PO}_4\text{-P}$ und $\text{NH}_4\text{-N}$ auf, die jedoch im Winter 1996/1997 deutlich annehmen. Zwischen den erhobenen zwei Parallelen treten z.T. erhebliche Unterschiede auf. Die Gehalte an $\text{NO}_3\text{-N}$ waren 1996 gering, mit Einsetzen der starken Herbstregenfälle im November 1996 wurde ein kurzzeitiger Anstieg festgestellt. Im Frühjahr 1997 ist parallel zur Abnahme der $\text{PO}_4\text{-P}$ - und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen ein Anstieg der Konzentrationen an $\text{NO}_3\text{-N}$ auf über $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ zu beobachten.

Die Dominanz des $\text{NH}_4\text{-N}$ in Boden und Bodenlösung in 20 dm Tiefe im Unterboden deuten auf eine gehemmte Nitrifikation durch eingeschränkte O_2 -zufuhr und intensive Atmungsaktivität hin.

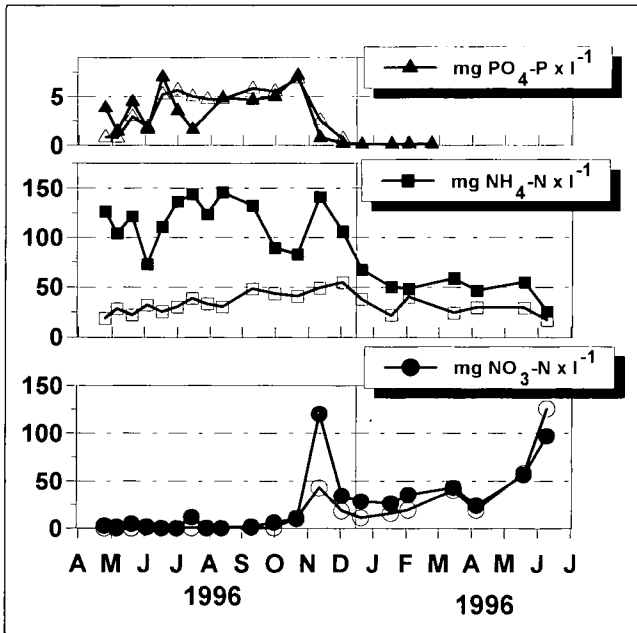


Abb.2: Konzentrationen in der Bodenlösung aus 20 dm Tiefe, n=2

Für den hier dargestellten Zeitraum von April 1996 bis Juni 1997 wurden akkumulierte Austragsfrachten von ca. $440 \text{ kg N}_{\text{min}} \cdot \text{ha}^{-1}$ und $10 \text{ kg PO}_4\text{-P} \cdot \text{ha}^{-1}$ aus dem Substrat ermittelt.

Eine akute Umweltgefährdung ist aufgrund geringer Konzentrationen in Brunnenpegeln auf dem Haldenplateau und in austretendem Sickerwasser am Haldenfuß nicht wahrscheinlich. Eine Bindung des perkolierenden PO_4 und NH_4 im Haldenkörper wird angenommen.

Die Einarbeitung großer Mengen an leicht mineralisierbarer organischer Substanz in Form von Klärschlamm führt durch hohe Mineralisierungsraten und damit hohem O_2 -Verbrauch zu reduzierenden Verhältnissen im Unterboden. Mit abnehmenden Mineralisierungsraten durch Stabilisierung der organischen Substanz ist ca. drei Jahre nach Ausbringung eine ausreichende O_2 -versorgung des Unterbodens bis in 20 dm Tiefe sichergestellt.

Zusammenfassung

Zwei Jahre nach Ausbringung eines Rekultivierungssubstrates bestehend aus karbonischem Gesteinsmaterial, Klärschlamm und Holzkomposten auf einer Halde des Steinkohlenbergbaus wurden Standortseigenschaften und Stickstoffgehalte im Rekultivierungssubstrat untersucht.

Im ersten Jahr des Untersuchungszeitraums ab April 1996 waren im Oberboden eine intensive Mineralisierung und hohe Gehalte an NO_3^- -N zu beobachten. Im Herbst 1996 und darauf folgenden Frühjahr 1997 fand eine deutliche Beruhigung der Umsatzraten und Abnahme der Gehalte an NO_3^- -N und NH_4^+ -N statt. Im Unterboden der 20 dm mächtigen Substratschicht sind während des gesamten bisherigen Untersuchungszeitraums hohe Umsatzraten und hohe Gehalte an NH_4^+ -N zu beobachten. Gehalte und Umsatzraten an NO_3^- -N und NH_4^+ -N geben Hinweise auf anaerobe Bedingungen im Unterboden.

Die Auswirkungen auf Schadstofffreisetzung, seuchenhygienische Bewertung und Denitrifikationsverluste reduzierender Verhältnisse in Rekultivierungssubstraten unter Verwendung von Reststoffen auf Freisetzung sollten ebenso wie potentielle Filter- und Puffereigenschaften der Haldenkörper näher geprüft werden.

Literatur

- James, D.W., J. Kotuby-Amacher, G.L. Anderson, D.A. Huber (1996): Phosphorous mobility in calcareous soils under heavy manuring. *J. Environ. Qual.* 25, 770-775, Madison, Wisconsin.
- Kerth, M., H. Wiggering (1991): Verwitterung und Bodenbildung auf Steinkohlenberghalden. In: H. Wiggering u. M. Kerth (Hrsg.): *Berghalden des Steinkohlenbergbaus*, 85-103, Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft, Wiesbaden.
- Niklaus, P. (1997): Rekultivierung von Berghalden des Steinkohlenbergbaus unter Verwendung von Klärschlamm. Unveröffentl. Diplomarbeit. Universität Hohenheim.
- Pichtel, J.R., W.A. Dick, P. Sutton (1994): Comparison of amendments and management practises for long-term reclamation of abandoned mine lands. *J. Environ. Quality* 23, 766-772, Madison, Wisconsin.
- Runge, M. (1970): Untersuchungen zur Bestimmung der Mineralstickstoff-Nachlieferung am Standort. *Flora, Abt. B*, Bd. 159, 233-257.
- Sopper, W.E. (1993): *Municipal sludge use in land reclamation*. 163 S., CRC Press, Boca Raton, USA.
- Stalljann, E. (1984b): Standortverhältnisse und Begrünungsmöglichkeiten von Berghalden. *Glückauf-Forschungshefte* 45, Bd. 6, 308-314.
- Werner, W., H.W. Scherer, F. Reinartz (1991): Experiences of the usage of heavy amounts of sewage sludge for reclaiming opencast mining areas and amelioration of very steep and stony vineyards. In: Hall, J.E. (ed.): *Alternative uses for sewage sludge*, 71-82, Oxford, UK.

Charakterisierung der organischen Substanz in mechanisch-biologisch vorbehandeltem Restmüll unter Verwendung bodenkundlicher Methoden

von

PICHLER, M.; KÖGEL-KNABNER, I.

Einführung

Die Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi) von 1993 legt fest, daß ab dem Jahre 2005 nur noch Restmüll mit einem Glühverlust $\leq 5\%$ deponiert werden darf. Dieser Grenzwert soll die Nachsorgefreiheit künftiger Deponien garantieren, indem ein Eintrag abbaubarer organischer Substanz verhindert wird. Momentan kann diese Vorgabe nur mittels thermischer Verfahren (Müllverbrennung) erreicht werden. Die mechanisch-biologische Restmüllbehandlung (MBR) wird alternativ oder ergänzend zur thermischen Restmüllbehandlung (Müllverbrennung) eingesetzt. Dabei wird der Restmüll zunächst mechanisch aufbereitet, d.h. gesiebt, zerkleinert oder aufgefásert. Anschließend erfolgt ein kontrollierter Abbau der organischen Substanz durch aerobe Rotte oder anaerobe Vergärung. Auch kombinierte Aerob-Anaerob-Verfahren werden erprobt. Mit diesen Verfahren können alle in der TASi aufgeführten Ablagerungsparameter eingehalten werden, ausgenommen der Glühverlust und die TOC- (total organic carbon) Konzentration im Eluat. Bisherige Versuche zeigten, daß auch eine deutliche Inertisierung des Restmülls eintritt (BIDLINGMAIER und STREFF, 1994).

Der Parameter Glühverlust liefert jedoch nur quantitative Aussagen über die organische Substanz im Restmüll. Informationen über deren leicht abbaubaren Anteil sowie über das Langzeitverhalten des Restmülls auf der Deponie sind nur durch qualitative Analysen zu erhalten. Ziel war es deshalb, Abbau- und Umbauprozesse der organischen Substanz während der MBR mit aus der Bodenkunde bekannten humuschemischen Methoden zu studieren.

Material und Methoden

Es wurden Proben aus zwei Behandlungsverfahren untersucht:

- a) Aerobe Rotte: MBR-Anlage Quarzbichl, Bayern, Material <40 mm: 8 Wochen belüftete Intensivrotte, 48 Wochen unbelüftete statische Nachrotte

b) Alternierendes Aerob-/Anaerobverfahren (TU-Braunschweig): Testverfahren in 200 l - Behältern, Wechselintervalle: 24 und 48 h, Behandlungsdauer: 5 Monate

Die Proben wurden auf folgende Parameter analysiert:

- Glühverlust, TOC, N-Gehalt
- Stoffgruppenanalyse: Nichtcellulosische Kohlenhydrate, Cellulose (beide mit MBTH-Methode), Proteine (Ninhydrinnachweis)
- Struktur des organischen Kohlenstoffs (^{13}C -CPMAS-NMR-Spektroskopie)

Ergebnisse und Diskussion

Exemplarisch sei am Beispiel der aeroben Rotte (Verfahren a) der Abbau verschiedener Stoffgruppen im Rotteverlauf dargestellt (Abb. 1).

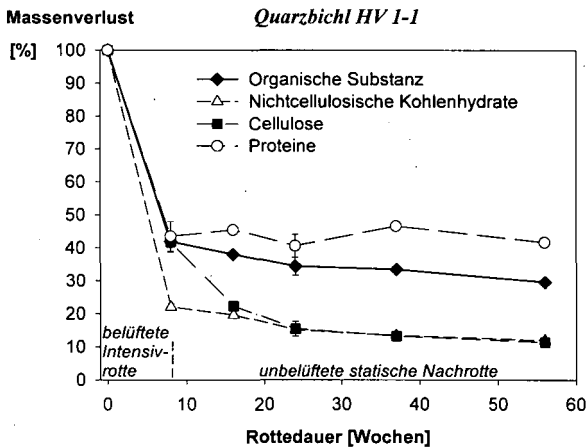


Abb. 1:
Massenverlust verschiedener Stoffgruppen im Verlauf einer aeroben Rotte

Fehlerbalken:
Standardabweichung von 4 Probenahmeparallelen

Man erkennt, daß der Hauptabbau in der Intensivrottephase abläuft. Lediglich bei Cellulose ist auch während der Nachrotte noch ein deutlicher Abbau zu verzeichnen. Die Massenverluste erreichen 70% für die gesamte organische Substanz, 88% für die Kohlenhydrate und 58% für die Proteine. Ein geringer Massenverlust von Proteinen wurde von KNICKER und LÜDEMANN (1995) sowie VINCENSLAS-AKPA und LOQUET (1997) auch für Kompost beschrieben. Proteine sind zwar leicht

abbaubar, werden aber im Zuge der mikrobiellen Biomasseproduktion resynthetisiert. Aus der Summe von Abbau und Resynthese ergibt sich ein relativ geringer Massenverlust.

Abb. 2 zeigt zwei NMR-Spektren von Proben aus dem alternierenden Verfahren (b).

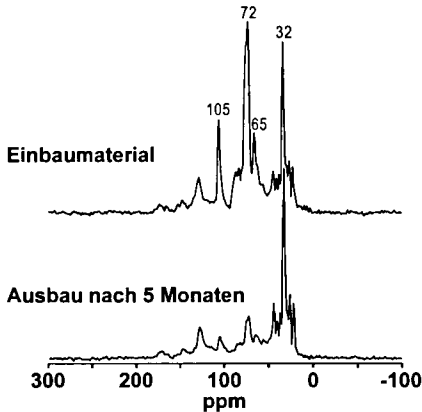


Abb. 2:

^{13}C -CPMAS-NMR-Spektren von Restmüllproben vor und nach einer alternierenden Aerob-/Anaerobbehandlung mit 24 h Aerobphase, 48 h Anaerobphase

Im Spektrum des Einbaumaterials dominieren die Signale von Kohlenhydraten (65, 72 und 105 ppm) und Kunststoffen/Lipiden (32 ppm). Die Anteile für Aromaten-C (110-160 ppm) und Carbonyl-C (160-220 ppm) sind gering. Nach einer fünfmonatigen alternierenden Behandlung (im Wechsel 24 h aerob, 48 h anaerob) sind die Signale der Kohlenhydrate weitgehend verschwunden, es dominiert der Kunststoff-/Lipidanteil. Der Abbau der Kohlenhydrate konnte auch naßchemisch bestätigt werden. Die gemessenen Massenverluste betragen für Kohlenhydrate 81% bis 97%, für Proteine 62 bis 84% und für die organische Substanz im ganzen 61 bis 83%.

Schlußfolgerungen

- Kohlenhydrate sind die Stoffgruppe im Restmüll, die am schnellsten abgebaut wird.
- Beide Rotteverfahren erreichen einen weitgehenden Abbau leichtverfügbarer Stoffgruppen und damit eine Stabilisierung des zu deponierenden Materials. Dies wird auch durch niedrige Atmungsaktivitäten und Gasbildungspotentiale (Daten nicht gezeigt) bestätigt.
- Humuschemische Methoden eignen sich gut zur Charakterisierung der organischen Substanz von (behandeltem) Restmüll.

Dank

Wir danken dem Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig (Prof. Dr. J. Collins, M. Turk) und der Ingenieurgemeinschaft Witzenhausen (Dr. W. Müller) für die Bereitstellung der Proben. I. Neumaier sei für die Probenaufbereitung und -analyse gedankt.

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Teilvorhabens 3/2 (FKZ 1471054) innerhalb des Verbundprojekts „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“.

Literatur

- BIDLINGMAIER, W. und STREFF, L. (1994): Verhalten von biologisch vorbehandeltem Restmüll bei der Ablagerung. In: H. Häberle and W. Bidlingmaier (Hrsg.): TA-Siedlungsabfall, Springer, Berlin, S. 91-100.
- KNICKER, H. und LÜDEMANN, H.-D. (1995): N-15 and C-13 CPMAS and solution NMR studies of N-15 enriched plant material during 600 days of microbial degradation. *Org. Geochem.* **23**, 329-341
- VINCESLAS-AKPA, M. und LOQUET, M. (1997): Organic matter transformations in lignocellulosic waste products composted or vermicomposted (*Eisenia fetida andrei*): chemical analysis and ¹³C CPMAS NMR spectroscopy. *Soil Biol. Biochem.* **29**, 751-758

Entwicklung der N-min-Gehalte nach Ausbringung von 0, 100 und 200 t/ha Kompost auf einem Forststandort

von

PLACHETKA, L.; SKRBEK, J.

Fragestellung

Für organische Abfälle stellt sich die Frage nach deren schadlosen und möglichst vorteilhaften Unterbringung. Es wurde untersucht, wieweit dies im Forst möglich ist. Eine leichte Durchführbarkeit der Kompostausbringung ist nur nach Kahlschlägen zur Wiederaufforstung gegeben. Damit liegen große Zeiträume bis zur erneuten Ausbringung. Entsprechend wurden Varianten mit vergleichsweise hohen Mengen von 200 t/ha (Parzelle a) und 100 t/ha (Parzelle b) im Vergleich zur Nullparzelle (Parzelle c) geprüft. Bei der Zersetzung des Komposts können größere Nitratmengen freigesetzt werden, die eine Gefahr für das Grundwasser darstellen. Schwerpunkt der Untersuchung war die Bestimmung der Freisetzung und Verlagerung des Nitrat- und Ammoniumstickstoffs.

Methode

Die Kompostausbringung erfolgte Ende Januar 1995. Erfaßt wurden über ein Jahr in zwei- bis vierwöchigem Abstand die N-min-Gehalte, Wassergehalte und pH-Werte in der Kompostauflage und in 6 Tiefenabschnitten bis 1 m Tiefe. Weiterhin wurden die Gesamt-C- und -N-Mengen für jede der 5 Teilparzellen einer Variante in den Auflagehorizonten und bis 20 cm Mineralbodentiefe 10 Monate nach der Kompostausbringung ermittelt. Dabei wurde die Rohdichte der organischen Auflagehorizonte, der Kompostauflage und der Horizonte des Leitprofils mit bestimmt. Somit war es möglich, die ermittelten $\text{NO}_3\text{-N}$ - und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalte auf Menge je Horizont und Hektar, bzw. bis 1 m Tiefe und Hektar umzurechnen und die jahreszeitliche Freisetzung zu erfassen. Das Bodenprofil der Versuchsfläche wurde als eine vergleyte Braunerde angesprochen, deren Anteil an Mittel- und Feinsand über 80 % beträgt.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Untersuchung ergab eine hohe Gesamt-N-Menge der Kompostauflagen und oberen organischen Auflagehorizonten. Mit zunehmender Tiefe des Mineralbodens und damit abnehmendem Humusgehalt verringerte sich die Menge erheblich (Tab. 1). Bei der Variante mit 100 t/ha Kompost bestanden kaum

* Fachgebiet Angewandte Bodenkunde, Universität Gh Essen, Universitätsstr. 5, 45117 Essen

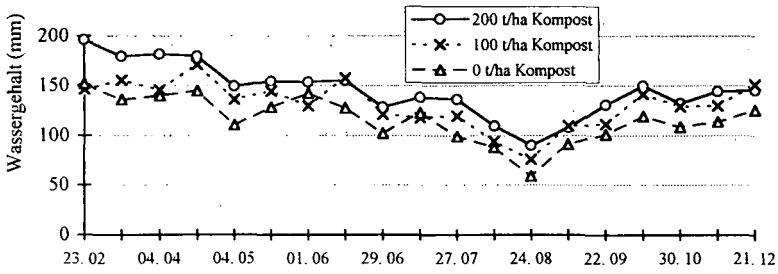


Abb. 1: Wassergehalte bis 100 cm Tiefe im Jahresverlauf 1995

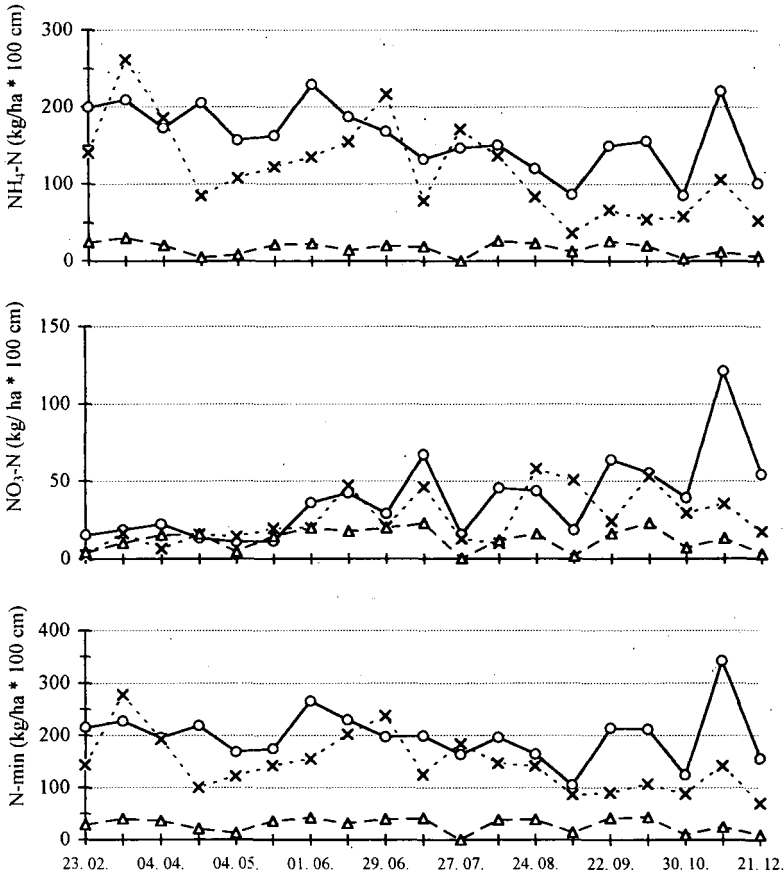


Abb. 2: Stickstoffgehalte bis 100 cm Tiefe im Jahresverlauf 1995

Tab. 1: Gesamtstickstoffgehalte der untersuchten Bodenhorizonte der Parzelle b (100 t/ha Kompost)

Horizont	Tiefe (cm)	N (kg/ha)	C:N	Humusgehalt (%)
O ^s	0-3	1843	18,5	28,45
Oh	3-6	703	23,3	11,63
MBv	6-9	186	18,1	1,42
RAh	10-26	632	13,5	0,59
Bv1	26-47	1083	14,3	0,82
Bv2	47-55	330	13,8	0,67
GoBv	55-68	171	10,0	0,16
Go	68-84	103	22,7	0,17
GoSw	84-99	< 1	-	0,07
GoSwd	99-102	44	11,3	0,18
Go	101-120	< 1	54,2	0,28
Summe		5099		

^x Kompostauflage

Tab. 2: N-Konzentrationen (mg/l) an vier ausgewählten Probetagen

	4.4.	1.6.	24.8.	21.12.
NH₄-N				
200 t/ha	95	149	134	70
100 t/ha	128	104	110	35
0 t/ha	15	15	39	5
NO₃-N				
200 t/ha	12	24	49	37
100 t/ha	4	15	77	12
0 t/ha	11	14	27	2
Nmin				
200 t/ha	107	173	182	107
100 t/ha	132	119	187	46
0 t/ha	27	30	66	7

Unterschiede hinsichtlich des Gesamt-N-Gehaltes zwischen der Nullvariante und auch anderen vergleichbaren Standorten ohne Kompostanwendung (BEESE, 1986). Diese wurden als 'mittel' eingestuft. Erst bei der Variante mit 200 t/ha Kompost wurden deutliche Erhöhungen im Gesamt-N-Gehalt festgestellt, womit diese als 'erhöht' bewertet werden konnten (BLUME et al., 1995) (Tab. 3).

Für eine Mineralisierung und damit Mobilisierung des organisch gebundenen Stickstoffs waren die Bedingungen aufgrund des hohen pH-Wertes und des engen C:N-Verhältnisses in der Kompostauflage am günstigsten (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1992). Die hohen Ammonium-N- und Nitrat-N-Gehalte machten dies deutlich (Abb. 2). Diese N-Mengen waren mit üblichen jährlichen N-Düngergaben für Intensivgrünland vergleichbar (FINK, 1992), für einen Waldstandort jedoch als zu hoch anzusprechen.

Auffallend war im Vergleich zum Nitrat-N-Gehalt der hohe Ammonium-N-Gehalt (Abb. 2). Dies führte auch

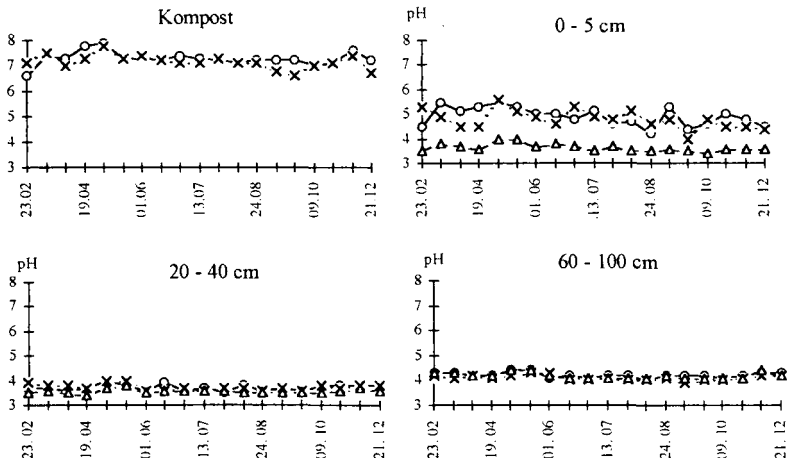


Abb. 3: pH-Werte im Kompost, 0-5 cm, 20-40 cm und 60-100 cm Tiefe im Jahresverlauf 1995

Tab. 3. Mittelwerte (n = 5) der Humus- und Gesamt-N-Gehalte, C:N-Verhältnis und Rohdichte von Parzelle a,b,c bis 20 cm Tiefe

Tiefe (cm)	C:N	Humusgehalt (%)	Rohdichte (kg/dm ³)	N (kg/ha)	Standartabw.
a Kompost	16	44,35	0,32	2036	216
O-Lage	25	52,78	0,35	2050	248
0-5	25	4,91	1,37	668	572
5-10	26	1,32	1,57	229	75
10-20	19	1,18	1,56	550	163
Summe				5533	
b Kompost	16	37,15	0,37	946	110
O-Lage	21	41,32	0,29	998	-
0-5	26	4,88	1,35	830	614
5-10	20	1,12	1,57	259	70
10-20	16	0,91	1,59	538	107
Summe				3572	
c O-Lage	23	47,76	0,36	1284	377
0-5	21	11,91	0,95	1318	679
5-10	23	2,16	1,47	374	241
10-20	22	1,01	1,59	415	120
Summe				3391	

zu einer deutlichen Erhöhung der pH-Werte des sonst sehr sauren Waldstandortes (BLUME, 1990) (Abb. 3). Der Nitrat-N-Gehalt (Abb. 2) der Parzellen a und b erhöhte sich im Laufe des Jahres. Es konnte daher nicht ausgeschlossen werden, daß es aufgrund der geringen Verdunstung im Winter (Abb. 1) zu Nitratauswaschungen mit dem Sickerwasser kommen konnte (FOERSTER, 1973; SCHWEIGER, 1973; STREBEL, 1982). Die Auswaschungen konnten aber nicht höher sein, als die bestimmten N-Konzentrationen (Tab. 2). Hinsichtlich einer potentiellen N-Freisetzung aus dem Kompost kann aus bisher bekannten Untersuchungen gefolgert werden, daß im Anwendungsjahr 10 %, im Jahr nach der Anwendung 5 % und in den weiteren Jahren 3 % mineralisiert werden (DÖHLER, 1990). Eine Mineralisation von Kompost kann sich daher über viele Jahre erstrecken, wobei eine genaue Kalkulation nicht möglich ist.

Literatur

- BEESE, F. (1986): Parameter des Stickstoffumsatzes in Ökosystemen mit Böden unterschiedlicher Acidität. Göttinger Bodenkundliche Berichte, 90, S. 1-344
- BLUME, H.-P. (1990): Handbuch des Bodenschutzes. Ecomed Verlagsgesellschaft mbH, Landsberg/Lech
- BLUME, H.-P.; SCHLICHTING, E.; STAHR, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin
- DÖHLER, H. (1994): Vorsicht mit dem Stickstoff. DLG Mitteilungen 12/1994, S. 22-23
- FINK, A. (1992): Dünger und Düngung. VCH Verlagsgesellschaft Weinheim
- FOERSTER, P. (1973): Einfluß hoher Güllegaben und üblicher Mineraldünger auf die Stoffbelastung im Boden- und Grundwasser in Sandböden Nordwestdeutschland. Z. f. Acker- und Pflanzenbau, 137, S. 270-286
- SCHAEFFER, F. u. P. SCHACHTSCHABEL (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. Enke Verlag Stuttgart
- SCHWEIGER, P. (1973): Einfluß von Witterung, Bodeneigenschaften und pflanzenbaulichen Maßnahmen auf Wasserversickerung und Mineralstoffauswaschung im Weihenstephaner Lysimeter. Diss: TU München
- STREBEL, O. u. M. RENGER. (1982): Stoffanlieferung an das Grundwasser bei Sandböden unter Acker, Grünland und Wald. Veröffentl. Inst. F. Stadtbauwesen TU Braunschweig, 34, S. 131-144

Nährstoffgehalte und Verdichtung von Böden eines Reiterhofes und seiner Umgebung

von

RICHTER, B.; BURGHARDT, W.

1. Einleitung

In Randgebieten von Ballungsräumen werden immer mehr Flächen für die Freizeitnutzung in Anspruch genommen. Gerade der Reitsport erfreut sich einer immer größeren Beliebtheit.

In dieser Arbeit sollen Ergebnisse über den Nährstoffeintrag in Böden und die durch Tritt hervorgerufenen Bodenverdichtungen in der Umgebung eines Reiterhofes vorgestellt werden. Die Wahl der Untersuchungsflächen richtet sich nach den verschiedenen Beweidungsintensitäten und Flächenmerkmalen, die durch Pferd und Reiter geprägt werden. Berücksichtigung finden auch unbefestigte Reitpfade im Wald.

2. Standort und Untersuchungen

Der untersuchte Reiterhof befindet sich in Cappenberg, einem ländlichen Stadtteil der Stadt Selm im Kreis Unna. Cappenberg ist ein Höhenzug im Münsterland, überwiegend forstwirtschaftlich genutzt und dient aufgrund seiner ausgedehnten Wälder als Naherholungsziel für das nördliche Ruhrgebiet.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich in den Niederungen Gleye, Naß- und Anmoorgleye und in den höheren Lagen Pseudogleye die mehr oder weniger zu Braunerden tendieren. An Bodenarten dominieren sandiger Lehm und stark lehmiger Sand, auf den bewaldeten Kuppen liegen zum Teil hohe Tongehalte vor.

Um repräsentative Daten zu erhalten, wurden Flächen ausgewählt, die typische morphologische Anzeichen für eine Nutzung durch Pferde zeigen. Dazu gehören Trampelpfade auf Weiden und im Wald, Trittschäden verstärkt durch Nässe im grundwasserbeeinflussten Weidebereich, von Pferden gemiedene Geilstellen im Weidebewuchs (im folgenden Äppelstelle genannt), überweidete Bereiche und auch ein Reitplatz. Zu den durch Reiten beeinflussten Bodenprofilen (Pfad) im Wald wurden Vergleichsprofile (Fläche) angelegt.

Nachfolgend wurden folgende Parameter nach Standardmethoden ermittelt:

Rohdichte, pflanzenverfügbare Phosphat- und Kaliumgehalte im Doppellactatauszug, N_{\min} -Gehalte, N_i -Gehalte.

3. Ergebnisse

Tabelle 1: Gesamtgehalte der Nährstoffe in kg/ha, bezogen auf 50 cm Profiltiefe

Nutzung	P ₂ O ₅ (DL)	K ₂ O (DL)	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	N _t
Reitplatz					
	550	770	289	13	6583
Weide extensiv bzw. feucht					
Weide	482 - 808	210 - 751	7 - 17	4 - 8	11915 - 15131
Weide intensiv					
Weide, Äppelstelle	2583 -3045	2460 - 3301	19 - 20	12 - 16	8633 - 17142
Weide	1665	1591	19	8	14380
Pfad	1465 -2037	1708 - 2724	11 - 13	18 - 21	8885 - 9409
Wald					
Pfad, trocken	273 - 521	888 - 906	n.b.	n.b.	5720 - 5828
Fläche	136	657	n.b.	n.b.	6145
Pfad, feucht	143	1689	n.b.	n.b.	9583
Fläche	43	1468	n.b.	n.b.	4582
Pferdeapfel (Gehalte in mg/kg)					
frisch	5800	2900	40	2	11
alt	810	710	4	0,9	8

Der Vergleich der Werte in Tabelle 1 zeigt, daß sich bei der Betrachtung der Nährstoffgehalte eindeutige Nutzungs- und Bodenmerkmaleinflüsse beobachten lassen. Diese lassen sich nach extensiver und intensiver Nutzung gliedern. Aber auch vom Verhalten der Pferde auf einer Weide (Weidebereiche und Äppelstellen) gehen Einflüsse aus. Deutlich wird die sehr starke Anreicherung von P und K auf den Äppelstellen, gefolgt von den intensiv beweideten Bereichen. Der extrem hohe Gehalt an NH₄⁺-N auf dem Reitplatz begründet sich durch eine aufgetragene Tonschicht und somit ständig stark reduzierenden Verhältnissen, die dazu führen, daß NH₄⁺ nicht oxidiert wird, bzw. NO₃⁻ reduziert wird.

Im Wald lassen sich, wo geritten wird, Einflüsse der Pferde durch den Nährstoffeintrag (die organische Auflage wurde nicht einbezogen) erkennen.

Abbildung 1a: Verteilung der Rohdichten (g/cm^3) in Abhängigkeit von der Tiefe

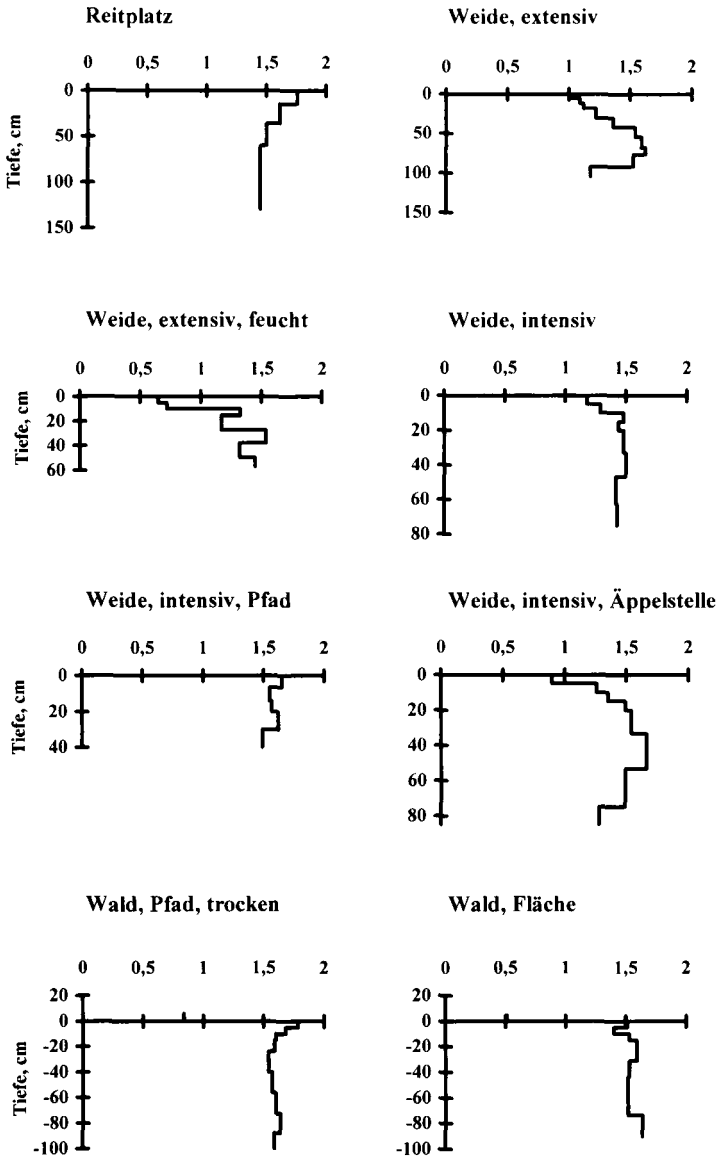
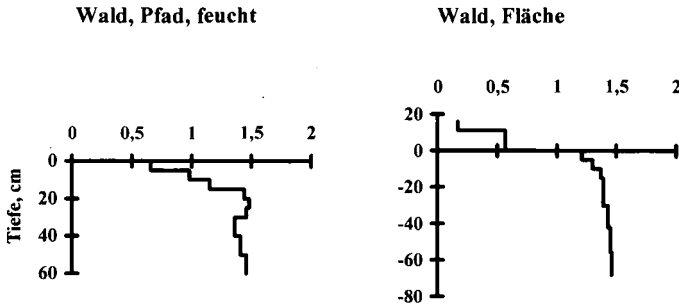


Abbildung 1b: Verteilung der Rohdichten (g/cm^3) in Abhängigkeit von der Tiefe



Die Flächen der Trittbelastungen (Abb. 1a und 1b) lassen sich ebenfalls differenzieren. Die wichtigsten Strukturen sind die Bereiche, auf denen die Grasnarbe durch extreme Trittbearbeitung gestört ist. Dazu gehören Trampelpfade und auch Weideeingänge. Je nach Besatzstärke fallen die Schäden größer oder kleiner aus. Die trockenen Weidebereiche zeigen erst ab 10 cm Tiefe Verdichtungserscheinungen, die aber nicht sehr stark sind.

Die sehr feuchten Bereiche fallen durch eine völlig gestörte und durchwühlte Bodenoberfläche auf. Von großer Relevanz ist hierbei die gestörte Oberfläche, bzw. der dadurch gestörte Luft- und Wasserhaushalt des Bodens, der in dem darunterliegenden Horizont eine sekundäre Pseudovergleyung hervorruft.

In trockenen Waldbereichen zeigen sich auf den Reitpfaden sehr extreme Verdichtungen, die aufgrund der durch die starke Bodenversauerung gestörten biologischen Aktivität nicht ausgeglichen werden können.

4. Schlußfolgerungen

Flächennutzung durch Reiten drückt sich deutlich in Bodenmerkmalen aus. Im Bereich von Reiterhöfen sind Flächen mit stark unterschiedlichen Nährstoffeinträgen anzutreffen, die abhängig von der Beweidungsintensität und dem Verhalten der Pferde sind.

Die Trittbelastung drückt sich aus in Vermatschungszonen, Verdichtungszonen und bei hohem Humusgehalt und Feuchte in starken Reduktionserscheinungen. Seltener sind extreme Verdichtungen anzutreffen. Im Vergleich zu den Waldflächen ist die Verdichtung auf den Weiden meist großflächig ausgebildet, während sich im Wald die Verdichtungserscheinungen auf die Pfade beschränken.

Größtes Problem für den Reitbetrieb in Cappenberg sind weniger der Nährstoffeintrag und die Verdichtungserscheinungen als die zerstörte Bodenstruktur in den feuchten Bereichen. Hier wird die Infiltration gemindert und der Boden in dem überwiegend hängigen Gelände erosionsanfällig. Schäden solcher Art sind vor allem auf den Pseudogleyen sichtbar. Zum Teil müssen die Hänge schon gestützt werden.

Eine stärkere Berücksichtigung des Bodenfeuchtezustandes im Rahmen des Reitbetriebes würde in vielen Fällen größere Schäden verhindern, da ein trockener Boden widerstandsfähiger gegenüber Trittbelastungen ist.

Meliorativer Einfluß von Bedeckungstüchern auf die sauren Böden

von

SÁLY,R.

1. Einleitung

In der Slowakei befinden sich 1 990 000 ha von Waldböden (1994). 210 000 ha von diesen sind sehr sauer, am meisten unter starkem antropogenem Einfluß, brauchen Kalkung und Düngung mit P und K. In Jahren 1986 - 91 wurde etwa 10000 ha mit Flugzeugen gekalkt (durchschnittlich 3 t.ha⁻¹). Einige Böden wurden auch zweimal gekalkt, sind aber sauer geblieben. Hauptursache ist die Benutzung sehr groben, sandigen Materials gewesen. Deshalb wurden auch andere Wege der Melioration gesucht. Im Fall, daß sich Melioration dieser Böden mit Aufforstung verbindet, haben wir verschiedene Mulchentücher im Gelände und mittels Gefäßversuche geprobt. Gleichzeitig sollte mit der Bedeckung mittels Mulchentücher auch der Kampf gegen Unkrautung verwirklicht werden.

2. Methoden der Bodenanalysen und Versuche

- Hygroskopisches Wasser: Trocknen bei 105 °C
- Korngrößenverteilung: Pipetation, bei Vorbehandlung mit Ultraschall
- Humus: Oxidimetrie nach TJURIN
- Austauschbare Kationen: AASM nach Extraktion mit NH₄Cl
- Mobilisierbarer P: nach BRAY-KURTZ
- Mobilisierbarer K: nach SCHACHTSCHABEL

Ausprobung der Tücher wurde auf zwei Versuchsflächen (Orava, 780 m – saurer Cambisol aus Flyschsedimenten, tonlehmig; Vrhdobroc, 910 m – typischer Cambisol aus Granit, sandlehmig bis lehmig) vom Mai bis November 1995 durchgeführt (Tab. 1).

Tab. 1

Lokalität	Spannweite und Durchschnitt der Werte vor Bepflanzung							
	pH H ₂ O	pH KCl	Ca	Mg	K	Na	Mob. P	Mob. K
Orava	3.69-4.80	2.82-3.73	17-1525	22-200	71-170	12-17.5	0.28-1.80	17.5-90
	4.22	3.31	213	45	99	15	0.48	68
Vrhdobroc	4.47-4.89	3.39-3.53	140-375	33-60	110-200	11.5-20	7.30-13.30	80-170
	4.57	3.43	223	42	152	14	8.7	126

¹ Lehrstuhl für Naturumwelt, Fakultät für Forstwirtschaft, Zvolen, Slowakei

Bei Gefäßversuchen wurden 3 Bodenarten (vom A-Horizont obengenannter Böden, und eines Podsolbodens aus Sandstein, Lokalität Polom) benutzt (Tab. 2).

Tab. 2

Lokalität	Gehalt der Teilchen				
	<0.002	<0.01	0.01 - 0.05	0.05 - 0.1	0.1 - 2 mm
Orava	23.2	45.4	28.0	11.9	14.7
Vrchdöbroc	11.0	25.9	28.3	11.0	34.8
Polom	14.8	29.3	21.6	7.9	41.2

Lokalität	Hygr. Wasser %	pH-H ₂ O	pH-KCl	C _{ox} %	Mob. K mg.kg ⁻¹	Mob. P mg.kg ⁻¹
Orava	4.25	4.22	3.30	2.80	72.5	0.42
Vrchdöbroc	2.82	4.27	3.45	2.56	74.0	4.60
Polom	2.30	3.82	3.08	2.65	30.0	0.65

Umfang des Topfes - 5 Liter, wurde 4 - 5 Monate mit bestimmtem Mulchentuch bedeckt und mit destilliertem Wasser begossen. Vor der irigierten Bodensäulen wurden 2 Schichten analysiert (0 - 5, 10 - 15 cm). Zur Irigation wurde etwa 250 (1995) resp. 306 mm (1996) Wasser benutzt, es wurde 50 mal begossen. Zusammen hatten wir 69 + 24 + 45 Gefäße mit Mulchen und 17 Kontrollgefäße.

3. Ergebnisse, Schlussfolgerungen

Nach 5 Monaten erhöhte sich der pH-KCl Wert unter der Mulchendeckung (3.31 - 3.49 ev. 3.43 - 3.62) und die Menge von austauschbaren Basen stieg um 20 - 80% (Tiefe 0 - 5 cm, Durchschnittswert bei der 6-maligen Wiederholung der Proben bei jeder Variante).

Bei Gefäßversuchen konnten wir große Veränderungen, aber nur in der oberen Bodenschicht feststellen. pH - KCl Wert erhöhte sich um 0.3 - 0.6, ev. 0.7 - 1.3, ev. 0.4 - 0.7 der pH Einheit. Es ist zur wesentlichen Erhöhung von austauschbaren Kationen (Ca, Mg, K), mobilisierbarem K und P gekommen (Tab. 3 durchschnittliche Werte). Statistische Auswertung von Ergebnissen (Faktoren-, Ranganalyse) hat die Bedeutung der Unterschiede gezeigt.

Tab. 3

Lokalität	Probe	Tiefe cm	pH		C _{oa} %	Austauschkationen mg.kg ⁻¹				Mob. K mg.kg ⁻¹	Mob. P mg.kg ⁻¹	Düngungs- mischung	Zahl von Gefä- ssen
			H ₂ O	KCl		Ca	Mg	K	Na				
Orava	A-Hor. gedüngt	0-5 10-15	5.05 4.12	3.94 3.52	- -	435 65	360 45	100 50	13 11	70 43	0.4 0.4	CaCO ₃ -300	4
	Kontrolle	0-5 10-15	4.06 4.11	3.56 3.54	- -	80 70	35 30	55 62	23 22	52 54	0.5 0.4	CaCO ₃ -300	4
Vrchdobroc	A-Hor. gedüngt	0-5 10-15	4.85 4.27	3.96 3.48	2.47 2.37	295 70	168 47	125 67	20 31	286 180	3.9 6.1	CaCO ₃ -300 KCl-40	7
	Kontrolle	0-5 10-15	4.12 4.13	3.44 3.40	2.54 2.26	85 80	34 34	80 77	11 8	56 61	4.6 4.4	CaCO ₃ -300 KCl-40	7
Polom	A-Hor. gedüngt	0-5 10-15	4.28 3.66	3.46 3.14	3.03 3.04	265 87	242 80	242 177	24 19	169 124	1.1 1.0	CaCO ₃ -300 KCl-40	7
	Kontrolle	0-5 10-15	3.47 3.76	3.02 3.15	2.87 2.96	17 15	21 17	47 38	13 8	36 30	0.2 0.4	CaCO ₃ -300 KCl-40	7

Während des Versuches haben die Tücher 60 – 70% der Masse verloren. Bei der Beprobung der Tücher wurde das Material, die Menge der Füllung, Körnigkeit des Gesteines, die Fläche des Tuches geprüft. Wir haben 4 Arten des Kalkes (unterschiedliche Herkunft und Körnigkeit, 3 Arten von Kalkgaben (150, 300 und 750 g.m⁻²) geprüft. Nach den Versuchen wurden folgende Charakteristiken empfohlen: die Benutzung ökologisch günstiger Textilien, tragende Schicht aus wasserlöslicher Folie, die Mengen der Mittel: 300 g.m⁻² Dolomitmalkstaub, 90g.m⁻² Rohphosphat, 30 g.m⁻² Kaliumchlorid, 50x50 cm Fläche des Tuches. Solche unterschiedlichen Mulchentücher werden jetzt vom Hersteller (Chemitex Zilina) produziert.

Das Mulchentuch ist etwa 5 mm dick, hat den Warennamen Ceflex. Es hat, als ein Textilkompositum drei Schichten. Obere Schicht besteht aus dem Leinfilz, mittlere Schicht ist zuständige Düngungsmischung und untere Schicht bildet rezykliertes Papier. Aus den beglaubigen Technologien wurde das Einstechen, d. h. mechanische Bindung gewählt, ohne Benutzung von chemischen Bindungsmitteln. Nach Umrechnung kostet ein Tuch etwa 70 Pf, bei 3000 Setzlingen ist der Preis der Mulchentücher pro Hektar etwa 2 Tausend DM.

Die Bedeckung der Erden in Töpfen mit Tüchern zeigt die Tendenz zur Erhöhung des Humusgehaltes. Das Tuch schützt die Pflanze gegen Unkraut im Gelände. Wir empfehlen die Mulchentücher als ein von den Mitteln bei der Melioration unserer versauerten Waldböden.

Verfahren zur Schätzung von N_{\min} in einem kleinen, landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet am Beispiel des Weiherbacheinzugsgebietes/Kraichgau

von

SCHILLINGER, M.P.; HUWE, B.

Einführung und Problemstellung

Der mineralische Stickstoffgehalt im Boden am Jahresanfang stellt eine wichtige Anfangsbedingung bei der flächigen Simulation der Stickstoffdynamik in Agrarökosystemen dar. Zur flächenhaften Modellierung des Stofftransports bedarf es flächendeckend vorgehaltener Anfangs- und Randbedingungen. Die Güte der flächenhaften Modellierung hängt wesentlich von der Qualität dieser Anfangs- und Randbedingungen ab.

Ziel der Untersuchung war es deshalb, die N_{\min} -Werte am Jahresanfang flächig auf der Grundlage vorhandener Daten zu schätzen, und die Güte dieser Ableitung zu bestimmen.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im Einzugsgebiet des Weiherbaches im Lösshügelland des Kraichgaus in einer Höhenlage von 140-210 m ü.N.N.. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 10° C (Durchschnitt 1991-1995) der Niederschlag 750 mm/a, die aktuelle Verdunstung 468-593 mm/a (1991 bzw. 1995). Die Einzugsgebietsgröße beläuft sich auf 6.3 km², davon werden über 95 % landwirtschaftlich genutzt. Auf mehr als 2/3 der Fläche findet sich intensiver Ackerbau mit den Hauptkulturen Getreide, Mais, Zuckerrüben und Raps. Hinsichtlich Düngung sind Schweinegülle und Mineralischer Dünger vorherrschend.

Datengrundlage

Als Datengrundlage standen N_{\min} -Messungen, Vegetationskartierungen und eine Bodenartenkarte zur Verfügung. Die N_{\min} -Messungen wurden von 1989-1995 ca. dreimal jährlich in den Tiefen 0-3, 3-6 und 6-9 dm an 51 Standorten im Einzugsgebiet nach Standardmethode der LUFA Augustenberg mit Nitratraupe durchgeführt. In den Jahren 1994 und 1995 wurde die Beprobung an 24 dieser 51 Standorte monatlich vorgenommen. Dabei wurden auch Daten

¹ @-mail: schillinger@uni-bayreuth.de

² @-mail: huwe@uni-bayreuth.de

wie aktuelle Anbaufrucht, Vorrucht, Hanglage, Bewirtschafteter, Düngungssystem und Bodenart (nach Bodenkundlicher Kartieranleitung) ermittelt. Flächendeckend steht für die Jahre 1989 bis 1995 eine Kartierung der Anbaufrucht in einem GIS zu Verfügung. Zusätzlich wurde in den Jahren 1994 und 1995 eine Winterkartierung der Zwischenfrüchte durchgeführt. Die Bodenartenkarte des Untersuchungsgebietes wurde von der Schätzungskarte und den Grablochbeschrieben der Bodenschätzung abgeleitet (Weiblen et al., 1997).

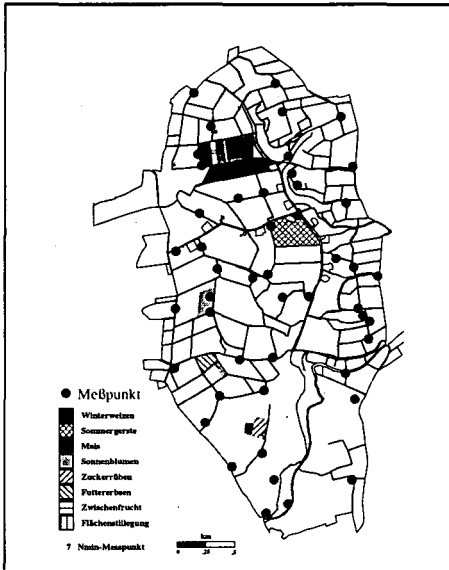


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit N_{\min} -Messnetz

Regionalisierungsansatz

Die Regionalisierungsstrategie basiert auf der Hypothese, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen den N_{\min} -Werten und den flächig vorliegenden Zusatzinformationen besteht. Mit Hilfe verschiedener Schätzverfahren wurden unter Anwendung des Jackknife-Verfahrens die N_{\min} -Werte an den Messstellen unabhängig geschätzt. Die geschätzten Werte wurden bei der anschließenden Güteprüfung mit den tatsächlich gemessenen N_{\min} -Gehalten verglichen.

Schätzverfahren

Verschiedene Schätzverfahren wurden geprüft und angewendet: Geostatistische Verfahren, ein Multiple-Indikator-Regressionsverfahren, Schätzungen durch Thiessen-Polygone (nächster Nachbar), Klassifikationsverfahren und die Classification and Regression Trees (CART) nach Breiman et al. (1984).

- Bei der Schätzung mit Hilfe von *Thiessen-Polygonen* wird genau der Wert des nächsten Nachbarn als Schätzwert für den Schätzstandort i herangezogen. Das Verfahren kann dahingehend modifiziert werden, dass Nebenbedingungen (nächster Nachbar mit gleicher Kulturart, nächster Nachbar mit gleicher Hanglage) erfüllt sein müssen.
- Bei der Schätzung durch *Multiple-Indikator-Regression* wird eine multiple Regression mit Zusatzinformationen (Kulturart, Vorrucht, Zwischenfrucht, Hanglage, etc.) durchgeführt, bei der die einzelnen Merkmalsausprägungen binär codiert vorliegen.

- Das Verfahren der Schätzung durch *Klassifikation* besteht im wesentlichen darin, geeignete Gruppierungsvariable zu finden und Gruppenbildungen vorzunehmen. Die jeweiligen Gruppenmittelwerte werden dann als Schätzer aller Elemente der Gruppe verwendet.
- *CART* ist ein Datenanalyseprogramm (SPSS Inc.) nach Breiman et al. (1984), zur Analyse von mehrdimensionalen, inhomogenen Daten mit gemischten Datentypen (z.B. kategorialen und/oder metrischen Daten). Die Daten werden in einer hierarchischen, dichotomen Aufspaltung so Gruppen zugeordnet, dass die Gruppen relativ homogen sind. An den Knoten dieses 'Entscheidungsbaumes' stehen ja/nein-Verzweigungen auf Basis der abhängigen Variablen. *CART* erstellt und beschneidet diese Entscheidungsbäume automatisch und bestimmt den optimalen Entscheidungsbaum mit Hilfe einer Kreuzvalidierung. Bei stetigen Zielvariablen ist der Entscheidungsbaum als Regressionsbaum zu charakterisieren.

Güteprüfung

Zur Güteabschätzung wurden der Bias der Schätzung und ein Gütemaß nach Agterberg (1984) herangezogen, das einen Vergleich der Ergebnisse mit dem Mittelwert aller Messergebnisse ermöglicht. Die Abschätzung der Güte für die Übertragung der Schätzung auf das gesamte Untersuchungsgebiet erfolgte mit Hilfe des Jackknife-Verfahrens.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Variogrammanalysen der Variable N_{\min} auf Schlagniveau sind in Abbildung 2 dargestellt. Es zeigt sich, dass der Einflussbereich des mineralischen Stickstoffs geringer ist als 1 m. Kriging Verfahren lassen sich deshalb nicht sinnvoll auf Einzugsgebiets-ebene anwenden.

Die Ergebnisse der Schätzverfahren sind in Tabelle 1 abgebildet. Es zeigt sich, dass die Thiessen-Polygonverfahren zum Teil sehr große Mittelwertverzerrungen zur Folge haben und gegenüber dem Gebietsmittelwert zu einer Zunahme der Schätzvarianz führen.

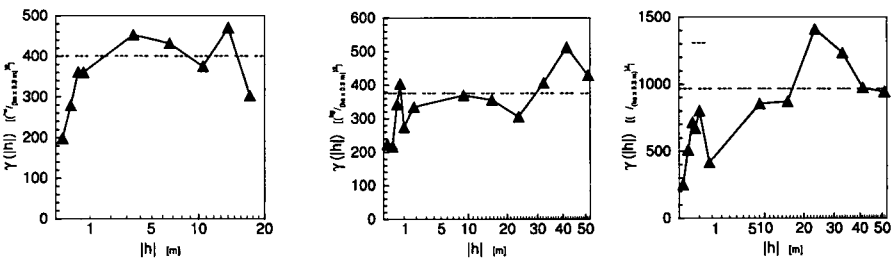


Abbildung 2: Experimentelle Variogramme des N_{\min} -Gehaltes von drei Ackerschlägen
Bestockung: Mais (n=48), Winterweizen (n=70), Mais (n=70), Beprobungstermin Juni 1995

Das modifizierte Regressions-, das Klassifikations- und das CART-Verfahren führen zu einem kleineren Bias und zu einer Schätzvarianzreduktion von max. 16 %. CART ist als geeignetes Verfahren anzusprechen, wenn geostatistische (Kriging) Verfahren mangels hinreichender räumlicher Korrelation ausscheiden und Zusatzinformationen mit gemischten Datentypen vorliegen.

Im untersuchten Falle ist die Schätzvarianzreduktion von 16 % gegenüber dem Gebietsmittelwert als sehr dürftig anzusprechen. Die Untersuchung bestätigt deshalb die Forderung nach Qualitätskontrolle und Anwendung von Gütemaßen bei der Durchführung von räumlichen Schätzungen.

Tabelle 1: Güte der untersuchten Schätzverfahren

Eine Schätzung ist dann als optimal anzusprechen, wenn der Bias = 0 und G = 1, Negative Werte von G weisen darauf hin, dass der Mittelwert der Messwerte ein besserer Schätzer ist (Werte kursiv); positive Werte signalisieren einen besseren als den Mittelwertschätzer (grau hinterlegte Werte); Daten vom Februar 1992

Schätzer	Tiefe 0-3 dm		Tiefe 3-6 dm		Tiefe 6-9 dm	
	Bias	G	Bias	G	Bias	G
Thiessen-Polygone	-1.79	-0.25	-0.65	-0.59	-5.04	-0.39
Thiessen-Polygone gleicher Kulturart	-5.23	-0.13	-4.96	-0.60	-6.70	-0.25
Thiessen-Polygone gleicher Hanglage	-3.04	-1.18	2.44	0.05	-0.88	-0.12
Multiple-Indikator-Regression	0.43	0.09				
Klassifikation der Variable Kulturart	-0.28	0.06				
Regressionsbaum mit CART	-	0.12	-	0.07	-	0.16

Literatur

Agterberg, F. P.; 1984: Trend surface analysis, p 147-171 in Gaile, G. L., C. J. Willmott (ed.) Spatial statistics and models. Reidel, Dordrecht, Niederlande

Breiman, L.; J.H. Friedman; R.A. Olshen; C.J. Stone; 1984: Classification and Regression Trees; The Wadsworth Statistics/Probability Series; Wadsworth International Group; Belmont, California

Weiblen, B; M.P. Schillinger; B. Huwe; 1997: Erstellung eines Übersetzungsschlüssels zur Ableitung einer Bodenartenkarte aus den Daten der Bodenschätzung im Weiherbachgebiet/Kraichgau; Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch; Referate und Posterbeiträge der Jahrestagung 1997 vom 6.-14. September in Konstanz

Die Beeinflussung bodenphysikalischer Standortbedingungen und mechanischer Belastbarkeit von Waldböden durch den Einsatz moderner Waldbodenrestaurationsstechniken an Beispielen aus Eifel und Schwarzwald

von

SCHNEIDER, R.

Einleitung

Im Rheinischen Schiefergebirge treten verbreitet tiefreichend verdichtete Fließerden aus verschiedenen Ausgangssubstraten auf. Die darauf entwickelten Böden sind vielfach durch ungünstige physikalische und chemische Eigenschaften gekennzeichnet und als physiologisch flachgründig zu bezeichnen.

Auf derartigen Standorten ist die Windwurfgefahr besonders groß. Dieser Sachverhalt wird durch die enormen Windwurfschäden der Jahre 1990/1991 drastisch untermauert.

Für die Wiederaufforstung ergibt sich ein hoher Kosten- und Zeitbedarf (SCHNEIDER, 1990). Durch den Einsatz mechanisierter Pflanzverfahren versucht die Forstwirtschaft nunmehr ökonomischen Sachzwängen (Kostenminimierung), ebenso wie ökologischen Notwendigkeiten (Standortverbesserung) Rechnung zu tragen (SCHÜLER, 1994).

Erste Erkenntnisse über die Auswirkungen dieser mechanischen Eingriffe auf den Boden liegen vor.

Standorte, Varianten und Methoden

Die nachfolgend aufgeführten Standorte aus Eifel und Soonwald sind in die Untersuchungen einbezogen.

Landscheid/Eifel (**Land**)

Schanzerkopf/Soonwald (**Schanz**)

Ellerspring/Soonwald (**Ellerspr**)

Thiergarten/Soonwald (**Thierg**)

Als Ausgangssubstrate der Bodenbildung liegt lößlehmhaltiges Fließerdematerial auf umgelagerten Fließerden aus Buntsandstein- (Standort Landscheid), Grauwacken-/Tonschiefer und/oder Quarzitverwitterungsmaterial. Die Skelettgehalte sind als mittel bis hoch einzustufen.

Folgende Varianten wurden untersucht:

- Kontrolle (**Ko**): ungestörter Boden aus dem Bereich der manuellen Pflanzung mit Erdbohrer.

Emphasis: Lockerung mit Düngung und Pflanzung erfolgen gleichzeitig

- Bagger (**Ba**): Streifenförmige Bearbeitung (bis rund 40 cm Tiefe), Kettenfahrzeug, keilförmiger Lockerungszahn, Düngevorrichtung für granulierten Dünger.

Zweiphasig: Lockerung mit Düngung und Pflanzung zeitlich getrennt

- **Pein-Plant-Rotavator (PP):** Streifenförmige Fräsung (Breite und Tiefe 30-40 cm), Luftbereiftes, ferngesteuertes Fahrzeug, Fräswerkzeuge hinter den Reifen, Düngevorrichtung für gemahlene Dünger.
- **Krohn-Fräse (Kr):** Flächenhafte Fräsung (bis ca. 40 cm Tiefe), Kettenfahrzeug, Fräswerkzeug vor dem Fahrzeug, Düngung separat.

Die verwendeten bodenphysikalischen Analysemethoden sind beschrieben bei HARTGE u. HORN (1989).

Ergebnisse und Diskussion

Bodenphysikalische Eigenschaften

Die Trockenraumdichte der ungestörten Böden zeigt in den obersten 40 cm für Waldstandorte typische Werte von rund 1,1 bis 1,4 g/cm³ (Abb. 1b). Dichten in den Unterböden von bis zu 1,7 g/cm³ lassen den Einfluß der Fließerden erkennen. Diese Bereiche sind für die Wurzeln nicht oder nur sehr schwer zu erschließen (KOROTAEV, 1992). Eine tiefe Verankerung der Bäume im Boden wird dadurch behindert. Dieser Sachverhalt hat in Verbindung mit den ohnehin zum Flachwurzeln neigenden Beständen an Fichten-Monokulturen in erheblichem Maße zu den verheerenden Windwurfschäden beigetragen (HEUPEL u. BLOCK, 1991).

Durch den Baggereinsatz wird die Bodendichte im bearbeiteten Tiefenbereich, anders als erwartet, erhöht. Erklärbar ist dies mit der spezifischen Arbeitsweise. Da die Pflanzen gleichzeitig eingesetzt werden, wird für den Baggereinsatz meist die Zeit zum Ende des Winters bzw. Anfang des Frühjahrs gewählt, wenn der Boden feucht ist. Der keilförmige Zahn wird durch den Boden gezogen und drückt dabei Bodenmaterial zur Seite oder zerknetet es sogar.

Durch die Fräsen wird die Bodendichte in den oberen 40 cm in der Regel deutlich verringert. Teilweise kann man hier sogar von einer Überlockerung sprechen. Da die Lockerung aber im Herbst bei trockenen Bedingungen durchgeführt werden kann, bleibt für den Boden über den Winter genügend Zeit sich wieder etwas abzusetzen. Die Pflanzung erfolgt im darauffolgenden Frühjahr.

Durch keines der eingesetzten Verfahren wird jedoch der eigentlich lockerungsbedürftige dichte Unterboden erfaßt.

Auch bei den Anteilen weiter Grobporen werden die Verfahrensunterschiede ersichtlich (Abb. 1b). Mit den fräsenden Eingriffen in den Boden werden vorwiegend große Poren geschaffen, wie die teilweise erheblichen Anstiege in 0-40 cm Tiefe zeigen (vgl. BENECKE, 1992). Der Bagger hinterläßt ein uneinheitliches Bild. Auf Standorten die zu starker Vernässung neigen (Landscheid u. Ellerspring) wirkt sich die Baggararbeit eher negativ aus.

Die Ergebnisse der Luftleitfähigkeitsmessungen nach einer Vorentwässerung auf pF 2,5 sind eng an die Befunde für die weiten Grobporen gekoppelt (Abb. 1c). Die Kontinuität der geschaffenen Poren scheint gewährleistet.

Mechanische Belastbarkeit

Zur Beurteilung der mechanischen Belastbarkeit bzw. Tragfähigkeit der Versuchsflächen wurde die Vorbelastung ermittelt. Sie gibt an, wie hoch man den Boden belasten kann, ohne ihn dauerhaft zu verdichten bzw. zu schädigen.

Die Unterböden zeichnen sich zwar durch hohe Vorbelastungswerte aus, da die große Tragfähigkeit aber auf die hohen Bodendichten zurückzuführen ist, kann sie nicht als ausschließlich positiv eingestuft werden (Abb. 1d).

Sehr viel besser wäre eine hohe Belastbarkeit kombiniert mit günstigen physikalischen Bodeneigenschaften. Diese Konstellation setzt jedoch ein intaktes, stabiles Bodengefüge voraus.

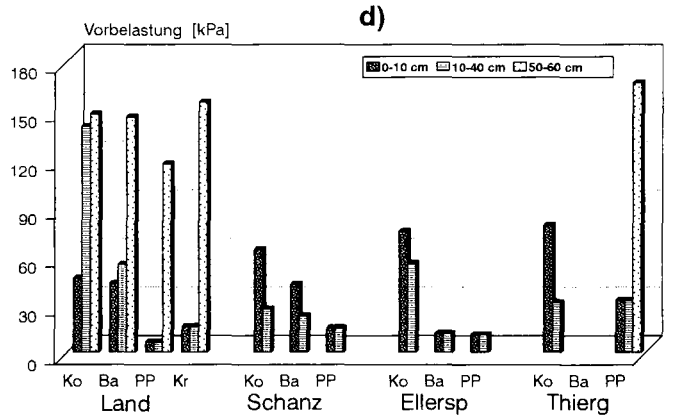
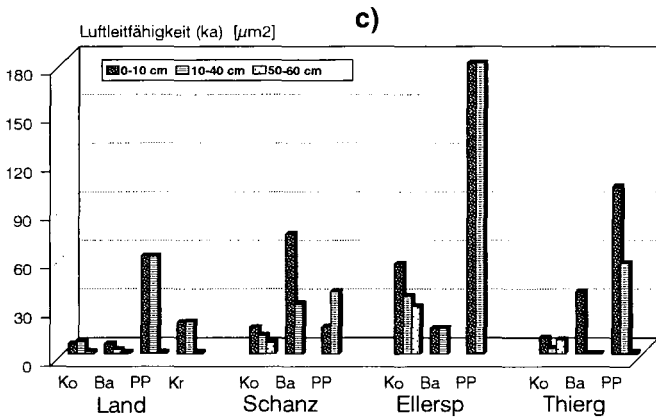
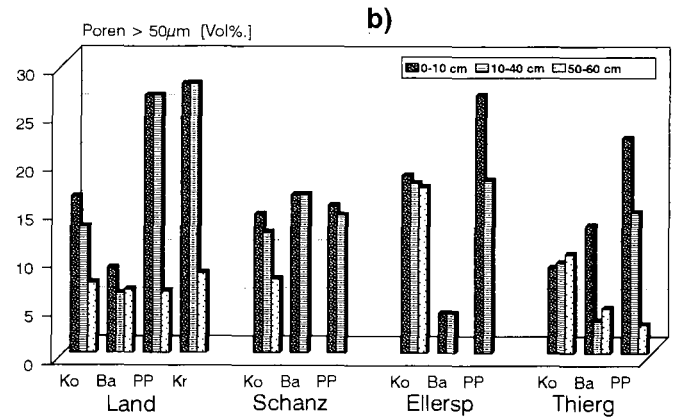
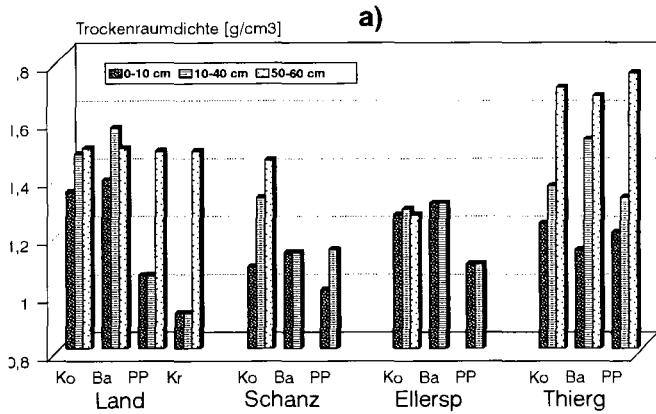


Abb. 1: Trockenraumdichte (a), Anteil der Poren > 50µm (b), Luftleitfähigkeit (c) und Vorbelastung (d) in 3 Tiefen (n=2); Land=Landscheid, Schanz=Schanzerkopf, Ellersp=Ellerspring, Thierg=Thiergarten, Ko=Kontrolle, Ba=Bagger, PP=Pein-Plant-Rotavator, Kr=Krohn-Fräse

Die Fräsen reduzieren die Tragfähigkeit drastisch, was von HORN u. LEBERT (1992) als sehr nachteilig angesehen wird. Die Pein-Plant-Fräse bearbeitet den Boden jedoch nur streifenförmig, wobei zwischen 30/40 cm breiten Frässtreifen 2-3 m unbearbeiteter und weitgehend ungestörter Waldboden verbleiben. Es ist daher davon auszugehen, daß die Flächen bei Bedarf auch ohne erhebliche zusätzliche Probleme befahren werden können. Ganzflächig gefräste Böden sind anfangs zumindest unter feuchten/nassen Bedingungen kaum oder nicht befahrbar.

Zusammenfassung

Die Erkenntnisse aus den Untersuchungen auf vier Windwurfflächen in Eifel und Soonwald lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Durch die Fräsen können die bodenphysikalischen Eigenschaften ungünstiger Standorte in den obersten 30/40 cm verbessert werden. Mechanische Eingriffe in strukturierte aber labile Oberböden können sich jedoch auch nachteilig auswirken.
- Die mechanische Belastbarkeit/Tragfähigkeit wird im Bereich der Eingriffe stark herabgesetzt. Bei streifenförmiger Bearbeitung ist eine Befahrung der Fläche noch möglich, da größere ungestörte Bereiche verbleiben.
- Der Einsatz eines Baggers erweist sich als problematisch. In feuchtem Zustand treten Verdichtung und Knetung des Bodens durch das Arbeitswerkzeug und die Fahrzeugketten auf.
- Die Beachtung der Bodenfeuchte beim Maschineneinsatz ist von größter Bedeutung.
- Zweiphasige Verfahren (Fräsen) eignen sich besser als einphasige für die Waldbodenbearbeitung, luftbereifte Fahrzeuge besser als Kettenfahrzeuge.
- Nachteilig kann sich die wassersammelnde Funktion der Lockerungsstreifen auswirken. Die Anlage der Streifen mit leichtem Gefälle ist sinnvoll.
- Die eigentlich lockerungsbedürftigen, dichten Unterböden werden von den untersuchten Verfahren nicht erfaßt.

Literatur

BENECKE, P. (1992): Die Krohn sche Maschine - Eine Chance für restaurationsbedürftige Waldböden? - Forsttechnische Informationen, 44, H. 8/9, 58-61 // **HEUPEL, M. u. BLOCK, J. (1991):** Untersuchungen zum Einfluß des Standortes und der Bestandesstruktur auf das Ausmaß von Sturmschäden im Vorderen Hunsrück, Mitteilgn aus der FVA Rheinland-Pfalz, 19, 57-68 // **HARTGE, K.H. u. HORN, R. (1989):** Die physikalische Untersuchung von Böden.- Stuttgart // **HORN, R. u. LEBERT, M. (1992):** Möglichkeiten und Grenzen der physikalischen Bodenrekultivierung in der Forstwirtschaft.- Forsttechnische Informationen, 44, H. 8/9, 61-65 // **KOROTAEV, A.A. (1992):** Bodenverdichtung und Wurzelwachstum der Bäume.- Forstarchiv, 63, 116-119 // **SCHNEIDER, E. (1990):** Zur Sturmschadensituation 1990 in Rheinland-Pfalz.- Allgemeine Forst Zeitschrift, 45, 474-476 // **SCHÜLER, G. (1994):** Erste Eindrücke von der Bodenbearbeitung mit Pein-Plant.- Forsttechnische Informationen, 46, 39-40

Danksagung

Die Untersuchungen wurden durch die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz in Trippstadt gefördert.

Auswirkungen von Bodenrestaurationsverfahren im Forst auf die Vitalität der Neuanpflanzungen am Beispiel von Eifel und Soonwald

von

SCHOBEL,S.; SCHNEIDER,R.; SCHRÖDER,D.

1. Einleitung

In Zusammenhang mit den Symptomen der 'Neuartigen Waldschäden' und den Sturmkatastrophen 1990/91 finden alternative Verfahren zur Begründung nachhaltig stabiler Waldbestände Anwendung. Der Einsatz verschiedener Restaurations- und Pflanztechniken bietet die Gelegenheit, mehreren Faktoren Rechnung zu tragen. Durch bodenvorbereitende Lockerungs- und Tiefkalkungsmaßnahmen wird eine Verbesserung der bodenphysikalischen und -chemischen Standortseigenschaften erwartet, indem der durchwurzelbare Raum vergrößert und den Bäumen gleichzeitig eine bessere Verankerung und Nährstoffversorgung ermöglicht werden sollen. In dieser Arbeit wurden die Auswirkungen verschiedener Restaurationsverfahren auf die Vitalität der Neuanpflanzungen überprüft.

2. Methoden und Untersuchungsvarianten

Zur Charakterisierung der Vitalität der Pflanzen lag der Schwerpunkt der Untersuchung auf der quantitativen und qualitativen Beschreibung der Wurzelbilder. Erhoben wurden die Anzahl vitaler Feinwurzelspitzen ($< 2\text{mm } \varnothing$) in einem 5cm^2 -Raster nach der Profilwandmethode (vgl. KÖSTLER et al. 1968) und die Wurzelvolumina. Als weitere Kriterien wurden die Baumhöhe, der Spitzenzuwachs und der Wurzelhalsdurchmesser gemessen sowie eine Bonitierung vorgenommen.

Die Auswirkungen der Kalkungsmaßnahmen wurden durch die Bestimmung der $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -Werte im Bereich der Rhizosphäre und durch die Elementgehalte Ca, Mg, Al, P der Feinwurzeln nach Druckaufschluß (konz. HNO_3) eingeschätzt (vgl. MEIWES et al. 1984).

Die drei Untersuchungsflächen liegen im Soonwald und in der Eifel auf stauwasserbeeinflussten Windwurfflächen. Die Bestandesbegründungen erfolgten in den Jahren 1994/95.

Bearbeitungsvarianten:

- **Kontroll-Variante (Ebg):** Manuelle Lochpflanzung mit dem Erdbohrgerät mit Kalk.
- **Bagger (Bg):** Ein keilförmiger Lockerungszahn wird bis zu 50cm tief durch den Boden gezogen und gleichzeitig granulierter Kalk in die Pflanzfurche eingebracht. Die Pflanzung erfolgt anschließend (= einphasiges Verfahren).
- **Pein-Plant-Rotavator II (Fa. Pein & Pein; PP):** Durch ein ferngesteuertes, luftbereiftes Fahrzeug wird der Boden hinter den Laufrädern streifenweise ca. 40cm tief und 30cm breit intensiv entgegen der Fahrtrichtung gefräst und gemahlener Dolomit eingeblasen. Die Pflanzung erfolgt im Frühjahr (= zweiphasiges Verfahren).
- **Krohn-Fräse (Fa. Krohn; Kr):** Der Boden wird mitsamt Baumstubben und Holzresten gegen die Fahrtrichtung flächenhaft ca. 30cm tief gefräst. Danach erfolgt die Kalkausbringung und ein zweiter Fräsvorgang. Anschließend kann die Fläche mit einem Tieflockerungsgerät nachgelockert werden.

Untersuchungsvarianten:

- Schanzerkopf/Soonwald (S1): Ebg, Bg u. PP mit Buche und Stieleiche, ca. 400g Kalk/Pflanze.
- Forsthaus Thiergarten/Soonwald (S2): Ebg, Bg u. PP mit Buche, ca. 200g Kalk/Pflanze.
- Landscheid/Eifel (S3): Ebg, Bg, PP¹ u. Kr mit Buche und Traubeneiche, ca. 2000g Kalk/Pflanze.

3. Ergebnisse und Diskussion

Generell zeigten sich bearbeitungsbedingte Unterschiede im Wurzelwachstum bei den Buchen deutlicher als bei den Eichen, da erstere empfindlicher auf Sauerstoffmangel und Verdichtungen reagieren (KÖSTLER et al. 1968).

Durch das Pflanzen mit dem **Erdbohrgerät** in feinhmreiche Oberböden bei bodenfeuchten Bedingungen treten Randverdichtungen am Pflanzloch auf, die einen 'Blumentopf-Effekt' zur Folge haben. Das Pflanzloch ist nach Niederschlagsereignissen wassergesättigt und behindert die Wurzelausbreitung der Buche, so daß die Wurzelmasse überwiegend auf diesen Bereich beschränkt bleibt (SCHOBEL 1997; Abb. 1a).

Bei den **Bagger-Varianten** mit Buchen erwiesen sich die von SCHNEIDER et al. (1997) beschriebenen Randverdichtungen an der Baggerfurchung als Hemmnis für die Horizontalausbreitung der Buchenwurzeln. Sie äußerten sich durch eine auf den Bereich der Furche beschränkte Wurzelverteilung (Abb. 1b). Weiterhin fungieren die Baggerstreifen als Wassersammler und sind v.a. im Frühjahr wassergesättigt.

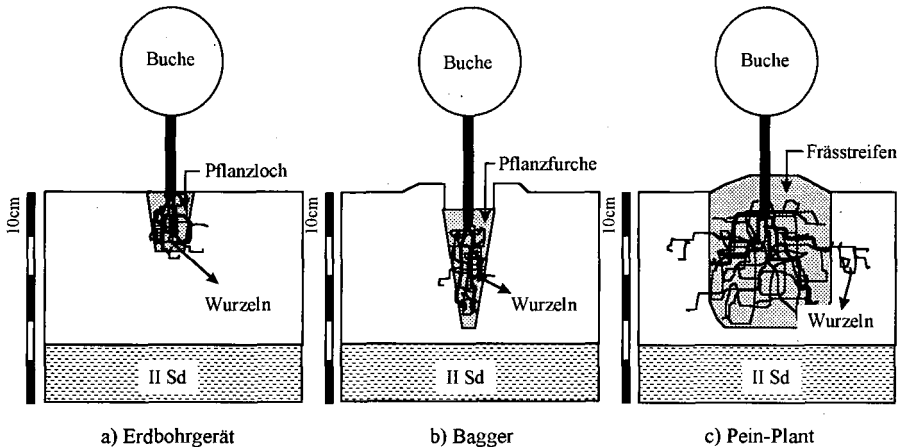


Abb. 1: Schematisierte Wurzelbilder der Bearbeitungsvarianten

Die für das Wurzelwachstum der Buche günstigen bodenphysikalischen Eigenschaften der Frässtreifen der **Pein-Plant** (SCHNEIDER et al. 1997) zeigten sich in deren intensiver Durchwurzelung (Abb. 1c) mit signifikant ($p < 0,1$) höheren Feinwurzelspitzensummen und Wurzelvolumina gegenüber den anderen Bearbeitungsvarianten (Abb. 2). Durch den hohen Anteil eingearbeiteter organischer Substanz werden Randverdichtungen durch das Pflanzen mit dem Erdbohrgerät vermieden.

Die Buchen der **Krohn-Variante** in Landscheid (S3) wiesen zwar das größte Wurzelvolumen gegenüber den anderen Varianten auf, jedoch zeigten sich auch hier Hemmnisse in der Wurzelverbreitung durch die Pflanzung mit dem Erdbohrgerät, da der Anteil der organischen Substanz durch das

¹ Buchenpflanzung fehlte bei der Variante PP und die Fläche mit Traubeneichen wurde nachträglich mit schweren Maschinen befahren und ist deshalb nicht repräsentativ.

vollflächige Fräsen geringer als bei der Pein-Plant-Variante ist. Die nachträglich durchgeführte Tieflockerung mit starren Haken führte zu einer Standortsverschlechterung (SCHNEIDER et al. 1997), wodurch die Lockerungsfurchen v.a. im Frühjahr wassergesättigt sind.

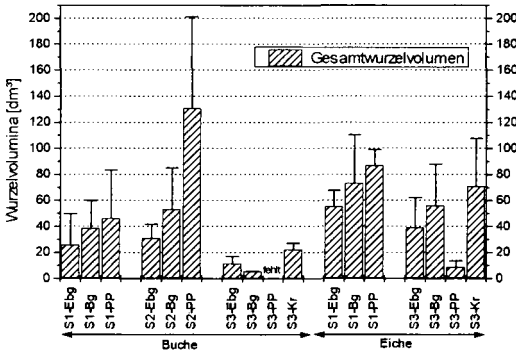


Abb. 2: Wurzelvolumina der Untersuchungsvarianten (\bar{x} mit s , $n = 5$)

Die Eichen erwiesen sich durch ihre höhere Wurzelenergie mit ausgeprägter Vertikalwuchsleistung (KOSTLER et al. 1968) als deutlich weniger empfindlich gegenüber den gerätebedingten Verdichtungserscheinungen und Luftarmut durch Stauwasser. Bei allen Bearbeitungsvarianten verfügten die Eichenwurzeln über eine größere Tiefenerschließung (bis ca. 45cm) als die Buchen (bis ca. 30cm). Auch die generell um die Hälfte geringeren Ausfallraten

der Eichen gegenüber den Buchen bei der Bonitierung machten die bessere Eignung der Eichenpflanzung auf stauwasserbeeinflussten Standorten deutlich (vgl. KREUTZER et al. 1968). Die Eichen nutzten v.a. bei den Fräsvarianten den Lockerungsbereich mit höheren Feinwurzelanteilen und einer stärkeren Horizontalausbreitung der Wurzeln gegenüber der Kontroll-Variante aus (Abb. 2).

Die Erhebung der oberirdischen Vitalitätskriterien erbrachte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten, weshalb sie in ihrer Aussagekraft geringer eingestuft werden müssen als die Wurzeluntersuchungen. Die quantitative und qualitative Erfassung der Wurzelbilder verfügt bereits über einen beträchtlichen Aussagewert auch zur Beurteilung der bodenphysikalischen und -chemischen Standortbedingungen und sollte vermehrt Anwendung bei forstwissenschaftlichen Fragestellungen finden (SCHOBEL 1997).

Die Auswirkungen der Kalkungsmaßnahmen lassen sich an den pH-Wert-Erhöhungen der Untersuchungsvarianten gegenüber den Standardböden (Null) erkennen (Abb. 3).

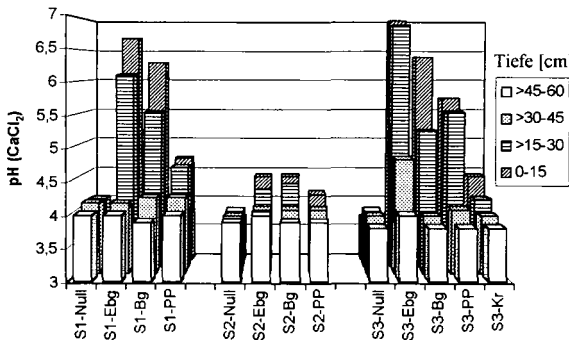


Abb. 3: pH-Werte der Untersuchungsvarianten (\bar{x} , $n = 4$)

Durch die Häufung des Kalkgranulates bei dem Erdbohrgerät (pflanzplatzweise Kalkung) und dem Bagger (Konzentration in einem schmalen Lockerungsspalt) bildet das Kalkgranulat das hauptsächliche Substrat im Intensivwurzelraum. Bei den Fräsvarianten wird der Kalk dagegen homogen eingearbeitet, weshalb die pH-Wert-Erhöhungen durch den stärkeren 'Verdünnungseffekt' geringer ausfielen. Auf den Unter-

suchungsflächen ließ sich unabhängig von der Kalkdosis folgende Reihenfolge der pH-Wert-Erhö-
hung feststellen: Ebg > Bg > PP > Kr.

Besonders die lokale Häufung von Kalk mit dementsprechenden pH-Werten im Wurzelraum der
Erdbohrergerät- und Bagger-Varianten muß vor dem Hintergrund einer ausreichenden Versorgung der
Pflanzen mit allen notwendigen Nährelementen (u.a. K, P, B) kritisch betrachtet werden. Außerdem
wird hierdurch eine gleichmäßige Wurzelentwicklung behindert.

Dagegen fördert die homogene Verteilung des Kalkes bei den Fräsvarianten nicht nur eine gleichmä-
ßigere Wurzelentwicklung, sondern gewährt auch eine Säurepufferung über einen beträchtlichen Teil
des Wurzelraumes.

Die P-Gehalte der untersuchten Feinwurzeln lagen bei 0,3 mg/g TS und deuten trotz der Interpreta-
tionsschwierigkeiten (vgl. MURACH 1994) zumindest auf einen P-Mangel hin. Eine alleinige Kalkung
kann kein Garant für ein vitales Pflanzenwachstum sein.

4. Schlußbemerkung

Da der Einsatz von Restaurationsverfahren mit Bodenbearbeitung erst bei biologisch und chemisch
degradierten Böden als sinnvoll erachtet wird (BENECKE 1992), sollte die ablehnende Haltung zahl-
reicher Autoren in Bezug auf bodenphysikalische Standortverschlechterungen weiter diskutiert wer-
den. Zur Schaffung nachhaltig stabiler Bestände mit ihren langen Produktionszeiträumen sollte nicht
außer acht gelassen werden, daß die Waldökosysteme den atmosphärischen Belastungen auf nicht
absehbare Zeit ausgesetzt sind.

Ergänzend zu der Tiefkalkung mit Bodenbearbeitung sollten eine Obenaufkalkung erfolgen und
durch den Anbau von standortgerechten Baumarten geschlossene Nährstoffkreisläufe ermöglicht
werden. Bei Nährelementungleichgewichten könnte eine unterstützende Düngergabe in Betracht ge-
zogen werden. Da die untersuchten Restaurationsverfahren nur die relativ gut strukturierten Oberbö-
den betreffen, muß auch über die Möglichkeit einer Tieflockerung der dichtgelagerten Unterböden
nachgedacht werden (vgl. SCHULTE-KARRING & SCHRÖDER 1992).

Literatur

- BENECKE, P. (1992): Gedanken zur Waldbodenrestauration mit Bodenbearbeitung. - AFZ, 47, 542-
545
- KÖSTLER, J.N., BRÜCKNER, E. & BIBELRIETHER, H. (1968): Die Wurzeln der Waldbäume. - Ham-
burg/Berlin
- MEIWES, K.-J., KÖNIG, N., KHANNA, P.K., PRENZEL, J. & ULRICH, B. (1984): Chemische Untersu-
chungsverfahren für Mineralböden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und
Bewertung der Versauerung von Waldböden (= Bericht des Forschungszentrums Waldökosy-
steme/Waldsterben, Bd. 7), Göttingen
- MURACH, D. (1984): Die Reaktion der Feinwurzeln von Fichten (*Picea abies* Karst.) auf zunehmende
Bodenversauerung (= Göttinger Bodenkundl. Berichte, 77), Göttingen
- SCHULTE-KARRING, H. & SCHRÖDER, D. (1992): Die totale Waldbodensanierung, eine Vorausset-
zung für den erfolgreichen Wiederaufbau der Wälder. - Forsttechn. Inf., 44, 64-69
- SCHNEIDER, R., EMMERLING, C., SCHÜLER, G. & SCHRÖDER, D. (1997): Initiale Auswirkungen me-
chanisierter Wiederaufforstung auf die Standorteigenschaften von staunassen, lößlehmhaltigen
Fließerden am Beispiel eines Aufforstungsversuches in der Eifel (= Trierer Geogr. Stud., H.
16), 117-130, Trier
- SCHOBEL, S. (1997): Auswirkungen mechanisierter Pflanzverfahren mit alternativen Bodenrestauro-
tionsverfahren im Forst auf die Vitalität der Neuanpflanzungen am Beispiel von Eifel und
Soonwald. - Diplomarbeit im Fach Bodenkunde, FB VI, Univ. Trier, unveröff.

Für die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojektes sei der Forstlichen Versuchsanstalt Rhein-
land-Pfalz in Trippstadt gedankt.

Kapillarsperren zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten

von

STEINERT,B.; S.MELCHIOR.; BERGER,K.; MIEHLICH,G.

Kapillarsperren werden zur Oberflächenabdichtung in Hangbereichen von Deponien und Alt-ablagerungen eingesetzt. Sie bestehen aus zwei Schichten: einer Kapillarschicht aus meist gut sortierten Sanden über einem filterstabilen Kapillarblock aus ebenfalls gut sortierten Kiesen. Unter ungesättigten Verhältnissen ist die Wasserleitfähigkeit im Bereich der Feldkapazität in der Kapillarschicht um mehrere Größenordnungen höher als Kapillarblock. Unter Hangbedingungen wird von oben zusickerndes Wasser daher in der Kapillarschicht seitlich abgeführt.

Vor dem Hintergrund des Testfeldversuchs auf der Altdeponie Georgswerder in Hamburg (MEL-CHIOR, 1993), in dem sich die Kapillarsperre gut bewährt hat, wurde eine 10 m lange (Abb. 1) und eine 1 m lange Kipprinne gebaut, um die Zusammenhänge zwischen Hangneigung, Hanglänge, Zusickerung in die Kapillarschicht, hangparallelem Abfluß in der Kapillarschicht und vertikaler Absickerung in den Kapillarblock für verschiedene Materialkombinationen zu untersuchen (MEL-CHIOR et al. 1991). Die Untersuchungen fanden im Rahmen des Teilprojekts "Dimensionierung von Kapillarsperren zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten" im BMBF-Verbundvorhaben "Deponieabdichtungen" statt (STEINERT et al. 1996, 1997) und werden seit dem Projektabschluß Ende 1995 am Institut für Bodenkunde fortgesetzt. Weitere Rinnen- und Testfeldversuche wurden an der TH Darmstadt durchgeführt (VON DER HUDE et al. 1996).

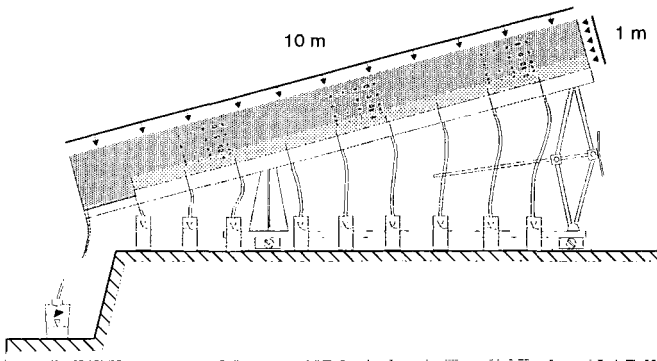


Abb. 1 Die 10-m-Kipprinne im Längsschnitt

* Universität Hamburg, Institut für Bodenkunde, Allende-Platz 2, 20146 Hamburg
** IGB-Ingenierbüro für Grundbau, Bodenmechanik und Umwelttechnik, Heinrich-Hertz-Str. 116, 22083 Hamburg

Die Rinnen können bis zu einer Neigung von 1:3 (18,4°) in Längsrichtung stufenlos gekippt werden. Die Seitenwände sind aus Acrylglas, Stahl und PEHD-Platten mit Durchführungen zur Aufnahme von Meßgeräten gefertigt. Der Boden der 10-m-Rinne ist durch Längs- und Querbleche in Kammern unterteilt, um die Abflüsse einzelner Blockabschnitte getrennt zu fassen. Sie steht auf einer Wägevorrichtung, die die Veränderungen der Gesamtwassergehalte registriert. Die Oberfläche der Kapillarschicht wird durch eine neuentwickelte, vollautomatisierte Anlage bewässert. Die Zugaberate ist zwischen 0,1 und 50 mm/d dosierbar, um die Absickerung aus Deckschichten oder aus einer über der Kapillarsperre liegenden zusätzlichen Dichtung realitätsnah nachzubilden. Zusätzlich kann Wasser von der oberen Stirnwand in die Kapillarschicht infiltriert werden, um Hangzugwasser vom Oberhang längerer Hänge zu simulieren.

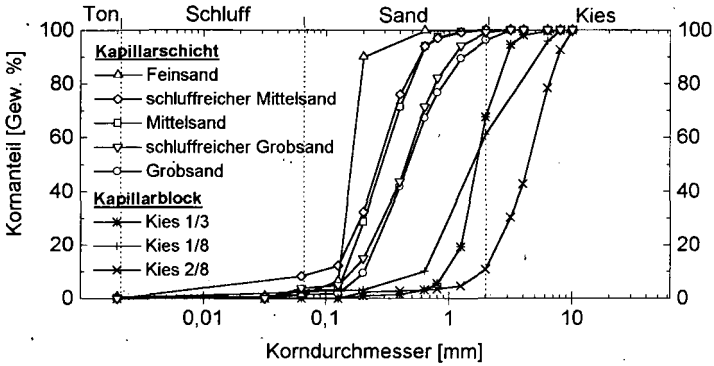


Abb. 2 Kornsummenkurven der untersuchten Materialien

Kapillarsperren müssen aus enggestuften Materialien mit geringer Ungleichförmigkeit aufgebaut werden. Das Porensystem der Kapillarschicht soll einerseits Wasser gegen die Schwerkraft halten und dabei andererseits eine hohe ungesättigte Wasserleitfähigkeit aufweisen. Das Material des Kapillarblocks soll im Rahmen der Filterstabilität einen größtmöglichen Porengrößensprung zur Kapillarschicht gewährleisten und eine möglichst geringe ungesättigte Wasserleitfähigkeit aufweisen. Abbildung 2 zeigt die Kornsummenkurven getesteter Materialien.

Im folgenden werden ausgewählte Ergebnisse der Rinnenversuche dargestellt, die die Wirksamkeit der Kapillarsperre verdeutlichen.

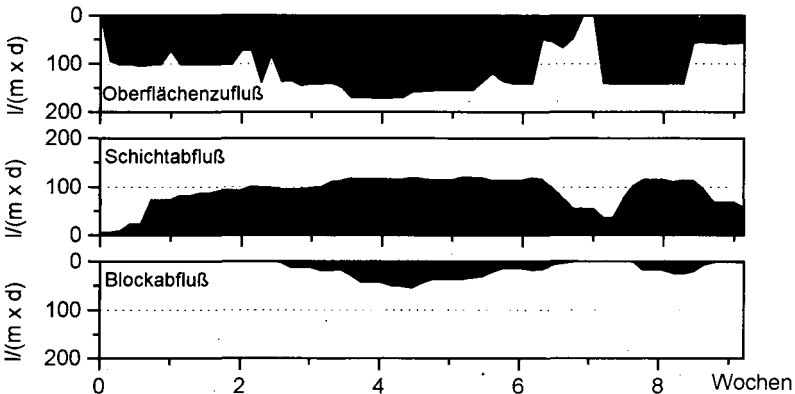


Abb. 3 Zu- und Abflüsse von Mittelsand über Kies (1 - 3 mm) bei einer Neigung von 1 : 5

In der Abbildung 3 ist der zeitliche Verlauf der Flüsse in der 10-m-Rinne mit einer Materialkombination aus Mittelsand über Kies (1 - 3 mm) bei einer Neigung von 1 : 5 dargestellt. Die Einheit $l/(m \times d)$ bezeichnet die Wassermenge in l/d , bezogen auf einen 1 m breiten Hangabschnitt. Der steigende Oberflächenzufluß führt zu einem Anstieg des Kapillarschichtabflusses bis ca. 100 $l/(m \times d)$. Blockabflüsse treten dabei zunächst nicht auf. Bei weiter steigendem Oberflächenzufluß steigt der Schichtabfluß nur noch gering an, der höhere Zufluß wird im Kapillarblock abgeführt. Die maximale Wassermenge, die eine Kapillarsperre bei gegebener Neigung am Hangfuß abführen kann, ohne Wasser in den Kapillarblock abzugeben, wird als *laterale Dränkapazität* bezeichnet.

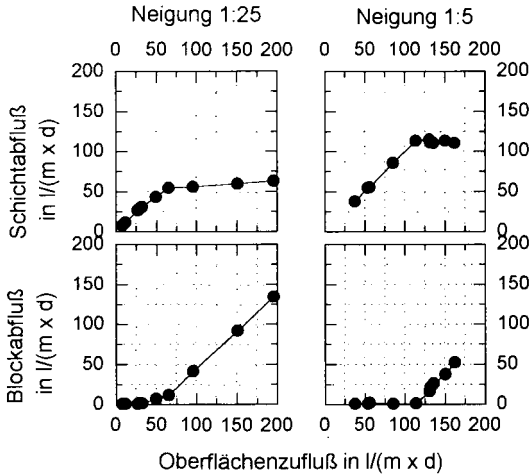


Abb. 4 Zu- und Abflüsse in Gleichgewichtssituationen von Mittelsand über Kies (1 - 3 mm)

Die Abbildung 4 zeigt den gleichen Versuch bei zwei verschiedenen Neigungen. In der Grafik sind nur die Gleichgewichtssituationen aufgetragen, d.h. über Zeiträume gemittelte Flüsse, in denen die Summe der Abflüsse dem Zufluß entsprechen und somit keine Wassergehaltsänderungen in diesen Zeiträumen auftreten. Zunächst steigen die Schichtabflüsse vor dem Erreichen der lateralen Dränkapazität an. Nach dem Überscheiden der Dränkapazität steigen die Blockabflüsse an und die Schichtabflüsse bleiben konstant bzw. steigen nur noch gering. Die laterale Dränkapazität ist deutlich neigungsabhängig. Sie liegt bei einer Neigung von 1 : 25 bei ca. 50 $l/(m \times d)$ und bei 1 : 5 bei ca. 100 $l/(m \times d)$.

Die Abbildung 5 faßt die lateralen Dränkapazitäten der 8 untersuchten Materialkombinationen aus den in der Abb. 2 dargestellten Materialien bei einer Neigung von 1 : 5 zusammen. Eine Materialkombination aus Grobsand als Kapillarschicht über einem Kies (2 - 8 mm) als Kapillarblock zeichnet sich durch die höchste laterale Dränkapazität von 450 $l/(m \times d)$ aus. Die feinkörnigeren Kapillarschichtmaterialien haben deutlich geringe Dränkapazitäten, wobei die schluffreichen Materialien besonders ungünstig für den Einsatz in einer Kapillarschicht sind. Ist die Kapillarschicht aus größerem Material als aus Grobsand aufgebaut (Materialkombination H), ist die Wirksamkeit der Kapillarsperre ebenfalls sehr gering.

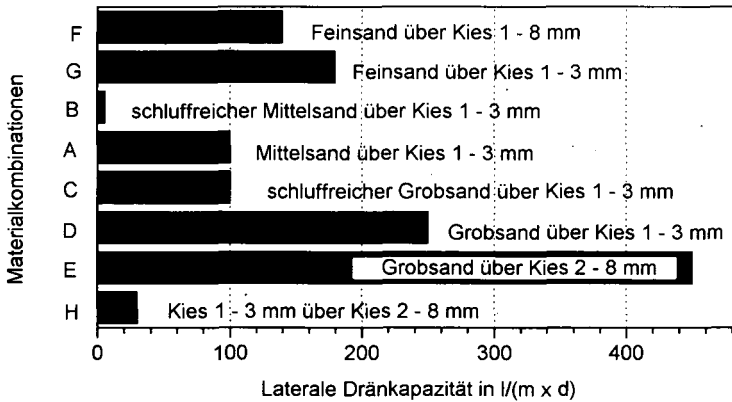


Abb. 5 Laterale Dränkapazitäten der untersuchten Materialkombinationen

Die Rinnenversuche zeigen, daß die Wirksamkeit von Kapillarsperren von der Materialkombination (Kapillarschicht- und -blockmaterial) und von der Hangneigung abhängt. Weitere entscheidende Faktoren sind die Hanglänge (Distanz zum Drän) und die Zusickerung in die Kapillarschicht. Für eine Dimensionierung müssen alle Faktoren berücksichtigt werden. Die Eignungsprüfung der nach der Körnung und den pF-Kurven vorausgewählten Materialien sollte auf jeden Fall in Kipprinnenversuchen erfolgen.

Literatur

- MELCHIOR, S. (1993): Wasserhaushalt und Wirksamkeit mehrschichtiger Abdecksysteme für Deponien und Altlasten. Dissertation im Fachbereich Geowissenschaften der Universität Hamburg. Hamburger Bodenkundliche Arb., 22, 330 S. + Anhang.
- MELCHIOR, S., S. STEINGRÄBER & G. MIEHLICH (1991): Dimensionierung von Kapillarsperren zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten. In: BAM (Hrsg.): Verbundvorhaben Deponieabdichtungssysteme. 1. Arbeitstagung 23.-25.09.91 in Berlin, 111-118.
- STEINERT, B., S. MELCHIOR, K. BURGER, K. BERGER, M. TÜRK & G. MIEHLICH (1996): Dimensionierung von Kapillarsperren zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 79, S. 87 - 90.
- STEINERT, B., S. MELCHIOR, K. BURGER, K. BERGER, M. TÜRK & G. MIEHLICH (1997): Dimensionierung von Kapillarsperren zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten 32, 362 S. + Anhang.
- VON DER HUDE, N., M. KÄMPF & H. MONTENEGRO (1996): Untersuchungen zum Abschirmverhalten von Kapillarsperren. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 79, S. 83 - 86.

Das Bodenqualitätsziel - Bodendichte - in Regosolen und Pararendzinen aus unterschiedlichen Substraten im rheinischen und im westsächsischen Braunkohlenrevier

von

TENHOLTERN,R.; HARRACH,T.

Einleitung

Wesentliche Bodenschutzziele in den Braunkohlenrevieren sind die Minimierung der Flächeninanspruchnahme durch den Bergbau, die Einhaltung von Bodenqualitätszielen bei der technischen Rekultivierung von Kippen und Halden, sowie die Gewährleistung einer standortgerechten Folgenutzung. Die Einhaltung von Bodenqualitätszielen soll durch die selektive Verwendung kulturfähiger, schadstoffarmer Substrate und durch die Vermeidung von Bodenverdichtungen und Erosion beim Einbau der Substrate und bei der Folgenutzung vorsorglich gewährleistet werden. Bereits entstandene Bodenschäden müssen in Nachsorge z. B. durch Tiefkalkung oder Tieflockerung im Rahmen der technischen Möglichkeiten beseitigt werden.

Unter dem Aspekt der Bodendichte ergeben sich für den Bodenschutz in der Bergbaufolgelandschaft drei Handlungsfelder. Um Bodenverdichtungen bei der technischen Rekultivierung zukünftig vermeiden zu können, müssen die Ursachen von bestehenden Bodenverdichtungen und deren Zusammenhang zur bislang eingesetzten Bergbau- bzw. Rekultivierungstechnologie geklärt und die geeigneten Verfahren identifiziert werden. Daraus ergeben sich Handlungsziele für die weitere Rekultivierungspraxis. Damit bestehende Bodenverdichtungen sachgerecht beseitigt werden können, werden Methoden benötigt, mit deren Hilfe das Ausmaß der Bodenverdichtungen, d.h. deren Flächenanteil und Verteilungsmuster sowie deren Ausprägung, Mächtigkeit und Profilposition ermittelt werden kann. Nur bei genauer Kenntnis des Schadens lassen sich Sanierungsempfehlungen aussprechen. Vor der Formulierung von Handlungszielen und Sanierungsempfehlungen muß aber in einem ersten Schritt zunächst die ökologische Relevanz der auftretenden Bodenverdichtungen, d. h. deren limitierende Wirkung auf die Durchwurzelung, den Bodenwasser- und stoffhaushalt und das Pflanzenwachstum geklärt werden. Dabei ist die Frage zu beantworten, welche Bodendichte aus ökologischer und ökonomischer Sicht noch zu tolerieren ist und ab welcher Bodendichte Sanierungsbedarf besteht.

In mehreren Forschungsprojekten und Gutachten im Auftrag der Rheinbraun AG und in einem vom BMBF geförderten Vorhaben haben wir mit Hilfe feldbodenkundlicher Gefügeuntersuchungen und durch die Analyse des Zusammenhangs von Bodendichte, Durchwurzelung und Pflanzenwachstum Zielgrößen für das Bodenqualitätsziel -Bodendichte- auf Kippböden aus Löß im Rheinland und auf Kippböden aus Löß und Geschiebemergel/-lehm im Raum Leipzig ermittelt.

Feldbodenkundliche Gefügeuntersuchung - Packungsdichte

Der Kompaktheitsgrad des Bodens läßt sich durch die Packungsdichte kennzeichnen. Sie ist ein komplexer Ausdruck für die im Gelände sicht- und spürbaren Merkmale des Bodengefüges und wird von uns im feuchten Boden an den Profilwänden einer Schürfgrube in fünf Stufen unter besonderer Berücksichtigung von Merkmalen der Durchwurzelung geschätzt (TENHOLTERN, DUMBECK und HARRACH 1996). Packungsdichten kleiner oder gleich PD 3 zeigen ein Bodengefüge mit guter bis ausreichender Durchlässigkeit und Durchwurzelbarkeit an. Horizonte mit Packungsdichten größer oder gleich PD 4 sind dagegen ökologisch limitierend und lockerungsbedürftig.

* Landesamt für Umwelt und Geologie, Halsbrückerstr. 31a, 09599 Freiberg

** Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, Universität Gießen, Wiesenstr. 3-5, 35390 Gießen

Die Tabelle 1 zeigt einen Vergleich von Packungsdichte und bodenphysikalischen Parametern für 50 Pararendzinen aus Kipplob im Rheinland und 6 Pararendzinen aus Kipplob im Raum Leipzig. Für diesen Vergleich wurden die untersuchten Bodenhorizonte nach ihrer Packungsdichte gruppiert. Für Horizonte mit gleicher Packungsdichte wurden die Mittelwerte der bodenphysikalischen Parameter berechnet und auf signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen untersucht. An der Grenze zur Lockerungsbedürftigkeit (PD 3-4) lag die mittlere Bodendichte bei 1.60 bzw. 1.62 g/cm³ und die mittlere Luftkapazität bei 7.4 bzw. 7.2 Vol.-%. Nach SCHRÖDER (1986) sind Kippböden aus Löß bei einer Bodendichte von 1.65 g/cm³ lockerungsbedürftig. Nach dem Regelwerk des DVWK (1986) gelten Böden mit einer Luftkapazität unter 3 Vol.-% als sicher meliorationsbedürftig, bei Grobporenvolumina zwischen 3 und 7 Vol.-% ist eine Lockerung demnach erwägenswert. Der Vergleich von Feldmethode und Meßmethode zeigt also diagnostische Übereinstimmung. Danach indizieren Packungsdichten zwischen PD 3 und PD 4 und Bodendichten um 1.65 g/cm³ auf Kippböden aus Löß den Übergang zur ökologisch wirksamen Bodenverdichtung. Horizonte mit einer Packungsdichte PD 4 und Bodendichten um 1.70 g/cm³ in Kippböden aus Löß sind stark verdichtet und daher im Sinne einer standortgerechten Nutzung lockerungsbedürftig.

Tab. 1: Mittelwerte der Bodendichte (d_B), Luftkapazität (LK), der Luftdurchlässigkeit (koo) und der Wasserdurchlässigkeit (Kf) in Horizonten mit gleicher Packungsdichte in 50 Pararendzinen aus Kipplob im rheinischen Braunkohlerevier (oben) und in 6 Pararendzinen aus Kipplob im Raum Leipzig (unten), gleicher Buchstabe bedeutet nicht signifikanter Mittelwertunterschied (SNK-Test, $\alpha=0.05$), n=Anzahl der Horizonte

PD	n	d_B (g/cm ³)	n	LK (Vol.-%)	Koo (μm^2)	n	Kf (cm/d)
1-2	9	1.34 a	9	16.0 a	34.6 a	9	440 a
2	42	1.46 b	42	12.9 b	22.4 a	38	329 a
2-3	57	1.48 b	53	11.4 c	15.6 ab	51	306 a
3	93	1.56 c	40	9.6 d	10.4 b	40	103 b
3-4	29	1.60 d	23	7.4 e	4.7 c	21	47 c
4	28	1.69 e	15	4.0 f	1.8 d	15	17 d
4-5	8	1.72 ef	7	3.2 f	1.4 d	7	7 d
5	18	1.78 f	11	2.6 f	0.9 d	11	11 d

PD	n	d_B (g/cm ³)	LK (Vol.-%)	Koo (μm^2)	n	Kf (cm/d)
1	2	1,47 a	16,7 a	12,1 a	2	312 a
2	12	1,53 a	10,6 a	5,5 a	8	196 a
3	88	1,53 a	10,1 a	5,4 a	7	69 ab
3-4		1,62	7,2	3,1		40
4	11	1,71 b	4,3 b	0,8 b	5	11 b
5	3	1,76 b	3,4 b	0,9 b	2	10 b

In der Abbildung 1 ist dargestellt, wie sich der Zusammenhang von Packungsdichte und Bodendichte in den im Raum Leipzig vorherrschenden mit Geschiebemergel/-lehm rekultivierten Kippböden von den Verhältnissen im Löß unterscheidet. Die Bodendichten der Kipp-(Kalk)sandlehne liegen bei gleicher Packungsdichte um etwa 0.10 g/cm³ höher als die der Kipp-Lösse. Die Grenze der ökologisch limitierenden Bodendichte liegt hier daher etwa bei 1.75 g/cm³.

Hierbei wird auch deutlich, daß die Bodendichte nur innerhalb eines Substrattypes zur Charakterisierung von Bodenverdichtungen geeignet ist. Die sandigen Geschiebemergel/-lehme weisen geringere Mittelporenanteile und damit bei gleichem Grobporenvolumen auch geringere Gesamtporenvolumen und höhere Bodendichten als die Löss auf. Beim Vergleich von Luftkapazität und Packungsdichte bilden beide Substrattypen eine Grundgesamtheit. Es zeigt sich, daß mit der feldbodenkundlichen Gefügeuntersuchung unabhängig vom Substrat vorrangig die Porosität des Bodens erfaßt wird.

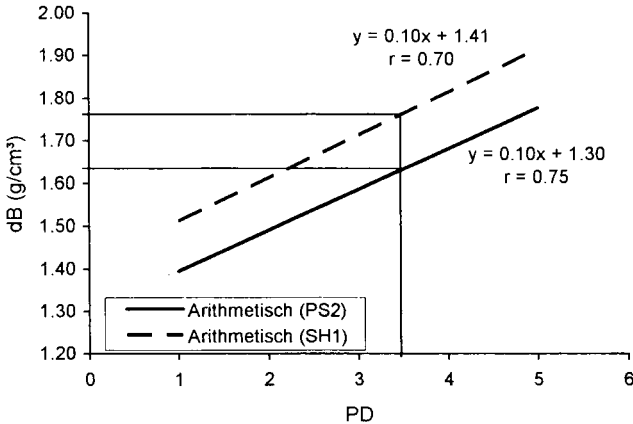


Abb. 1: Packungsdichte und Bodendichte im Kipplöß (PS2) und im Kipp(kalk)sandlehm (SH1)

Zusammenhang von Bodendichte, Durchwurzelung und Ertrag

In verschiedenen Untersuchungen auf Kipplöß im Rheinland konnte die ertragslimitierende Wirkung von Bodenverdichtungen nachgewiesen werden (Abb. 2). Bodenverdichtungen von 1.70 g/cm³ und darüber führen zu erheblichen Ertragsseinbußen bei den Gliedern der rheinischen Fruchtfolge Winterweizen, Wintergerste und Zuckerrübe. Die in der Abbildung 2 gekennzeichneten Standorte W04 und E11 waren stark vernäbt und zeigten deshalb ein abweichendes Ertragsverhalten. In einem Projekt zur Untersuchung des Erfolges einer Tieflockerung auf Kipplöß im Rheinland wurden bei Bodendichten über 1.65 bis 1.70 g/cm³ in der Bodenschicht unmittelbar unterhalb der Lockerungszone keine oder nur noch sehr geringe WLD in derselben Tiefe gefunden (Abb.2). Am Standort R9 konzentrierten sich im stark verdichteten Unterboden Wurzeln entlang von Makroporen. Der Korrelationskoeffizient für die Beziehung zwischen der oberirdischen Biomasse von Zuckerrüben und der Bodendichte im ungelockerten Unterboden lag in einem dreijährigen Projekt in allen Jahren mindestens bei $r = -0.80$ (Abb. 2).

Zusammenfassung

Durch feldbodenkundliche Gefügeuntersuchungen wurden für das Bodenqualitätsziel -Bodendichte- für Kippböden aus Löß eine Zielgröße von 1.65 g/cm und für Kippböden aus Geschiebemergel/-lehm von 1.75 g/cm abgeleitet. Die Analyse des Zusammenhangs von Bodendichte, Durchwurzelung und Pflanzenwachstum bestätigte für Kippböden im Rheinland den feldbodenkundlich ermittelten Wert. Für die Kippböden im Raum Leipzig müssen die zur Zeit laufenden Untersuchungen für eine endgültige Bewertung abgewartet werden.

Literatur

Eine Liste der zitierten Literatur und weitergehende Informationen können bei den Autoren angefordert werden.

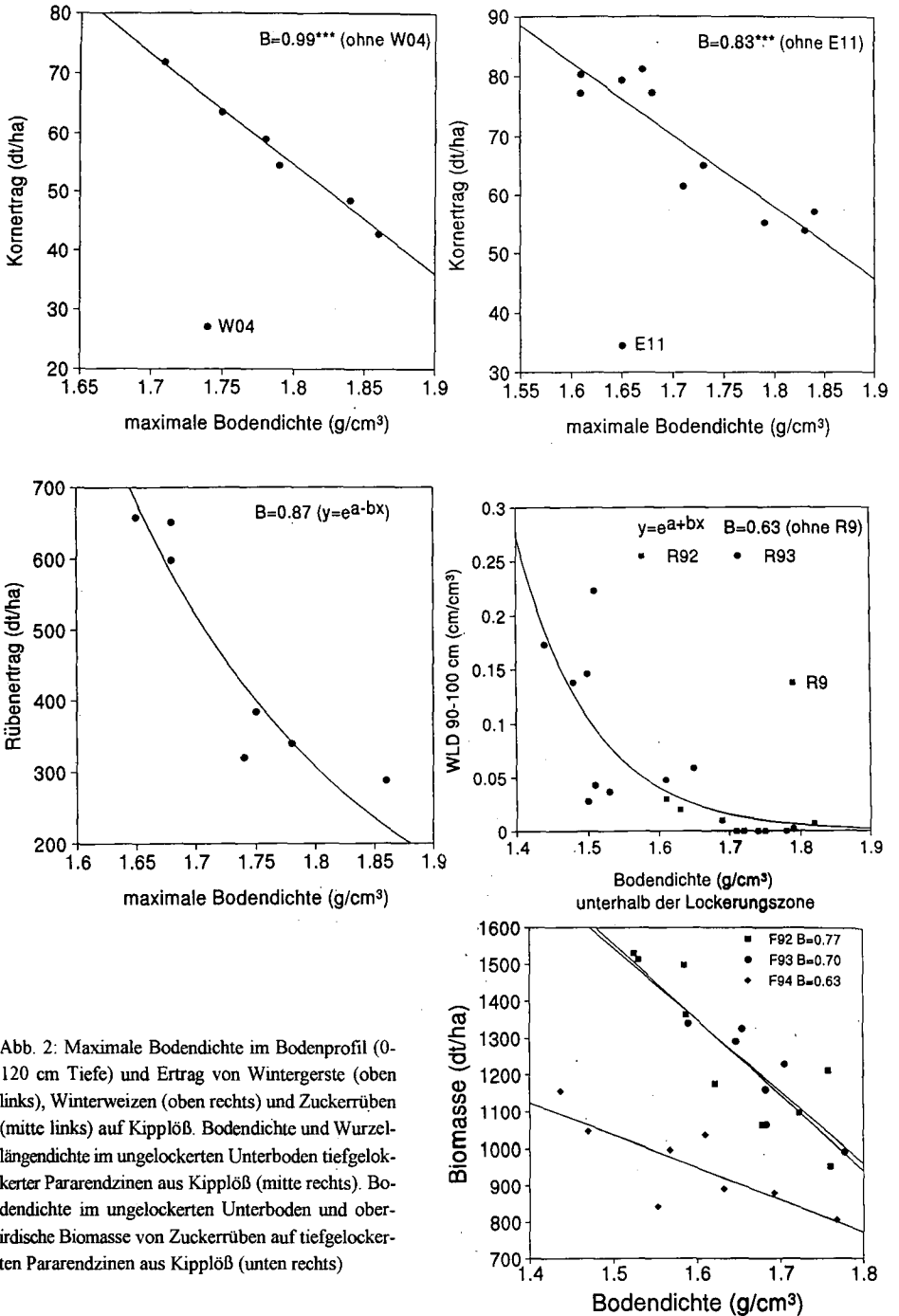


Abb. 2: Maximale Bodendichte im Bodenprofil (0-120 cm Tiefe) und Ertrag von Wintergerste (oben links), Winterweizen (oben rechts) und Zuckerrüben (mitte links) auf Kippflöß. Bodendichte und Wurzellängendichte im ungelockerten Unterboden tiefgelockelter Pararendzinen aus Kippflöß (mitte rechts). Bodendichte im ungelockerten Unterboden und oberirdische Biomasse von Zuckerrüben auf tiefgelockerten Pararendzinen aus Kippflöß (unten rechts)

BEITRÄGE

SYMPOSIUM

KOMMISSION VI

und

AG BODENNUTZUNG IN

WASSERSCHUTZGEBIETEN

Band 85

Heft III

1997

Tracerversuche zur Aufklärung der Migrationspfade von Nitrat auf Berglöß-Standorten des Harzes

von

ABDANK,H.; ZIMMERLING,B.; STEININGER,M.; MEISSNER,R.

1. Einleitung

Diffuse Nährstoffausträge aus den landwirtschaftlichen Nutzflächen der oberen Einzugsgebiete tragen maßgeblich zur hohen Nährstoffbelastung von Gewässern bei. Die Minimierung der Stofffrachten erfordert die Entwicklung von nachhaltigen Strukturierungs- und Nutzungsstrategien in diesen Räumen. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die Klärung der standortabhängigen Migrationspfade und -geschwindigkeiten. Zu dieser Problematik werden Untersuchungen in einem landwirtschaftlich genutzten Kleineinzugsgebiet des Unterharzes durchgeführt. Berichtet wird über erste Ergebnisse von Tracerversuchen.

2. Standortcharakteristik

Der Versuchsstandort liegt in dem 144 ha großen Einzugsgebiet des Schäferbaches in der Gemarkung Siptenfelde, Landkreis Quedlinburg. Das überwiegend ackerbaulich genutzte Gebiet weist eine Höhenlage von 393 bis 475 m ü. NN auf und hat die Form eines Muldentales.

Das Niederschlagsgeschehen im Untersuchungsgebiet wird durch die Lee-Wirkung des Brocken-Bruchberg-Massivs bestimmt. Während auf der westlich vorgelagerten Luv-Seite selbst in tiefer gelegenen Stationen die Jahresniederschlagssummen nicht unter 1000 mm fallen, kommt es im Lee-Bereich zu einem raschen Absinken auf Werte bis ca. 600 mm (Schäfergrund 634 mm/a). Die Jahresmitteltemperatur beträgt 6,8 °C.

Als geologischer Untergrund stehen devonische Grauwacken und Tonschiefer an. Die mehrlagigen Böden sind durch eine charakteristische Berglöß-Auflage gekennzeichnet. Die Basislage (ICv-Horizont) baut sich aus verwittertem anstehendem Material und die Hauptlage (Ap-, Bv- bzw. Sw-Horizont) aus Berglöß auf. Die in Teilen des Einzugsgebietes anzutreffende Mittellage besteht aus einer durch Solifluktion entstandenen geringdurchlässigen Fließerde (Bt- bzw. Sd-Horizont). Die Horizontabfolge ist vom Aufbau der Lockergesteinsdecken und von der Hangposition abhängig. Im Schäfergrund dominieren die Parabraun- und Braunerden. Auf den Kuppen treten kleinflächig Regosole auf, im Tal und am Unterhang sind semiterrestrische Böden vorherrschend.

3. Versuchsmethodik

Aufgrund des Aufbaus der Lockergesteinsdecken ist mit einem differenzierten Sickerungs- und Stoffverlagerungsverhalten zu rechnen. Auf den Parabraunerde- und Pseudogleystandorten in Hanglage ist eine vorrangig laterale Fließbewegung in der Hauptlage (Ap-, Bv- bzw. Sw-Horizont) oberhalb der als natürliche Barriere wirkenden Mittellage (Bt- bzw. Sd-Horizont) zu erwarten. Die Verlagerungsprozesse auf den Braunerde- und Regosolstandorten müßten aufgrund des Fehlens der Mittellage vorwiegend in vertikaler Richtung verlaufen.

Zum Beweis dieser Arbeitshypothesen werden Versuche mit anionischen Tracern (Cl⁻ bzw. Br⁻) durchgeführt. Zu Beginn des hydrologischen Jahres, der im Untersuchungsgebiet in Normaljahren mit dem Einsetzen der Sickerperiode etwa identisch ist, wurden die Tracer 1996 auf quadratischen Parzellen zwecks Untersuchung vertikaler Verlagerungsprozesse bzw. 1997 in hangparallelen Streifen zum Nachweis lateraler Prozesse appliziert. Während der gesamten Sickerperiode wurden auf den Parzellen bzw. unterhalb der Applikationsstreifen Bodenproben horizontweise entnommen und der Bodenfeuchte- sowie der Tracer- und Stickstoffgehalt (N, NO₃⁻, NH₄⁺) bestimmt. Ergänzend wurden bodenphysikalische Parameter wie die Textur, die Roh- und Reindichte, die gesättigte Wasserleitfähigkeit sowie die Wasserretentionskurve erfaßt.

Das Untersuchungsprogramm umfaßt weiterhin Dränabflußmessungen, Messungen der Abflußmenge im Schäferbach, Bestimmung der Zwischenabflussemenge eines definierten Geländeausschnittes und der Grundwasserflurabstände. Alle Meßstellen wurden wöchentlich bzw. 14 tágig in Anpassung an das Abflußgeschehen beprobt und die Nitratkonzentration im Wasser bestimmt.

4. Ergebnisse

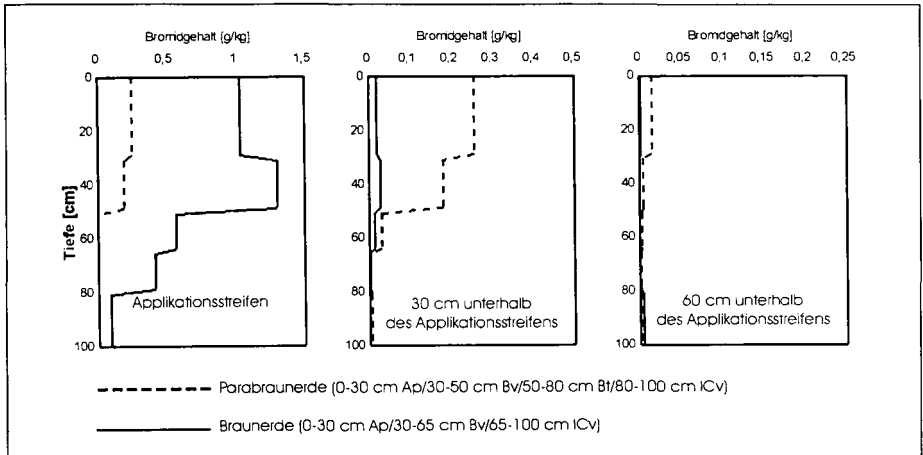
Die auf quadratischen Parzellen erzielten Versuchsergebnisse bestätigen die Annahme, daß in Böden ohne Mittellage (z.B. Braunerden und Regosole) vertikale Verlagerungsprozesse den Stofftransport bestimmen. Der Tracer wurde bis zum Beginn der Frostperiode von der Bodenoberfläche in die Hauptlage verlagert. Während der langanhaltenden Frostperiode von Januar bis Ende März 1996 kam die Tracermigration zum Stillstand, bis mit Beginn der Sickerperiode im Frühjahr eine weitere vertikale Verlagerung des Tracers stattfand.

In Böden, die eine Mittellage aufweisen (Parabraunerden und Pseudogleye) verblieb der Tracer im wesentlichen in der Hauptlage. Ein Durchbruch durch die Mittellage war nicht nachweisbar, jedoch deutet die Abnahme der Tracergehalte in der Hauptlage mit fortschreitender Versuchsdauer auf hangabwärts gerichtete laterale Verlagerung mit dem Zwischenabfluß hin.

Auch bei hangparalleler streifenförmiger Tracerapplikation erfolgte eine vertikale Verlagerung analog zu den 1996 auf quadratischen Parzellen ermittelten Ergebnissen. Auf der Braunerde fand

eine ausschließlich vertikale Tracerverlagerung statt. Die laterale Verlagerung auf Parabraunerdeparzellen war bis in 30 cm Entfernung vom Applikationsstreifen als deutlicher Tracerpeak nachweisbar, der in 60 cm Entfernung ebenfalls feststellbar war, allerdings in abgeflachter Form (Abb. 1). Dies dürfte auf den Ausdünneneffekt mit zunehmender Entfernung vom Applikationsstreifen zurückzuführen sein.

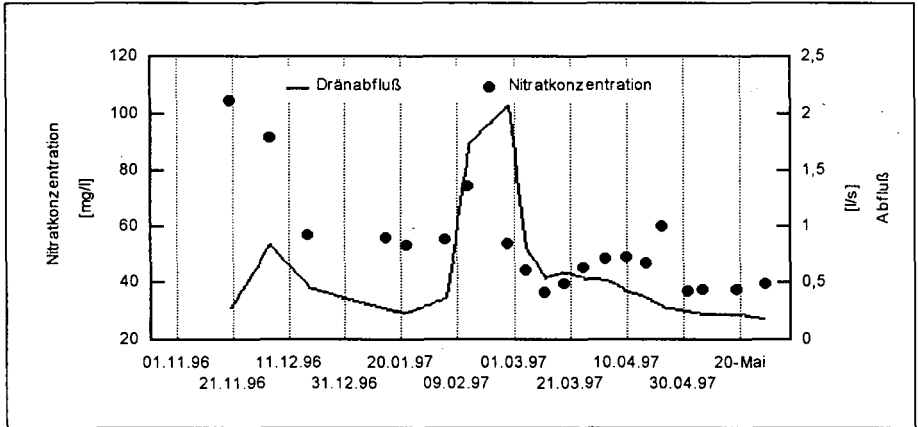
Abb. 1: Tracergehalte auf Parabraunerde und Braunerde am 12.02.1997



5. Schlußfolgerungen und Ausblick

Die bisherigen Versuchsergebnisse deuten darauf hin, daß die Parabraunerden und Pseudogleye in Hanglagen des Unterharzes Areale mit bevorzugter Zwischenabflußbildung darstellen, während auf Böden ohne Mittellage wie den Braunerden und den Regosolen, vertikale Fließvorgänge dominieren. Der oberflächennahe laterale Abfluß ist in der Regel auf die winterliche Sickerperiode beschränkt. Somit gelangen Stickstoffüberhänge im Boden nach Aberntung der Flächen bevorzugt durch den Zwischenabfluß in die Gewässer. Die in Dränabflüssen (Abb. 2) sowie im Fließgewässer gemessenen Nitratkonzentrationen bestätigen diese Annahme: Mit dem Einsetzen des Zwischenabflusses steigt im Wasserlauf die Nitratkonzentration von ca. 20 mg/l auf max. 130 mg/l an. Nach Erreichen des Nitratpeaks geht die Konzentration bereits im Winterhalbjahr allmählich zurück und erreicht im Sommer das Minimum. In dieser Zeit bestimmt vor allem der durch das Grundwasser gespeiste Basisabfluß die Wasserführung im Vorfluter.

Abb. 2: Dränabfluß und Nitratkonzentration



Die Untersuchungen zur lateralen Stoffverlagerung werden mit modifizierter Versuchsmethodik fortgesetzt, um eventuell vorhandene laterale präferentielle Fließpfade nachweisen und die zeitlichen Abläufe klären zu können.

Einfluß der Bewässerung und weiterer Kulturfaktoren auf die Auswaschung von Nitrat unter Freilandbaumschulkulturen

von

CURTIUS, M.; BOHNE, H.

1 Einleitung

Eine Umfrage in 90 überwiegend norddeutschen Baumschulen hat gezeigt, daß für Baumschulkulturen grundlegende standort- und kulturspezifische Kenntnisse für die Bewässerung fehlen (BOHNE u.a., 1991). Aufgrund zu hoher Bewässerungsgaben kann es ganzjährig zu einer nach unten gerichteten Wasserbewegung und zu einer Auswaschung von Stickstoff kommen. In den folgenden Ausführungen werden die Faktoren Boden, Klimatische Wasserbilanz, Kulturen, Düngung und Bewässerung im Hinblick auf das Auftreten von N-Sickerwasserverlusten bewertet.

2 Boden

Knapp 50 % aller Baumschulflächen liegen in den Bundesländern Bremen, Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein, ein Großteil davon auf sandigen Böden.

Sandböden haben eine geringe nutzbare Feldkapazität und im Bereich geringer Wasserspannungen (bis 100 hPa) eine hohe Wasserleitfähigkeit. Bei Kulturen unter Bewässerung führt dies besonders in Verbindung mit sommerlichen Starkregenereignissen auch während der Vegetationsperiode zu einer sehr raschen N-Verlagerung.

Der vorliegende Versuch wurde auf einem Sandboden (mS) mit 3% organischer Substanz durchgeführt. 100% nutzbare Feldkapazität entsprachen 13 Vol.%, was bei einer Durchwurzelungstiefe von 30 cm eine vergleichsweise geringe pflanzenverfügbare Wassermenge von 39 mm ergibt.

Ton- und Lehm Böden haben dagegen eine hohe Feldkapazität und weisen bei Wasserspannungen bis 100 hPa eine wesentlich geringere Wasserleitfähigkeit auf. N-Sickerwasserverluste treten hier nicht so schnell auf.

3 Klimatische Wasserbilanz und Beregnung

Hohe N-Sickerwasserverluste treten bei einem Überwiegen der Niederschläge über die Verdunstung auf. Im Versuch lag in den Jahren 1994, 1995 und 1996 über die Vegetationsperiode (April – September) ein Wasserbilanzdefizit von 155, 250 bzw. 184 mm vor. Durch unsachgemäße Bewässerung (in der Praxis Einzelgaben bis zu 50 mm und mehr, im Versuch 6-18 mm) kommt es auch in den Sommermonaten zu N-Sickerwasserverlusten.

4 Kultur

Baumschulkulturen umfassen eine große Bandbreite von Gehölzen mit unterschiedlichen Gattungen, Arten, Altersstufen und Pflanzabständen mit entsprechend unterschiedlichem Wasser- und Stickstoffbedarf. Die Entleerung des Bodens an Wasser und Nährstoffen in Bezug auf die Menge und Tiefe, ist daher sehr unterschiedlich.

M. Curtius, . . . H. Bohne,

Universität Hannover, Inst. f. Obstbau u. Baumschule, Am Steinberg 3, 31157 Sarstedt

	„jung“ Standfläche 0,375 m ² /Pflanze	„alt“ Standfläche 1,2 m ² /Pflanze
<i>Picea abies</i>	2 Jahre	4 Jahre
<i>Forsythia x intermedia</i> 'Spectabilis'	1 Jahr	3 Jahre

Tabelle 1: Untersuchte Kulturen und Altersstufen

4.1 Durchwurzelung und Sproßwachstum

Die Gesamtwurzeloberfläche lag bei *Picea* „jung“ mit 1823 cm²/Pflanze bei nur etwa 15 % von *Forsythia* „jung“ mit 11413 cm²/Pflanze (beide Bewässerungsstufe 4) (MONIEN 1997).

Betrachtet man die Frischsubstanzproduktion des Sproßes, so fällt der Unterschied hier sogar noch höher aus. *Picea* „jung“ erreicht mit 2 t Sproßfrischsubstanz/ha nur etwa 8 % der Substanzproduktion von *Forsythia* „jung“ mit 25 t /ha (beide Bewässerungsstufe 4) (Abb1.).

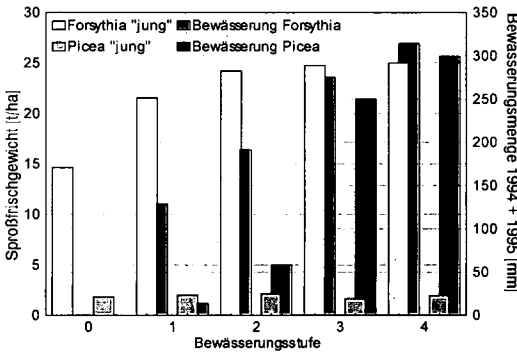


Abbildung 1: Sproßfrischgewichte in Abhängigkeit von der Bewässerung

Geringere Wurzeloberflächen deuten auf eine geringere räumliche Ausnutzung von Wasser und Nährstoffen hin. Eine geringe Frischsubstanzproduktion bedeutet geringe N-Entzüge. Beide Faktoren begünstigen N-Sickerwasserverluste.

4.2 Einfluß der Bewässerung auf das Pflanzenwachstum

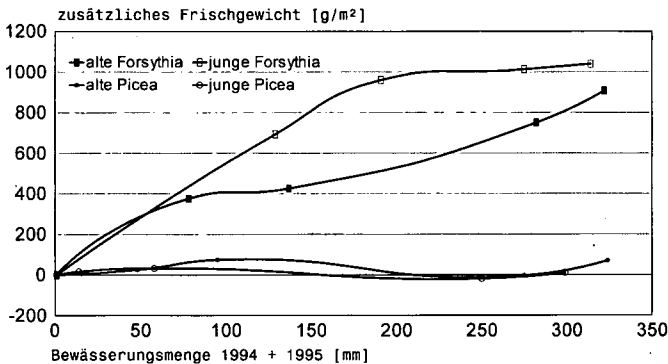


Abbildung 2: Zusätzliche Sproßfrischgewichte bei steigenden Bewässerungsmengen

Die Bewässerung zu verschiedenen Kulturen weist in bezug auf das zusätzliche Wachstum eine unterschiedliche Effektivität auf.

Während *Picea* „jung“ und „alt“ keine Reaktion auf zusätzliche Wassergaben zeigen, weisen *Forsythia* „jung“ und „alt“ deutliche Wachstumssteigerungen auf. Dadurch kommt es zum einen zu einer stärkeren N-Aufnahme und zum anderen zu einer erhöhten Verdunstung, die, wie hier nicht

dargestellte Tensiometermessungen zeigten, gegenüber *Picea* eine deutliche Verringerung der Sickerwasserbildung bewirkt hat.

Bei *Forsythia „jung“* ist zu erkennen, daß bereits ab einer Beregnungswassermenge um 200 mm ein Optimum im Zuwachs erreicht ist, während sich bei *Forsythia „alt“* das Wachstum auch darüber hinaus noch steigern läßt. Die Effektivität des eingesetzten Beregnungswassers ist bei *Forsythia „jung“* am größten.

4.3 Düngung

Der Entzug von Baumschulgehölzen liegt i.d.R. unter 120 kg N/ha. Die jährliche Nachlieferung beträgt auf Baumschulböden zwischen 50 kg N/ha (humusarme Sandböden) und 250 kg N/ha (Lößböden)(DIEREND 1992). Neben der mengenmäßigen N-Aufnahme ist auch die zeitliche N-Aufnahme von Bedeutung. Bei Gehölzen ist erst ab Ende Mai mit einer nennenswerten N-Aufnahme zu rechnen (WALTER, 1996). Auch ohne Düngung kann es daher zu N-Sickerwasserverlusten kommen.

Wenn gedüngt wird ist also die Menge dem Bedarf anzupassen, und der praxisübliche Zeitpunkt der Düngung MÄRZ/APRIL auf MAI/JUNI zu verschieben.

4.4 Pflanzabstände

Große Pflanzabstände bei der Produktion von Solitärgehölzen führen zu geringerer Frischsubstanzproduktion und damit zu geringeren N-Entzügen. *Forsythia „alt“* erreichten bei Pflanzabständen von 1 x 1,2 m 16000 kg Fs/ha was einem N-Entzug von 83 kg N/ha entspricht, wohingegen *Forsythia „jung“* bei Abständen von 0,5 x 0,75 m 25000 kg Fs/ha produzierten und damit 128 kg N/ha entzogen. Bei größeren Pflanzabständen ist daher mit höheren n-Sickerwaserverlusten zu rechnen.

5 Einfluß der Bewässerung auf die Nitratverlagerung

Da schon während der Vegetationszeit N ausgewaschen wird, ist eine genaue Berechnung der Ausgewaschenen N- Menge nicht möglich. Die Ergebnisse einer Schätzung für die Untergrenze der ausgewaschenen N-Menge sind in Tabelle 3 enthalten. Hierbei handelt es sich um die Untergrenze, da die Auswaschung während der Vegetationsperiode nicht enthalten ist. Ausgangspunkt für die Berechnungen war der höchste im Jahresverlauf gemessene Nmin-Wert (23. Woche).

1995 [kgN/ha]	<i>Picea</i>		<i>Forsythia</i>	
	Ohne Beregnung	hohe Beregnung	ohne Beregnung	hohe Beregnung
Nmin, 23. Woche	165	137	137	119
- N-Aufnahme Unkraut	-30	-30	-	-
- N-Aufnahme Pflanzen	-3	-2	-53	-128
- Nmin-Rest, 46. Woche	-49	-32	-52	-44
Errechnete Nmin-Auswaschung	83	73	32	-53
Nmin-Auswaschung Bereinigt um den Mineralisationsgewinn bei hoher Beregnung von +53 kg N/ha	83	126	32	0

Tabelle 2:
Untergrenze
der
ausgewaschene
n Nmin-Menge
tiefer als 90 cm
während der
Wachstumsperi
ode zwischen
der 23. und der
46. Woche in
1995.
Schätzwerte

Für die Kultur „junge“ *Forsythia* bei hoher Beregnung (Beregnungsstufe 4) scheint sich ein Bilanzdefizit zu ergeben (- 53 kg N/ha). Dieses scheinbare Defizit stellt sich ein, da bei der beregneten Variante auch nach der 23. Woche noch Mineralisation eintritt, diese Menge aber gleich von den Pflanzen aufgenommen und daher nicht in einer Erhöhung der Nmin-Gehalte des Bodens sichtbar wird. In Abhängigkeit von der Höhe der Mineralisation liegt der Wert für die Untergrenze der Nmin-Auswaschung daher um Null.

Bei der unberegneten Variante (Beregnungsstufe 0) fallen aufgrund der Trockenheit - Wasserspannungen bis 650 hPa - weitere Mineralisationsgewinne vermutlich geringer aus.

Die hohe Beregnung hat daher bei den „jungen“ *Forsythia* dazu geführt, daß durch die Förderung des Pflanzenwachstums und damit der N-Aufnahme die N-Auswaschung während der Vegetationszeit auf nahezu Null vermindert werden konnte. Demgegenüber tritt bei den unberegneten *Forsythia* eine Auswaschung von mindestens 32 kg N/ha auf.

Sehr viel höher liegt die Untergrenze für die Nmin-Auswaschung bei den „jungen“ *Picea*. Da auch hier bei der Variante mit der hohen Beregnung mit zusätzlichen Mineralisationsgewinnen in der Größenordnung wie bei den *Forsythia* zu rechnen ist, ist der Wert von 73 kg N/ha um 53 kg N/ha zu erhöhen. Hier sind also mindestens 126 kg N/ha während der Vegetationszeit ausgewaschen worden.

6 Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, daß auf einem Sandboden mit geringer Feldkapazität, wie er für Baumschulkulturen typisch ist, selbst bei einem Wasserbilanzdefizit von 255 mm und ohne Zusatzberegnung eine N-Auswaschung stattfindet.

Auch ohne Düngung können N-Sickerwasserverluste auftreten.

Der Anbau starkwüchsiger Pflanzen mit guter Bewurzelung vermindert die N-Sickerwasserverlagerung, ebenso wie die Verringerung der Pflanzabstände.

Eine Beregnung, die an die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens angepaßt ist, kann eine N-Auswaschung während der Vegetationszeit sogar vermindern, wenn dadurch das Pflanzenwachstum und der N-Entzug ansteigen. Ob eine Baumschulkultur auf eine Zusatzberegnung mit einem stärkeren Wachstum reagiert, ist gattungs- und wahrscheinlich auch artabhängig.

7 Literatur

BOHNE, H., I. BRUMM, S. MONIEN, H. AVERDIECK, 1991. Wässern nach Augenmaß. Deutsche Baumschule 43:568-569

DIEREND, W. 1992. Der Mineralstickstoffgehalt in Böden von Baumschulen und N-Aufnahme von Gehölzen. Diss. Uni Hannover

MONIEN, S. 1997. Wurzelsysteme ausgewählter Baumschulkulturen unter besonderer Berücksichtigung von Untersuchungsmethode, Standort und Alter. Diplomarbeit. Uni Hannover.

WALTER, B., SPETHMANN W. 1996. Zeitliche und mengenmäßige N-Aufnahme von Gehölzen. BDLG-Schriftenreihe 14:61

Tab. 1: Untersuchte Kulturen und Altersstufen

Abb. 1: Sproßfrischgewichte in Abhängigkeit von der Bewässerung

Abb. 2: Zusätzliche Sproßfrischgewichte bei steigenden Bewässerungsmengen

Tab. 2: Untergrenze der ausgewaschenen Nmin-Menge tiefer als 90 cm während der Wachstumsperiode zwischen der 23. und der 46. Woche in 1995. Schätzwerte

Bewertung des standörtlichen Denitrifikations- und Mineralisations- /Immobilisations-Potentials von Böden

von

GÄTH,S.; ANTHONY,F.; BECKER,K.-W.; GERIES,H.; HÖPER,H.;
KERSEBAUM,C.; NIEDER,R.

1. Motivation und Zielsetzung

Die Standortfaktoren Boden und Klima beeinflussen neben der Bewirtschaftung in unterschiedlichem Maße die Qualität und Quantität des Grundwassers. Im Hinblick auf den vorsorgenden Grundwasserschutz sind dabei Konzepte einer standortgemäßen Landbewirtschaftung gefordert, die eine Standortklassifikation notwendig machen.

Vom Arbeitskreis Bodennutzung in Wassereinzugsgebieten der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft wurde 1992 ein Verfahren zur Bewertung des standörtlichen Verlagerungspotentials nicht sorbierbarer Stoffe vorgeschlagen, das mittlerweile in der Beratungspraxis umgesetzt wird und in Wasserschutzgebietsverordnungen einzelner Länder einbezogen wurde. Außerdem ist das Verfahren mittlerweile als eine nationale (und auch internationale) DIN-Norm (DIN 19732) anerkannt (vgl. GÄTH & WOHLRAB, 1993 und 1995).

Die Bewertung des standörtlichen Verlagerungspotentials gründet auf physikalischen, leicht zu bestimmenden Kenngrößen wie z.B. der Sickerwassermenge und der Feldkapazität; bislang mangelt es an der zusätzlichen Bewertung des standörtlichen N-Umsetzungspotentials (z. B. Mineralisationsleistung, Denitrifikationspotential). Aus diesem Grunde wurde vom Arbeitskreis auf der DBG-Tagung in Halle (September 1995) das Ziel formuliert, eine Arbeitsgruppe zu gründen, die einen Katalog zur Bewertung des standörtlichen Mineralisations- bzw. Immobilisationspotentials und des Denitrifikationspotentials aufgrund vorhandener Ergebnisse und Erfahrungen zusammenstellt.

Der vorliegende Entwurf stellt eine Diskussionsgrundlage dar und soll im Arbeitskreis in den kommenden Monaten geprüft, ergänzt und verabschiedet werden. Für Hinweise und Anregungen sind die Autoren dankbar.

2. Voraussetzungen

Folgende Voraussetzungen sollte der Bewertungsrahmen erfüllen:

1. Er sollte eine hohe Praktikabilität besitzen und i.d.R. keine weiteren Messungen erforderlich machen.
2. Es sollte ein mehrstufiges Bewertungsschema entwickelt werden, das sich an die vergleichbaren Bewertungsschlüssel anpaßt.
3. Das Verfahren sollte eine Ergänzung des bodenhydrologischen Bewertungsverfahrens darstellen (GÄTH & WOHLRAB, 1993 und 1995; DIN 19732).
4. Die Angabe von absoluten Zahlen sollen dem WSG-Berater eine bessere Einordnung der Standorteigenschaften ermöglichen. Sie sind nicht in N-Bilanzierungen einzubeziehen.

3. Methodik

3.1 Denitrifikation

Bisher ist die direkte Quantifizierung der Denitrifikation im Freiland noch unbefriedigend. Häufig müssen sowohl zeitlich wie räumlich punktuelle Messungen in Jahresraten für ganze Ackerflächen hochgerechnet werden. Ferner liefern die beiden gebräuchlichen Methoden der Messung, die ^{15}N -Isotopentechnik in ihren verschiedenen Variationen und die Acetylen-Inhibierungs-Methode, bisher keine befriedigenden Ergebnisse (BECKER et al., 1992). Diese grundlegenden methodischen Schwierigkeiten machen es bisher unmöglich, sichere und verallgemeinerbare Raten der Denitrifikation für einen Schlag und einen längeren Zeitraum anzugeben (z.B. NIEDER et al., 1989).

Wegen der bisher ungelösten methodischen Probleme wurde für die Klassierung von Böden mit unterschiedlicher potentieller Denitrifikationsleistung eine indirekte Abschätzung der Denitrifikation versucht. Eine Abschätzung der Denitrifikation für einen Schlag wird möglich, wenn der für einen definierten Zeitraum bilanzierte N-Überschuß mit dem über Tiefenprofile gemessenen N-Austrag verglichen wird (vgl. BOUWER et al., 1997). Sind keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Bilanzen und den N-Frachten vorhanden, so unterliegen diese Standorte einer (sehr) geringen Denitrifikation und sind in die Klasse 1 und 2 einzuordnen (Tab. 1). Umgekehrt tritt auf denitrifikationsstarken Böden vielfach ein deutliches Ungleichgewicht zwischen den N-Bilanzen und den tatsächlichen N-Austrägen auf (Klasse 4, 5). - Einzelne Arbeiten und Versuchsergebnisse zu diesem Thema können bei den Autoren nachgefragt werden (z.B. ANTONY, 1994; EULENSTEIN, 1991; DRECHSLER, 1992).

3.2 Mineralisation/Immobilisation

Für die Mineralisation/Immobilisation wurden drei Systemtypen definiert: Senkensysteme, Gleichgewichtssysteme und Quellensysteme (Tab. 2). Jedem Beispiel wurden an Hand von Literaturdaten mittlere Mineralisation- bzw. Immobilisationsraten zugeordnet, die wie beim Grünlandumbruch auch das Alter berücksichtigen.

Für die Gleichgewichtssysteme wurde - unter der Annahme, daß die N-Vorräte langjährig konstant sind - im Mittel einer Fruchtfolge eine ausgeglichene Mineralisation bzw. Immobilisation angenommen. Jede Änderung des Bewirtschaftungssystems (Düngung, Bodenbearbeitung etc.) führt danach zwangsläufig zu einem Ungleichgewicht und zu einer Einordnung in den Senken- (Klasse 1,2) oder Quellentyp (Klasse 4,5).

4. Literatur

- Antony, F., 1994: Die N-Belastung landwirtschaftlicher Flächen als Grundlage der Quantifizierung und Optimierung des N-Haushaltes von Agrarökotopen, Fallstudie „WSG Hameln-Süd“. Diss. Landw. Fak. Univ. Göttingen.
- Becker, K.-W., H. Höper & B. Meyer, 1992b: Kritik der Acetylen-Inhibierungs-Methode in ihrer Anwendbarkeit auf Messungen der Denitrifikation im Felde. Vergleich der ^{15}N -Bilanz- und der ^{15}N -Gas-Freisetzungs-methode. Göttinger Bodenkundl. Ber. 96, 107-344
- Bouwer, W., S. Gäth & H.-G. Frede, 1997: Vergleich dreier Instrumente zur Abschätzung und Kontrolle der nutzungsbedingten Nitratauswaschung auf auswaschungsgefährdeten Standorten. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung, 38, 154-160.
- Drechsler, H., 1992: Ursachen, Differenzierung und Steuerung der Nitratkonzentration im Grundwasser überwiegend agrarisch genutzter Wassereinzugsgebiete. - Reduktion des Stickstoff aus dem Überschuß-N-Eintrag agrarischer Ökotope beim Transport durch die Böden ins Grundwasser. - Diss. Landw. Fak. Univ. Göttingen
- Eulenstein, F., 1991: Ursachen, Differenzierung und Steuerung der Nitratkonzentration im Grundwasser überwiegend agrarisch genutzter Wassereinzugsgebiete. - Stickstoff-Überschüsse aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung als bestimmende Größen für die Nitrat-Belastung des Grundwassers. Diss. Landw. Fak. Univ. Göttingen
- Gäth, S. & B. Wohlrab, 1992: Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. - Hrg.: Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, 42 S.
- Gäth, S. & B. Wohlrab, 1995: Standort und nutzungsbezogene Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. - Handbuch Bodenschutz, 5050, 24 S.
- Nieder, R., G. Schollmayer & Richter, J., 1989: Denitrifikation in the rootingzone of cropped soils with regard to methodology and climate: A review. Biol. Fertil. Soils 8, 219-226

Tabelle 1: Bewertung des standörtlichen Denitrifikationspotentials von Böden

Kennzeichnung der Denitrifikationsstufe		potentielle Denitrifikationsrate kg N/ha/a	Geologische Ausgangssubstrate	Bodentypen	Grund-/Stauwassereinstau in Wurzelzone (Randbedingung)
Kurzzeichen	Bezeichnung				
1	sehr gering	< 10	sandige Lockergesteine	Braunerde Bänderparabraunerde Podsol	ganzjährig kein Einstau
			flachgründig verwitterte Festgesteine und tiefgründig verwitterte sandige Festgesteine	Syrosem Ranker Regosol Rendzina	
2	gering	10 – 30	schluffig bis tonige Lockergesteine	Pararendzina ¹⁾ Parabraunerde ¹⁾ Trocken-Schwarzerde	ganzjährig kein Einstau ¹⁾ bei mittleren bis starken Pseudogleymerkmalen Zuordnung in Stufe 3
			tiefgründig verwitterte schluffig bis tonige Festgesteine	Terra fusca ¹⁾ Terra Rossa ¹⁾	
			unterschiedliche Lockergesteinstypen	Kolluvium ¹⁾ Plaggenesch Sandmischkultur	
3	mittel	30 – 50	schluffig bis tonige Lockergesteine und tiefgründig verwitterte schluffig bis tonige Festgesteine	Pelosol Pseudogley	grundwasserfern, aber 3 bis 6 Monate Stauwassereinstau
4	hoch	50 – 150	fluviale, limnogene und marine Lockergesteine sowie Moore	Feucht-Schwarzerde Gleye Anmoorgleye Marschen Saures Niedermoor Hochmoor	6 bis 9 Monate Grundwassereinstau
5	sehr hoch	>> 150	Moore und organische Mudden	Basisches Niedermoor ²⁾ Übergangsmoor ²⁾	ganzjährig Grundwassereinstau ²⁾ bei ganzjähriger Trockenlegung Zuordnung in Stufe 2 oder 3
			stark reduktomorphe Gesteine mit hohem Anteil an fossilem Kohlenstoff und reduzierten S-Verbindungen	Verschiedene Böden ³⁾	³⁾ z.B. Lias, Untere Kreide und braunkohle- bzw. pyrithaltige Geschiebelehme

Tabelle 2: Bewertung des standörtlichen Mineralisations- und Immobilisationspotentials von Böden

Kennzeichnung der Mineralisationsstufe		Systemtyp	Nutzungs-/Bearbeitungssystem	Netto-	Netto-	Dauer nach Einführung
Kurzzeichen	Bezeichnung			Mineralisation	Immobilisation	
				kg N/ha/30 cm/a		a
1	Sehr gering	Senkensystem	Umwandlung von Acker- in Grünland	-	50-100	?
			Hochmoor-Sandmischkultur	-	ca. 200	ca. 40
			Dauer-Grünbrachen	-	50-100	?
2	gering	(Senkensystem)	Einführung von Mulchsystemen	-	ca. 50	5-10
			Krumenvertiefung (Bezug: 10 cm)	-	ca. 50	ca. 25
3	mittel	Gleichgewichtssystem		± 0	± 0	
4	hoch	(Quellensystem)	Grünlandumbruch (4.-20. Jahr)	100-300	-	ca. 20
			Innutzungnahme von Grünbrachen	ca. 50	-	?
5	sehr hoch	Quellensystem	Grünlandumbruch (1.- 3. Jahr)	1.000-5.000	-	ca. 20
			Humusreiche Gleye/Anmoorgleye nach Entwässerung	< 500	-	?
			Niedermoor (Grünland)	ca. 500	-	bis zu 100
			Niedermoor (Ackerland)	ca. 1.000	-	bis zu 100

**Modellierung der Wasser- und Stickstoffdynamik bei unterschiedlicher
Bodendatenaggregation und Modellkomplexität am Beispiel dreier Gemeinden
im Gebiet Schorfheide Chorin**

von

KERSEBAUM, K.C.; WEGEHENKEL, M.

Einleitung

Die Abschätzung diffuser Stoffeinträge auf der Basis von Simulationsrechnungen wird auf regionaler Ebene dadurch erschwert, daß Eingabegrößen nur sehr beschränkt zur Verfügung stehen, mehr oder weniger starke Generalisierungen hinsichtlich der Verteilung und Eigenschaften der Böden vorgenommen werden und eine Validierung von Modellen für größere Landschaftseinheiten nur schwer möglich ist. Basisdaten wie Bodeninformationen, Landnutzung oder Bewirtschaftungsdaten sind für größere Areal oft nur in Form stark aggregierter Mittelwerte verfügbar.

Vor 3 Jahren wurde in einer großräumigen Studie für ein 9975 km² großes Gebiet Nordostdeutschlands der Nitrataustrag mit Hilfe eines einfachen Simulationsmodells geschätzt (Kersebaum et al., 1993). Hierbei wurden stark aggregierte statistische Daten auf Gemeinde oder Kreisebene verwendet. Um eine Vorstellung der Aussagegenauigkeit zu bekommen haben wir aus diesem Gebiet ein kleineres Areal von 3 benachbarten Gemeinden der Agrarlandschaft Chorin herausgegriffen um den Effekt einer höheren Datendichte auf das Modellergebnis zu untersuchen.

Methoden

Es wurde das Simulationsmodell HERMES eingesetzt, welches die Prozesse der Stickstoffmineralisation, der Denitrifikation, den Nitrattransport, den Wasserhaushalt sowie die N-Aufnahme durch Pflanzen berücksichtigt (siehe u.a. Kersebaum, 1995). Für die Simulationen wurden 3 unterschiedliche Aggregationsstufen gewählt, die als repräsentativ für 1. die Schlägebene, 2. das Kleineinzugsgebiet und 3. denn regionalen Maßstab stehen sollten. Die einzelnen Aggregationsebenen waren wie folgt gekennzeichnet:

1. Ebene: Eine großmaßstäbige Bodenkarte der Reichbodenschätzung wurde für die Berechnungen herangezogen. Innerhalb der 3 Gemeinden ergaben sich dabei 427 separate Flächen, die sich auf 47 unterschiedliche Kartiereinheiten bezogen. Aus 92 Messungen im Gebiet wurde eine Karte der organischen Substanz erstellt. Die Landnutzung wurde aus Betriebsdaten für die Jahre 1993 bis 1995 schlaggenau erfasst. Die aus der digitalen Verschneidung sich ergebenden Polygone wurden einzeln mit dem Modell für die entsprechenden 3 Jahre berechnet.

2. Ebene: Hier wurde als Bodenkarte die mittelmaßstäbige Standortkartierung (MMK)

¹Institut für Landschaftsmodellierung, ZALF e.V.; Eberswalder Str.84, D-15374
Müncheberg

zugrundegelegt. Es ergaben sich im Gebiet 24 separate Polygone mit 8 unterschiedlichen Bodeneinheiten. Die organische Substanz wurde als Schlagmittelwert angesetzt.

3. Ebene: Die Bodeninformation ist auf 4 hochaggregierte Texturklassen beschränkt, die für jede Gemeinde als prozentualer Flächenanteil vorliegt. Ebenso wird lediglich der prozentuale Anteil der Landnutzung verwendet. Dies bedeutet, dass innerhalb der Gemeinden kein räumlicher Bezug der Boden- und Landnutzungsinformation gegeben ist. Details der Vorgehensweise sind bei Kersebaum et al. 1993 beschrieben.

Für die Ebenen 1 und 2 wurde die tatsächliche Witterung im Simulationszeitraum zugrunde gelegt. Bei Ebene 3 wurde mit einem aus 14 Jahren gemittelten Wetter gerechnet. Die Niederschlagssumme der 3 betreffenden Jahre und die Summe aus drei gemittelten Jahren war nahezu identisch.

Für die Ebenen 1 und 2 wurde die N-Aufnahme durch Pflanzen durch ein dynamisches Wachstumsmodell berechnet, während bei Ebene 3 eine einfache logistische Aufnahmekurve je Kultur zugrundegelegt wurde, die durch den Temperaturverlauf und den potentiellen bzw. aktuellen Ertrag gesteuert wird.

Ergebnisse

Zunächst wird der Effekt der unterschiedlichen Bodendatenaggregation am Beispiel des modellmäßig sehr sensitiven Parameters Feldkapazität dargestellt. Tabelle 1 zeigt die für die Gemeinden flächengewichtet gemittelte Feldkapazität und ihre Streuung innerhalb der Gemeinde (nur Ebene 1 und 2). Es wird deutlich, dass die Werte zwischen den Gemeinden sehr unterschiedlich sind, aber zwischen den Aggregationsebenen nur unwesentlich voneinander abweichen. Bezüglich der am höchsten aufgelösten Ebene 1 liegen die höchsten Abweichungen der Ebenen 2 und 3 bei 12 bzw. 13,5 %. Die Varianz innerhalb der Gemeinden ist zwischen Ebene 1 und 2 sehr ähnlich, woraus zu schließen ist, dass durch die Aggregation nur wenig an Information eingebüßt wurde. Obwohl Ebene 3 etwas größere Abweichungen zu den beiden anderen Aggregationsebenen aufweist, wird doch der Trend zwischen den Gemeinden noch gut wiedergespiegelt.

Tabelle 1: Gemittelte Feldkapazität (mm pro 100 cm) für 3 Gemeinden bei 3 unterschiedlichen Aggregationsstufen

Ebene	1			2			3
	Mittel	CV (%)	flächen gew. Mittel	Mittel	CV (%)	flächen gew. Mittel	flächen gew. Mittel
Gem. 1	277	52	261	284	58	273	253
Gem. 2	330	51	375	398	62	420	410
Gem. 3	179	28	177	158	30	160	201

Bei der simulierten Sickerwassermenge (Tabelle 2) zeigt sich zwischen Ebene 1 und 2 ebenfalls eine gute Übereinstimmung. Die Varianz ist niedriger als bei der Feldkapazität. Obwohl auch hier der Trend zwischen den Gemeinden durch die Berechnungen der 3. Aggregationsebene noch befriedigend wiedergegeben wird, weichen die Werte deutlich nach unten von den beiden anderen Berechnungen ab. Obwohl die Niederschlagssummen nahezu identisch sind und die potentielle Evapotranspiration des gemittelten Wetters etwa 20% geringer ausfällt als beim realen Witterungsverlauf, zeigt sich eine um 10-15% niedrigere Sickerwasserbildung. Dies liegt an der wesentlich gleichmäßigeren Verteilung der

Niederschläge im gemittelten Wetter, die dazu führt, das die aktuelle Verdunstung nahezu der potentiellen entspricht, während sie beim realen Witerungsverlauf deutlich gegenüber der potentiellen zurückfällt. Die höchsten Abweichungen treten in Gemeinde 3 auf, da sich hier der Effekt durch die leichte Überschätzung der Feldkapazität noch verstärkt.

Tabelle 2: Mittlere Werte der Sickerwasserbildung (mm) simuliert für 3 Gemeinden bei unterschiedlicher Datenaggregation

Ebene	1			2			3
	Mittel	CV (%)	flächen gew. Mittel	Mittel	CV (%)	flächen gew. Mittel	flächen gew. Mittel
Gem 1	182	29	187	184	24	184	152
Gem 2	149	33	140	152	23	145	126
Gem 3	220	21	214	230	17	222	167

Beim simulierten Stickstoffaustrag (Tabelle 3) zeigen sich für die beiden ersten Aggregationsebenen wieder ähnliche Resultate. Die Variabilität innerhalb der Gemeinden ist deutlich höher als bei der Sickerwasserbildung, da hier weitaus mehr Faktoren (in erster Linie Bewirtschaftung) beteiligt sind. Obwohl für die Ebene 3 geringere Sickerwassermengen berechnet wurden, weichen die simulierten N-Austräge deutlich nach oben ab. Dies ist nicht ein Effekt der Bodendatenaggregation sondern vielmehr eine Folge der unterschiedlichen Ansätze zur N-Aufnahme sowie der Generalisierung der Fruchtfolgen auf der 3. Aggregationsstufe. Die zum Teil noch sehr grobe Parametrisierung für einige Kulturarten führt tendenziell beim dynamischen Aufnahmeansatz zu einer Überschätzung der N-Aufnahme und somit zu einer geringeren Austragsmenge.

Tabelle 3: Mittlere Werte des N-Austrags (kg N/ha) simuliert für 3 Gemeinden bei unterschiedlicher Datenaggregation

Ebene	1			2			3
	Mittel	CV (%)	flächen gew. Mittel	mean	CV (%)	flächen gew. Mittel	flächen gew. Mittel
Gemeinde							
Gem 1	24	94	27	25	103	28	54
Gem 2	16	76	15	15	83	14	27
Gem 3	52	46	51	60	42	59	49

Abschließend läßt sich feststellen, daß in dem vorgestellten Vergleich die Aggregation der Wetter- und Landnutzungsdaten einen größeren Effekt hatte als die Aggregation der Bodendaten.

Literatur

- KERSEBAUM K.C. (1995): Application of a simple management model to simulate water and nitrogen dynamics. Ecological modelling, 81: 145 - 156
- KERSEBAUM KC, MIRSCHEL W AND WENKEL K-O (1995): Landschaftsindikator Stickstoff. In: BORK H-R, DALCHOW C, KÄCHELE H, PIORR H-P AND WENKEL K-O Agrarlandschaftswandel in Nordost-Deutschland, pp. 166-202. Berlin: Ernst & Sohn



Räumlich-zeitliche Verteilungsmuster von Nitratgehalten und Wasserhaushaltskomponenten eines Hangstandortes

von

KOFALK,S.; WESSOLEK,G.

1 Einleitung

Bei gleicher Nutzung bewirken Hangneigung und Exposition unterschiedliche Verdunstungsmengen trotz ähnlichem Profilaufbau (Wessolek et al. 1994). Weiterhin tragen die Bodeneigenschaften des Bodenmosaiks zu einem räumlich differierenden Wasserhaushalt und Nitrat-Angebot bei. Um die Größenordnung der räumlichen Unterschiede in ihrer Bedeutung für den Landschaftswasser- und Stoffhaushalt auf einem Hangstandort der Grundmoräne mit großer Substratvariabilität einordnen zu können, wurden Geländemessungen zur räumlich-zeitlichen Dynamik und Struktur von Nitratgehalten und von Wasserhaushaltsparametern durchgeführt.

2 Standort und Methodik

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche der kuppigen Grundmoräne entstand im Pommerschen Stadium des Weichsel-Glazials. Die typische Catena besteht aus einer Abfolge von Pararendzina/erodierter Parabraunerde (Kuppe) - erodierte Parabraunerde (Mittelhang) - Kolluvium (Hangfuß). Weitergehende Angaben zum Standort sind bei Helming (1994) und Schmidt (1991) zu finden. Im Dezember 1994 und März 1995 wurden Transekte äquidistant in hangparalleler Richtung und entlang des Gefälles beprobt und die Nitratgehalte verschiedener Tiefen gemessen (Extraktion mit 0.1 M KCl, photometrische Bestimmung in einer Fließinjektions-Anlage). Die erhobenen Daten wurden mit Hilfe geostatistischer Verfahren analysiert (Davis 1986). Weiterhin wurden anhand von Messungen von θ und Ψ eine Kalkulation der realen Verdunstung (ET_a) nach Wessolek & Renger (in DVWK 1996) an verschiedenen Geländepositionen vorgenommen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Für den Zeitraum vom 05.05. bis zum 14.10.1993 wurden die reale Evapotranspiration und die bodeninternen Wasserbewegungen bodenhydrologischer Messstationen berechnet und bilanziert. Die Abb. 1 gibt die Werte der ermittelten realen Verdunstungsmengen verschiedener Hangpositionen wieder. Die klimatische Wasserhaushaltsbilanz ist mit 80 mm im Messzeitraum negativ. Die höchste reale Verdunstungsmenge ist im Soll gemessen worden (471 mm), die geringste Menge mit 343 mm wurde in einem sandigen Profil am Oberhang ermittelt. Insgesamt ergibt sich die Reihenfolge Soll > Unterhang > Hangfuß > Süd-Mittelhang > Kuppe > Nord-Mittelhang > Oberhang. Wenn man den Wert der Station im Soll vernachlässigt, so schwanken die ermittelten realen Verdunstungsmengen $\pm 10\%$ um den Mittelwert. Der Verdunstungsunterschied zwischen dem Nord- und Südhang beträgt ca. 25 mm für

* TU Berlin, FG Standortkunde und Bodenschutz
Salzufer 12
10587 Berlin

fon: 030-314 73529

fax: 030-314 73548

e-mail: kofaniha@linux.zrz.TU-Berlin.de

diesen Zeitraum. Die unterschiedlichen Verdunstungsmengen führen bei fehlendem kapillarem Aufstieg zu einer unterschiedlichen Austrocknung und somit zu einer zeitversetzt beginnenden Sickerungsphase im Winter. Dies hat unterschiedliche Sickerwassermengen und -verlagerungstiefen trotz gleichem Profilaufbau zur Folge.

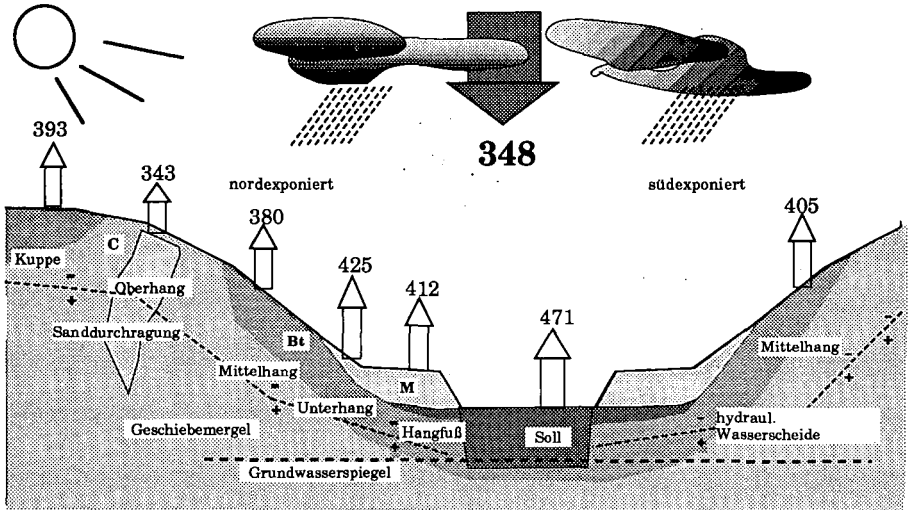


Abb. 1: Reale Evapotranspirationen in Abhängigkeit von Exposition und Profilaufbau (in mm vom 05.05. bis zum 14.10.1993, Raps/Grünbrache)

Die Abb. 2a und b basieren auf den Daten von Transektbeprobungen ($lag(h) = 2\text{ m}$) in Richtung des Gefälles entlang der typischen Catena, vom Hangfuß (Pos. 0) zur Kuppe (Pos. 30). Der Originaldatensatz vom Dezember 94 und die geringe Steigung der durchgeführten linearen Regression läßt die relativ gleichmäßige Verteilung der Werte (bei hoher Variabilität) über die gesamte Transektlänge erkennen (Abb. 2a). Ein Trend im Driftdiagramm ist kaum vorhanden und die Werte sind mit $0,6\text{ r}(h)$ autokorreliert. Das Semivariogramm zeigt einen reinen Nugget-Effekt, eine Drift ist nicht abzulesen. Ein Vierteljahr später hat sich nach den winterlichen Niederschlägen die Situation grundlegend verändert (Abb. 2b). Die Verteilung der Gehalte im Transekt hat sich stark differenziert. Die ersten 60 cm des Bodens sind im Hangfuß- und Unterhangbereich durch Auswaschung fast nitratfrei. An Oberhang und Kuppe sind höhere Gehalte zu verzeichnen. Driftdiagramm, Steigung der Regression und sinkende Autokorrelationen dokumentieren die räumliche Struktur. Das Semivariogramm zeigt einen Locheffekt, der als Zeichen der wechselnden Bodeneigenschaften (Hangfuß/sandiges Kolluvium-Oberhang/lehmmige erodierte Parabraunerde und Pararendzina) interpretiert wird.

Eine räumliche Abhängigkeit der Nitratvorräte im Dezember 1994 ist nicht nachweisbar. Im Frühjahr hat sich jedoch durch Stofftransportprozesse ein Verlauf des Semivariogrammes mit einem deutlichen range von ca. 10-12 m ($lag\ 5-6$) und einem Locheffekt entwickelt. Aus den Daten läßt sich folgern, dass Düngung und andere Einträge während der Vegetationsperiode sowie eine relativ einheitliche Durchfeuchtung des Bodens zu einer stochastischen Verteilung von Nitrat geführt haben. Die Situation wandelt sich durch kleinräumig sich ändernde Fließbedingungen im Boden infolge von Substrat- und

Reliefgradienten. Bei Sickerwasserstrecken von > 4 dm ist davon auszugehen, dass Nitrat vertikal oder lateral aus der untersuchten Tiefe verlagert wurde. Die sandigen Kolluvien am Hangfuß und Unterhang

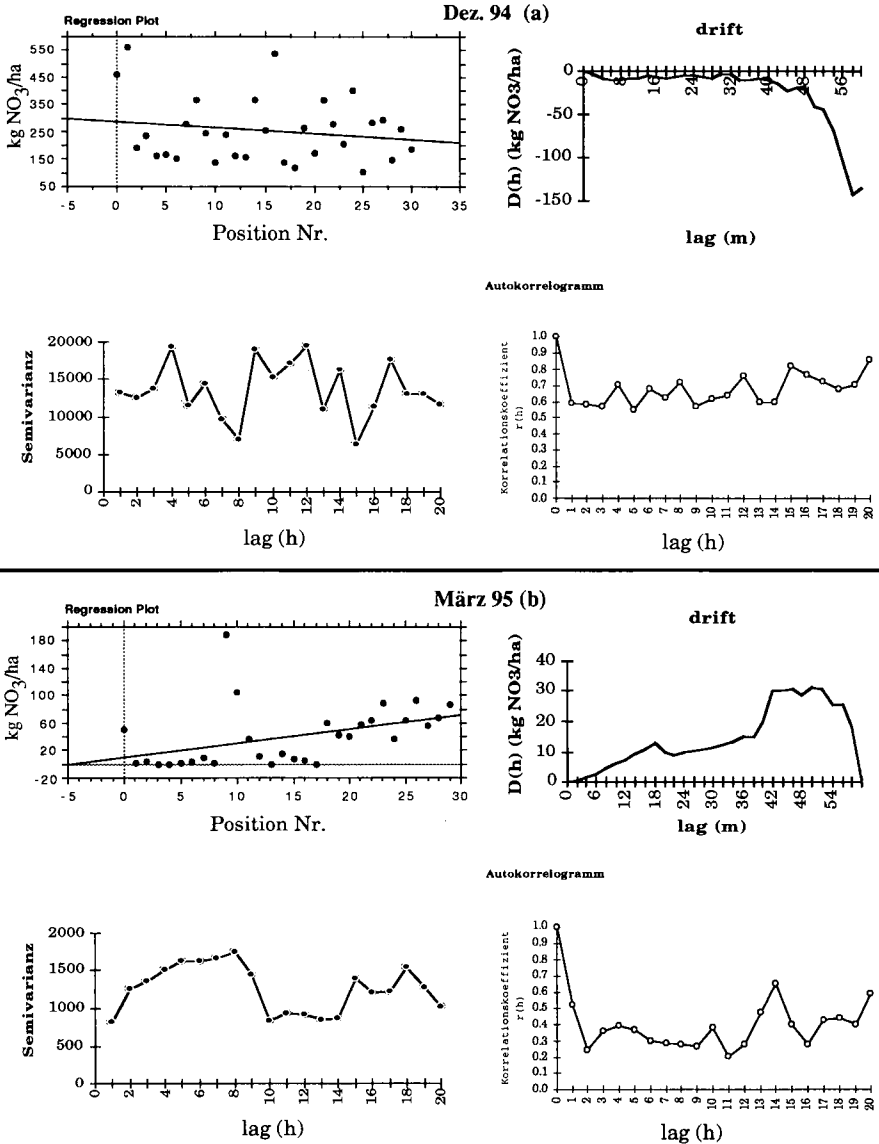


Abb. 2: Transekt vom Hangfuß (Pos. 0) zur Kuppe (Pos. 30) (lag (h) = 2 m): Nitratvorräte (kg NO_3/ha) 0-60 cm im **Dez. 94** (a) und im **März 95** (b): Originaldatensatz, lineare Regression, Driftdiagramm, trendbereinigtes Semivariogramm und Autokorrelationsfunktion

weisen daher sehr geringe Nitratwerte in dieser Tiefe auf.

Generell sind auf dem Standort hohe Autokorrelationen aufgrund einer hohen kleinräumlichen Variabilität zu verzeichnen. Typisch sind Variogramme mit Trends und Locheffekten bzw. geschachtelte Semivariogramme mit mehreren sills. Semivariogramme von Beprobungen innerhalb einer Hangposition (Pedotopobene) zeigen oft eine stochastische Verteilung der Werte. Der Wechsel der Bodentextur und damit verbundene unterschiedliche Sickerwasserverlagerungsstrecken innerhalb der Transekte sowie lateraler Stofftransport bedingen die beobachteten Strukturen. Die räumlichen Abhängigkeiten ändern sich jedoch mit der Stoffbewegung im Boden bzw. der Witterung einzelner Jahre. Es ist ein Wechsel der Varianzen je nach Beprobungszeitraum festzustellen. Wenn räumliche Strukturen in der Verteilung der Nitratgehalte auftreten, ist der Grad der deterministischen Anteile mit 40-80 % als mäßig bis hoch zu bezeichnen. Trends in den Semivariogrammen können so interpretiert werden, dass der sill noch nicht erreicht wurde, da die für die Landschaft typische Gesamtvariabilität noch nicht erfasst wurde. Das bedeutet auch, dass auf verschiedenen Maßstabsebenen Effekte existieren, die zu den sich überlagernden räumlichen Abhängigkeiten führen (Tab. 1).

Tab. 1: Skalen räumlicher Strukturen und ihre Einflussparameter auf hängigen Grundmoränenstandorten im Nordosten Brandenburgs

Einflüsse auf räumliche Strukturen

Makroskala Pedochore Landschaftstyp/(Schlag)	obere Mesoskala Pedon Hang	untere Mesoskala Bodentyp Hangposition	Mikroskala Horizontvariabilität Gefüge
Exposition Hangneigung Substratwechsel Witterung Reliefenergie	Substratänderung Genese Erosion Arbeitsbreiten	Aggregation/Gefüge Bodenfauna Bodenbearbeitung Fahrsuren Vegetation	Makroporen Bodenfauna Art der Durchwurzelung
Ranges (Nitratvorrat) 50-100 m	8-16 m	2-4 m	<< 1 m

4 Literatur

Davis, J. C. (1986): Statistics and data analysis in geology. John Wiley & Sons, Inc., New York, 635 S.
Helming, K. (1994): Übersicht über das Forschungsprojekt Bölkendorf: Eigenschaften und Funktionen eines ackerbaulich genutzten Binneneinzugsgebietes in der "Agrarlandschaft Chorin". ZALF-Bericht 14, 107-114.
Schmidt, R. (1991): Die Bodendecke der Grundmoränengebiete - Bodenkundliche Charakteristik und Bodennutzung. Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 65, 119-138.
Wessolek, G., M. Renger & C. Roth (1994): Influence of slope and exposition on soil water budget of loess soils. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 157, 165-173.
Wessolek, G. & M. Renger (1996): Wassergehaltsbestimmung im Boden. In: DVWK (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 238, 16-20.

Die Auswirkungen waldbaulicher Strategien auf den Stoffhaushalt von Waldökosystemen

von

KOHLER, M.; ZIRLEWAGEN, D.; v. WILPERT, K.

1. Problemstellung und Zielsetzung

Die praktische Ökosystemsteuerung über forstliches Erfahrungswissen wird unter den aktuellen, in-stationären Umweltbedingungen zunehmend unsicher. Nur mit Hilfe von detaillierten Informationen über den aktuellen Ökosystemzustand und Veränderungstendenzen kann eine hinreichende Basis für die Herleitung des notwendigen Steuerungsbedarfs geschaffen werden. In der **Fallstudie Conventwald** wird der Stoff- und Wasserhaushalt von Waldökosystemen untersucht, die sich hinsichtlich Baumartenwahl und Bestandesstruktur unterscheiden. Damit ist **eine Bewertung der Auswirkungen unterschiedlicher waldbaulicher Strategien auf die ökosystemare Stabilität** unter sonst gleichen Randbedingungen (Freilanddeposition und Standort) möglich. Diese auf Stoffhaushalt und Standortnachhaltigkeit bezogene „**Ökobilanz**“ kann der betriebswirtschaftlichen Bilanz dieser Verfahren gegenübergestellt werden.

2. Standort und Methodischer Ansatz

Das Untersuchungsgebiet liegt am Westabfall des Mittleren Schwarzwaldes im Übergangsbereich zwischen submontaner und montaner Höhenstufe (700 - 860 m ü. N.N.). Aus dunklen Paragneisen haben sich tiefgründige, mäßig versauerte Braunerden entwickelt. Die atlantische Klimacharakteristik sorgt für eine gleichmäßige Wasserversorgung (Jahresniederschlag ca. 1400 mm, mittlere Jahrestemperatur 6,6 °C).

Es werden in Höhenlage, Exposition und Substrat vergleichbare und räumlich nahe beieinander liegende Bestände unterschiedlicher Baumartenzusammensetzung und Bestandesstruktur untersucht. Die in den Vergleich einbezogenen waldbaulichen Varianten (Abb. 1) sind ein 160-jähriger Buchen-Tannen-(Fichten)-Mischbestand, ein 40-jähriges Buchen- und ein ebenso altes Fichten-Stangenholz sowie ein 80-jähriges Fichten-Baumholz. Daneben werden Femellücken im Mischbestand, Naturverjüngungskegel und eine Kleinkahlschlagsfläche getrennt untersucht. Der Mischbestand liegt in einem 9,3 ha großen Wassereinzugsgebiet, so daß für diese Variante ökosystemare Stoffkreisläufe und deren Störungen in ihren Auswirkungen auf die Wasserqualität im Bachwasser direkt erfaßt werden können.

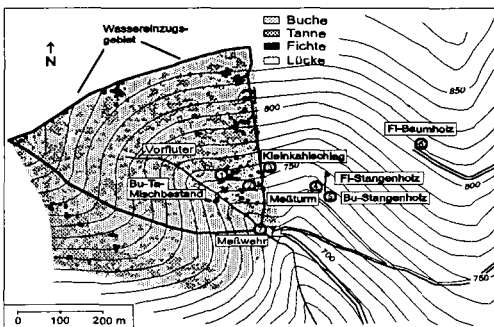


Abb. 1: Lageplan der Versuchsbestände

deren Störungen in ihren Auswirkungen auf die Wasserqualität im Bachwasser direkt erfaßt werden können.

Stoffeinträge werden auf einem Meßturm oberhalb des Kronendaches gemessen, ebenso für Wasserhaushaltsberechnungen notwendige meteorologische Daten. An wichtigen Kompartimentsgrenzen bei der Fließpassage durch das System werden Stoffkonzentrationen und Wasserflüsse erfaßt. Dies ist: 1 m über dem Boden, unter der Humusaufgabe, im Wurzelraum in 15, 60 und 120 cm Bodentiefe sowie unterhalb des Wurzelraums in 180 cm Bodentiefe.

* Universität Freiburg, Institut für Bodenkunde und Waldernährung, 79085 Freiburg

** INTERRA, Büro für Umweltmonitoring, In der Petersbreite, 79341 Kenzingen

***Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Bodenkunde u. Waldernährung, Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg

Eine Schlüsselrolle im methodischen Ansatz der Fallstudie spielt die konsequente Orientierung der Meßapparatur an makroskopisch quantifizierbaren Strukturelementen. Grundannahme für diesen Ansatz ist, daß Wasser- und Stoffflüsse in Waldökosystemen maßgeblich von der räumlichen Heterogenität beeinflusst werden (z. B. v. WILPERT 1994 oder PRÖBSTLE 1993). Strukturmerkmale wie Baumartenanteile, geschlossene Bestandesbereiche und größere Bestandeslücken ($> 4\text{m}^2$) wurden im Mischbestand über Luftbildmessung erfaßt (Abb. 1). Einzelbaumbezogene Kronendichtesituationen (Kronenkern, Kronenrand, Kronenlücke) wurden in allen Bestandesvarianten photooptisch bestimmt.

Der wesentliche Vorteil dieses Strukturansatzes liegt darin, daß **Struktur als Informationsträger** erhalten wird. Ziel ist es, den „Code“ waldbaulicher Strukturen in ihren Auswirkungen auf **Stoff- und Wasserflüsse zu entschlüsseln**. Dies ist ein entscheidender Unterschied zu anderen, „konventionellen“ Ökosystemstudien, bei denen Meßgrößen an zufällig verteilten Meßstellen erhoben und zu Mittelwerten zusammengefaßt werden. Dabei wird riskiert, daß für das Verständnis von ökosystemaren Prozessen notwendige Informationen „herausgemittelt“ werden.

3. Stoffeinträge

Die Depositionsbelastung ist in den Fichtenvarianten der Conventwaldstudie ähnlich hoch wie bei den in Luvlage von Schwarzwald und Odenwald gelegenen Standorten des Depositionsmeßnetzes und liegt im oberen Drittel der durchschnittlichen Belastung im Land Baden-Württemberg. Die Bestandesvarianten zeigen deutliche Unterschiede in der Höhe der Stoffeinträge. Die buchenreichen Varianten weisen mit $0,9 - 1,2 \text{ kmol}_e \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ Gesamtsäurebelastung und $14 - 17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ Stickstoffbelastung eine um nur 20 - 30 % höhere Depositionsbelastung auf als die Freifläche. In den Fichtenvarianten ist die Depositionsbelastung mit Gesamtsäureinträgen von ca. $1,7 \text{ kmol}_e \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und Stickstoffeinträgen von ca. $25 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ um 45 - 85 % höher als in den Buchenbeständen (Abb. 3).

Die Höhe von Wasser- und Stoffeinträgen sowie deren räumliche Verteilung im Bestand weisen eine deutliche Abhängigkeit von der Kronendichte auf (Abb. 2). Bei Fichte zeigt sich ein inverser Zusammenhang zwischen Höhe der Wasser- und Stoffeinträge. Hohe Elementtransportraten und hohe

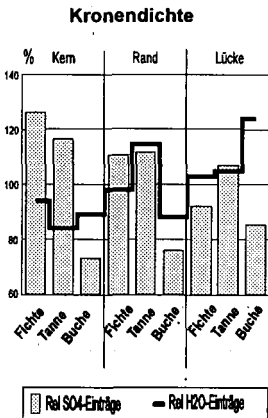


Abb. 2: Zusammenhang von Kronendichte und Höhe der Stoff-(SO₄) und Wasserflüsse in Relation zum arithm. Mittel der 9 ausgewählten Straten (ohne Stammbauflauf). 100% = mittlere Eintragungssituation.

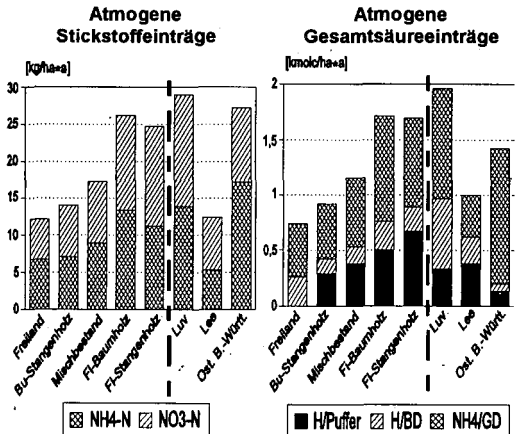


Abb. 3: Stoffeinträge im Conventwald (links der gestrichelten Linie) im Vergleich zu regionalen Durchschnittswerten (rechts der gestrichelten Linie) für Fichtenbestände in Baden-Württemberg. H/Puffer: durch Kationenaustausch im Kronenraum gepufferte Protonen; H/BD: Bestandesdeposition an H^+ ; NH_4/GD : Gesamtdosition an NH_4^+ .

Interzeptionsverluste sind mit Orten hoher Kronendichte, also Orten erhöhter Trockendeposition bzw. Blattauswaschung gekoppelt. Wasserverlagerungen im Kronenraum modifizieren diesen Zusammenhang bei Buche und Tanne. Bei Tanne wird das Niederschlagswasser zu einem wesentlichen Teil in Richtung Kronenperipherie umverteilt. Unter den Kronenrändern der Tanne werden daher höhere Wasserflüsse als in den Kronenlücken gemessen. Bei Buche gelangt ein Teil der in der Krone deponierten Stoffe mit dem Stammablauf in den Boden. Außerhalb der Stammablauf-Versickerungsflächen und damit auf dem Großteil der Buchenschirmfläche fallen die Stoffeinträge in den Kronenkern- und Kronenrandflächen niedriger aus als in den Kronenlücken.

4. Bodenwasser und Stoffbilanz

Die deutlichsten Unterschiede zwischen den Untersuchungsvarianten konnten anhand der Stoffkonzentrationen im Sickerwasser gefunden werden (Abb. 4). Die direkt benachbarten Varianten „Fichten-Stangenholz“ und „Buchen-Stangenholz“ weisen hier die größten Differenzen auf. Die höhere Mobilisierungsrate unter Fichte wird vor allem durch die dort um bis zu fünfmal höheren Nitratkonzentrationen verursacht. Diese sind in erster Linie auf die depositionsbedingt höheren Stickstoffeinträge in Fichtenbeständen, aber auch auf das flachere Wurzelwerk und die damit höhere Wahrscheinlichkeit zurückzuführen, daß Nitrat der Aufnahme durch Wurzeln (Rückführung in den Bioelementkreislauf) entkommt. Aber auch in buchenreichen Beständen sind die Auswirkungen von Depositionen in Form von Entkopplungsphänomenen im Stoffkreislauf erkennbar. Dies läßt sich insbesondere im Mischbestand und damit an der Einzugsgebietsbilanz des Wassereinzugsgebietes zeigen (Abb. 5). Das System ist nahezu stickstoffgesättigt, die Stickstoffaussträge sind nur wenig niedriger als die Einträge. Bei allen Neutralkationen ist ein massiver Nettoaustrag zu beobachten, was eine erhebliche Versauerungstendenz des Systems anzeigt.

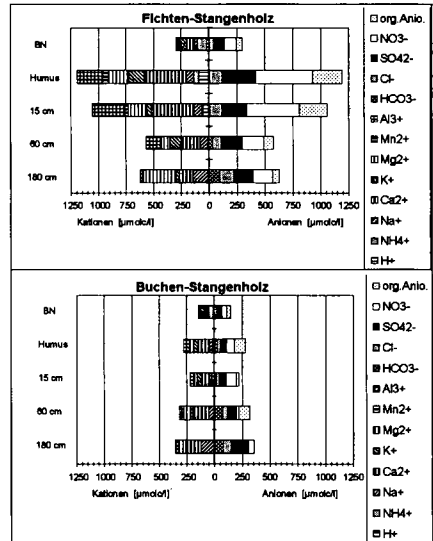


Abb. 4: Mittl. Stoffkonzentrationen im Bodenwasser und Bestandesniederschlag (BN) der Hydrologischen Jahre 1993 bis 1994.

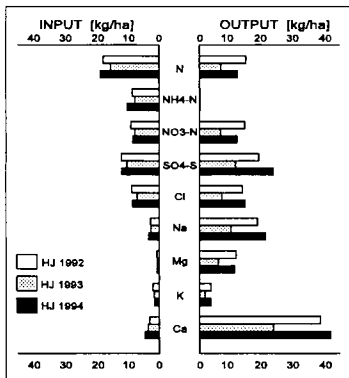


Abb. 5: Input-/Outputbilanz für das Einzugsgebiet Conventwald.

5. Verjüngungsverfahren und Nitratsatz

Neben Baumarteneffekten ist im Conventwaldprojekt aufgrund des Strukturansatzes auch die Untersuchung des Stoffumsatzes verschiedener Altersphasen und Verjüngungsstadien möglich.

Der Vergleich von Struktureinheiten aus dem Buchmischbestand zeigt die Auswirkungen von unterschiedlichen Verjüngungsverfahren auf den Nitratsatz. Im Kleinkahlschlag sind selbst 2 bis 3 Jahre nach dem Hiebsereignis (1989) bis in eine Tiefe von 1,80 m durchschlagende Nitrifikationschübe während der Vegetationsperiode (VZ) festzustellen (Abb. 6). Unter einem Naturverjüngungskegel in einer Femellücke liegen die NO₃-Konzentrationen dagegen auf einem geringen Niveau. Diese mit hohen Stoffausträgen verbundene Entkopplung im Bioelementkreislauf ist dadurch zu erklären, daß in den

ersten Jahren nach der Kahlegung noch keine geschlossene Vegetationsdecke vorhanden war, die aus der Mineralisierung organischer Substanz freigesetzte Nitratmengen durch Wurzel Aufnahme immobilisieren könnte. Das Beispiel zeigt deutlich, daß selbst bei sehr kleinen Kahlschlägen markante und zeitlich ausgeprägte Entkopplungen im Bioelementkreislauf ausgelöst werden können.

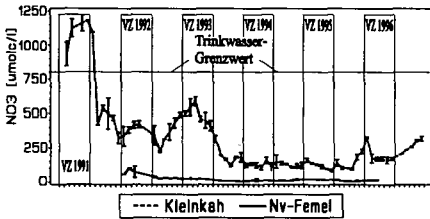


Abb. 6: Nitrat im Bodenwasser in 1,80 m Tiefe.

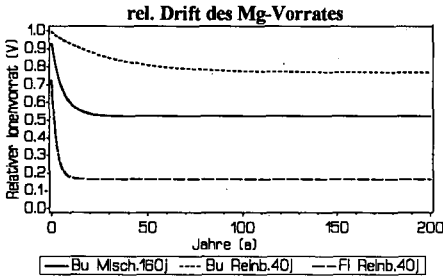


Abb. 7: Prognose der Entwicklung der austauschbaren Mg-Vorräte bei Andauern der aktuellen Mg-Exportraten sowie einer konstanten Silikatverwitterungsrate von 0,44 kmol./ha/a (Berechnung bis zu einer Bodentiefe von 1,20 m).

7. Schlußfolgerungen

Die Messungen der ersten Projektphase zeigen, daß auch auf silikatischen Standorten mit guter Basenversorgung aus dem Ausgangsgestein und auch unter laubholzreichen Beständen die depositionsbedingte Reduktion des austauschbaren Basenvorrates in wenigen Jahrzehnten zu einem weitgehenden Verlust standortstypischer Regelfunktionen des Bodens führen kann. Die bodenchemische Charakteristik wird auf niedrigem Niveau nivelliert. Es ist zu prüfen, ob der drohende Verlust von Standortpotentialen gerade auf diesen „besseren Substraten“ durch gezielte, vergleichsweise schwach dosierte Kalkungsmaßnahmen in Verbindung mit einer waldbaulichen Umsteuerung in Richtung Laubholz aufgehalten werden kann. Dies ist als ein wichtiger Beitrag zur Erhaltung der natürlichen Standortdiversität zu sehen.

Literatur

- HILDEBRAND, E.E., v. WILPERT, K., BUBERL, H. (1996): Erkenntnismöglichkeiten an Waldökosystemen im Spannungsfeld zwischen großräumiger Mustererkennung und dem "eisernen Gesetz des Örtlichen". Allgem. Forst u. J. Ztg. 167, 174-178.
- PRÖBSTLE, P. (1993): Die Modellierung der Wasserbilanzen in einem 80-jährigen Fichtenbestand unter besondere Berücksichtigung der räumlichen Heterogenität. Diss. Univ. München, 184 S.
- v. WILPERT, K. (1994): Bedeutung der makroskaligen Bestandesstruktur für Wasser- und Stofftransport durch Waldökosysteme. Tagungsberichte d. AG Ökologie d. Internationalen Biometrischen Gesellsch., Deutsche Region, H. 5, 53-66.
- v. WILPERT, K., KOHLER, M. & ZIRLEWAGEN, D. (1996): Die Differenzierung des Stoffhaushalts von Waldökosystemen auf einem Gneisstandort des Mittleren Schwarzwaldes. Mitt. der FVA Baden-Württemberg, Heft 197, 94 S. + 40 S. Anhang.

6. Prognose von Driftraten

Anhand der Höhe der aktuellen Stoffausträge läßt sich die Standortdrift unter Annahme der Fortdauer der heutigen Depositionsbedingungen abschätzen. Diese ist unter den Fichtenbeständen so schnell, daß innerhalb von wenigen Jahrzehnten mit einem weitgehenden Abbau des Vorrates an austauschbaren Neutralkationen gerechnet werden muß. Im Mischbestand ist dieser Trend verzögert. Einzige Ausnahme ist das Buchen-Stangenholz, in dem die Standortveränderungen innerhalb von ein bis zwei Bestandesgenerationen nicht zur Reduktion der Basenvorräte auf einen „eisernen Bestand“ führen werden (Bsp.: Magnesium in Abb. 7).

Die modellierten Driftraten dürfen nicht als eine auf Jahre genaue Prognose der Ionenvorratsentwicklung in den einzelnen Bestandesvarianten verstanden werden. Stark vereinfachende Modelle sind jedoch oft der einzige Weg, „um komplexe Abläufe in der Natur in ihrem Kern zu verstehen“ (BERTALANFFY 1968, zit. n. HILDEBRAND et. al. 1996). Die Größenordnung der Veränderungs-raten und deren Relation innerhalb der untersuchten Bestandesvarianten kann auf diese Weise jedoch deutlich gemacht werden. Eine detaillierte Beschreibung der Modellannahmen ist in v. WILPERT et. al. (1996) zu finden.

Stickstoffhaushalt einer Sand-Braunerde unter Brache

von

LANDGRAF, D.; MAKESCHIN, F.

1. Einleitung

Im Rahmen des seit März 1996 laufenden Forschungsprojektes „Stickstoffhaushalt einer Sand-Braunerde unter verschiedenen Bracheformen“ werden auf einem 6 ha großen, in der Vergangenheit ackerbaulich sehr intensiv genutzten Ackerschlag bei Riesa bodenkundliche Untersuchungen zur Stickstoffdynamik durchgeführt. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die Vorräte, die Bindungsformen und die Dynamik des Stickstoffes nach Auflassen der ackerbaulichen Nutzung zu quantifizieren.

Durch eine komplexe Auswertung der umfangreichen Parameter sollen die Auswirkungen gezielter Maßnahmen zur Abschöpfung des mineralischen Stickstoffes in Form verschiedener Bracheverfahren (Sukzessionsbrache, Aussaat der tiefwurzelnden *Phacelia*) im Vergleich zu einem Roggenbestand erkannt und dargestellt werden. Dabei gilt neben den organischen und anorganischen N-Fractionen der Fest- und Lösungsphase ein Hauptaugenmerk der mikrobiellen Biomasse als Stickstoffquelle und -senke in Böden.

2. Methodik

Im März 1996 wurde bei Kreinitz im Raum Riesa/Sachsen ein 6 ha großer Ackerschlag ausgewählt, welcher als leichter Sandstandort den gesuchten Bedingungen entsprach. Die Fläche wurde in einem Raster von 25 m feinkartiert. In vier Profilen wurden horizontbezogene Proben zur Ermittlung der Rohdichte und der Bodenart genommen.

Mittels einer automatischen Wetterstation werden die wichtigsten meteorologischen Daten erfaßt. Desweiteren wurden sechs Parzellen (12*140 m) angelegt, auf welchen während eines Zeitraumes von drei Jahren keine ackerbauliche Maßnahmen durchgeführt werden. Auf weiteren sechs Parzellen wird jährlich im Frühjahr *Phacelia tanacetifolia* ausgesät.

Als Vergleichsparzellen dienen zwei Parzellen, auf denen im Jahr '96 Roggen angebaut wurde. Diese Parzellen unterliegen nach einem Bodenbruch im Herbst '96 ebenfalls einer Sukzession.

Im Abstand von sechs Wochen werden die Parzellen mit Hilfe eines Schlagmäklers in den Tiefenstufen 0-10cm, 10-30cm, 30-60cm und 60-100cm beprobt. Dieser Boden wird auf folgende Parameter untersucht:

- pH-Wert
- C_{org}, TC (CaCl₂-Extr.), C_{mic}, und C_{hwi},
- N_t, N_{min}, N_{mic} und N_{hwi},
- Basalatmung.

In den beiden obersten Tiefenstufen wird desweiteren die Nettostickstoffmineralisation in 6-wöchigen Rhythmus in situ ermittelt.

Die oberirdische Phytomasse wird im selben Beprobungsabstand auf Masse, sowie auf die Gesamtgehalte an Kohlenstoff und Stickstoff untersucht.

3. Ergebnisse

3.1. Standort

Der Ackerschlag „Gretz“ liegt ca. 2km nördlich des Dorfes Kreinitz, welches seinerseits ca. 15 km nördlich von Riesa liegt. Dieses Gebiet gehört zu dem Riesa-Torgauer Elbtal, welches im Westen durch die Dahleiner Heide, nach Süden von dem Nordsächsischen Lößhügelland abgelöst und im Osten vom Großenhainer Lößhügelland begrenzt wird. Das langjährige Lufttemperaturmittel liegt bei 9°C. Das Jahresmittel des Niederschlages beträgt 500 mm.

Die Eismassen der Elstereiszeit überdeckten den gesamten Raum, allerdings sind keine Bildungen mehr sichtbar. Die zu Beginn der Saale-Eiszeit aufgeschütteten Flußsande und -kiese führen neben einheimischen Geröllen stets solche nordischen Ursprungs. Durch das Aufstauen der Flüsse vor dem von Norden herannahenden Eis kam es zu einem Absinken der Trübe der verschiedensten Wässer und damit zur Ausbildung von Bändertonen, welche in den Profilen sichtbar sind. Während der letzten Eiszeit kam es zur Ablagerung von alluvialen Flugsanden, welche auch heute noch in ständiger Umlagerung begriffen sind.

Der auf der Versuchsfläche vorherrschende Bodentyp ist eine Braunerde auf sandigem Substrat. Dies wird durch alle vier angesprochenen Profile bestätigt.

3.2. pH-Wert

Der pH-Wert lag zu Beginn der Untersuchungen bei Werten von 6-7 im Oberboden. Er nahm im Verlauf des Untersuchungsjahres signifikant zu. Dabei wurde eine Steigerung von über einer pH-Einheit festgestellt.

3.3. Stickstoff

3.3.1. Gesamtstickstoff

Der Gesamtstickstoffgehalt im Boden nahm während des ersten Versuchsjahres während der Vegetationsperiode ständig ab. Zum letzten Probenahmetermin des Jahres 1996 konnte ein Anstieg des Nt beobachtet werden, welcher das Ausgangsniveau überstieg. Der N_t-Vorrat der obersten Bodenlage beträgt im Schnitt 1000 kg/ha. In der Tiefenstufe von 60-100 cm hingegen wurden Werte von ca. 800 kg/ha ermittelt. Während in der obersten Bodenlage die

Gehalte nahezu konstant blieben, nahm der N_t -Gehalt im Unterboden leicht ab und erreichte zum Jahresende Werte von ca. 600 kg/ha.

3.3.2. Mineralischer Stickstoff

Zu Beginn der Vegetationsperiode betrug der Anteil mineralisch gebundenen Stickstoffes im Oberboden fast 4% des Gesamtstickstoffgehaltes. Dieser wurde im Laufe der Vegetationsperiode deutlich reduziert, wobei keine Auswaschung von Nitrat in größere Tiefenstufen erkannt werden konnte. Dies ist ein deutliches Anzeichen für die Abschöpfung durch die Vegetation. Im November des Versuchsjahres wurde im Boden bis 1m Tiefe ein Nitrat-Vorrat von ca. 170 kg/ha festgestellt. Unter Phacelia lag der NO_3^- -N-Vorrat niedriger als unter Brache und Roggen.

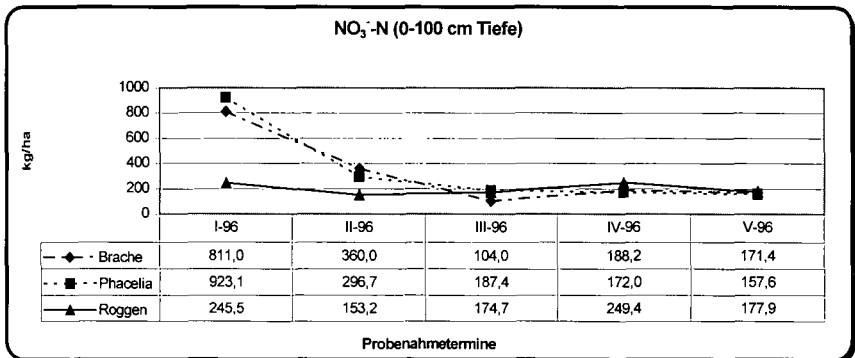


Abb.1: Nitratstickstoffvorräte unter den verschiedenen Brachevarianten von 0-100 cm Tiefe

Die Ammoniumvorräte im Boden bewegten sich im Bereich von 60-130 kg/ha. Auch hier war der Bodenvorrat unter Phacelia etwas geringer als bei den beiden anderen Versuchsvarianten. Es wird deutlich, dass *Phacelia* anorganischen Stickstoff in größeren Mengen in die körpereigene Phytomasse einbaut und so das Auswaschungspotential verringert.

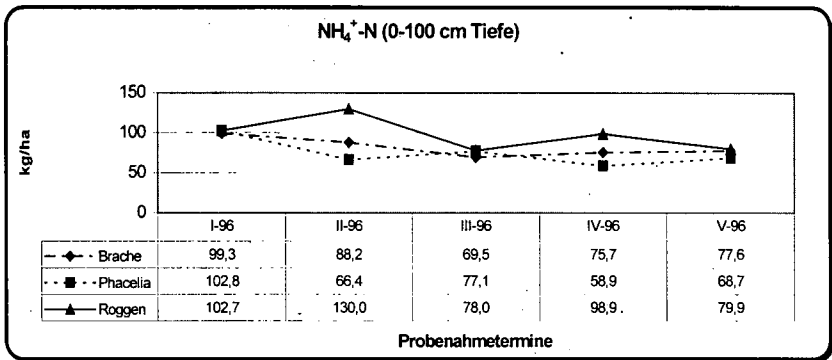


Abb.2: Ammoniumstickstoffvorräte unter den verschiedenen Brachevarianten von 0-100 cm Tiefe

3.4. Mikrobielle Biomasse

Die mikrobielle Biomasse bewegt sich in dem sandigen Solum auf einem sehr geringen Niveau. So wurden im Frühjahr '96 in der Tiefenstufe 0-10 cm Werte von 200-300 kg/ha mikrobiell gebundenen Kohlenstoffes gemessen. Dieser nahm im Laufe des Jahres zu und erreichte zum letzten Probenahmetermine Werte von 300-550 kg/ha. Die Werte liegen dabei unter der Sukzessionsbrache höher als unter der *Phacelia*, während diese wiederum höhere Werte als unter Roggen aufwies. Das Ansteigen der Werte zum Jahresende hin läßt sich mit einer Erhöhung der Feuchtigkeit und mit einem Ansteigen des Nahrungsangebotes durch abgestorbene ober- und unterirdische Pflanzenreste erklären. Der mikrobiell gebundene Stickstoff zeigte einen im Vergleich zum C_{mic} ähnlichen jahreszeitlichen Verlauf. Allerdings muß bemerkt werden, daß hier während des ganzen Jahres ein stetiger Anstieg in der Beprobungstiefe von 0-10 cm zu verzeichnen war. Das C_{mic}/N_{mic} -Verhältnis folgte tendenziell den Werten des mikrobiell gebundenen Kohlenstoffes.

3.5. Basalatmung

Die Basalatmung korreliert sehr eng mit dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens. So ist es sehr gut erklärbar, daß während der ersten Hälfte der Vegetationsperiode ein sehr starker Abfall der Atmung zu verzeichnen war. Diese deutliche Abnahme der Atmung konnte bis in eine Tiefe von 60 cm registriert werden. Während in den oberen Bodenlagen ein sehr geringes Level gehalten wurde, stieg die Basalatmung in der Tiefenstufe von 60-100 cm auf das Frühjahresniveau an.

**Fortschreitende Versauerung des Sickerwassers im Solling?
Ergebnisse 6-jähriger Messungen**

von

LUDWIG, B.; DEUTSCHMANN, G.

Einleitung

Die Deposition saurer Luftschadstoffe führt zu einer starken Belastung des Bodens und birgt die Gefahr des Schadstoffeintrags in Grundwässer. Zielsetzung war es, i) zu untersuchen, wie schnell die Versauerung des Sickerwassers im oberflächennahen geologischen Untergrund voranschreitet und ii) die Prozesse zu klären, die Ionenverlagerung und Protonenpufferung bestimmen.

Material und Methoden

Beprobte wurde der oberflächennahe Buntsandsteinuntergrund im Solling. Mittels sieben Saugkerzen wurde monatlich Sickerwasser in den Tiefen von 150 bis 500 cm gewonnen und analysiert. Ionenaktivitätsberechnungen erfolgten mit dem Programm WAKO (Prenzel, 1990).

Ergebnisse und Diskussion

Al ist das dominierende austauschbare Kation mit mehr als 95 Äquivalentprozent in der Tiefe von 50 bis 150 cm (Tab. 1). Die Versauerungsfront (Belegung an austauschbaren M_b (Na, K, Mg, Ca)-Kationen kleiner als 80 Äquivalentprozent) in der Bodenmatrix liegt bereits unterhalb 350 cm Tiefe.

Tiefe (cm)	Al (Äq.%)	M_b (Äq.%)	Ake (mmol(+) kg ⁻¹)
50	98	2	58
150	96	4	85
250	63	37	85
350	50	50	28
950	0	100	20

Tab. 1: Austauschbare Kationen in der Bodenmatrix. M_b entspricht der Summe aus Na, K, Mg und Ca.

In den Tiefen von 150, 200 und 300 cm (Abb. 1) wird für den Zeitraum von 1991 bis 1995 ein signifikanter Anstieg der Al- und SO_4 -Konzentrationen und eine pH-Abnahme beobachtet. 1996 hingegen ist eine gegenläufige Tendenz sichtbar.

Mit zunehmender Tiefe nimmt die Konzentration der M_a (H, Al, Mn, Fe)-Kationen ab und der pH steigt von 4.3 (150 cm) auf 5.7 (300 cm) an (Abb. 2). Protonenpufferung ist in diesem Tiefenbereich hauptsächlich auf Kationenaustausch zurückzuführen. Die SO_4 -Minima bei 400 cm könnten auf einer Verlagerung eines SO_4 -Pulses oder auf Änderungen der SO_4 -Deposition zurückzuführen sein. Die NO_3 -Konzentrationen nehmen im Gegensatz zu den Cl-Konzentrationen mit zunehmender Tiefe ab (Abb. 2). Die NO_3 -Konzentrationsverläufe der Jahre 1992, 94 und 96 belegen, daß es sich hierbei nicht um die Verlagerung eines NO_3 -Pulses handelt. Vielmehr zeigt dieser Konzentrationsrückgang mit zunehmender Tiefe eine beträchtliche Denitrifizierung und z.T. Wurzelaufnahme an.

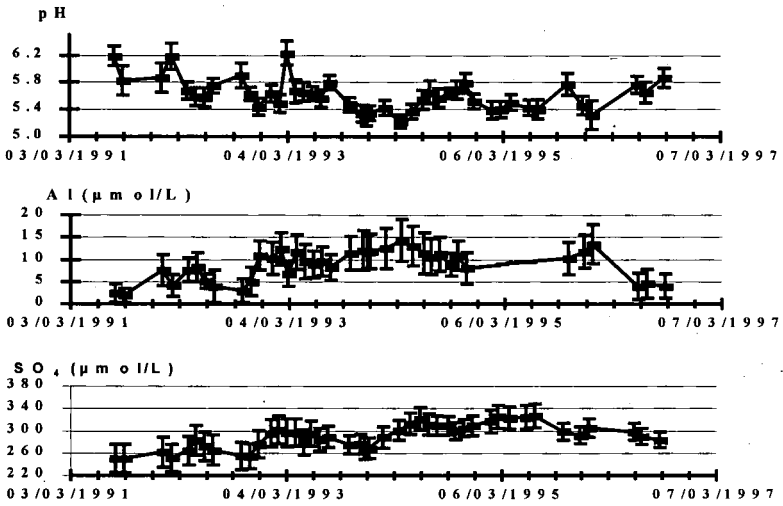


Abb. 1: Sickerwasserzusammensetzung in 300 cm Tiefe. Mittelwerte und Standardfehler.

Ionenaktivitätsberechnungen deuten Sättigung bezüglich $\text{Al}(\text{OH})_3$ in den Tiefen 150 bis 300 cm und bezüglich Jurbanit bis 200 cm an. Für Tiefen grösser 200 cm sind ansteigende SO_4 -Konzentrationen zu erwarten bis Sättigung für Jurbanit erreicht wird.

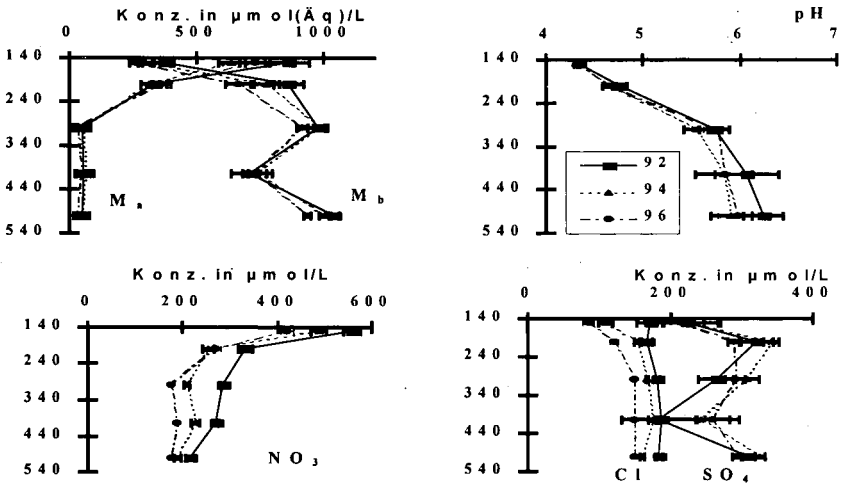


Abb. 2: Sickerwasserzusammensetzung in Abhängigkeit der Tiefe für die Jahre 1992, 94 und 96.

Danksagung

Diese Arbeit wurde teilweise von der DFG und der Stiftung zur Förderung körperbehinderter Hochbegabter, Liechtenstein, gefördert.

Literatur

Prenzel, J. (1990). Ber. Forschungszentrum Waldökosysteme Univ. Göttingen, Reihe B 16.

Ein Konzept zur großmaßstäbigen Bewertung der Stoffeintragsgefährdung aus dem Boden in das Grundwasser unter Berücksichtigung von Standort und Bewirtschaftung

von

MICHEL,R.-J.; VOIGT,H.-J.; REMUS,M.; BIERMANN,S.; SCHULZ,P.

1. Problematik

- Zur Vermeidung von Grundwassergefährdungen durch Eintrag von gelösten Stoffen aus Ackerflächen ist es notwendig, Stoffausträge aus der Bodenzone zu minimieren. Vorrangig muß dieses Ziel auf Standorten mit geringer Geschützteheit des Grundwassers erreicht werden.
- hierzu bedarf es effektiver Bewertungsverfahren für Agrarflächen, die sowohl Bewirtschaftung wie Aufbau von Bodenzone und tieferem Untergrund bis zum Grundwasser berücksichtigen.

2. Zielstellung

Erarbeitung einer *Methode zur Bewertung der standort- und bewirtschaftungsabhängigen Stoffeintragsgefährdung in das Grundwasser* im Maßstabsbereich 1:10000. Im Ergebnis der Bewertung sollen Handlungsschwerpunkte herausgearbeitet und Wirkungen von Veränderungen in der Bewirtschaftung der Flächen abschätzbar gemacht werden.

3. Methode

3.1. Grundsätze bei der Erarbeitung des Bewertungsschemas waren:

- Nitratkonzentrationen über 50mg/l im Sickerwasser beim Austrag aus der Bodenzone vermeiden,
- prioritäre Handlungsschwerpunkte sind Bereiche zu hoher N- Austräge auf Standorten mit geringer Geschützteheit des Grundwassers,
- das Bewertungsschema sollte im Sinne eines Expertensystems in jedem Schritt logisch nachvollziehbar sein und prinzipiell modifizierbar sein.

Im Ergebnis der Bewertung sollen qualitative Aussagen stehen, die besondere Gefährdungsbereiche herausheben und die Relationen zwischen den Standorten aufzeigen.

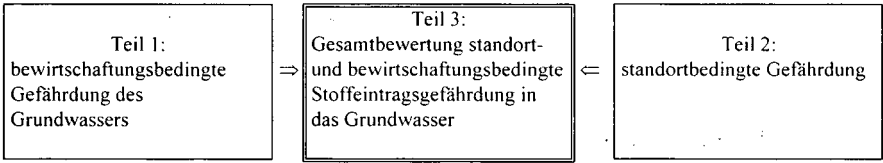
3.2. Datengrundlagen:

1. Daten zur Bewirtschaftung: digitale Schlagkarten, schlagbezogene Daten (Nährstoffeinsatz und -entzug, organische Düngung)
2. standortkundliche Grundlagen: digitale Bodenkarten 1:10000 (Interpretation der Grablochbeschriebe der Bodenschätzung), Geologische Karte '25, Hydrogeologische Karte '50, Lithofazieskarte '50, Topografische Karte '25, Wasserstufenkarte der '10)

-
- * Fachhochschule Eberswalde, Möllerstraße 1, 16225 Eberswalde
 - ** FUGRO CONSULT GmbH, Wolfener Straße 36, Aufgang K, 12681 Berlin
 - *** Martin-Luther-Universität Halle- Wittenberg, Inst.Acker- und Pflanzenbau, Ludwig- Wucherer- Straße.2, 06108 Halle (Saale)
 - **** Biosphärenreservat Schorfheide- Chorin, Am Stadtsee 1-4, 16225 Eberswalde

3.3 Vorgehensweise

Es werden zunächst jeweils bewirtschaftungsbedingte und standortbedingte Gefährdung des Grundwassers ermittelt; nach der GIS- technischen Verschneidung ergibt sich aus der Verknüpfung dieser Informationen die Gesamtbewertung (standort- und bewirtschaftungsabhängige Gefährdung des Grundwassers):



Nachstehend wird die Vorgehensweise innerhalb der Teile 1 bis 3 kurz erläutert:

Teil 1: Ermittlung der bewirtschaftungsbedingten Gefährdung des Grundwassers:

Ziel: Punktbewertung, welche die Qualität des Sickerwassers bei Austrag aus der Bodenzone nach Analyse von bewirtschaftungsabhängiger N-Dynamik und Sickerwassermenge abbildet (Tab.1):

Tabelle 1: Bewertung der bewirtschaftungsbedingten Gefährdung des Grundwassers:

Punktbewertung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
im Sickerwasser zu erwartende Nitratkonzentration [mg/l]	<20	20-30	30-40	40-50	50-70	70-100	100-140	140-200	>200
Einschätzung der Grundwasser- Gefährdung	keine	keine	nicht zu erwarten	i.d.R. noch keine (Grenzbereich)	beginnend	deutlich	mittel	hoch	s.hoch

Die Nitratkonzentration wird bei Ackernutzung für Fruchtfolgen wie folgt ermittelt:

Ermittlung der austragsgefährdeten N-Menge im Boden für Ackerschlag, es gehen die folgenden Parameter ein:

- N-Saldo (mineralische und organische Düngung, symbiot. N-Fixierung, Immission, Ernte-Entzug)
- Ammoniak- Verluste (Ausbringungsverluste)
- Abschätzung Denitrifikation
- Änderung des Boden-N-Vorrates (Humusbilanzen)

Grundwasserneubildung nach RENGIER et al. (1989); es gehen ein:

- nutzbare Feldkapazität des Bodens in Abhängigkeit von Bodenaufbau und Bodenwasserverhältnissen
- klimatische Situation des Gebietes

Berechnung der Nitrat- Konzentration des Sickerwassers

Anmerkung: für Flächen mit Grünlandnutzung und Flächen, auf denen Stilllegungen erfolgten, wurden vom obigen Schema abweichende Bewertungsalgorithmen angewendet



Teil 2: Ermittlung der standortbedingten Gefährdung des Grundwassers:

Ziel: Die Geschützhtheit des Grundwasser infolge der Pufferwirkung der über dem Grundwasser angeordneten Schichten wird qualitativ durch Analyse der boden- und hydrogeologischen sowie geomorphologischen Bedingungen bewertet (Tabelle 2):

Tabelle 2: Bewertung der standortbedingten Geschützhtheit des Grundwassers (GW):

Hauptgruppe (wird in jeweils zwei bis drei Untergruppen aufgeteilt)
1: Standorte mit gutem Puffervermögen, Gefährdungen des GW i.d.R. wenig wahrscheinlich
2: Standorte mit mittlerem Puffervermögen, potentielle Gefährdungen des GW i.d.R. gegeben
3: Standorte mit geringem Puffervermögen, meist deutliches Gefährdungspotential für das GW

Die Bewertung in der oben stehenden Tabelle ergibt sich durch Analyse der:

... hydrogeologischen Geschützhtheit des Grundwassers; bewertet wird der Bereich zwischen Bodenzone und Grundwasser-oberfläche (Aerationszone) nach:

- lithologischem Aufbau der Aerationszone
- Einfluß der Sickerwasserrate auf die Verweildauer in der Aerationszone
- besondere hydrologischen Gegebenheiten (z.B. Druckwasser, Quellen, GW-Zehrung,)

und

... der Austragsempfindlichkeit des Nitrates aus der Bodenzone im Winterhalbjahr nach RENGER et al. (1989); es gehen ein:

- nutzbare Feldkapazität des Bodens in Abhängigkeit von Bodenaufbau und Bodenwasserverhältnissen
- klimatische Situaton des Gebietes



zentraler Teil 3: Gesamtbewertung der standort- und bewirtschaftungsabhängigen Stoffeintragsgefährdung in das Grundwasser:

Tabelle 3: Matrix zur Bewertung der standort- und bewirtschaftungsabhängigen Stoffeintragsgefährdung in das Grundwassers (verkürzt)

Bewertung der Bewirtschaftung		standortbezogene Bewertung (Hauptgruppe)		
bewirtschaftungsbedingte Gefährdung	Punktbewertung (Auszug)	1: gutes Puffervermögen,	2: mittleres Puffervermögen,	3: geringes Puffervermögen
keine	1 u. 2	+	+	+
i.d.R. noch keine	4	+	o	/
beginnende	5	~	/	-
deutliche	6	/	-	--
mittel bzw. hoch	7 u. 8	-	--	--

Interpretation der Bewertungsergebnisse

- + Situation optimal, kein Handlungsbedarf
- o Bedarf kritischer Prüfung, z.B Ermittlung Restnitratmengen im Herbst
- ~ gewisser Bedarf zur Veränderung der Bewirtschaftung
- / deutlicher Bedarf zur Veränderung der Bewirtschaftung
- hoher Bedarf zur Veränderung der Bewirtschaftung
-dringender Bedarf zur Veränderung der der Bewirtschaftung

4. Anwendungsbeispiel

Die oben dargestellt Methode wurde angewandt, um in einem Untersuchungsgebiet in Ostbrandenburg Veränderungen in der Bewirtschaftung der Agrarflächen im Vergleich der Zeiträume 80'er und 90'er Jahre unter Berücksichtigung der Standortbedingungen bezüglich der Grundwassergefährdung zu beurteilen.

Der Untersuchungsraum umfaßte mit über 4000 ha sehr unterschiedliche Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen.

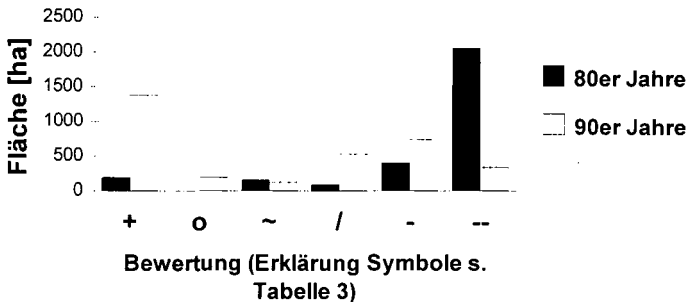
Die GIS- gestützte Modellierung erfolgte auf der Basis entsprechender Datengrundlagen (s.Pkt. 3.2) mit ArcInfo / ArcView.

Abbildung 1 macht einerseits die kritische Situation bzgl. der Stickstoffeinsatzes in den 80' er Jahren deutlich. Im Zeitraum seit 1990 ist eine deutliche Verminderung der Grundwassergefährdung eingetreten, auch wenn der Anteil der Flächen, bei denen weiterhin ein Handlungsbedarf im Sinne des Grundwasserschutzes besteht, noch zu hoch ist.

Die zu verzeichnende relative Entspannung der Grundwassergefährdung- Situation ist vor allem auf verminderten Mineräldüngereinsatz und stark verringerten Tierbesatz zurückzuführen.

Die Forderung nach einer grundwasserschonenden Bewirtschaftung der Agrarflächen stellt an die landwirtschaftlichen Betriebe in Ostdeutschland auch deswegen sehr hohe Anforderung, weil wegen der geringen Grundwasserneubildungsraten die Nitrat- Sickerwasserkonzentrationen nur mit großen Anstrengungen so weit vermindert werden können, daß die bewirtschaftungsbedigte Grundwassergefährdung (s. Tabelle 1) gering wird.

Abbildung 1: standort- und bewirtschaftungsbedingte Gefährdung



5. Schlußfolgerungen zur Methodik

Die vorgestellte Methode ist geeignet:

- Gefährdungsbereiche des Grundwassers flächenscharf zu erkennen und Handlungsschwerpunkte für die Veränderung der Bewirtschaftung herauszuarbeiten,
- zeitliche Veränderungen in der Bewirtschaftung von Agrarflächen bzgl. ihrer Relevanz für mögliche Grundwassergefährdungen zu bewerten,
- als Instrument bei der Findung gebietsbezogener Strategien nachhaltig grundwasserschonender Landnutzung eingesetzt zu werden.

6. Literatur

RENGER, M et al. (1989): Modell zur Ermittlung und Bewertung von Wasserhaushalt, Stoffdynamik und Schadstoffbelastbarkeit in Abhängigkeit von Klima, Bodeneigenschaften und Nutzung. FZ Jülich GmbH

P-Einträge aus Grünland in Oberflächengewässer
von
NEYER, H.

Problemstellung:

Auch nach der Ableitung von Hausabwässern in Kläranlagen sind viele Seen im bayerischen Voralpengebiet stark mit Nährstoffen belastet. Dies ist bedingt durch Nährstoffeinträge aus dem Einzugsgebiet, die die tolerierbare Fracht übersteigen. Deshalb wird exemplarisch am Hopfensee bei Füssen untersucht

- *wieviel P in den See gelangt*
- *woher es stammt*
- *welche Maßnahmen zur Reduktion der Einträge notwendig sind.*

Das Einzugsgebiet des Sees hat eine Größe von 32 km². davon werden 2/3 landwirtschaftlich als Grünland genutzt.

Ergebnisse:

- *Die P-Konzentrationen (P-Gesamt) von Bächen und Dränen liegen bei allen landwirtschaftlich genutzten Flächen im Jahresdurchschnitt über dem für den See angestrebten Wert von 0,03 mg P/l.*

o P-Konzentrationen

Nutzung	Boden mineralisch (mg/l)	Boden organisch (mg/l)
<i>ungenutzt</i>	<i>0,021</i>	<i>0,028</i>
<i>1-2 Schnitt</i>	<i>0,049</i>	<i>0,078</i>
<i>3-4 Schnitt</i>	<i>0,125</i>	<i>0,250</i>

- *Entwässerungssysteme von 3-4 schnittigen Wiesen haben höhere P-Konzentrationen als solche von 1-2 schnittigen Wiesen.*

- Bei gleicher Nutzung haben Entwässerungssysteme aus organischen Böden höhere P-Konzentrationen als solche aus mineralischen Böden.
- Die P-Konzentrationen der Entwässerungssysteme schwanken um den Faktor 20. Diese sind bedingt durch die Abflußdynamik. Die P-Konzentrationen steigen mit steigendem Abfluß.
- Ein Einfluß des Düngzeitpunktes auf die P-Konzentration des Abflusses ist nicht nachweisbar. Im April, wenn ca. 90 % der Fläche gedüngt werden, sind die P-Konzentrationen nicht höher, als im Februar, wenn nicht gedüngt wird.
- Die Abflußdynamik der Dräne prägt die Abflüsse der Bäche. Dräne reagieren in kurzer Zeit (0,5 h) auf Niederschläge. Dies legt einen Transport durch Makroporen nah.

Interpretation

Ursache der Nährstoffeinträge sind hohe P-Gehalte der Böden in Verbindung mit einer intensiven Dränung der Flächen. Beides sind Folgen der zunehmenden Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion. Diese hat auch auf organischen Böden stattgefunden, deren Nährstoffhaltevermögen gering ist.

Notwendige Maßnahmen:

- Die Betriebe müssen extensiver wirtschaften. Dabei reicht die Verminderung auf Einzelflächen nicht aus, weil dadurch andere Flächen stärker genutzt werden müssen (bei gleichem Viehbestand). Um dies zu erreichen, muß die Agrarpolitik Fördermittel bereitstellen, die die ökologischen Leistungen der Landwirte ausreichend honoriert.
- Der Landschaftswasserhaushalt muß renaturiert werden. Ehemals feuchte Flächen sollen wieder vernäßt werden. Dadurch können Nährstoffe in der Landschaft gehalten werden.
- Kurzfristig ist zu erwägen, P aus den Abflüssen mit Anlagen zu entfernen, die aus der Siedlungswasserwirtschaft bekammt sind.

Einfluß differenzierter Anbauverfahren von Getreide im ökologischen Landbau auf die Verlagerung von Nitrat als Nachfrucht von Kartoffeln

von

REENTS,H.-J.; MÖLLER,K.; MAIDL,F.X.

Problemstellung

Im ökologischen Landbau wurde in den letzten Jahren häufig das Problem der Nitratauswaschung im Herbst nach dem Umbruch von Leguminosenbeständen diskutiert. In vielen Fruchtfolgen besteht aber auch im Übergang von Hackfrüchten zu Getreide ein ähnliches Risiko der Nitratverlagerung. Wie verschiedene Autoren berichten (z.B. WISTINGHAUSEN 1984, ALFÖLDI et al. 1992, eigene Untersuchungsergebnisse), können die Nitratwerte nach der Ernte von Kartoffeln im Boden schnell und stark ansteigen (Werte >100 kg Nitrat-N/ha und 0-90 cm Bodentiefe sind möglich). Nach der Ernte Anfang bis Mitte September wird die Ansaat einer stickstoffaufnehmenden Zwischenfrucht als zu spät angesehen. Die häufig angebaute Folgekultur „Wintergetreide“ mit Ansaat Mitte Oktober kann das freiwerdende Nitrat nicht in ausreichendem Maße aufnehmen und es besteht die Gefahr der Nitratauswaschung ins Grundwasser während der Wintermonate.

In einem Feldversuch wurde deshalb untersucht, ob durch Variation der Anbautechnik der Nachfrucht die Nitratverlagerung reduziert werden kann, ohne dabei den Erfolg des Anbaus stark zu beeinträchtigen.

Material und Methoden

Auf dem ökologischen Betrieb der Versuchsstation Scheyern wurde im Zeitraum von 1994 bis 1997 ein Feldversuch mit folgenden Varianten angelegt.

Anbauvarianten

Varianten	Kulturen und Sorten			
	Weizen ¹⁾	Roggen	Dinkel	Hafer ²⁾
Sep-Saat	Bussard	Motto	Roquin	Silwi
Okt-Saat	"	"	"	"
Nov-Saat	"	"	"	"
Sep+Weißklee US (Wk)	"	"	"	"
Senf+Einsaak Okt	"	"	"	"
Senf+Saak März	Nandu	-	-	Tomba
Brache+Saak März	"	-	-	"

¹⁾ 1994/95 nur Weizen

²⁾ nur 1995/96

¹ Koordinator für ökolog. Land- und Gartenbau, TUM-Weihenstephan, 85350 Freising

² Lehrstuhl für Phytopathologie, TUM-Weihenstephan, 85350 Freising

³ Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, TUM-Weihenstephan, 85350 Freising

Die Vorfrucht Kartoffel wurde stets Anfang September geerntet und anschließend das Feld gegrubbert bzw. gepflügt. Die Saatbeetbereitung erfolgte zum jeweiligen Saattermin mit der Kreiselegge.

Zur Beobachtung der Entwicklung der Bodennitratgehalte wurden unter allen Nachfrüchten Bodenproben im Oktober und Dezember bis 90cm und im April sowie zur Ernte bis 150 cm entnommen und in 30cm-Abschnitte unterteilt. Die Nitratbestimmung erfolgte aus analysetechnischen Gründen in einer Extraktion mit Aqua dest (Boden:Wasser = 1:2).

Die Böden der Versuchsfelder waren gekennzeichnet durch kleinräumige Übergänge zwischen Braunerden, Parabraunerden und Kolluvisolen. Die Bodenarten haben eine Spannweite von uIS über sLU bis zu sL und damit eine Feldkapazität von 310-350 mm/1m.

Witterung und Vegetationsentwicklung

Die durchschnittlichen Witterungsbedingungen sind bestimmt durch 833 mm Niederschlag und 7,8°C Jahresdurchschnittstemperatur. Der Witterungsverlauf in den jeweiligen Versuchsjahren war allerdings sehr unterschiedlich.

Das Winterhalbjahr 1994/95 war sehr mild mit einer kurzen Frostperiode von Ende Dezember bis Mitte Januar. Ende Januar stieg die Tagestemperatur bis auf 10°C an. Im Zeitraum von November bis Ende März fielen 253 mm Niederschlag. Das Winterhalbjahr 1995/96 war durch eine lang andauernde Frostperiode von Ende November bis Ende März gekennzeichnet. In dieser Zeit fiel nur wenig Niederschlag, Schnee war nur gering vorhanden. Die überwiegend trockene Witterung blieb im Frühjahr bestehen, nur von einigen heftigen Niederschlagsereignissen unterbrochen.

Im darauffolgenden Winterhalbjahr 1996/97 ging der Boden sehr feucht in den Herbst. Der Winter war wiederum kalt und sehr trocken bis in das Frühjahr hinein.

Ergebnisse

Unter dem Aspekt des Grundwasserschutzes ist es von Bedeutung, unter welchen Kulturmaßnahmen Nitratbildung einsetzt und verlagert wird und wie das Pflanzenwachstum zu einer biologischen Stickstoffkonservierung beitragen kann.

Aus der Nitratentwicklung im Laufe des Winters und der Nitrattiefenverteilung im Boden zum Probenahmetermin im April geht hervor, daß zwischen den angebauten Kulturen Winterweizen, Winterroggen und Dinkel kein großer Unterschied besteht (*nicht dargestellt*). Entscheidender für die Stickstoffdynamik und die Verlagerungsprozesse sind die Anbaumaßnahmen Saatzeit und Zwischenfruchtanbau.

Die Verlaufskurven des Nitratgehaltes in 0-90cm aus dem Winterhalbjahr 1994/95 bilden die Nitratdynamik in prinzipieller Weise ab (Abb.1). Im November wird der maximale Wert in der Brache (Bra SW) erreicht, bei zusätzlicher Bodenbearbeitung zur Saat (Oktober, November) wird eine weitere Nitratbildung angeregt. In den Varianten mit Bewuchs (Senf, WW Sep) liegt der Nitratgehalt im Boden Ende Oktober bis Anfang November deutlich niedriger.

Die weitere Entwicklung des Nitratgehaltes und der Nitratverteilung im Boden ist Resultat der Wechselbeziehungen von Kulturentwicklung und Witterung. Setzt der Frost spät ein (94/95), wird weiterhin Nitrat durch wachsende Pflanzenbestände aufgenommen. Bei Brache (Bra SW) und geringem Pflanzenbewuchs (WW Nov) tritt eine Nitratverlagerung innerhalb des Profils vom Oberboden in die Schicht 30-60cm ein (tiefer reichende Verlagerung durch *unsaturated flow* wurde nicht untersucht). Bei frühem Frostbeginn (95/96) ist die Nitrataufnahme der Pflanzen entsprechend geringer und der Frost begrenzt die Verlagerungsvorgänge.

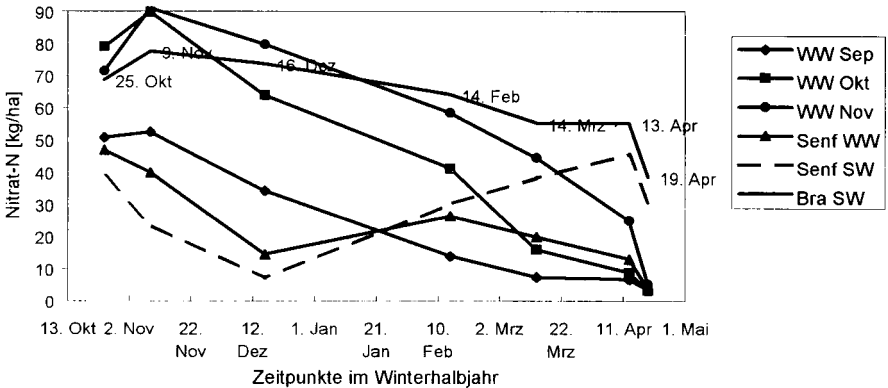


Abb. 1: Kartoffelnachbau 1994/95, Nitratgehalte in 0-90cm Bodentiefe

Ab Dezember, wenn der Boden weitgehend wassergesättigt ist, setzt sich die Verlagerung bei feucht, milder Witterung in 60-90cm und tiefer fort. Nur bei stark entwickeltem Pflanzenbestand (Zwischenfrüchte und WW Sep) kann sie unterbunden werden. Allerdings kann nach Absterben der Zwischenfrüchte wieder Nitrat freigesetzt werden (Abb.1 Senf WW bzw. SW), das dann noch der Verlagerung in den Frühjahrsmonaten Februar und März unterliegt. In den kalt, trockenen Winterperioden 1995/96 und 1996/97 deutet sich an, daß die Prozesse prinzipiell ähnlich verlaufen aber nicht das Ausmaß des Winters 1994/95 erreichen.

Ein horizontweiser bilanzierender Vergleich der Nitratwerte kann dazu dienen, den Umfang der Verlagerungsprozesse zu quantifizieren, wobei die Bra+SW als die Vergleichsvariante dient. Dieser Vergleich zeigt für den Zeitraum Oktober 94 bis Dezember 94 innerhalb der

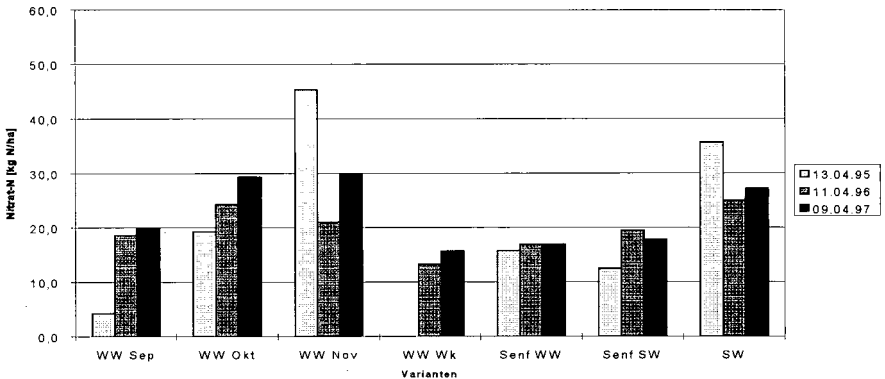


Abb. 2: Nitratgehalt unter Weizen nach Kartoffeln in 90-150cm zur Vegetationsbeginn

Brache eine Verlagerung von 32 kg N/ha von der Krume in den Unterboden bis 90 cm. Vergleichbare Werte finden sich in den schwach bewachsenen Weizenvarianten. Der Rückgang der Nitratwerte in den anderen Varianten muß der Pflanzenaufnahme zugeschrieben werden.

Der entsprechende Vergleich für Herbst/Winter 95/96 ergibt Werte von 20-13 kg N/ha als Verlagerung in die Schicht 30-90cm, dem aber nicht in jedem Fall ein entsprechendes Defizit in der Krume gegenübersteht.

Aus der Fortschreibung der Differenzrechnung für den Zeitraum Dezember 94 bis April 95 ergibt sich für die Bra+SW-Variante ein Verlust von ca. 18 kgN/ha, der als Auswaschung unter 90 cm interpretiert werden kann. In den anderen Varianten sind neben der Verlagerung Mineralisierung und Pflanzenaufnahme mit zu berücksichtigen, so daß Veränderungen nicht allein auf Auswaschung zurückzuführen sind. In den beiden kalten, trockenen Winterperioden kommen nahezu alle Prozesse der Nitratdynamik zum Erliegen, d.h. daß auch eine weitergehende Verlagerung kaum noch stattfindet.

Wenn die Differenzberechnungen in der Zeit ein Maß für die Verlagerung von Nitrat sind, so muß ein Zusammenhang zwischen den berechneten Werten und den Nitratwerten im Frühjahr unter 90 cm Bodentiefe bestehen. Im April 95 spiegeln die Nitratwerte von 90-150cm die Nitratverlagerung in den unterschiedlichen Behandlungen noch deutlicher wider als die Differenzwerte (Abb. 2). So sind unter Brache und WW Nov die höchsten Werte mit 36 bzw. 45 kg N/ha zu finden, WW Okt liegt noch etwas über den Werten aus den Senf-Kombinationen.

Im April 96 und 97 finden sich in der Schicht 90-150cm unterschiedliche Nitratgehalte gleichartig abgestuft nach den Behandlungen wie im ersten Jahr, aber durch die geringere Verlagerung sind diese Unterschiede nicht so hoch.

Aufgrund der vorliegenden Versuchsergebnisse kann für Böden mit einer FK von 300-350mm/1m der Nitratgehalt im Frühjahr in der Bodenschicht 90-150cm als gutes Maß für die Nitratverlagerung während der Wintermonate dienen. Durch Bewirtschaftungsmaßnahmen ist je nach Winterwitterung eine Differenzierung der Verlagerung in diese Tiefe von 12 bis 40 kg Nitrat-N/ha erreicht worden. Da die Durchwurzelung in solchen Böden in der Vegetationszeit allerdings auch bis in diese Tiefe reichen kann, muß davon noch keine Gefährdung für das Grundwasser ausgehen.

Zusammenfassung und Bewertung

- Der Versuch hat gezeigt, daß es innerhalb eines Monats nach der Kartoffelernte zu einem deutlichen Anstieg der Nitratwerte im Boden kommt.
- Die Verlagerung von Bodenwasser erreicht bei gegebenen Bodenverhältnissen (FK ca. 350mm/1m) bis Ende des Jahres ca. 60-70 cm. Wenn die Auswaschung über Winter nicht durch den Frost verhindert wird, ist eine deutliche Verlagerung unter 90 cm zu beobachten. Die Unterschiede, die durch die Anbaumaßnahmen erreicht werden konnten, liegen zwischen 12 und 40 kg N/ha in 90-150 cm Bodentiefe.
- Die Nitratverteilung im Profil bis 150 cm im Frühjahr des Folgejahres (April) ist ein deutliches Abbild für die Nitratdynamik im Laufe des Winterhalbjahres.
- Die Nitratverlagerung ist sowohl durch eine frühere Saat von Wintergetreide als auch durch eine Kombination mit Senf stark zu reduzieren. Die Frühsaaten können im folgenden Frühjahr allerdings unter Stickstoffmangel leiden. Die Senfkombinationen sind mit deutlich niedrigeren Erträgen verbunden.

Literatur:

- Alföldi, Th., Mäder, P., Schachenmann, O., Niggli, U., und Besson, J.M. (1992): DOK-Versuch: vergleichende Langzeituntersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-Dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell. III. Boden: Nmin-Untersuchungen, 1. und 2. Fruchtfolgeperiode. - Schweiz. Landw. Fo., 32, 59-82.
- Reents, H.J., K. Möller und F.X. Maidl, (1996): Nutzung des Bodennitrats nach Kartoffeln durch differenzierte Anbaustrategien von Getreide. - Mitt. d. Ges. f. Pflanzenbauwissensch., 9, 47-48.
- Wistinghausen, E.v. (1984): Düngung und biologisch-dynamische Präparate. - Darmstadt:Verlag Lebendige Erde.

Auswirkungen differenzierter Landnutzung und Landnutzungsänderungen auf die P- und N-Dynamik in einem Niedermoorgebiet

von

RUPP,H.; KALBITZ,K.; MEISSNER,R.; KNAPPE,S.; BRAUMANN,F.

Einleitung

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen eines Projektes zur Untersuchung der Wasser- und Stoffdynamik im Bereich des Niedermoorgebietes Drömling. Der Drömling ist das größte zusammenhängende Niedermoorgebiet des Landes Sachsen-Anhalt. Hier wurden 1990 mit der Bildung des Naturparks Drömling Bedingungen für eine konsequente Abkehr von der bis zu diesem Zeitpunkt vorherrschenden Intensivproduktion geschaffen. Auf einer Fläche von ca. 27000 ha kommt es auf der Grundlage des erarbeiteten Pflege- und Entwicklungsplanes zu großflächigen Veränderungen der Landnutzung und damit zu Beeinflussungen des den Drömling über die Ohre verlassenden Wassers. Ein Teil des Ohrewassers (etwa $12 - 24 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$) wird in der Colbitz-Letzlinger Heide versickert und dient damit der Trinkwasserversorgung des Großraumes Magdeburg. Deshalb besteht das Ziel der 1996 begonnenen Untersuchungen in der Erfassung von Wirkungen der gegenwärtigen Nutzung und von Nutzungsumwidmungen auf die Dynamik von Phosphor (P) und Stickstoff (N) in den Kompartimenten Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser und in der Ableitung von Strategien für eine umweltgerechte Renaturierung dieser Niedermoorstandorte unter besonderer Berücksichtigung des Erhalts der Trinkwasserversorgungsfunktion.

Material und Methoden

In enger Abstimmung mit der Naturparkverwaltung wurden die folgenden gebietsrepräsentativen Standortnutzungstypen ausgewählt: Ackernutzung (Ak), Erlenbruchwald (EB), langjährig extensiv genutztes Grünland (EG), intensives Grünland (IG), natürliche Sukzession eines vormals intensiv genutzten Grünlands einschließlich der Wiedervernässung des Standortes (Su) sowie eine Nutzungsumwidmung von Ackernutzung in extensive Grünlandnutzung (Um). Weiterführende Angaben über pedologische Kenngrößen sind bei Kalbitz et al.(1997) enthalten. Auf den entsprechenden Standorten wurden Meßstellen eingerichtet, die mit einem Grundwasserbeobachtungsrohr und Saugsonden in den Tiefenstufen 25, 55 und 95 cm (in dreifacher Wiederholung) versehen wurden. Die Probenahme an den Meßstellen erfolgte im zeitlichen Abstand von 3 Wochen. Dabei wurden der Oberboden (0 - 25 cm), die Saugsonden (Bodenlösung) sowie das Grundwasser beprobt. Zusätzlich wurde eine Wasserprobe aus dem der jeweiligen Meßstelle am nächsten gelegenen Oberflächengewässer (zumeist Entwässerungsgräben) gewonnen. Die Bodenproben wurden hinsichtlich ihrer Gehalte an anorganischen Stickstoffverbindungen ($N_{\min} = \text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$) und an P untersucht. Während die Analyse von N_{\min} gemäß der gültigen DIN- bzw. DEV- Vorschriften erfolgte, fand für P die CAL- Methode Anwendung. In Wasserproben wurden die Gesamtphosphorkonzentrationen (Pges.) bzw. die Ortho- Phosphatkonzentrationen (o-PO_4) nach DIN 38405-D11-4 analysiert.

*) UFZ- Umweltforschungszentrum Leipzig- Halle GmbH, Sektion Bodenforschung, Hallesche Str. 44, 06246 Bad Lauchstädt

**) Naturparkverwaltung Drömling, Kämkerhorst, 39359 Mannhausen

Phosphor

Die P_{cal} - Gehalte des Oberbodens zeigten bei der Umwandlung von Acker in extensiv genutztes Grünland das signifikant höchste Niveau, bedingt durch eine unangemessene P- Düngung während des vorangegangenen Maisanbaus (Abb. 3). Weitere Spitzenwerte traten bei Ackernutzung und beim Intensivgrasland auf, die durch die Bewirtschaftungsmaßnahmen hervorgerufen wurden.

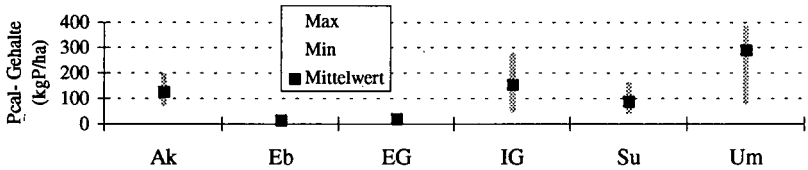


Abbildung 3 Vergleich der P_{cal} - Gehalte in den Oberböden

Abbildung 4 dokumentiert einen engen statistischen Zusammenhang zwischen den P_{cal} - Gehalten des Oberbodens und den in der Bodenlösung (SW) und im Grundwasser (GW) gemessenen P_{ges} - Konzentrationen. Erhöhte P- Bodengehalte gingen mit steigenden P- Konzentrationen in der Bodenlösung einher. Die gemessenen P- Konzentrationen lagen innerhalb des geogenen Normalbereiches für Lockersedimente (SCHLEYER und KERNDORF, 1992). Hinweise auf einen anthropogen bedingten P- Eintrag ergaben sich nicht.

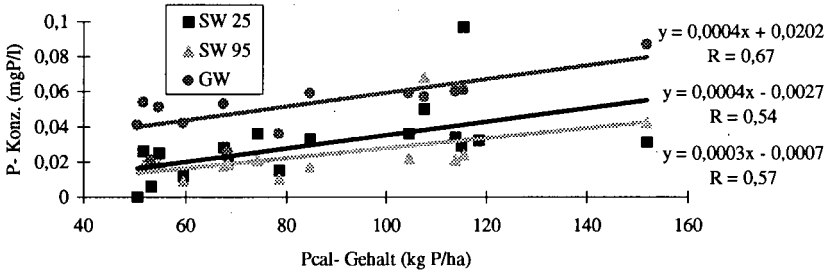


Abbildung 4 Zusammenhang zwischen dem P_{cal} - Gehalt des Oberbodens und den P- Konzentrationen im Sicker- und Grundwasser

Die in Abbildung 5 dargestellten $o-PO_4$ - Konzentrationen im Grundwasser waren deutlich höher als in der Bodenlösung (95 cm). Bei den im Grundwasser gemessenen Redoxpotentialen (130 - 180 mV) kann von einer Reduzierung von Fe^{3+} zu Fe^{2+} ausgegangen werden. Damit einher geht die Überführung des festgelegten Phosphats in mobilere Formen, die anhand erhöhter Konzentrationen im Grundwasser meßbar werden.

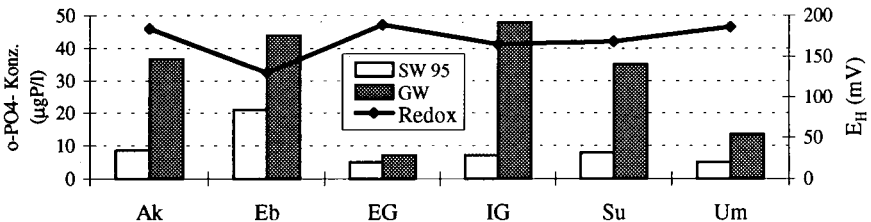


Abbildung 5 Orthophosphat- Konzentrationen in Saugsondenperkolaten und im Grundwasser

Ergebnisse und Diskussion

Anorganischer Stickstoff

Auf der Grundlage der vorliegenden Beprobungsergebnisse im Zeitraum Mai 1996 bis Juli 1997 traten signifikant erhöhte N_{\min} - Gehalte im Oberboden bei Ackernutzung auf, die auf die Bewirtschaftung zurückzuführen sind (Abbildung 1). N_{\min} - Spitzen wurden beim Erlenbruchwald im September und November 1996 deutlich, die auf Mineralisierungsprozesse des organogenen Bodenmaterials hinweisen und durch Literaturaussagen bestätigt werden (MEISSNER et al., 1995 und SCHMIDT, 1997).

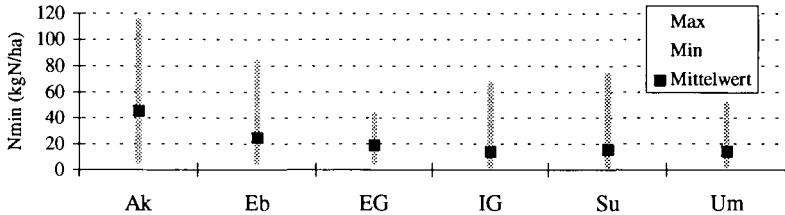


Abbildung 1 Vergleich der N_{\min} - Gehalte in den Oberböden

Abbildung 2 macht auf einen engen statistischen Zusammenhang zwischen den N_{\min} - Gehalten des Oberbodens und den N_{\min} - Konzentrationen der Saugsonden in 25, 55 und 95 cm Tiefe aufmerksam. Im Gegensatz dazu konnte kein statistischer Zusammenhang zwischen den N_{\min} - Gehalten des Oberbodens und den im Grundwasser gemessenen N_{\min} - Konzentrationen belegt werden. Als Ursache für diese Erscheinung werden Stickstoffverluste durch Denitrifikation in der gesättigten Bodenzone unter den dort herrschenden reduktiven Bedingungen angesehen.

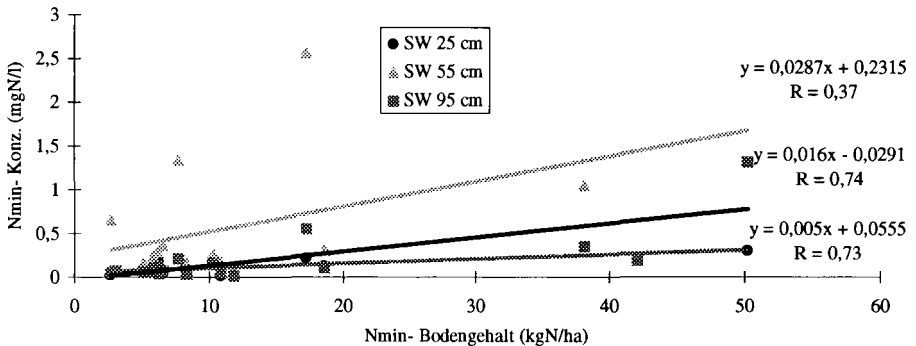


Abbildung 2 Zusammenhang zwischen den N_{\min} - Konzentrationen im Oberboden und im Sickerwasser

Mit Ausnahme signifikant erhöhter N_{\min} - Konzentrationen in den Grundwasserproben des Erlenbruchwalds - Konzentrationsspitzen von bis zu 6,7 mg N/l traten hier auf - konnten zwischen den Nutzungstypen keine Differenzierungen festgestellt werden. Die N_{\min} - Konzentrationen im Grundwasser der übrigen Standorte wiesen mit bis zu 1,4 mg N/l vergleichsweise niedrige Werte auf. Die in den Oberflächengewässern gemessenen N_{\min} - Konzentrationen der Nutzungstypen unterschieden sich nicht signifikant. Probleme infolge erhöhter NH_4 - Konzentrationen (bis zu 4 mg NH_4 -N/l) bestanden bei den Standorten mit Niedermoorauflagen.

Die P- Konzentrationen des Grundwassers waren mit denen des Oberflächenwassers eng korreliert. Die in Abbildung 6 dargestellten P- Konzentrationen der Oberflächenwässer wiesen durchgehend eine Überschreitung des Euthophierungsschwellenwertes von 0,01 mg P/l auf. Im Bereich der Wiedervermässung mit natürlicher Sukzession wurden die signikant höchsten P- Konzentrationen gemessen. Dies muß vor allem auf die in diesem Bereich bis 1989 durchgeführte intensive Grünlandbewirtschaftung mit hohem mineralischen Düngungsniveau und deutlicher Mineralisierung der organischen Bodensubstanz zurückgeführt werden. Durch die fast durchgängig hohen Grundwasserstände ist mit relativ niedrigen Redoxpotentialen im Boden zu rechnen, die zu der bereits beschriebenen verbesserten P- Löslichkeit führen.

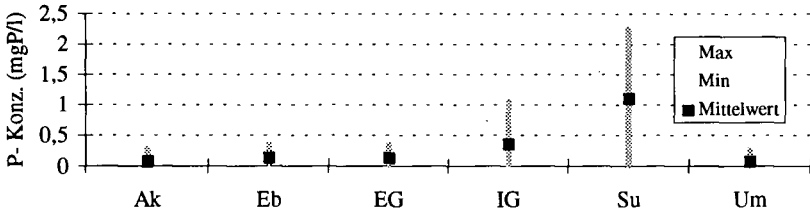


Abbildung 6 Vergleich der P- Konzentrationen in den Oberflächenwässern

Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

1. Eine signifikante Abhängigkeit zwischen erhöhten N_{min} - Gehalten im Oberboden bei landwirtschaftlich genutzten Flächen und der N_{min} - Konzentration im darunterliegenden Grundwasser wurde nicht gefunden.
2. Die in den untersuchten Kompartimenten vergleichsweise hohen N_{min} - Gehalte im Erlbruchwald sind vor allem durch die Mineralisierung des organogenen Bodenmaterials infolge niedriger Grundwasserstände in den Sommermonaten bedingt.
3. Auf vormals als Grünland intensiv genutzten Niedermoorstandorten mit natürlicher Sukzession muß mit erhöhten P- Gehalten im Oberboden gerechnet werden.
4. Mit steigenden Grundwasserständen geht eine Zunahme der Phosphatlöslichkeit einher.
5. Konzepte zur Reduzierung der Nährstoffbelastung von Oberflächengewässern erfordern eine ganzheitliche Betrachtung des Systems Boden- Sickerwasser- Grundwasser- Oberflächenwasser.

Literatur

- Kalbitz, K., S. Geyer, W. Geyer, Rupp, H., S. Knappe, R. Meißner und F. Braumann : Auswirkungen der Landnutzung und von Landnutzungsänderungen auf die gelöste organische Substanz im Boden und Wasser eines Niedermoorgebietes. In Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (1997).
- Meißner, R., H. Rupp, P. Schonert, J. Seeger , F. Braumann und H. Müller : Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Drömling auf den Stickstoffgehalt im Boden sowie im Grund- und Oberflächenwasser. In : Arch. f. Nat.- Lands. 33 (1995) 255 -269 .
- Schleyer, R. und H. Kerndorff : Die Grundwasserqualität westdeutscher Trinkwasserressourcen - Eine Bestandsaufnahme für den vorbeugenden Grundwasserschutz sowie zur Erkennung von Grundwasserverunreinigungen-. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim 1992.
- Schmidt,W.: Die Niedermoore in Mecklenburg-Vorpommern als Schutzgut und als Quelle stofflicher Belastung. In : Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft,83, 119 - 122 (1997).

Die Forschungsarbeiten wurden vom Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt Sachsens Anhalts (FKZ 76213/20/95) gefördert.

Weidewirtschaft und Wasserschutz

von

SAUER,S.; FELDWISCH,N.

1 Einleitung

Die Grünlandwirtschaft ist unter dem Aspekt des Wasserschutzes in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide) unterschiedlich zu bewerten. Bei reiner Schnittnutzung ist das Gefährdungspotential für Grund- und Oberflächenwasser in der Regel sehr gering. Auf Weiden hingegen führen der punktuelle Stickstoffeintrag durch die Weidetierexkrememente, die Trittbelastung und der selektive Verbiß zu einem Anstieg der wässrigen und gasförmigen Stickstoffverluste.

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, am Beispiel des Stickstoffaustrages unter Exkrementflecken, die von der Weidewirtschaft ausgehende Belastung für Grund- und Oberflächenwasser aufzuzeigen. In einem zweiten Abschnitt werden Maßnahmen zur Verringerung der Stickstoffverluste über die Austragspfade Auswaschung, Entgasung, Oberflächenabfluß und Direkteintrag vorgestellt, die im Rahmen des DBU-Projektes "Verfahrensweisen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung für einen flächendeckenden Gewässerschutz" (AZ 04180) erarbeitet wurden (FREDE & DABBERT 1997).

2 Untersuchungsstandorte und Methoden

Die Untersuchungen zur N-Verlagerung unter Exkrementflecken wurden auf drei unterschiedlichen Böden (Tab. 1) im nordhessischen Bergland bei Bad Wildungen durchgeführt (SAUER 1996). Die Niederschlagssumme des hydrologischen Winterhalbjahres 1993/94 betrug 454 mm. Am 08.11.1993 wurden 2,5 l Harn bzw. 2,2 kg Frischkot in dreifacher Wiederholung unmittelbar über Saugkerzen, die in 30 und 60 cm Bodentiefe eingebaut waren (Braunerde-Rendzina: 20 cm), ausgebracht. Für einen Urinspot errechnet sich ein Stickstoffeintrag von etwa 1000 kg N/ha und für einen Kotfladen von etwa 390 kg N/ha. Die Probennahme erfolgte wöchentlich, das Bodenwasser wurde bis zum Ende der Sickerwasserperiode (April 1994) auf Nitrat, Ammonium und Gesamtstickstoff untersucht. Die Sickerwassermengen und N-Frachten wurden mit einem erweiterten Speicherzellenmodell nach HUWE (1987) berechnet.

* S. Sauer, Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der JLU Gießen, Wiesenstr. 3-5, 35390 Gießen, Email: Stephan.Sauer@agr.uni-giessen.de

** N. Feldwisch, Büro für angewandte Boden- und Gewässerkunde, Auf dem Kamm 23, 51427 Bergisch Gladbach, ehemals Institut für Landeskultur der JLU Gießen

Tab. 1: Die Böden der Untersuchungsstandorte

Boden	Kolluvisol	Braunerde	Braunerde-Rendzina
Hangneigung (%)	0	14	10
Gestein	Lößlehm	Sandstein	Kalkstein
Bodenart	Lu	SI3-SI4	Ltu
Hauptwurzelraum (cm)	125	53	37
nFK (mm)	208	98	47
Humusgehalt (Ah)	4,7	3,0	5,9
pH-Wert (Ah)	6,5	4,7	7,0

3 Ergebnisse

Abb. 1 zeigt exemplarisch für die Braunerde den zeitlichen Verlauf der Sickerwasserbildung und der Gesamtstickstofffrachten. Eine detaillierte Beschreibung und Interpretation der Konzentrationsverläufe aller Standorte erfolgt bei SAUER (1996). In 60 cm Tiefe, bei der Braunerde also unterhalb des durchwurzelbaren Bodenraumes, kommt es schon zu Versuchsbeginn zur Sickerwasserbildung. Besonders die Niederschläge im Dezember und Anfang Januar ($\Sigma 260$ mm) führen bei geringen Evapotranspirationsraten zu einem starken Anstieg der kumulierten Sickerwassermenge. Bei einer Gesamtsickerung von 214 mm werden unter den Harnflecken - hochgerechnet auf flächendeckende Exkrementbedeckung - 148 kg N/ha ausgetragen. Bei Betrachtung der N-Fractionen unter Harnflecken wird deutlich, daß der Nitratfraktion die größte Bedeutung zu kommt, während die Norg- und Ammoniumfraktion nur in den ersten vier Wochen auf niedrigem Niveau von Bedeutung sind. Die Kotvariante zeigt im Vergleich zur Kontrolle nur einen geringfügig höheren N-Austrag.

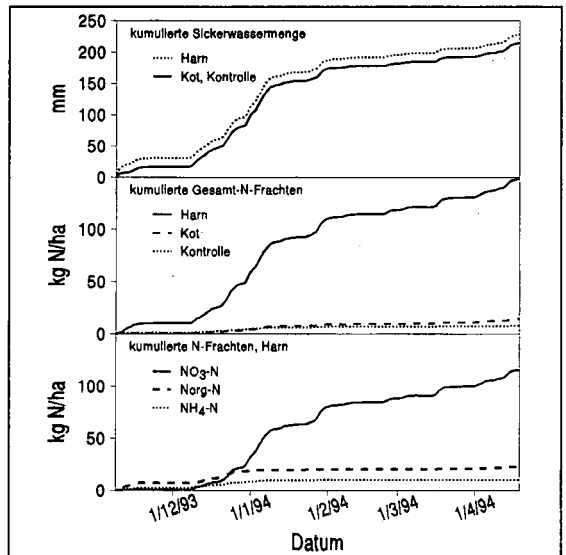


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der Sickerwasserbildung und der Gesamtstickstofffrachten (Braunerde, 60 cm Tiefe)

Abb. 2 faßt die berechneten N-Frachten für alle Standorte zusammen. Die Braunerde verfügt über die geringsten Austräge. Unter den Urinflecken des Kolluvisols und der Braunerde-Rendzina werden 202 bzw. 323 kg N/ha ausgewaschen. Die Nitratfraktion hat mit durchschnittlich 83 % den größten Anteil, während die Fraktion des organischen Stickstoffes mit durchschnittlich 11 % und die des Ammoniums mit 6 % eher einen geringen Anteil am Gesamtstickstoffaustrag haben. Die Kotfladen bewirken mit 3 kg N/ha (Kolluvisol), 14 kg N/ha (Braunerde) und 28 kg N/ha (Braunerde-Rendzina) auf allen Standorten nur eine vergleichsweise geringe Auswaschung.

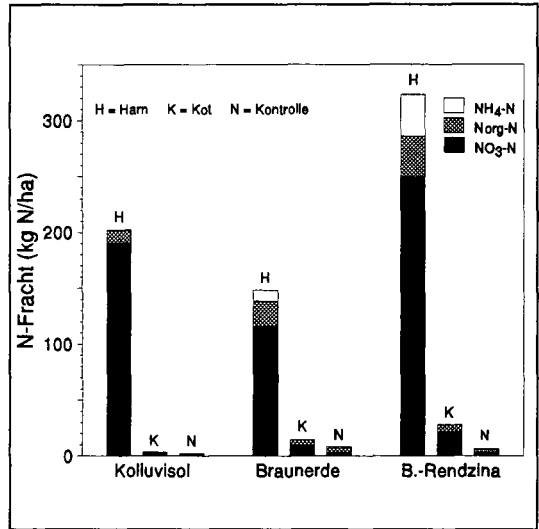


Abb. 2: Gesamtstickstofffrachten unter den Harn- und Kotflecken, berechnet in kg N/ha Flecken-größe

4 Diskussion

Die Untersuchungen belegen unter kaltnassen Witterungsbedingungen einen bis zum Ende der Sickerwasserperiode anhaltenden Stickstoffaustrag unter den Harnflecken spätbeweideter Grünlandflächen. Trotz niedriger Bodentemperaturen unter 5°C erfolgt eine schnelle Hydrolyse des Harnstoffes (HAYNES & WILLIAMS 1993), aus dem Urin zu etwa 70 % besteht. Das gebildete Ammonium wird unmittelbar nach der Ausbringung zu einem geringen Anteil ausgewaschen (Braunerde und Braunerde-Rendzina), noch bevor die bei diesen Bodentemperaturen langsam verlaufende Nitrifikation einsetzen kann. Unter den Kotflecken werden im selben Zeitraum nur geringe Stickstoffmengen ausgetragen, da der organisch gebundene Stickstoff weniger schnell hydrolytisch angreifbar ist als der Urin-Harnstoff (BALL & RYDEN 1984).

Es zeigt sich ein deutlicher Einfluß der Bodeneigenschaften auf den Austrag: Die Braunerde-Rendzina, der Boden mit der geringsten nutzbaren Feldkapazität und folglich mit der höchsten Auswaschungsgefährdung, weist sowohl unter Harn- als auch unter Kotflecken die höchsten Gesamtstickstofffrachten auf. Besonders auf flachgründigen Böden besteht die Möglichkeit der Verlagerung organisch gebundenen Stickstoffes, da Urin vor einer Umsetzung im Boden direkt versickern kann (SAUER 1996).

5 Maßnahmen zur Verringerung der N-Verluste in der Weidewirtschaft

Der beschriebene N-Austrag zeigte beispielhaft das von der Weidewirtschaft ausgehende Gefährdungspotential. Weitere wichtige Quellen für Stickstoffverluste sind Ammoniakentgasung und Direkteinträge in Gewässer (FREDE & DABBERT 1997). Oberflächenabfluß ist auf Grünland besonders dann von Bedeutung, wenn in Hanglagen Narbenschäden und Bodenverdichtungen auftreten. Bei den im folgenden vorgestellten Maßnahmen, die vor allem N-Verluste verringern, aber auch zur Reduzierung anderer Nährstoffausträge beitragen, werden alle Verlustquellen berücksichtigt.

Düngung

- Düngung nach Pflanzenentzug und Berücksichtigung der symbiontischen N₂-Fixierung und N-Mineralisation
- Berücksichtigung der Nährstoffrückfuhr über das Weidetier
- Beachtung lokaler Bodenverhältnisse: Reduzierung der Düngung auf Böden mit geringer Wasserspeicherfähigkeit
- Reduzierung der Düngung während Trockenperioden
- Keine Düngung vor Starkniederschlägen (Makroporenfluß!)
- Gülleausbringung bei optimaler Witterung (niedrige Temperaturen, hohe Luftfeuchtigkeit, geringe Einstrahlung)
- Keine Gülleausbringung auf tief gefrorenem, schneebedecktem und wassergesättigtem Boden
- Auswahl geeigneter Gülleausbringungstechniken (z.B. Schleppschuhverfahren)
- Begrenzung der Einzelgabe auf 15-30 m³/ha und der Jahresgabe auf 30-40 m³/ha bei guter Verteilgenauigkeit
- Gleichmäßige Düngung hofnaher und hoffermer Flächen
- Einhaltung eines Mindestabstandes zu Gewässern (5 Meter)

Pflegemaßnahmen

- Nachsaat lockerer Narben
- Abschleppen
- Nachmahd
- Absammeln von Exkrementen (auf Pferdeweidern)
- Häufiger Wechsel von Tränke- und Zufütterungsplätzen
- Einstreu des Futterplatzes mit anschließender Abfuhr des Mistes
- Installation von Tränken an Gewässern zur Vermeidung des direkten Zutritts durch Weidetiere
- Im Bedarfsfall vorübergehende Auszäunung von Hanglagen mit Narbenschäden

Weidemanagement

- Abstimmung von Tierbesatz und Weideertrag
- Reduzierung der Besatzdichte
- Begrenzung der täglichen Weidezeit
- Verkürzung der Weideperiode, besonders im Spätherbst
- Spätschnitt zur Futterkonservierung bei Verzicht auf Spätbeweidung
- Beachtung lokaler Bodenverhältnisse: keine Spätbeweidung auf flachgründigen Böden mit einer geringen Wasserspeicherfähigkeit sowie Vermeidung von Tränke-, Zufütterungs- und Liegeplätzen auf flachgründigen und tonreichen Böden

6 Literatur

- BALL, P.R. & RYDEN, J.C. (1984): Nitrogen relationships in intensively managed temperate grasslands. *Plant and Soil* 76, 23-33.
- FREDE, H.G. & DABBERT, S. (Hrsg.) (1997): *Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. Ecomed Verlag (Neuerscheinung voraussichtlich Nov. 1997).
- HAYNES, R. J. & WILLIAMS, P. H. (1993): Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Adv. Agron.* 49, 119-199.
- HUWE, B. (1987): Transportprozesse in Flußsedimenten nach Ablagerung in Monodeponien: experimentelle und modellanalytische Untersuchungen. Diss. Univ. Hohenheim.
- SAUER, S. (1996): Wasserhaushalt und Stickstoffaustrag repräsentativer Grünlandböden in einem Wasserschutzgebiet bei Bad Wildungen (Nordhessen). Diss. Univ. Gießen (Boden u. Landschaft Bd. 13).

Dynamik der Grundwasserneubildung in der Bodenregion der Jungmoränenlandschaft

von

SCHINDLER,U.; MÜLLER,L.; EULENSTEIN,F.; MEISSNER,R.

ZIELSTELLUNG

Die Modellierung von Wasser- und Stoffflüssen in Landschaftsräumen erfordert Kenntnisse zum Boden und zur Landnutzung in einer hinreichend genauen räumlichen Auflösung. Da Messungen von Bodenparametern und die Charakteristik der Landnutzung nicht in unbegrenzter Detailliertheit möglich sind, müssen sachlich begründete Datenaggregationen vorgenommen werden.

Dazu war der Einfluß, den unterschiedliche Ackerkulturen, Gras und Kiefernwald in Wechselwirkung mit Böden und Witterungsabläufen auf die Versickerung haben, zu untersuchen.

METHODIK

Standort

Die Untersuchungen wurden für die grund- und stauwasserfernen Böden der Jungmoränenlandschaft (Tab. 1) unter den klimatischen Bedingungen Nordostdeutschlands vorgenommen. Für die Bodenformen wurden typische Profile (Substrat/Horizont/Mächtigkeit) definiert und den einzelnen Horizonten bodenphysikalische Parameter zugeordnet (Schindler u.a., 1997).

Tabelle 1 Grund- und stauwasserferne Bodentypen der Jungmoränenlandschaft

Standorttyp	Bodenform	Substrat
B1	Sand-Rosterde	Sand
B2	Sand-Braunerde	Sand und schwach lehmiger Sand
B3	Sand-Tieflehm-Fahlerde	Tieflehm und Sand/lehmiger Sand
B4	Sandlehm-Tieflehm-Fahlerde	Tieflehm
B5	Lehm-Parabraunerde	Lehm und Tieflehm
B6	Lehm/ Ton Parabraunerde	Lehm und Ton

Klimatisch ist diese Region gekennzeichnet durch ein deutliches klimatisches Wasserbilanzdefizit mit limitierenden Wirkungen auf die pflanzliche Biomasseproduktion.

Untersuchungen

* Modellsimulationen zum Einfluß von Boden, Witterung und Landnutzung auf die Grundwasserneubildung (Schindler, et al., 1997).

Bodenwassersimulationsmodell **MOBOWASI** (Wegehenkel, 1995)

Die Modellrechnungen wurden mit einer Simulationsstruktur durchgeführt, die aus folgenden Modulen bestand:

- Berechnung der potentiellen Evapotranspiration nach Wendling et al. (1991)
- Semiempirisches Pflanzenmodell von Koitzsch & Günther (1990) zur Berechnung von Transpiration, Interzeption und Evaporation bei Vegetationsbedeckung am Standort
- Mehrschicht-Plattenmodell mit einer nichtlinearen Speicherkaskade zur Berechnung von Perkolation und Bodenfeuchtedynamik nach einem Ansatz von Glugla (1969)

<u>Modellierungszeitraum:</u>	1992- 1995 (Niederschlag Tab. 2)
<u>Böden:</u>	Tab. 1
<u>Fruchtarten:</u>	Wintergetreide Sommergetreide Zuckerrübe Kartoffel Mais Sonnenblume Luzerne (Nutzungsjahr) Lupine Winterraps (Nutzungsjahr) Grasland

Tabelle 2 Niederschlag 1992 - 1995, Station Münchenberg

Jahr	Gesamt (01.01.-31.12.)	Winterhalbjahr (01.10.-31.3)	Sommerhalbjahr (01.4.-30.9.)
	mm	mm	mm
1992	419(-)	246(+)	173(-)
1993	625(+)	256(+)	369(+)
1994	712(+)	301(+)	411(+)
1995	507(-)	196(-)	311(-)

(+) über, (-) unter dem langjährigen Mittel

*** Lysimeteruntersuchungen unter Kiefernbestand**

<u>Standort:</u>	Colbitzer Heide
<u>Lysimetergröße:</u>	Fläche - 660 m ² ; Tiefe - 4 m
<u>Boden:</u>	bis 2 m Mittelsand, darunter Grobsand
<u>Meßzeitraum:</u>	1973 bis 1996 (1973 Anpflanzung zweijähriger Kiefern)

ERGEBNIS

Die Ergebnisse lassen eine deutliche jährliche und innerjährliche Dynamik der Sickerwasserbildung unter Ackernutzung erkennen (Abb. 1).

1992: Trotz sehr geringer Jahresniederschläge (419 mm) versickerten 1992 je nach Fruchtart und Boden zwischen 26 bis 79 mm (Mittel 57 mm). Der Einfluß des Bodens und der Fruchtarten auf die Größe und Variabilität der Versickerung war gering. Nur bei Luzerne und Raps (beide Kulturen im Nutzungsjahr) sowie den Fruchtfolgen mit Zwischenfrucht waren im zeitigen Frühjahr deutlich verminderte Sickerwassermengen zu verzeichnen. Die Standardabweichungen (SD) zeigen, daß sowohl der Boden (SD zwischen 3 und 9 mm/a) als auch die Fruchtart (SD zwischen 10 und 13 mm/a) nur einen geringen Einfluß besitzt.

1993: Das Folgejahr 1993 (trockenes Vorjahr, feuchte Vegetationsperiode) zeigt stark veränderte Ergebnisse und Abhängigkeiten. Die Sickerwassermenge wird deutlich von der Fruchtart (SD 21 mm/a) und noch stärker vom Boden (SD 48 mm/a) beeinflusst. Die mittlere Sickerwassermenge ist jedoch trotz deutlich höherem Jahresniederschlag (625 mm) mit 56 mm/a der von 1992 nahezu identisch.

1994: 1994 ist mit 712 mm/a Niederschlag für die Region Ostbrandenburg als durchweg naß einzuschätzen. Die Sickerwassermengen sind gegenüber den Vorjahren stark erhöht und betragen teilweise mehr als 300 mm/a. Boden und Fruchtart beeinflussen die Sickerwasserbildung erheblich, wobei in diesem Jahr die Pflanzenspezifik (Vegetationszeit, Transpiration) einen größeren Einfluß als der Boden hat.

1995: Das Jahr 1995 ist von der Summe als niederschlagsarm (507 mm/a) einzustufen. Es ist gekennzeichnet durch ein feuchtes Frühjahr und einen trockenen Spätsommer, Herbst und Winter. Das Sickerwasser wird ausschließlich im Frühjahr gebildet. Ab Juli reicht der Niederschlag nicht mehr aus, die Pflanzenwasserversorgung abzusichern, der Bodenspeicher wird geleert und die Sickerwasserbildung geht gegen 0. Der Boden besitzt unter diesen Bedingungen nur einen geringen Einfluß auf die Sickerwassermenge (SD 5 mm/a), während die Fruchtarten (SD 24 mm/a) durch eine gute Wasserversorgung im Frühjahr und Frühsommer starke Differenzierungen zeigten.

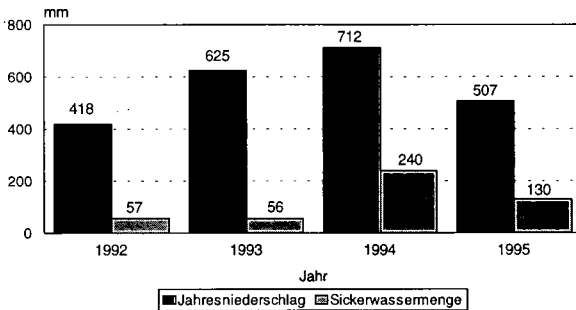


Abbildung 1 Jahresniederschlag und mittlere Sickerwassermenge für alle Böden und Fruchtarten, Untersuchungsjahre 1992 - 1995

Deutlich geringer ist die Sickerwasserbildung unter Kiefernwald wie die Lysimeterergebnisse (Abb. 2) zeigen. Nach der Aufwuchsphase (7 Jahre) gehen die Sickerwassermengen kontinuierlich zurück. Danach wird nur noch in für diese Region nassen Jahren Sickerwasser gebildet.

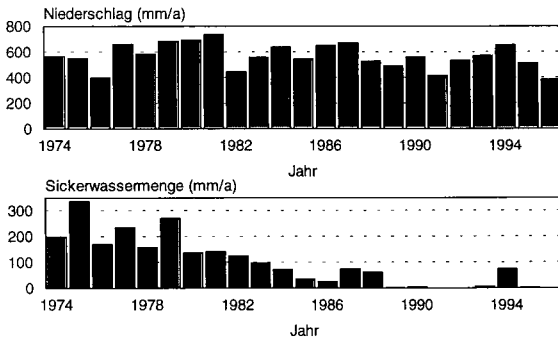


Abb. 2 Jahressickerwassermengen, Lysimeter Colbitzer Heide, Kiefernwald

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Sickerwasserbildung ist durch eine große jährliche Variabilität gekennzeichnet. Versickerungswirksam sind Niederschläge besonders in vegetationsloser Zeit. Entscheidend für die Sickerwasserbildung ist nicht allein die Höhe der Jahresniederschlagssumme sondern in besonderem Maße deren zeitliche und mengenmäßige Verteilung im Jahr. Bodenwasserdefizite, verursacht durch geringe Niederschläge, können bei mittleren bis schweren Böden überjährlich mindernd auf die Sickerwasserbildung wirken.

Die Wirkung der Fruchtart auf die Sickerwassermenge ist

- groß, wenn die Pflanzenwasserversorgung aus dem Bodenspeicher ausreichend ist
- klein, wenn das Bodenwasserdargebot die Biomasseproduktion limitiert.

Aufgrund der langen Vegetationszeit sind unter Grasland und in Fruchtfolgen mit Zwischenfrucht die geringsten Sickerwassermengen zu erwarten. Unter Wald kann die Sickerwasserbildung sogar langjährig zum Erliegen kommen. Auf mittleren bis schweren Böden kann dauerhafte Begrünung die Versickerung ebenfalls stark mindern. Auf den leichten Böden versickern im Mittel etwa 50 mm/a mehr als auf den Lehmböden. Die Variabilität der jährlichen Sickerwassermenge ist bei gleicher Fruchtart jedoch nahezu bodenunabhängig. Der Einfluß des Bodens auf die Sickerwasserbildung ist je nach Witterung sehr unterschiedlich. In für die niederschlagsarmen Lockergesteinsregionen Sachsen-Anhalts und Brandenburgs feuchten Jahren ist der Bodeneinfluß stark. Er verstärkt sich, wenn ein trockenes Jahr mit Bodenwasserspeicherdefiziten vorangegangen war. In trockenen Jahren ist der Bodeneinfluß hingegen nur unwesentlich.

Aufforstungsmaßnahmen müssen in dieser Region für die Grundwasserneubildung kritisch beurteilt werden. Für schlüssige Aussagen bedarf es hierzu jedoch noch ergänzender Untersuchungen, insbesondere zum Einfluß unterschiedlicher Baumarten.

ZUSAMMENFASSUNG

Auf grundwasserfernen Acker- und Grasstandorten Nordost- Deutschlands wurde die Grundwasserneubildung auf der Grundlage von Modellsimulationen quantifiziert. Der Einfluß von Niederschlag, Boden und Fruchtart auf die Sickerwasserbildung wird diskutiert. Ergänzende Ergebnisse aus Lysimeteruntersuchungen zeigen, daß unter Kiefernwald die Grundwasserneubildung stark gemindert wird gegenüber Ackernutzung.

LITERATUR

- Glugla, G. (1969): Berechnungsverfahren zur Ermittlung des aktuellen Wassergehaltes und Gravitationsabflusses.- Albrecht-Thaer-Archiv 13. S. 371-376.
- Koitzsch R. und R. Günther (1990): Modell zur ganzjährigen Simulation der Verdunstung und der Bodenfeuchte landwirtschaftlicher Nutzflächen.- Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 24. S.717-725.
- Schindler U.; M. Wegehenkel, L. Müller und F. Eulenstein (1997): Wirkung von Böden und Fruchtarten: auf die Grundwasserneubildung jungpleistozäner Ackerstandorte Ostbrandenburgs. . Archives of Agronomy and Soil Science, 41. S. 167-179.
- Wegehenkel M. (1995): Modellierung des Wasserhaushaltes von landwirtschaftlichen Nutzflächen mit unterschiedlich komplexen Modellansätzen.- DGM 39. H.2. S.58-68.
- Wendling U., H.G. Schellin und M. Thomä (1991): Bereitstellung von täglichen Informationen zum Wasserhaushalt des Bodens für die Zwecke der agrarmeteorologischen Beratung.- Z. f. Meteorologie 41. H.6. S.1-16.

Die Bewertung der Funktion von Böden in der Schutzzone III von Wassereinzugsgebieten

von

SEITZ,D.: JÖRGENSEN,R.G.

Die Schutzzone II von Wasserschutzgebieten soll Trinkwasser vor mikrobiellen Verunreinigungen schützen. Sie wird durch die 50-Tage-Linie begrenzt, eine Strecke, die das Grundwasser im Aquifer in 50 Tagen zurücklegt, bzw. eine Zeit, in der ungefähr 99,9% aller Fäkalkeime absterben. Das Bewirtschaften dieser Schutzzone II durch eine viehhaltende Landwirtschaft wird in den letzten Jahren zunehmend als eine Gefahr angesehen, da sich die Wirtschaftsweise der Landwirtschaft verändert, die Virulenz und Antibiotikaresistenz von Keimen zugenommen sowie Einschätzung und Akzeptanz von Gefahren verändert hat. Um einer Verunreinigung des Trinkwasser durch Fäkalkeime vorzubeugen, wurde in Baden-Württemberg und Niedersachsen ein allgemeines Ausbringungsverbot von fäkalen Wirtschaftsdüngemitteln in Schutzzone II ausgesprochen. Es wird befürchtet, daß unerwünschte Keime in dieser Zone das Grundwasser erreichen können, ohne daß ausreichend Zeit für das Absterben der Mikroorganismen zur Verfügung steht. Dabei wird nicht berücksichtigt, daß bei einer entsprechenden Mächtigkeit der Wurzel- oder der Dränzone die Verweilzeit des Bodengewässers 50 Tage um ein vielfaches übertreffen kann. Darüber hinaus weist diese mit Wasser ungesättigte Zone gegenüber Keimen sehr viel bessere Filtereigenschaften auf als der gesättigte Grundwasserleiter. Trotzdem erfolgt die Festsetzung der Schutzzone II in Deutschland noch immer nach rein geohydrologischen Gesichtspunkten, obwohl Ausbringungsverbote in dieser Zone nur dann wissenschaftlich gerechtfertigt wären, wenn die Gefahr des Keimaustrags aus Böden mit ihrem Verteilungsmosaik berücksichtigt werden würde. Das Nicht-Berücksichtigen des Schutzpotentials von Böden führt in Niedersachsen zusammen mit der zunehmende Ausweisung und Vergrößerung von Wasserschutzgebieten durch die Schutzgebietsverordnungen zu Nutzungseinschränkungen und Nutzungsausfall für den Landwirt. Durch die damit verbundenen Ausgleichszahlungen können erheblichen Kosten für den Wasserverbraucher entstehen, ohne daß der Schutz des Trinkwassers verbessert wird.

Für die vertikale Verlagerung von Bakterien durch den Boden und die Dränzone hindurch ins Grundwasser sind die Prozesse Absterben, Adsorption, Filtration und Konvektion von Bedeutung (Tabelle 1). Der vektorieller Transport mit Regenwürmern und Pflanzenwurzeln spielt im ungesättigten Porenraum quantitativ nur eine untergeordnete und im gesättigten keine Rolle. Umgekehrt verhält es sich für die Prozesse Dispersion und Motilität (Eigenbeweglichkeit) (JÖRGENSEN, 1996). Aber auch die Konvektion, der für die Kontamination von Grundwasser mit Keimen wichtigste Prozeß, kann im Boden nur bei Wassergehalten oberhalb der Feldkapazität statt finden, z.B. zur Zeit der Schneeschmelze und nach Überschwemmungen. Mit abnehmenden Wassergehalt, insbesondere unterhalb der Feldkapazität wirkt die Oberfläche des Bodens durch Adsorptions-, aber auch Filtrationsprozesse zunehmend auf die zugeführten Fäkalkeime ein und verhindert die Konvektion der Keime. Dafür sinkt die Absterberate der Keime durch Adsorption, insbesondere im Unterboden,

* Büro für Standorterkundung - Geries Ingenieure, Weenderstr. 87, 37073 Göttingen

** Institut für Bodenkunde, Von-Siebold-Str. 4, D-37075 Göttingen

wo die Konkurrenz durch die autochthone Mikroflora geringer ist. Da jedoch nie ausgeschlossen werden kann, daß Keime länger als 50 Tage in der Umwelt überleben, sind Adsorptions- und Filtrationsprozesse im Boden die wichtigeren Schutzmechanismen als die Absterbeprozesse. Diese bewirken jedoch eine ständige Regeneration des Schutzpotentials von Böden.

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Transportfaktoren und Transportprozessen

	Absterben	Adsorption	Filtration	Konvektion
Größe der Organismen	○	○	++	--
Aggregationsneigung	-	+	++	--
Niederschlagsintensität	○	-	--	++
Wassergehalt	+	-	-	++
Temperatur	++	-	○	○
Mächtigkeit Wurzel-/Dränzone	○	+	++	○
Anteil Makroporen	○	○	--	++
Tongehalt	--	++	++	--
Humusgehalt	-	++	○	○
pH-Wert	○	+(-)	○	○
Bodenmikroflora	++	○	○	○

-- hemmt sehr stark; - hemmt; ○ kein Einfluß; + fördert; ++ fördert sehr stark

Die Prozesse, die zu einer Belastung von Grundwasser mit Fäkalkeimen führen, werden durch verschiedene Faktoren gesteuert, die mit ihren Interaktionen erst entscheiden, ob sich eine Kontamination einstellt (Tabelle 1). Die Gefahr der hygienischen Belastung steigt bei einer Kombination folgender Faktoren: großer Anteil an Makroporen, geringe Bodenmächtigkeit, hoher Grundwasserstand, Kluftgrundwasserleiter, große Aufbringungsmenge und kurze Lagerungsdauer von Flüssigmist. Im Winter sind niedrige Temperaturen und hohe Wassergehalte des Bodens zusätzlich wirksame Faktoren. Im Sommer sind es Trockenrisse und Starkregenereignisse nach Trockenheit. Ein typisches Beispiel für Böden, unter denen im Grundwasser regelmäßig Fäkalkeime gefunden werden, sind die locker strukturierten Rendzinen über dem Kluftgrundwasserleiter Muschelkalk. In Lössböden tragen Regenwurmgänge signifikant zur Verlagerung von Fäkalkeimen in den Untergrund bei (JOERGENSEN *et al.*, 1998). In Böden mit hohem Tongehalt können Trockenrisse zu Tiefenverlagerung beitragen. In unserem Versuch auf einem Pelosol aus Rötmaterial konnte dieses jedoch nicht bestätigt werden (JOERGENSEN & SEITZ, 1998). Eine potentielle Gefährdung kann auf solchen Standorten allerdings nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Umgekehrt, mit Ausnahme der Rendzinastandorte, ist bis jetzt in keiner Arbeit nachgewiesen worden, daß Trinkwasser durch den vertikalen Transport von Fäkalkeimen durch die ungesättigte Zone hindurch, z.B. in Regenwurmhängen und Trockenrissen kontaminiert worden ist. Ungenügend bekannt ist jedoch in vielen, wenn nicht den meisten Fällen, welches die Ursache bzw. die Wege waren, auf denen Trinkwasser mit Fäkalkeimen belastet wurde. Dabei könnten diese Wege heute mit molekularbiologischen Methoden sehr viel besser verfolgt werden.

Die Gesetzeslage in Niedersachsen läßt es zu, daß Ausnahmegenehmigungen zur Ausbringung von Flüssigmist in der Schutzzone II von den Unteren Wasserbehörden erteilt werden können. Damit diese Ausnahmegenehmigungen (bzw. umgekehrt die Verbote) trotz der bestehenden großen Kenntnislücken fachlich begründet sind, haben wir versucht einen Bewertungsrahmen als Entscheidungshilfe mit Mindestanforderungen zu formulieren, die eine Keimverlagerung an einem bestimmten Standort auch unter "worst case"-Bedingungen ausschließt, so daß der Schutz des Trinkwassers

nicht beeinträchtigt wird. Unser Bewertungsrahmen baut auf Daten auf, die bei den Wasserbehörden schon vorhanden sind (z.B. die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers: Sickerwassermenge [mm/a] / Feldkapazität im effektiven Wurzelraum) und in den Wasserschutzgebietsverordnungen Niedersachsens für die Ausbringung von Düngemitteln berücksichtigt werden. Diese Daten dienen aber letztlich nur zur Steuerung des Austrags von Nitrat, das durch ganz andere Prozesse im Boden verlagert wird als Fäkalkeime. Die Literaturübersicht (JÖRGENSEN, 1998) und unsere Untersuchungen (JOERGENSEN *et al.*, 1998; JOERGENSEN & SEITZ, 1998) haben gezeigt, daß die alleinige Betrachtung der Wurzelzone nicht ausreicht, um das Schutzpotential vor einer möglichen Kontamination mit Fäkalkeime beurteilen zu können. Daher haben wir neben der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers (Parameter 3), die Mächtigkeit der anstehenden Dränzone (Parameter 4), den angestrebten Ausbringungszeitraum (Parameter 5) sowie einige wichtige Grundvoraussetzungen (Parameter 1 und 2) und Randbedingungen (Parameter 6 und 7) zur Berechnung der Bewertungsmeßzahl als Grundlage für unseren Entscheidungsrahmen berücksichtigt. Alle Parameter werden durch ein einfaches Punktesystem bewertet und gehen durch Multiplikation (Parameter 1 bis 5), Addition (Parameter 6) oder Subtraktion (Parameter 7) in die Bewertungsmeßzahl ein. Die müssen die Vorgaben der Düngeverordnung für die Ausbringung von Flüssigmist selbstverständliche immer eingehalten werden.

Parameter 1: Bedarf an Flächen zur Gülleausbringung (BFG)

Genügend Fläche außerhalb des WSG	0
Nicht genügend Fläche außerhalb des WSG	1

Parameter 2: Keimfreiheit des Brunnenwassers (KFB)

Regelmäßige Keimbelastungen	0
Gelegentliche Keimbelastungen	0
Keimbelastungen nach Überschwemmungsereignissen	1
Keine Keimbelastung	1

Parameter 3: Austauschhäufigkeit des Bodenwassers (AH)

Hoch (AH 1 und 2)	1
Mittel (AH 3)	1,5
Gering (AH 4 und 5)	2

Parameter 4: Beschaffenheit und Mächtigkeit der Dränzone (BMD)

Beschaffenheit der Dränzone	Mächtigkeit der Dränzone [m]		
	< 0,5	0,5 - 1,5	> 1,5
Sehr schwach klüftiges Festgestein ^{a)}	1,5	2	2
Schwach klüftiges Festgestein ^{b)}	1	1,5	2
Stark klüftiges Festgestein ^{c)}	1	1	1
Feinkörniges Lockergestein ^{d)}	1,5	2	2
Mittelkörniges Lockergestein ^{e)}	1	1,5	2
Grobkörniges Lockergestein ^{f)}	1	1	1

a) Tonstein: so, mm, ku, km, ju, kru; b) Sandstein: su, sm, ko, jm, kru (Wealden); c) Kalkstein: z, mu, mo, jo, kro); d) Ton, Schluff, Lehm, Feinsand; e) Mittelsand, Grobsand; f) Grobboden, Kies, Grus, Steine

Parameter 5: Aufbringungszeitpunkt (AZ)

Ernte bis Februar	1
Ab März	1,5
Ab April bis zur Ernte	2

Parameter 6: Bonuspunkte (BP)

Dränzone aus grobkörnigem Lockergestein mit einer Mächtigkeit > 10 m	1
2 getrennte Lagerbehälter mit einer Kapazität von jeweils > 3 Monate, (Ausbringung der alten, keimarmen Gülle)	1

Parameter 7: Minuspunkte (MP)

Hangneigung > 2°	1
Dränierung der Böden	1

Berechnung der Bewertungsmeßzahl

$$BMZ = BFG \times KFB \times BMD \times AZ \times AH + BP - MP$$

ENTSCHEIDUNGSRAHMEN ANHAND DER BMZ

BMZ < 4	keine Gülleaufbringung auf den beantragten Flächen
4 ≤ BMZ < 6	Jaucheaufbringung mit max. 10 m ³ /ha Hühnertrockenkotaufbringung max. 3 bis 4 t/ha Gülleaufbringung mit max. 10 m ³ /ha auf Ackerland bei Verwendung der Schleppschlauchtechnik
BMZ ≥ 6	Jaucheaufbringung mit max. 20 m ³ /ha Hühnertrockenkotaufbringung max. 3 bis 4 t/ha Gülleaufbringung mit max. 20 m ³ /ha auf Ackerland bei Verwendung der Schleppschlauchtechnik

Literatur

- JÖRGENSEN R.G. (1996) Prozesse und Faktoren der Gefährdung von Trinkwasser durch Keime aus Flüssigmist. *VDLUFA-Schriftenreihe* 44, 497-500.
- JÖRGENSEN R.G. (1998) *Die hygienische Belastung des Grundwassers mit humanpathogenen Keimen durch das Aufbringen von Wirtschaftsdüngemitteln - Literaturrecherche*. Geries-Verlag Göttingen.
- JOERGENSEN R.G., KÜNTZEL H., SCHEU S. & SEITZ D. (1998) Movement of faecal indicator organisms in earthworm channels under a loamy arable and grassland soil. *Applied Soil Ecology* (in press).
- JOERGENSEN R.G. & SEITZ D. (1998) The possibility for depth transfer of faecal indicator organisms in an arable clayic soil. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* (in press).

Ein einfacher Ansatz zur Abschätzung der möglichen Denitrifikation in der Aerationzone

von

VOIGT, H.-J.; MICHEL, R.-J.

1. Problemstellung

- Für die Gefährdung des Grundwassers durch Nitratreinträge können auch Vorgänge in der undurchwurzelten Aerationzone hohe Bedeutung haben (z.B. wirksamer Grundwasserschutz bei großer Mächtigkeit der Aerationzone, hohem Bodenfeuchtegehalt und ausreichend gelöster organischer Substanz). Abbildung 1 zeigt auf der Basis einer Simulationsrechnung, daß in dem dargestellten Profil Denitrifikationsprozesse einen wesentlichen Teil der Nitratdynamik ausmachen. In diesem Fall wurde etwa ein Drittel des aus der Bodenzone ausgetragenen Nitrates vor Eintritt in das Grundwasser innerhalb der undurchwurzelten Aerationzone abgebaut.
- Trotzdem werden, besonders bei flächenhaften Betrachtungen, die Prozesse in dieser Zone oft nicht oder nur mit pauschalen Schätzungen berücksichtigt; Gründe dafür sind hoher Modellierungsaufwand bei hoher Komplexität der Prozesse und/oder ein praktisch kaum realisierbarer Aufwand zur Erhebung notwendiger Parameter.

2. Zielstellung

Entwicklung eines einfachen, auf ein Mindestmaß an notwendigen Parametern reduzierten Modells zur Abschätzung der räumlichen und zeitlichen Verlagerung des Sickerwassers und Nitrates und der Denitrifikation in der Aerationzone.

3. Vorgehensweise (Methodik und Ergebnisse)

Grundgedanke: Berechnungsergebnisse eines Stofftransportmodells werden soweit systematisiert und übertragbar gemacht, daß sie als Richtwerte in einem vereinfachten, reduzierten Modell die Bewertung des Wasser- und Nitrattransportes und des Nitratabbaus in der Aerationzone ermöglichen.

* FUGRO CONSULT GmbH, Wolfener Straße 36, Aufgang K, 12681 Berlin
** Fachhochschule Eberswalde, Möllerstraße 1, 16225 Eberswalde

Dazu wurden folgende Schritte unternommen:

A) Modellierung der Wasser- und Nitratdynamik in der undurchwurzelten Aerationzone für eine breite Palette von Standortbedingungen (pleistozän geprägtes Tiefland) und Randbedingungen mit einem systembeschreibendem Wasser- und Stofftransportmodell (*SIFRONT*).

kurze Kennzeichnung des Modells *SIFRONT*:

- Modellierung des Wassertransportes auf der Basis der Richards- Gleichung für geschichtete Profile
- Modellierung des Nitrattransportes auf der Basis der Diffusions- Dispersionsgleichung sowie des Nitratabbaus (Michaelis- Menten- Kinetik):

Eingangs - Parameter sind der Nitrat-Eintrag aus der Bodenzone, tiefenabhängige Temperaturverläufe, DOC-Gehalt des Sickerwassers, Bodenfeuchte, Transport- und Abbau-Parameter für Nitrat

berechnet werden Nitrat-Profile in der Aerationzone zu bestimmten Zeitpunkten, zeitlicher Verlauf des Nitrat-Austrags in das Grundwasser, zeitlicher Verlauf der Denitrifikation im Profil

Abbildung 1 zeigt die Nitratdynamik in einem Beispielprofil.

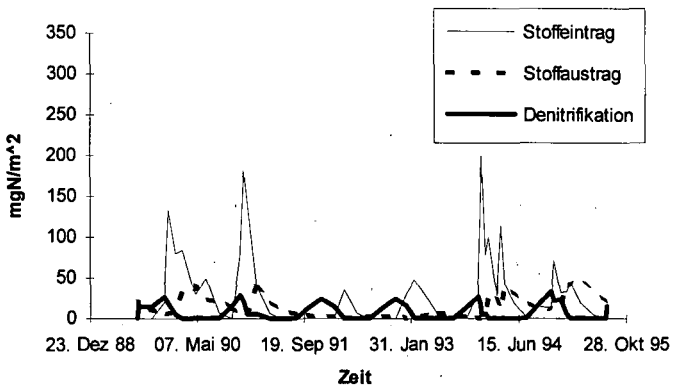


Abbildung 1: Beispiel für den Verlauf der Nitratdynamik in der undurchwurzelten Aerationzone in einem Beispielprofil (Mächtigkeit der Aerationzone 8 m, Sand und schwach lehmige Sande mit 1 m mächtiger Lehmschicht)

B) Die mit dem Modell *SIFRONT* gewonnenen Berechnungsergebnisse werden analysiert, um die Abhängigkeit des Nitrattransportes und Nitratabbaus von den Parametern

- Mächtigkeit und Substrat der Aerationzone (in Schichten),
- Sickerwasserrate,
- Nitratkonzentration des Sickerwassers bei Eintrag in die Aerationzone,
- DOC-Gehalt des Sickerwassers

systematisch beschreiben zu können. Abbildung 2 zeigt ein entsprechendes Beispiel.

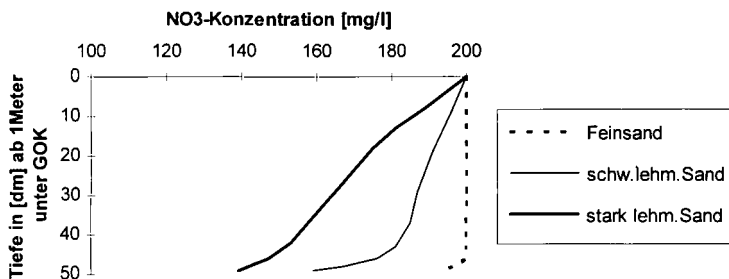


Abbildung 2: Systematische Beschreibung der Abnahme des Nitratgehaltes durch Denitrifikation mit der Profiltiefe in Abhängigkeit von Standort- und Randbedingungen (Beispiel: Mächtigkeit Aerationzone 5 m, DOC-Gehalt 100mg/l, Sickerate 100 mm/a, Nitrat-Ausgangskonzentration 200 mg/l)

C) Aus den nach Pkt. B gewonnenen Informationen zur Beziehung Standort - Nitratdynamik werden Richtwerte der pro Meter in der Aerationzone zu erwartenden Denitrifikation errechnet. Diese Richtwerte stellen das wesentlichste Ergebnis der Berechnungen dar, da durch sie die Voraussetzung geschaffen wurde, um auf einfache Weise für eine Vielzahl unterschiedlicher Standortbedingungen Abschätzungen der Denitrifikation in der Aerationzone vorzunehmen.

Tabelle 1 zeigt beispielhaft einige der genannten Richtwerte.

Tabelle 1: Richtwerte der Reduzierung der Nitratkonzentration durch Denitrifikation [mg/l] pro Meter Sickerstrecke in der Aerationzone

(Beispiel: Bodenart schwach lehmiger Sand, Mächtigkeit Aerationzone 5 m, Bereich oberhalb des Kapillarsaums)

	Sickerwassermenge			
	50 mm/a		200 mm/a	
	Ausgangsnitratkonzentration			
	50 mg/l	200 mg/l	50 mg/l	200 mg/l
DOC-Gehalt				
Sickerwasser				
100 mg/l	1,3	2,0	0	0
200 mg/l	3,0	6,5	2,5	3,5

Bisher lassen sich folgende Standort- und Randbedingungen berücksichtigen:

- Bodensubstrate: Feinsand, schwach lehmiger Sand, stark lehmiger Sand
- DOC- Gehalte im Sickerwasser: 80 bis 220 mg/l
- beliebige Mächtigkeit der Aerationzone
- Eintrag von Wasser und Nitrat aus der Bodenzone für ½ Jahr und Vielfache.

D) Es wurde ein Algorithmus zur Umsetzung der Richtwerte in konkrete Szenarien erarbeitet. Dabei wird von einem piston-flow in der Aerationzone ausgegangen. Die Ermittlung von

Nitratverlagerung und -abbau erfolgt in Abhängigkeit vom Eintrag von Wasser und Nitrat aus der Boden- in die Aerationzone und von den Standortbedingungen auf der Basis der o.g. Richtwerte nach einem Baukastensystem.

4. Anwendungsbeispiel

Die Methodik wurde in einem konkreten Untersuchungsgebiet angewandt, um flächenhaft differenzierte Einschätzungen der Nitratdynamik vornehmen zu können.

Von besonderem Interesse waren hierbei die Ergebnisse bzgl.

- Dauer der Sickerwasserpassage durch die Aerationzone und Ankunftszeit von Sickerfronten im Grundwasser,
- Abschätzung des flächenhaft differenzierten Nitratbaus und der zeitlichen Entwicklung der Nitratgehalte des Sickerwassers im Übergangsbereich zum Grundwasser.

Abbildung 3 zeigt die Nitratreintragsdynamik aus der Aerationzone in das Grundwasser für drei Beispielflächen innerhalb eines größeren Untersuchungsgebietes. Der Sickerwassereintrag aus der Boden- in die Aerationzone, der zum Zeitpunkt '0' begann und über 5 Jahre betrachtet wurde, kommt zu standortbedingt unterschiedlichen Zeitpunkten im Grundwasser an. Die Nitratbelastung des in das Grundwasser eingetragenen Sickerwassers wurde unter Berücksichtigung der Denitrifikation in der Aerationzone ermittelt.

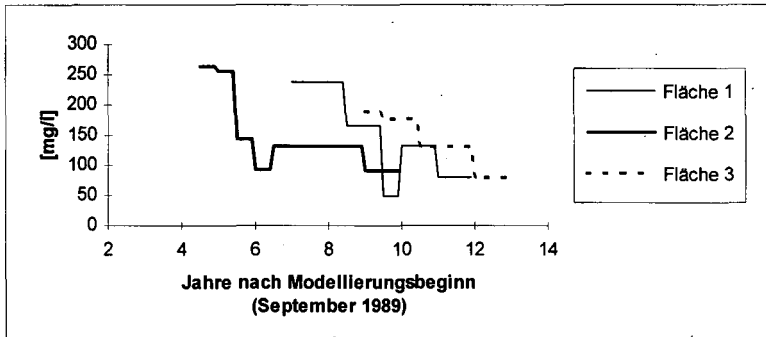


Abbildung 3: Nitratkonzentration im Sickerwasseraustrag Aerationzone-Grundwasserzone in drei Beispielflächen

5. Schlußfolgerungen

- die vorgestellte Methode erlaubt eine Abschätzung der Nitratdynamik in der Aerationzone mit stark verringertem Aufwand gegenüber sonst verfügbaren systembeschreibenden Modellen und einfacher Anwendung,
- die Methode hat sich vor allem für flächenhafte Bewertungen mit einer großen Zahl zu modellierender Fälle bewährt,
- trotz Einfachheit der Methode werden die i.d.R. wesentlichen Parameter des Prozesses berücksichtigt,
- eine Erweiterung des z.Zt. durch Werte abgedeckten Spektrums von möglichen Randbedingungen ist vorgesehen,
- besondere Prozesse (z.B. Wechselwirkungen mit Schwefel, Sauerstoffdiffusion) werden nicht bzw. nur indirekt berücksichtigt; hier existieren z.Zt. noch keine Umsetzungsmöglichkeiten der vorhandenen theoretischen Kenntnisse (Forschungsbedarf), auch fehlen bei praktischen Anwendungen die notwendigen Parameter für extrem komplexe Modelle.

Reliefaktoren zur Anpassung der Tiefenversickerung für Hangstandorte

von

WESSOLEK, G.

1 Einleitung

Für Fachplanungen der Wasserwirtschaft, Ökologie und Raumordnung ist es häufig erforderlich, die jährliche Tiefenversickerung aus dem Wurzelraum abzuschätzen. Da für die Bearbeitung großer Flächen i.d.R. nur wenig und z.T. unscharfe Informationen zur Verfügung stehen, ist ein Verfahren notwendig, das die Informationen der Geologischen Landesämter, des Deutschen Wetterdienstes und der Landesvermessungsämter sinnvoll einbezieht. Ein solches Verfahren sind die Regionalisierungsgleichungen von Renger und Wessolek (1996), die bislang nur für ebene Standorte ausgelegt waren. Um eine Regionalisierung der jährlichen Tiefenversickerung auch für Hangstandorte zu ermöglichen, wurde dieser Ansatz zur Berücksichtigung der Exposition und Hangneigung weiterentwickelt. Zu diesem Zweck wurden sog. „Reliefaktoren“ abgeleitet, die das Verhältnis der Tiefenversickerung ebener zu geneigter Standorte ausdrückt. Innerjährliche Prozesse wie Oberflächenabfluß und Interflow werden bei diesem Verfahren nicht berücksichtigt.

2 Material und Methoden

Zur Ableitung der Reliefaktoren waren folgende Arbeitsschritte notwendig:

1. Geländemessungen von $\Delta\theta$ und ψ als Zeittiefenfunktion an Hangstandorten mit möglichst ähnlichen physikalischen Eigenschaften, um die Meßunterschiede auf die Reliefbedingungen beziehen zu können. Diese Geländearbeiten erfolgten in zwei Gebieten:
 - Adenstedt, Raum Hildesheim, Böden: erodierte Parabraunerden, Kolluvien und Braunerden-Pseudogleye aus Löss und in
 - Bölkendorf, Raum Angermünde, Böden: Pararendzinen, erodierte Parabraunerden und Kolluvien aus Geschiebedecksanden
2. Bestimmung der bodenhydraulischen Funktionen im Labor (Plagge, 1991)
3. Kalibrierung von 2D-Hangmodellen (Wessolek et al., 1994)
4. Berechnung von Fallstudien für unterschiedliche Böden, Nutzungen und Reliefbedingungen
5. Ableitung von Reliefaktoren

3 Ergebnisse

Einfluß des Reliefs (Lokalität, Exposition und Hangneigung)

Für die Jahre 1994 und 1995 wurde für das Testgebiet „Bölkendorf“ die reale Evapotranspiration an verschiedenen Hangpositionen aus Wassergehalts- und Wasserspannungsänderungen als Funktion der Zeit und Tiefe im Wurzelraum berechnet. Abb. 1 stellt im unteren Teil ein N-S Profil durch das Testgebiet dar. Für eine Austrocknungsphase vom 12. bis 19. Mai 1993 (Grünbrache) ist im oberen Teil die mittlere, reale Evapotranspiration (mm/d) für unterschiedliche Hangpositionen und Expositionen dargestellt.

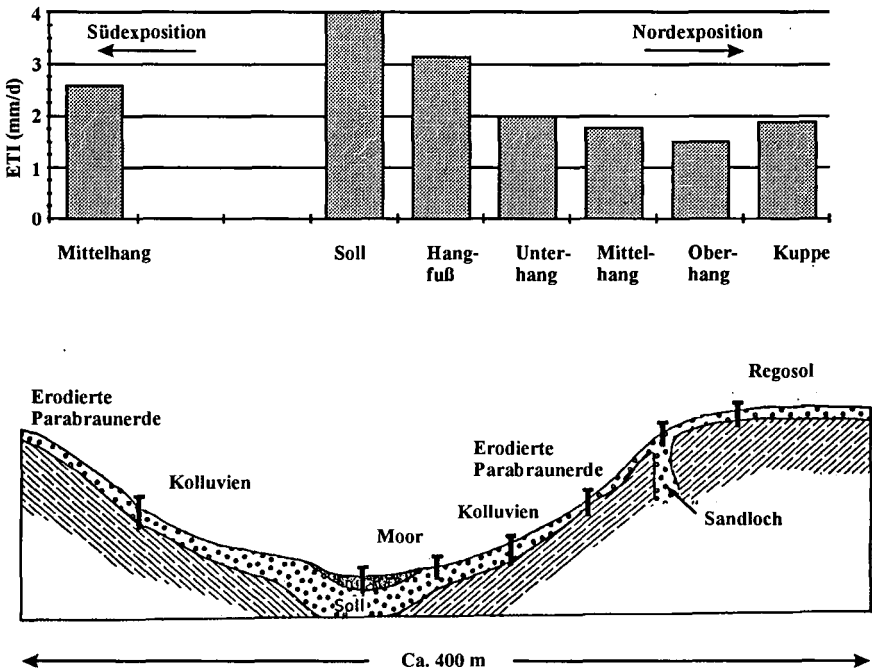


Abb. 1: Mittlere reale Evapotranspiration (mm/d) bei optimaler Wasserversorgung für unterschiedliche Reliefbedingungen im Testgebiet Bölkendorf, Meßzeitraum: 12.5.-19.5. 1993

An den Hangpositionen wurden ganz unterschiedliche Mengen verdunstet wurden, d.h. der Einfluß des Reliefs ist offensichtlich so groß, daß eine differenzierte Betrachtung des Wasserhaushaltes für Hangflächen notwendig ist. Ein Vergleich der beiden Mittelhangstandorte zeigt die deutlich erhöhte Verdunstung auf dem Südhang gegenüber dem Nordhang. Die beiden Stationen sind vom Bodenaufbau, dem Bewuchs und physikalischen Eigenschaften vergleichbar, so dass hier die unterschiedliche Exposition im wesentlichen wirksam waren. Beim Vergleich der anderen Stationen spielen zusätzlich unterschiedlich aufgebaute Bodenprofile und ggf. mikroklimatische Effekte eine erhebliche Rolle. Da eine getrennte Betrachtung der Einflußfaktoren für alle Reliefbedingungen auf der Basis von einzelnen, punktuellen Messungen sehr schwierig ist, wurden aufbauend auf den Labor- (pF, Ku) und Geländebefunden für unterschiedliche Böden, Expositionen und Hangneigungen eine Vielzahl von 2D-Simulationfallstudien durchgeführt, um die Einflüsse auf die Höhe der Tiefenversickerung getrennt zu analysieren. Bei den Berechnungen wurden die nutzbaren Feldkapazitäten im effektiven Wurzelraum von gering (<70 mm) bis hoch (>200 mm) variiert, um den bodenabhängigen Einfluß auf den Wasserumsatz zu ermitteln. Bei diesen Modellberechnungen wurden Angaben zur Temperatur, Luftfeuchte, Niederschläge, Windgeschwindigkeit und Sonnenscheindauer auf Tagesschrittbasis berücksichtigt (Rijtema, 1968). In Abb. 2 ist die mittlere Grundwasserneubildung unter Mais für einen achtjährigen Zeitraum für verschiedene nFK_w und Reliefbedingungen dargestellt.

Der Reliefeinfluß nimmt nichtlinear mit der Hangneigung zu und steigt mit der verfügbaren Wassermenge an. Innerhalb eines kleinen Einzugsgebiets können bei der Tiefenversickerung expositionsbedingte Unterschiede von > 80 mm/a auftreten. Aus diesen Ergebnissen wurden

Reliefaktoren abgeleitet, die den relativen Anstieg (z.B. für Nordhänge) bzw. Abnahme (z.B. für Südhänge) der Grundwasserneubildung gegenüber einer ebenen Fläche ausdrücken.

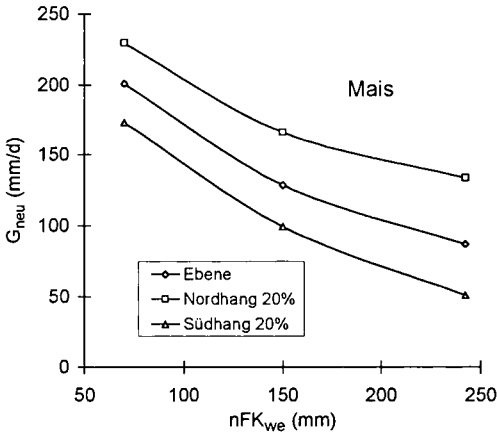


Abb.2: Tiefenversickerung unter Mais für unterschiedliche Böden und Reliefbedingungen unter Ackernutzung in Bölkendorf

In Abb. 3 sind derartige Reliefaktoren als Funktion der nFK_{we} für Mais dargestellt. Ab einer nFK_{we} von >100 mm ist eine deutliche Zu- bzw. Abnahme der Faktoren festzustellen weil die Unterschiede im Strahlungsangebot bei hohem Wasserdargebot besser zum Tragen als bei geringem.

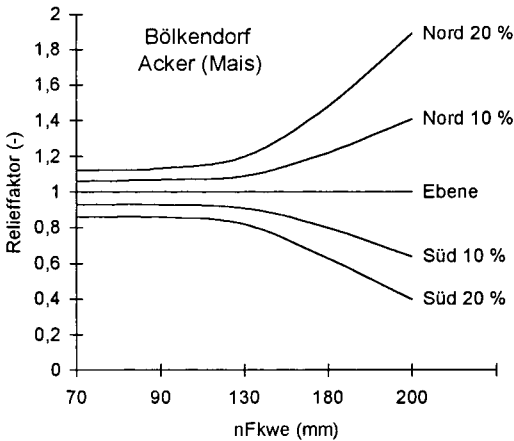


Abb.3: Reliefaktoren, die den relativen Einfluß des Reliefs auf die Tiefenversickerung gegenüber einer ebenen Fläche ausdrücken

Aus theoretischen Überlegungen sowie Erfahrungen im Gelände muß gefolgert werden, daß die Angaben für hohe Hangneigungsstufen mit möglicherweise größeren Fehlern behaftet sind als bei geringen und mittleren Hangneigungen. Allgemein gilt, daß ein Anstieg der Hangneigung auf Südhängen zu einer Abnahme der Versickerung führt, während auf Nordhängen der umgekehrte Prozess abläuft.

Übertragbarkeit: Grundwasserneubildung - Basisgleichungen zur Regionalisierung

Nachfolgend werden multiple Regressionen vorgestellt, die eine flächenhafte Berechnung der Grundwasserneubildung für Karten im Maßstab 1:25000 und 1:50000 unter Einbeziehung des Reliefs ermöglicht. Für die drei wichtigsten Nutzungsformen Acker, Grünland und Nadelwald lauten diese Gleichungen für den Nordostdeutschen Raum mit Jahresniederschlägen bis ca. 850 mm:

$$\text{Acker: } G_{neu} = [0.92 * N_w + 0.61 * N_s - 153 * (\log W_{pfl}) - 0.12 * E_{pot} + 109] * R \quad (r = 0.84)$$

$$\text{Grün.: } G_{neu} = [0.90 * N_w + 0.52 * N_s - 286 * (\log W_{pfl}) - 0.10 * E_{pot} + 330] * R \quad (r = 0.95)$$

$$\text{Wald: } G_{neu} = [0.71 * N_w + 0.67 * N_s - 166 * (\log W_{pfl}) - 0.19 * E_{pot} + 127] * R \quad (r = 0.94)$$

mit N_w :	Winterniederschläge (mm vom 1.10.-31.3.)
N_s :	Sommerniederschläge (mm vom 1.4.-30.9.)
E_{pot} :	potentielle Jahresverdunstung nach HAUDE (mm)
W_{pfl} :	pflanzenverfügbare Wassermenge (mm)
R :	Relieffaktor (-)
r :	Regressionskoeffizient

Bei grundwasserfernen Bedingungen kann $W_{pfl} = nFK_{we}$ gesetzt werden kann. Für grundwasserbeeinflusste Böden muß zusätzlich mit kapillarem Aufstieg gerechnet werden, der nach dem DVWK Merkblatt 238 (1996) abgeschätzt werden kann. Es wäre sinnvoll, dieses Verfahren bei Ackerstandorten zu erweitern, um auch den Oberflächenabfluß zu berücksichtigen. Bislang liegen allerdings keine zuverlässigen, einfach zu handhabenen Schätzverfahren vor, die für die Bearbeitung großer Gebiete geeignet sind. Die erfolgreiche Einbindung dieser Regionalisierungsmethode in GIS konnte am Beispiel des Umlandverbands Frankfurt dokumentiert werden (Klaassen et al., 1994).

Literatur

Klaassen, S, B. Scheele und G. Wessolek, (1994): Entwicklung von Karten in ARC/INFO zu Niederschlag, Verdunstung und Versickerung aus dem effektiven Wurzelraum für das UVF-Gebiet. Salzburger Geographische Materialien, Heft 21, 745-746.

Plagge, R. (1991): Bestimmung der ungesättigten hydraulischen Leitfähigkeit im Böden. Bodenökologie und Bodengene. Heft 3, 144pp.

Renger, M. & G. Wessolek in DVWK Merkblätter zur Wasserwirtschaft Nr. 238 (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen für Jahreswerte, 16-20.

Rijtema, P.E. (1968): On the relation between transpiration, soil physical properties and crop production as a basis for water supply plans. Techn. Bulletin 58, Inst. Land Water Managem. Res. Wageningen.

Wessolek, G., C.H. Roth, R. König & M. Renger (1994): Influence of slope and exposition on water balance of loess soils. Z. Pflanzenernäh. Bodenk., 157,165-173.

Die Auswirkungen waldbaulicher Strategien auf die chemischen Eigenschaften der Bodenfestphase

von

ZIRLEWAGEN, D.; KOHLER, M.; v. WILPERT, K.

1. Einleitung, Material u. Methoden

Waldökosysteme in Mitteleuropa verändern sich infolge anthropogener Einwirkungen zum Teil mit erheblicher Geschwindigkeit. Hierbei differieren die Intensität von Basenausträgen und Versauerungsprozessen in Abhängigkeit von Bestandesstruktur und Baumart (v. WILPERT et al. 1996). Anhand einer kleinräumigen Katasterbeprobung wurden in der Fallstudie Conventwald von strukturellen Effekten (Kronendichte und Baumart) abhängige Verteilungsmuster der chemischen Eigenschaften der Bodenfestphase untersucht.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Westabfall des Mittleren Schwarzwaldes (700 bis 860 m ü. NN, 1400 mm Niederschlag, 6,6°C). Ausgangsgestein sind dunkle Paragneise, aus denen sich tiefgründige, mäßig versauerte Braunerden entwickelt haben.

In vier waldbaulichen Varianten sind 1996/97 Beprobungen der Bodenfestphase durchgeführt worden: in einem 160-jährigen Buchen-Tannen-Mischbestand (nur Buche), in je einem 40-jährigen Stangenholz aus Fichte bzw. Buche, sowie in einem 80-jährigen Fichten-Baumholz.

Da nicht nur ausgewählte Bestandesvarianten miteinander verglichen, sondern auch die kleinräumige Heterogenität der bodenchemischen Ausstattung erfasst werden sollte, erfolgte in einer eingeschränkt zufälligen Auswahl eine Stratifizierung der Bohrpunkte nach den Kronendichtestufen Kronenkernen und Kronenlücken (Abb. 1). Im 40-jährigen Buchenreinbestand mußte jedoch auf diese Differenzierung verzichtet werden, da hier das Kronendach zum Zeitpunkt der Probenahme homogen geschlossen war.

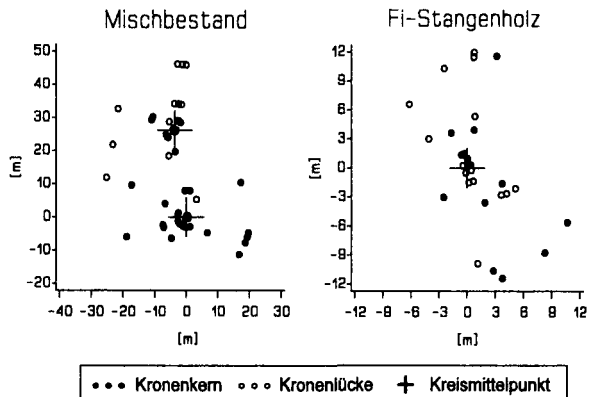


Abb. 1: Überblick über die Lage der Bohrpunkte, beispielhaft für den Mischbestand und das Fi-Stangenholz.

An jedem Bohrpunkt wurde Bodenmaterial bis 100 cm Tiefe mit einem motormanuellem Erdbohrgerät (COBRA) entnommen. Das Substrat wurde in 4 Tiefenklassen eingeteilt (0-20, 21-40, 41-70, 71-100 cm Tiefe). Die Probenaufbereitung und Analyse erfolgte nach BZE-Standardverfahren.

¹ INTERRA, Büro für Umweltmonitoring, In der Petersbreite 47, 79341 Kenzingen

² Universität Freiburg, Institut für Bodenkunde und Waldernährung, 79085 Freiburg

³ FVA Baden-Württemberg, Abteilung Bodenkunde und Waldernährung, Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg

2. Bodenversauerung in Abhängigkeit von der Kronenstruktur

Die Kronendichte zeigt einen signifikanten Einfluß auf die Bodenacidität (Abb. 2). Unter **Fichte** zeigen die **Kronkerne** gegenüber den Kronenlücken eine **pH-Absenkung** um im Mittel bis zu 0.18 Einheiten, während unter **Buche** in diesen Bereichen eine **pH-Anhebung** um durchschnittlich 0.12 - 0.16 Einheiten festzustellen ist. Dies läßt sich mit dem unterschiedlichen Stoff- und Wasserdepositionsverhalten der Buchen- und Fichtenkronen erklären: Bei Fichtenkronen erklären: Bei Fichtenkronen dürfte ein in den Kronenkernebereichen um 1/3 erhöhtes Stoffeintragsniveau

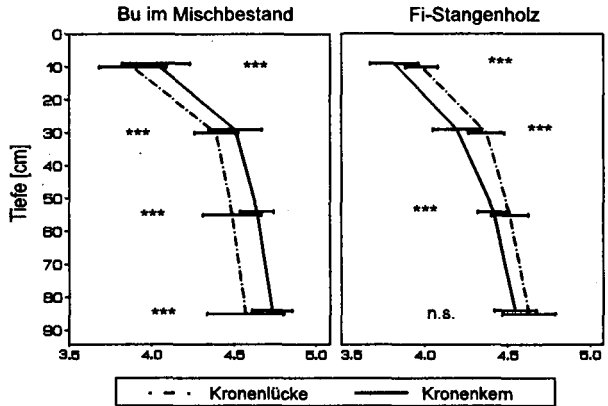


Abb. 2: Einfluß der Kronensituation auf den $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$. Signifikanz nach Dunnett-Test (***: $\alpha = 0.05$).

(v. WILPERT et al. 1996) zu einer Erhöhung der Flußraten an Anionen anorganischer Säuren (z. B. SO_4^{2-}) und damit zu den $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ -Absenkungen unter den Kronenkernen führen. Dagegen scheinen unter Buche⁴ v. a. erhöhte Wasser-Perkolationsraten in Kronenlücken eine Intensivierung der Bodenversauerung zu bewirken. Voraussetzung hierfür ist die verhältnismäßig geringe Stoffanreicherungswirkung der Buchenkronen und die Umverteilung von rund 20 bis 30 % der Stoffdeposition durch den Stammabfluß zum Kronenzentrum hin (v. WILPERT et al. 1996).

3. Einfluß der waldbaulichen Variante auf die Eigenschaften der Bodenfestphase

Beim Bu-Stangenholz fallen gegenüber den anderen Varianten um 20 bis 50 % niedrigere Schwefel-Gesamtgehalte auf (Abb. 4). Dies steht im Einklang mit der baumartenbedingten Differenzierung der Depositionsraten (v. WILPERT et al. 1996). Signifikant sind diese Unterschiede im gesamten Tiefenverlauf (Abb. 3).

Analog verhält sich der Tiefenverlauf der Bodenacidität und Basen- bzw. Aluminiumsättigung (Abb. 3, 4): Die Basensättigung ist unter Fichte rund 2/3 sowie der pH-Wert um bis zu 1.2 Einheiten niedriger als im Bu-Stangenholz. Unterhalb des Hauptwurzelraumes (> 60 cm Tiefe) liegen in allen Varianten mit Ausnahme des Bu-Stangenholzes die $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ -Werte z. T. deutlich unter 5. Als Quelle dieser tiefreichenden Versauerung kommt v. a. atmogene Deposition in Frage. Nach dem pH (Abb. 4) sind die Mineralböden bei allen Varianten vorwiegend dem Austauscherpufferbereich zuzuordnen (ULRICH 1985). Eine Belegung der Kationenaustauscher beim Mischbestand und den Fi-Reinbeständen zu mehr als 90 % durch Aluminium zeigt jedoch, daß in diesen Varianten die Bodenversauerung schon sehr viel stärker durch Auflösung von $-\text{Si}-\text{O}-\text{Al}-\text{Si}-\text{O}-$ Bindungen irreversibel fortgeschritten ist, als die Bodenreaktion allein andeutet. Dagegen zeigen im Bu-Stangenholz signifikant niedrigere Aluminium-Sättigungsgrade (< 90 %) und signifikant höhere Protonen-Sättigungsgrade zwischen 40 und 100 cm Bodentiefe (Abb. 3), daß die Säurepufferung offensichtlich noch sehr viel stärker an variablen Ladungen erfolgt. In 85 cm Tiefe findet sich im

⁴ Bei der Probenahme wurde der Bu-Kronenkernebereich nicht hinsichtlich des Stammablaufes stratifiziert. Der photooptisch ermittelte Kronenkernebereich unter Buche/Mischbestand beträgt mehr als 80 % der Kronenschirmfläche. Daran ist die Versickerungsfläche des Stammablaufes mit deutlich weniger als 10 % beteiligt, so daß bei einer flächenrepräsentativen Auswahl der Probenpunkte eine eher versauernde Wirkung des Stammablaufes bei dieser Untersuchung nicht zum Tragen kommt (Anteil der Probenpunkte im Stammablaufbereich unter 10 %).

0 bis 40 cm Tiefe

Kontrollgr.	Misch			Bu			Fi			Fi-Bh		
	Bu	Fi	Fi-Bh	Misch	Fi	Fi-Bh	Misch	Bu	Fi-Bh	Misch	Bu	Fi
Vergleichsgr.												
pH (H ₂ O)		▲	▲		▲	▲	▽	▽		▽	▽	
pH (KCl)		▲	▲				▽			▽		
C-Gehalt	▲			▽	▽			▲				
N-Gehalt	▲			▽	▽			▲				
S-Gehalt	▲			▽	▽	▽		▲			▲	
P-Gehalt	▲			▽	▽	▽		▲			▲	
C/N					▽			▲				
C/P					▽			▲				
Na-Sättigung	▲	▲	▲	▽			▽			▽		
K-Sättigung												
Ca-Sättigung	▽	▽	▽	▲	▲	▲	▲	▽		▲	▽	
Mg-Sättigung												
Mn-Sättigung		▽	▽		▽		▲	▲		▲		
Al-Sättigung	▲	▲	▲	▽			▽			▽		
Fe-Sättigung												
H-Sättigung	▽	▽		▲			▲					
AK _e	▽	▽			▽	▽	▲	▲			▲	
Basensätt.	▽		▽	▲	▲			▽		▲		

41 bis 100 cm Tiefe

Kontrollgr.	Misch			Bu			Fi			Fi-Bh		
	Bu	Fi	Fi-Bh	Misch	Fi	Fi-Bh	Misch	Bu	Fi-Bh	Misch	Bu	Fi
Vergleichsgr.												
pH (H ₂ O)	▽	▲	▲	▲	▲	▲	▽	▽		▽	▽	
pH (KCl)	▲	▲	▲	▽	▽	▽	▽	▲		▽	▲	
C-Gehalt					▽	▽		▲			▲	
N-Gehalt	▲			▽				▲				
S-Gehalt	▲			▽	▽	▽		▲			▲	
P-Gehalt	▲			▽	▽	▽		▲			▲	
C/N		▽	▽		▽	▽	▲	▲		▲	▲	
C/P												
Na-Sättigung			▲			▲			▲	▽	▽	▽
K-Sättigung	▽		▽	▲						▲	▲	▲
Ca-Sättigung	▽			▲	▲	▲		▽			▽	
Mg-Sättigung	▽			▲	▲	▲		▽			▽	
Mn-Sättigung	▲			▽	▽	▽		▲	▲		▲	▽
Al-Sättigung	▲			▽	▽	▽		▲			▲	
Fe-Sättigung	▽			▲	▲	▲		▽			▽	
H-Sättigung	▽	▽	▽	▲	▲	▲	▲	▽		▲	▽	
AK _e	▽	▽	▽	▲		▽			▲	▲	▲	▲
Basensätt.	▽			▲	▲	▲		▽			▽	

Misch = Bu im Mischbestand
 Bu = Bu-Stangenholz
 Fi = Fi-Stangenholz
 Fi-Bh = Fi-Baumholz

▲ Kontrollgruppe signifikant > Vergleichsgruppe
 ▽ Kontrollgruppe signifikant < Vergleichsgruppe

Abb. 3: Signifikante Unterschiede zwischen den Bestandesvarianten nach Dunnett-Test bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit, jeweils 2 Tiefenstufen zusammengefaßt.

Bu-Stangenholz noch eine Übergangssituation zwischen Silikat- und Austauscherpufferbereich ($pH_{H_2O} = 5.11$, Aluminium-Sättigung < 60 %), in 10 cm Tiefe erfolgt nur in dieser Variante die Säupufferung noch nicht im Aluminium-Pufferbereich (Abb. 4).

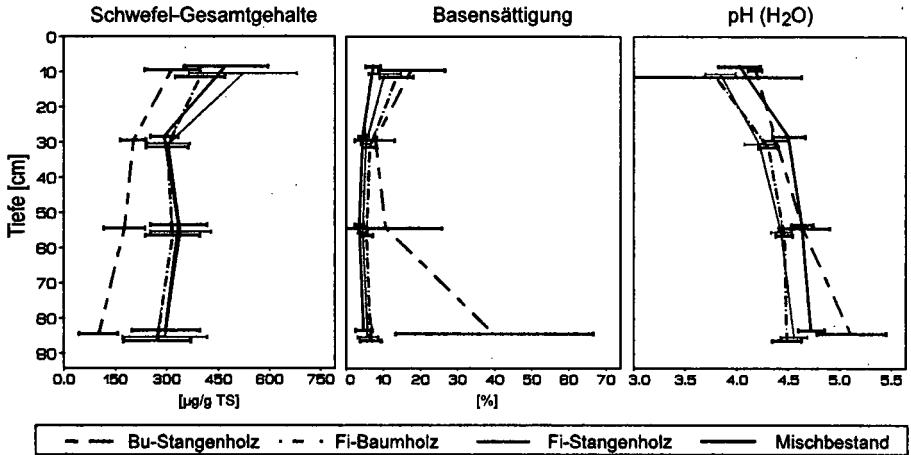


Abb. 4: Tiefengradienten ausgewählter chemischer Parameter der Bodenfestphase. Streubalken = einfache Standardabweichung.

Die Unterschiede im Bodenchemismus zwischen dem 40-jährigen Fi- und Bu-Stangenholz sind bemerkenswert, da beide aus demselben Vorbestand (ein Bu-Ta-Mischbestand) hervorgegangen sind, unmittelbar nebeneinander liegen (Abstand der Leitprofile 50 m) und von denselben ökologischen Startbedingungen vor 40 Jahren ausgegangen werden kann. Eine stärkere Bodenversauerung im Fi-Stangenholz durch eine vom Baumartenwechsel ausgelöste interne Versauerung kann für die heute meßbaren Unterschiede im Bodenchemismus ausgeschlossen werden, da sie zu einer entsprechenden Verminderung des N-Gehalte geführt haben müßten, was nicht der Fall ist (Abb. 3).

Doch auch im 160-jährigen buchenreichen Mischbestand hat sich die bodenchemische Charakteristik in den letzten 4 Jahrzehnten auf niedrigem Niveau nivelliert. Die Ausstattung der Austauscher mit Neutralkationen ist tendenziell sogar noch niedriger als bei den Fi-Varianten (Abb. 4). Allein bei der Bodenacidität zeigen sich noch signifikant günstigere Verhältnisse (Abb. 3, 4).

4. Schlußfolgerungen

In der Fallstudie Conventwald stellen anthropogene Stoffeinträge die wesentliche Triebkraft für die aktuelle Bodenversauerung dar. Die kleinräumige Variabilität der Bodenversauerung läßt sich als struktureller Effekt von Kronendichte- und/oder Baumartenunterschieden erklären.

Offensichtlich befinden sich Böden unter Laubholzbeständen und auf primär gut basenversorgten, aber kalkfreien Ausgangssubstraten unter den in Südwestdeutschland wirkenden Rahmenbedingungen, zumindest teilweise, in einer „Übergangsphase“ der Versauerungsgeschichte, in der depositionsbedingte Verschlechterungen der Standortsqualität mit hoher Dynamik ablaufen.

Literatur

- ULRICH, B. (1985): Natürliche und anthropogene Komponenten der Bodenversauerung. Mitteilgn. d. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 43/1, 159-187.
- VON WILPERT, K.; KOHLER, M. u. ZIRLEWAGEN, D. (1996): Die Differenzierung des Stoffhaushalts von Waldökosystemen durch die waldbauliche Behandlung auf einem Gneisstandort des Mittleren Schwarzwaldes. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- u. Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 197, 94 S. + 40 S. Anhang.

BEITRÄGE

SYMPOSIUM

KOMMISSION VI

und

AG BODENEROSION

Band 85

Heft III

1997

Tunnelerosion auf rekultivierten Flächen - Erklärungsversuch anhand von bodenphysikalischen und bodenmechanischen Kenngrößen

von

BAUMGARTL,Th.; KIRSCH,B.; SHORT,M.

Einleitung

Tunnelerosion ist ein Phänomen, das häufig auf geneigten Hängen rekultivierter Flächen auftritt. Ihre grundsätzliche Ursache liegt in der Tatsache begründet, daß Bodensubstrat homogenisiert und mit z.T. schweren Maschinen (hohen Auflasten) aufgebracht und verarbeitet wird. Der Boden weist dadurch aus ökologisch-physikalischer Sicht ungünstige Eigenschaften wie geringen Strukturierungsgrad, hohen Verdichtungsgrad, wenig Grobporen und geringe Wasserleitfähigkeit auf. Als Folge bestimmter chemischer und physikalisch/mechanischer Bodenzustände (Hangneigung, Chemismus), ist bei Regenereignissen mit einer Destabilisierung zu rechnen, die als Konsequenz vor allem linienhafte oder flächenhafte Erosion nach sich ziehen kann.

Zur Vorhersage über das Austreten und das Ausmaß von Erosion gibt es verschiedenste Modelle und Verfahren, wobei die Vorhersage hinsichtlich der linienhaften Erosion problematisch ist. In der Regel werden zur Erklärung der Prozesse Beobachtungen im Gelände verknüpft mit Untersuchungen zu bodenchemischen und bodenphysikalischen Kenngrößen. Dazu zu zählen sind Faktoren wie: Strukturierungsgrad, Dispergierungsneigung und Wasserleitfähigkeit.

Bei im hängigen Gelände auftretenden Erosionsprozessen kommt jedoch als weiterer Faktor die bodenmechanische Stabilität hinzu, die bei der Erklärung von Bodenerosionsprozessen hinzugezogen werden muß. Mit Auffüllung des Porensystemes mit Wasser bei einem Regenereignis wird nicht nur die Gewichtskraft eines betrachteten Bodenvolumens erhöht, sondern es bildet sich gleichzeitig eine Schubkraftkomponente aus, die in der Regel hangparallel wirkt. Dadurch wird auch die Normalspannung entsprechend der Gültigkeit des Kräfteparallelogramms verringert. Einhergehend mit einer Reduzierung der Scherwiderstände bei Zunahme der Wassersättigung und einer hydraulischen Spannung, die hangabwärts gerichtet ist, kommt das Bodenmaterial im Bereich der geringsten Stabilität, d.h. im wassergesättigten Bereich unter der Bodenoberfläche ins Fließen und löst schließlich die Tunnel- bzw. Rinnenerosion aus.

Zielsetzung der Untersuchungen war es die Überlegungen zur Tunnelerosion anhand von Untersuchungen zu bodenmechanischen, bodenhydrologischen und bodenchemischen Beziehungen zu erklären.

¹ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel, 24118 Kiel

² Norwich Park Mine, Dysart, Australia



³ CMLR, University of Queensland, Brisbane, Australia

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf einer rekultivierten Fläche in Queensland/Australien im subtropischen Klimabereich, auf der ein ausgeprägtes Auftreten von Rillen/Tunnelerosion auftrat, durchgeführt.

Die Eigenschaften der aus 2 unterschiedlichen Materialien (*soil* und *spoil*) aufgebauten Testflächen sind in Tab. 1 beschrieben:

Tab. 1:

	<i>soil</i>	gleich	<i>spoil</i>
Exposition		gleich	
Neigung		gleich	
Substrat	verwitterter Boden (0-30cm) auf tertiärem Substrat		unverwittertes Substrat des Tertiär
Darstellung in Diagrammen			

Der nicht mit Bodenbedeckte Hang (*spoil*) zeigte deutlich ausgeprägte, tiefreichende (bis 1.8m) Rinnen-/Tunnelerosion.

Neben Kennwerten der oberirdischen Biomasse wurden Stechzylinder- und Bodenproben aus verschiedenen Tiefen entnommen, anhand derer die gesättigte Wasserleitfähigkeit, das Drucksetzungsverhalten und die Scherparameter bestimmt wurden. Zusätzlich wurden bodenchemische Untersuchungen durchgeführt. Als Parameter wurden die die Stabilität in erster Linie kennzeichnenden Kenngrößen organische Substanz (Corg), Kationenaustauschkapazität (KAK) sowie der Anteil austauschbaren Natriums (ESP) bestimmt.

Die Bodenproben wurden aus den Tiefen 0, 25 und 50 cm entnommen bzw. für die Scherversuche gestörtes Material aus dem Bereich 0-20 und 20-50 cm.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, daß sich die beiden Untersuchungsflächen *soil* und *spoil* weder mit der Tiefe noch untereinander hinsichtlich des Gehaltes an organischer Substanz und der KAK unterscheiden. Die relativ hohen Gehalte an Corg dürfte auf Kohlestaubbeimengungen im Material zurückzuführen sein. Unterschiede zeigen sich jedoch in den Gehalten an Na^+ am Austauscher. Auf der Fläche *spoil* sind die Gehalte an ESP bereits oberflächlich sehr hoch und nehmen mit der Tiefe zu. Auf der Fläche *soil* dagegen sind diese Gehalte im obersten Bereich sehr gering und gleichen sich mit der Tiefe bei Vermischung bzw. im Übergang in das Material des *spoil* an dessen Werte an (Abb. 1a-c).

Die bodenphysikalischen Kennwerte für die Lagerungsdichte (Abb. 2) zeigen sehr hohe Werte auf der Teilfläche *soil*, die mit der Tiefe zunehmen. Im Material *spoil* sind diese Werte im oberen Bereich deutlich niedriger, nehmen aber auch hier mit der Tiefe zu.

Die Werte für die gesättigte Wasserleitfähigkeit (Abb. 3) verhalten sich in etwa analog zur Lagerungsdichte. In der Tiefe '0cm' der Fläche *spoil* sind die Leitfähigkeiten am höchsten und

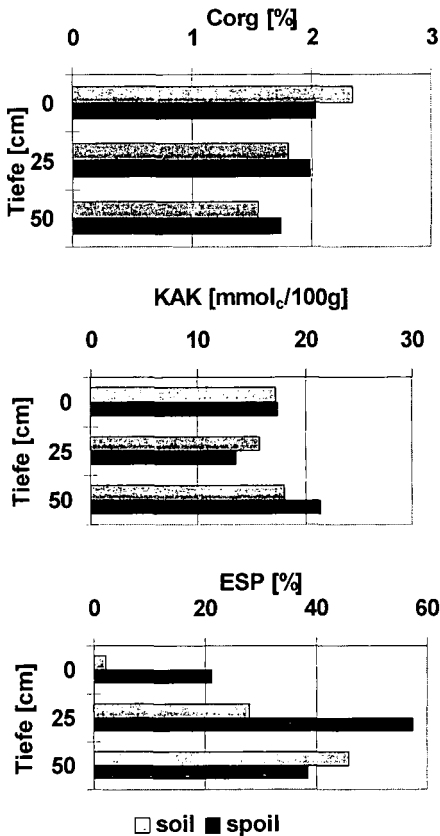


Abb. 1a-c: Tiefenverteilung des Gehaltes an organischer Substanz, KAK und ESP für *soil* und *spoil*

nehmen mit der Tiefe um über 5 Zehnerpotenzen ab. Das gleiche Bild zeigen die Werte für die Fläche *soil*. Die hohen Leitfähigkeiten in der obersten Tiefe bei gleichzeitig hoher Lagerungsdichte weisen zusätzlich auf eine ausgeprägte Struktur mit hoher Kontinuität hin. Niederschläge können daher sehr schnell in den Boden infiltrieren, führen aber mit der Tiefe zu Wasserstau.

Dadurch entsteht ein instabilerer Zustand, der schließlich bei Überschreitung der Scherwiderstände zur Bodenbewegung führt. Die bodenmechanischen Kennwerte zur Stabilität zeigen für die Kohäsion (Abb. 4a) keine Unterschiede zwischen den beiden Flächen. Ursache hierfür dürfte in der Untersuchung von gestörtem Material zu suchen sein, denn für das Material *soil* wurde aufgrund der bodenphysikalischen Untersuchungen ein hoher Strukturierungsgrad erkannt, der in der Regel mit hohen Werten für die Kohäsion einhergeht. Jedoch werden für den Scherparameter Winkel der Inneren Reibung Unterschiede ermittelt (Abb. 4b). Im Material *soil* ist der Reibungswinkel für das Bodenmaterial aus dem oberen Bodenbereich deutlich

höher als mit zunehmender Tiefe bzw in gleicher Tiefe der Untersuchungsfläche *spoil*. Entscheidend für die Destabilisierung sind damit die sehr geringen Scherwiderstände, hervorgerufen durch die hohen ESP-Gehalte im Material *spoil*, da hier durch Hydratisierung der Bodenpartikel die Reibungswinkel entscheidend reduziert werden. Bei Regenereignissen ist auf beiden Flächen mit einer hohen Infiltration zu rechnen. Für beide Untersuchungsflächen unterscheidet sich dabei das Tiefenprofil der gesättigten Wasserleitfähigkeiten nicht, die Leitfähigkeiten nehmen mit der Tiefe stark ab. Es kommt zur Wassersättigung und aufgrund der Wassermasse zu hangparallel abwärts gerichteten hydraulischen Spannungen. Aufgrund der sehr geringen Scherwiderstände der Fläche *spoil* ist aber wesentlich früher eine Bodenmobilisierung möglich, die schließlich zu unterirdischer Erosion und Rinnenerosion führt.

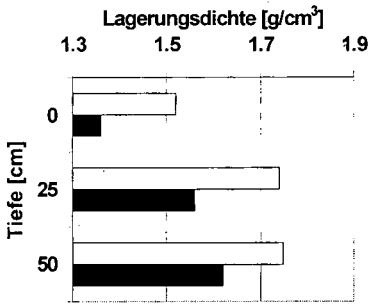


Abb. 2: Tiefenverteilung der Lagerungsdichte von *soil* und *spoil*

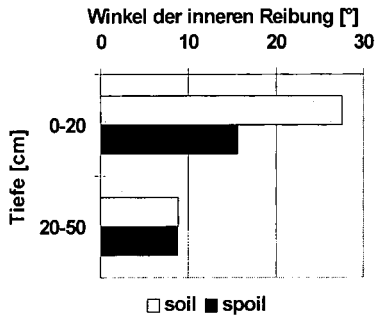
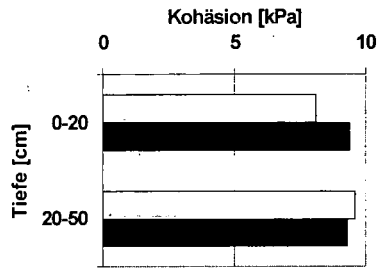


Abb. 4a,b: Scherparameter Kohäsion und Winkel der inneren Reibung für 2 Tiefenbereiche des *soil* und *spoil*

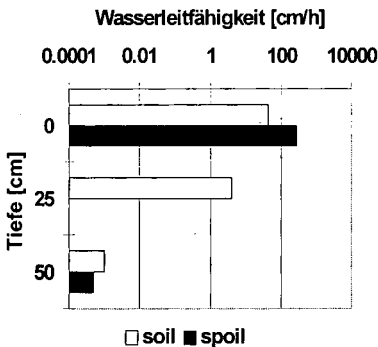


Abb. 3: Tiefenverteilung der gesättigten Wasserleitfähigkeit von *soil* und *spoil*

Schlußfolgerung

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß unter Zuhilfenahme von bodenmechanischen Kennwerten Destabilisierungs- und Erosionsprozesse, die durch bodenchemische oder gegebenenfalls auch bodenphysikalische Eigenschaften bedingt sind, erklärt werden können. Durch die Kombination aller die Stabilität beeinflussenden und beschreibenden bodenchemischen, bodenphysikalischen und bodenmechanischen Faktoren läßt sich damit eine aussagekräftige Kenntnis zur Frage von Erosion erzielen. Der Inhalt der Erkenntnisse dieser prozeßorientierten Untersuchungen lassen sich auch auf andere Klimabereiche übertragen.

Verwertung von Grünguthäcksel zur Verminderung der Bodenerosion

von

BRANDT,M.; WILDHAGEN,H.

Einleitung

Grünschnitt aus Gärten und Parkanlagen wird nach dem Schreddern unkompostiert auf Ackerflächen ausgebracht. Damit ist dieser Bioabfall (BMU, 1996) ein Sekundärrohstoffdünger, dessen Nutzwirkung untersucht wurde. Ein Schwerpunkt der Forschung lag in der Bewertung der strukturverbessernden Wirkung des Grünguthäcksel (GGH) und in der Verminderung der Bodenerosion.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen des Einflusses der GGH- bzw. Kompostanwendung auf die Bodenerosion wurden an zwei Lößstandorten Beregnungspartellen von jeweils 8,1 m² (1,8 m x 4,5 m) angelegt. Mit einem Regensimulator nach KAINZ und EICHER (1990) wurde 60 min bei 62,7 mm/h beregnet.

Beim Standort „Boomsweg“ handelte es sich um eine erodierte Parabraunerde mit Schwarzerdevergangenheit (Ut4, 5-7% Gefälle). GGH wurde zum einen vor der Saat in Mengen von 50 und 100 m³ FM/ha auf den gepflügten Acker ausgebracht. Bei der Aussaat wurde der GGH mit einer Kreiselegge ca. 10 cm tief in den Boden eingearbeitet. Zum anderen erfolgte die GGH-Anwendung nach der Saat in den gleichen Mengen. Hierbei blieb der GGH als Mulchschicht auf der Bodenoberfläche liegen.

Der Standort „Saurasen“ war ein Pseudogley (Ut3, 5-6% Gefälle) an dem der GGH und Bioabfallkompost (Fertigkompost, 20 mm) bei gefrorenem Boden in den Winterweizenbestand ausgebracht wurde. Der Boden war zum Zeitpunkt der Ausbringung bereits stark verschlämmt. Folgende Varianten wurden beregnet: unbehandelte Variante, 100 m³ GGH FM/ha, 10 t Kompost TS/ha.

Die Bodenfeuchte der Bodenoberfläche des Standortes „Boomsweg“ ist in Tab.1 wiedergegeben. Am Standort „Saurasen“ erfolgten die Beregnungen im März nach dem Auftauen des Boden zu einem Zeitpunkt an dem bei allen Varianten der Boden bis auf Feldkapazität aufgesättigt war.

Tab. 1: Bodenwassergehalte in der Tiefe 0-1 cm vor Beregnungsbeginn in Abhängigkeit von der Grünguthäcksel-Anwendungsmenge und dem Anwendungszeitpunkt. „Boomsweg“

Anwendungsmenge	m ³ FM/ha	0	50	50	100	100
Anwendungszeitpunkt			Vorsaat	Vorsaat	Nachsaat	Nachsaat
			(eingearbeitet)		(nicht eingearbeitet)	
Wassergehalt	Gew.-%	16,61	16,87	13,84	17,42	21,63

* Fachgebiet Bodenkunde, Universität Gh Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, D-37213 Witzenhausen
Tel.: 05542 - 98 1607, e-mail: brandt@wiz.uni-kassel.de, wildhagn@wiz.uni-kassel.de

Ergebnisse und Diskussion

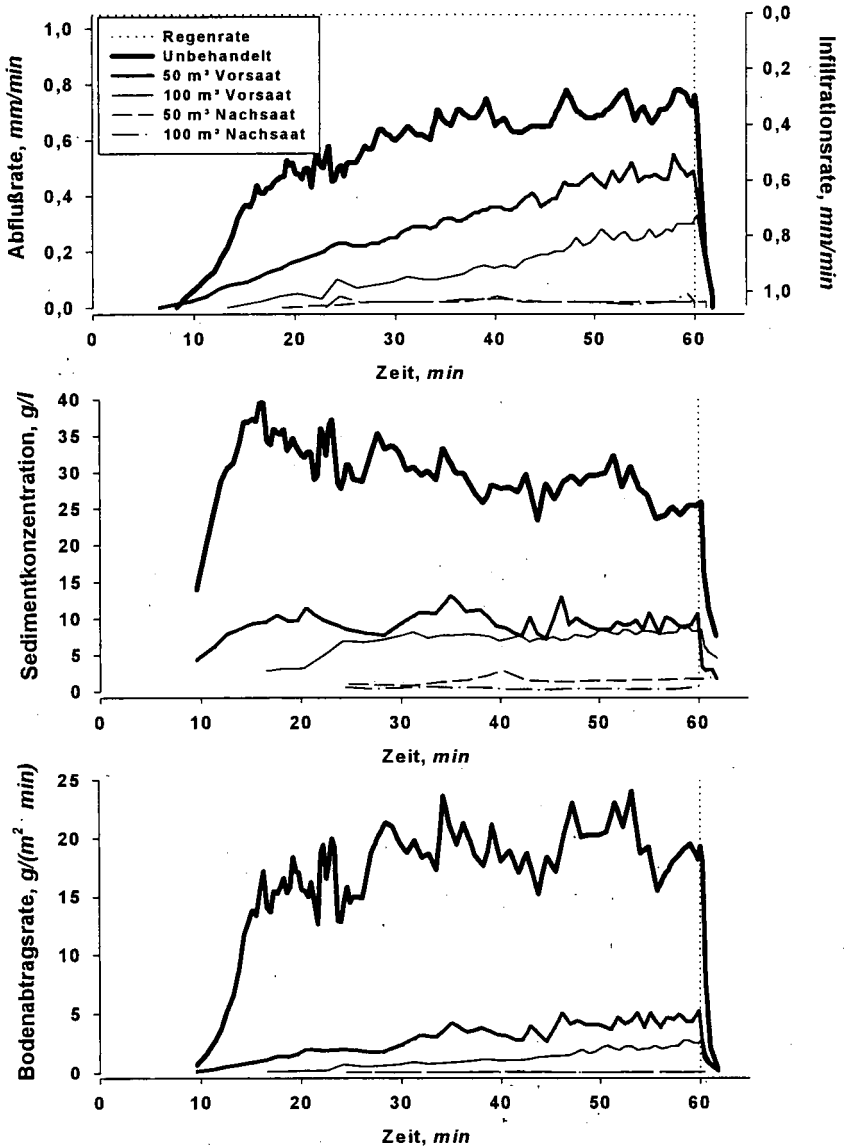


Abb. 1: Abfluß- und Infiltrationsrate, Sedimentkonzentration im Oberflächenabfluß und Bodenabtragsrate bei simuliertem Starkregenereignis bei unterschiedlicher Anwendungsmenge und -zeitpunkt von Grünguthäcksel zu Zuckerrüben. Standort „Boomsweg“

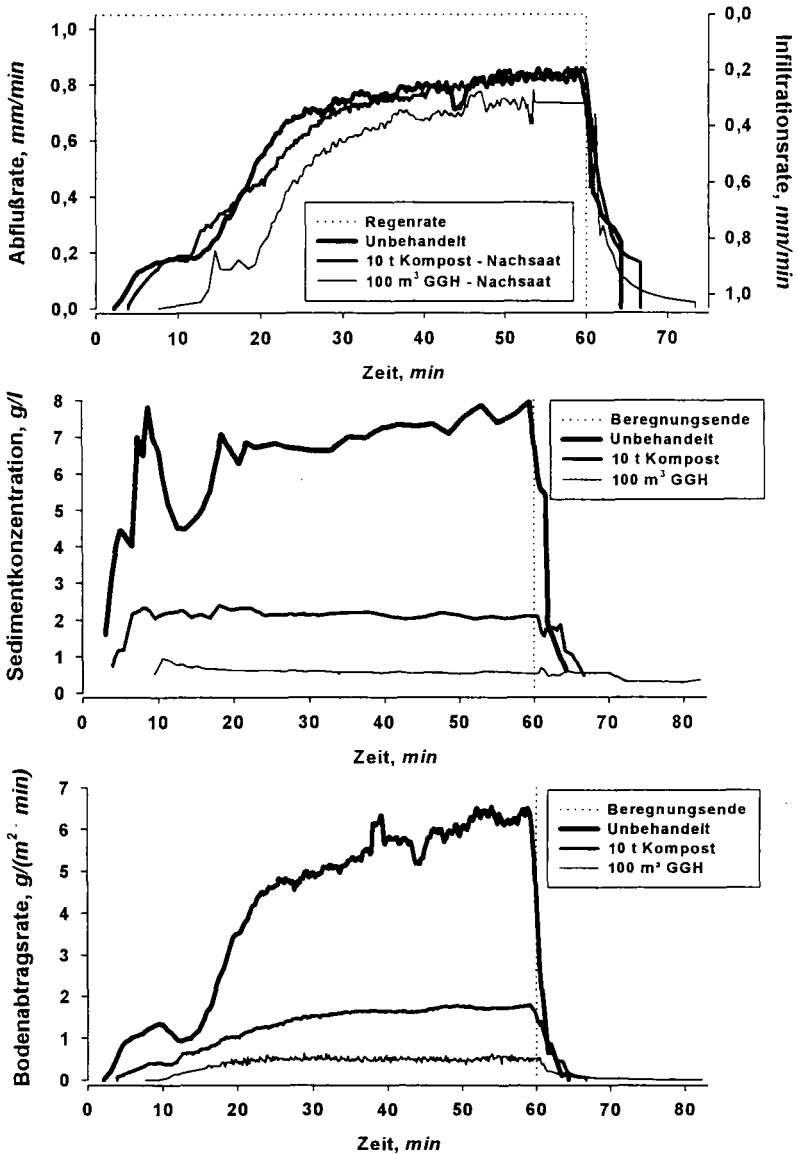


Abb. 2: Abfluß- und Infiltrationsrate, Sedimentkonzentration im Oberflächenabfluß und Bodenabtragsrate bei simuliertem Starkregenereignis nach Anwendung von Grünguthäcksel und Kompost zu Winterweizen. Standort „Saurasen“

Die Beregnungsversuche zu Zuckerrüben am Standort „Boomschweg“ zeigten mit zunehmender Anwendungsmenge von GGH eine Verzögerung des Abflußbeginns sowie eine Reduzierung der Sedimentkonzentration und der Bodenabtragsrate (Abb. 1). Wurden diese Parameter bereits bei einer GGH-Anwendung vor der Saat (Einarbeitung des GGH) verzögert bzw. gesenkt, so erhöhte sich der erosionsmindernde Effekt bei einer GGH-Anwendung nach der Saat, bei der der GGH als schützende Mulchschicht an der Bodenoberfläche verblieb. Die deutliche Zunahme des Oberflächenabflusses bei der unbehandelten Variante ist nach BRANDT (1997) die Folge der Oberflächenverschlämzung durch den Regentropfenaufschlag, die besonders bei der GGH-Anwendung nach der Saat erheblich reduziert wurde (BRANDT und WILDHAGEN, 1998). Bereits eine Anwendungsmenge von 50 m³ GGH FM/ha als Auflage führte auf den Beregnungsparzellen zu keiner nennenswerten Erosion. Ob dieses Ergebnis auch bei größeren Hanglängen bestand hat, müssen Ergebnisse in der Praxisanwendung zeigen.

Am Standort „Saurasen“ war die vor einer Verschlämzung schützende Wirkung des GGH für die Bildung von Oberflächenabfluß nicht mehr entscheidend, da hier der Boden vor der GGH-Anwendung bereits stark verschlämmt war. Erhalten blieb aber, wie am Standort „Boomschweg“, ein deutlich verzögerter Abflußbeginn (Abb. 2). Die GGH-Auflage erhöhte nicht nur die Oberflächenrauigkeit, sondern schuf ein ungerichtetes Mikrolief, das nach einsetzendem Oberflächenabfluß durch kleinräumige Umverteilung des GGH in ein gerichtetes Mikrolief überging. Dieses hat nach HELMING (1992) ein erhöhtes Muldenspeichervolumen zur Folge. Der längere „afterflow“ der GGH-Variante ist die Folge der langsamen Entleerung des in Mulden gespeicherten Niederschlagswassers. Bei der Kompostanwendung war kein nennenswerter Einfluß auf die Abflußbildung zu erkennen, wohl aber auf die Sedimentretention, die sich in einer reduzierten Sedimentkonzentration im Oberflächenabfluß äußerte. Durch das unkompostierte Strukturmaterial, dem GGH, wurde deutlich mehr Sediment zurückgehalten als durch die Anwendung von kompostiertem Material.

Die Anwendung von GGH zu Mais - einer weiteren die Erosion fördernde Kultur - wurde von BRANDT und WILDHAGEN (1996) untersucht und die erosionsmindernde Wirkung des GGH bestätigt.

Literatur

- BMU, 1996: Verordnung über die Verwertung von biologisch abbaubaren Abfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Flächen (BioKompV). - Entwurf. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Stand: 16. Dezember 1996
- BRANDT, M., 1997: Grünguthäcksel-Verwertung zur Vermeidung von Bodenerosion und Nährstoffaustrag. - Boden und Landschaft. Band 18. Gießen. (in Druck)
- BRANDT, M. und WILDHAGEN, H., 1996: Grünguthäcksel verhindert Bodenerosion. - Mais 24, 150 - 152
- BRANDT, M. und WILDHAGEN, H., 1998: Grünguthäcksel-Verwertung zur Vermeidung von Bodenerosion. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung. (in Druck).
- HELMING, K., 1992: Die Bedeutung des Mikroliefs für die Regentropfenerosion. - Bodenökologie und Bodengenese. Heft 7. TU Berlin.
- KAINZ, M. und EICHER, M., 1990: Der Weihenstephaner Schwenkdüsenregner. - Unveröffentlichtes Manusript.

Neuer S- und L-Faktor für die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG)

von

FELDWISCH,N.; FREDE,H.-G.

1. Einleitung

Die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG) (Schwertmann et al. 1990), die auf der Universal Soil Loss Equation (USLE) (Wischmeier & Smith 1978) basiert, schätzt den Bodenabtrag anhand sechs empirisch ermittelter Faktoren. Die ABAG wird auf der Planungs- und Beratungsebene eingesetzt, da sie aufgrund ihrer einfachen Struktur und ihres vergleichbar geringen Datenbedarfs den Bedingungen der Bodenschutzpraxis entspricht. In wissenschaftlichen Arbeiten wird sie auch auf Einzugsgebietsebene angewendet, wobei sie als Teilmodul in sogenannten analytischen Simulationsmodellen für die Berechnung des Bodenabtrags herangezogen wird. Die ABAG ist trotz ihrer empirischen Ableitung und der damit verbundenen Schwierigkeiten im Hinblick auf die Übertragbarkeit immer noch ein aktuelles Instrument zur Abtragungsschätzung, da alternativ anwendbare physikalisch begründete Simulationsmodelle meist überparameterisiert sind und auf Einzugsgebietsebene auch häufig keine genaueren Schätzergebnisse liefern (Grunwald 1997). Vor diesem Hintergrund sind Verbesserungen der ABAG/USLE hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit weiterhin sinnvoll.

Der Bodenabtrag wird maßgeblich durch die Hangneigung bestimmt (Auerswald 1987). Der Einfluß der Hangneigung auf den Bodenabtrag wird in der ABAG mit dem S-Faktor beschrieben, der eine dimensionslose Größe ist und den Bodenabtrag eines beliebig geneigten Hangs relativ zum Standarthang mit 9 % Gefälle angibt, wobei S bei 9 % Gefälle gleich 1 ist. Der S-Faktor der ABAG wird mit einer polynomischen Funktion 2. Grades ($S = 65.41 \sin^2 \alpha + 4.56 \sin \alpha + 0.065$; Gl. [1]) berechnet, die unverändert aus der USLE übernommen wurde. Die Hanglänge hat einen wesentlich geringeren Einfluß auf den Bodenabtrag. Der dimensionslose Hanglängenfaktor L berechnet sich aus dem Verhältnis zwischen aktueller Hanglänge und Standarthanglänge mit 22.13 Metern, wobei noch ein gefälleabhängiger Exponenten „m“ berücksichtigt wird ($L = [l/22.13]^m$; Gl. [2]; l = aktuelle Hanglänge in Meter; „m“ = 0.15 - 0.50 (Abb. 1); L = 1 bei aktueller Hanglänge von 22.13m).

Anlaß für die vorliegende Untersuchung waren Änderungen der Berechnungsgrundlage für den S- und L-Faktor, wie sie in der Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) vorgenommen wurden (McCool et al. 1987 u. 1989, Renard et al. 1991). So differenziert die RUSLE zwischen der Gesamt-, Zwischenrillen- und Rillenerosion (englische Synonyme: gross erosion, interrill erosion und rill erosion) und gibt für jede dieser Erosionsformen eigenen S-Formeln an:

Gesamterosion	$S_g = 10.8 \cdot \sin \alpha + 0.03$	< 9 % Gefälle	[3]
	$S_g = 16.8 \cdot \sin \alpha - 0.50$	≥ 9 % Gefälle	[4]
Zwischenrillenerosion	$S_i = 3.0 \cdot \sin \alpha^{0.8} + 0.56$		[5]
Rillenerosion	$S_r = \sin \alpha / 0.0896$		[6]

Die ABAG/USLE nimmt diese Differenzierung nicht vor; die o.g. S-Formel [1] gilt ausschließlich für die Gesamterosion. Für die Gesamterosion werden von der RUSLE zwei unabhängige S-Formeln für die Gefällebereiche < 9 % und ≥ 9 % Gefälle angegeben; diese S-Formeln [3] und [4] werden zur Berechnung des eigentlichen S-Faktors der Abtragungsgleichung herangezogen. Das Verhältnis der S-Faktorwerte für die Rillen- und Zwischenrillenerosion dient der Berechnung des Hanglängensexponenten „m“ für den L-Faktor (vgl. [2]):

$$L\text{-Faktor} \quad m = (\beta/[1+\beta]) \quad (\text{vgl. Abb. 1}) \quad [7]$$

$$\beta = S_r / S_i$$

Entsprechende Änderungen in der ABAG stehen noch aus. Vor diesem Hintergrund sind die Zielsetzungen dieses Beitrags (vgl. Feldwisch 1995)

¹ Büro für angew. Boden- und Gewässerkunde, Auf dem Kamm 23, 51427 Bergisch Gladbach

² Institut für Landeskultur, Senckenbergstraße 3, 35390 Gießen

- Bewertung der Übertragbarkeit der S-Faktor-Gleichungen der ABAG/USLE bzw. der RUSLE
- Ableitung neuer S-Formeln für unterschiedliche Erosionsformen zur Verbesserung der Übertragbarkeit
- Einführung einer neuen Berechnungsgrundlage für den Hanglängenexponenten „m“.

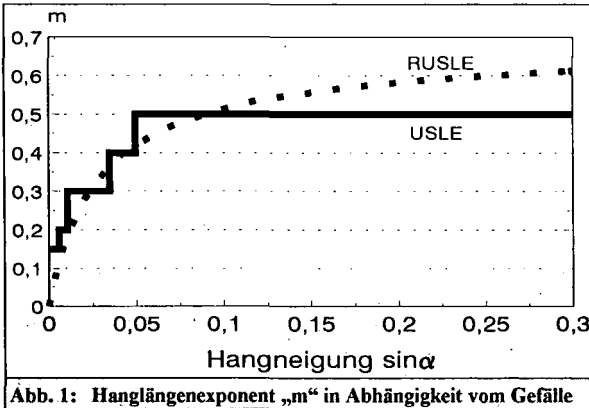


Abb. 1: Hanglängenexponent „m“ in Abhängigkeit vom Gefälle

2. Methodik

Die Ableitung neuer S-Formeln wurde anhand einer Literaturstudie vorgenommen. Nach Verwerfung aller „Nicht-Standardparzellen-Ergebnisse“ gelangten rund 240 Ergebnisse von 40 Autorengruppen in die Auswertung. Die Datenselektion wurde durchgeführt, da die häufig beschriebenen Interdependenzen zwischen Einzelfaktoren der ABAG eine weitestgehend getrennte Erfassung des Einflusses der Einzelfaktoren notwendig macht (Wischmeier 1977). Aus diesem Grund wurden alle Ergebnisse, die auf konturbearbeiteten,

pflanzenbestandenen und nicht in Saatbettsituation untersuchten Parzellen erhoben wurden, von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Anschließend wurde dieser Datenbestand in die Erosionsformen Gesamt-, Zwischenrillen- und Rillenerosion differenziert. Um den Einfluß der jeweiligen Versuchseinstellungen auf das Abtragsniveau auszuschließen, wurden die realen Abtragswerte in relative Abtragswerte umgerechnet, wobei die relativen Abtragswerte bei 9 % gleich 1 gesetzt wurden. Diese relativen Abtragswerte wurden in der statistischen Auswertung zur Ableitung neuer S-Formeln berücksichtigt (Feldwisch 1995).

3. Ergebnisse

Die Übertragbarkeit der S-Formeln der ABAG bzw. RUSLE auf Bedingungen, die über die jeweilig zugrundeliegenden Versuchsbedingungen hinausgehen, ist nicht sichergestellt. Folgende Kritikpunkte sind zu nennen:

- S-Formel der ABAG/USLE: Ergebnisse von nur vier Standorten; Gefällebereich nur zwischen 3 % und 18 %; Ergebnisse durch Konturbearbeitung und Pflanzenbestand beeinflusst; Überschätzung des Bodenabtrags im Gefällebereich ab ca. 15 % Neigung (Wischmeier et al. 1958, Feldwisch 1995, Gündra et al. 1995)
- S-Formeln der RUSLE: jeweils Ergebnisse von Einzelstandorten; geringes Bodenarten- und Gefällespektrum; z.T. Ergebnisse durch Pflanzenbestand beeinflusst; zur Überprüfung wurden von McCool et al. (1987) Ergebnisse von z.T. konturbearbeiteten oder pflanzenbestandenen Parzellen herangezogen
- L-Formel bzw. „m“ der USLE/ABAG: stufenweise Anhebung des Hanglängenexponenten „m“ (Abb. 1) führt zu gleichartigen Sprüngen beim geschätzten Bodenabtrag, was fachlich nicht haltbar ist

Die gute empirische Absicherung der ABAG/USLE bzw. RUSLE, die mit den zugrundeliegenden 10000 Parzellenjahren begründet wird, fehlt vor dem Hintergrund der aufgeführten Kritikpunkte für den sensitivsten Faktor der Abtragsgleichung, den S-Faktor. Auch für den L-Faktor der RUSLE bestehen Unsicherheiten; der prozessorientierte Ansatz, daß gefälleabhängige Verhältnis zwischen Rillen- und Zwischenrillenerosion zur Berechnung des Exponenten „m“ heranzuziehen, wird durch die fehlende empirische Absicherung der zugrundeliegenden S-Faktor-Gleichungen [5] und [6] konterkariert. Folglich sind Fehlschätzungen des Bodenabtrags durch den S- und L-Faktor sowohl der ABAG/USLE als auch der RUSLE nicht auszuschließen.

Abb. 2 zeigt die neu abgeleiteten S-Formeln [8] und [9] für die Gesamterosion, wobei in Anlehnung an die RUSLE der Datenbestand in die Gefällebereiche < 9 % Neigung und ≥ 9 % Neigung unterteilt ist. Zum Vergleich ist der S-Faktor-Graph der RUSLE mitaufgeführt. Beide neuen S-Faktor-Gleichungen basieren auf einer breiten Datenbasis: Im Vergleich zur RUSLE jeweils größerer Stichprobenumfang von rund 20 Standorte, größeres Bodenartenspektrum von Sand-, Schluff- bis Tonböden, größeres Gefällespektrum. Im Gegensatz dazu stammen die RUSLE-S-Formeln [3] und [4] beide von Einzelstandorten (vgl. Feldwisch 1995).

Zwischen den neuen S-Formeln [8] und [9] und den RUSLE-S-Formeln [3] und [4] treten keine wesentlichen

Differenzen auf. Trotzdem wird aufgrund der verbesserten Datenbasis die Anwendung der S-Formel [8] anstelle der RUSLE-S-Formel [3] empfohlen. Für den Gefälle $\geq 9\%$ wird unter Vorbehalt die Anwendung der RUSLE-S-Formel [4] empfohlen, da die neue S-Formel [9] mit einem Bestimmtheitsmaß von 0.45 nicht hinreichend genug abgesichert ist.

Auch für die Zwischenrillenerosion gilt, daß die neue S-Formel [10] im Vergleich zur RUSLE-S-Formel [5] auf einer wesentlich breiteren Datenbasis beruht. Insofern wird die Anwendung der neuen S-Formel [10] anstatt der RUSLE-S-Formel empfohlen (vgl. Abb. 3).

Für die Rillenerosion liegen sehr wenig Ergebnisse vor, so daß von der Ableitung einer neuen S-Formel für die Rillenerosion abgesehen wird. Insofern kann bis auf weiteres nur die S-Formel [6] der RUSLE für die Rillenerosion weitergenutzt werden.

In Abb. 4 werden die Auswirkungen der veränderten Berechnungsgrundlage der S-Formeln und des Hanglängenexponenten „m“ auf die Sensitivität der Einzelfaktoren bezüglich der Abtragsschätzung wiedergegeben. Dabei wurden in Anlehnung an Auerswald (1987) die relative Veränderung des Bodenabtrags in Abhängigkeit von Änderungen der Einzelfaktorwerte halblogarithmisch dargestellt. Der relative Abtrag ist gleich 1 gesetzt bei einem Gefälle von 9%, einer Hanglänge von 22.13m, einem C-Faktor von 0.18, einem K-Faktor von 0.3 und einem R-Faktor von 50 N/h. Darüber hinaus wird zwischen dem Einfluß des unveränderten S- bzw. L-Faktors der ABAG und dem neuen S-Faktor nach Formel [4] und [8] sowie dem neuen L-Faktor nach dem RUSLE-Berechnungsansatz für „m“ (Gl. [7]) in Verbindung mit den S-Formeln [6] und [10] differenziert.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, daß die Hangneigung der sensitivste

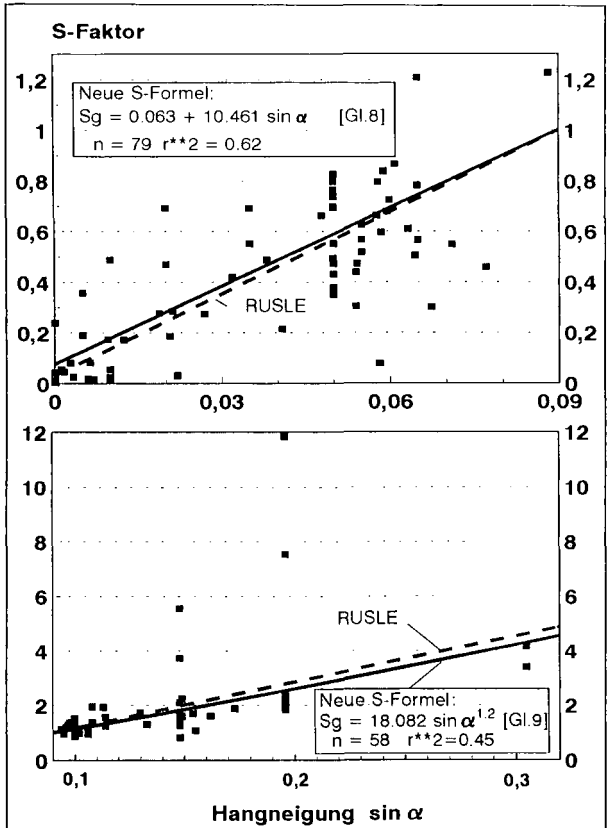


Abb. 2: Neue S-Formeln für die Gesamterosion

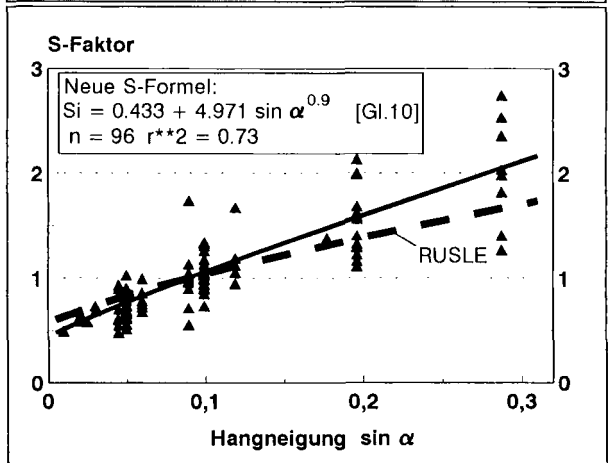


Abb. 3: Neue S-Formel für die Zwischenrillenerosion

Faktor bei der Abtragsschätzung ist und auch nach den Änderungen bleibt. Im praxisüblichen Schwankungsbereich der Faktoren nimmt der Bodenabtrag in Abhängigkeit vom Gefälle nach ABAG bzw. nach den neuen S-Formeln [4] und [8] zwischen 0 und 30 % Gefälle um ca. das 100-fache bzw. das 70-fache zu, wohingegen der Bodenabtrag in Abhängigkeit von den anderen Faktoren nur um ca. das 2- (L-Faktor bei 1 %) bis 9-fache (C-Faktor) zunimmt. Jedoch wird der dominierende Einfluß der Hangneigung auf den Bodenabtrag abgeschwächt. Des weiteren werden nach den S-Formeln [4] und [8] im Vergleich zur ABAG bei Hangneigungen < 9 % höhere Bodenabträge und bei Hangneigungen ≥ 9 % niedrigere Bodenabträge abgeschätzt. Beim L-Faktor muß wegen der Interdependenz zur Hangneigung über den gefälleabhängigen Hanglängenexponenten „m“ die Auswirkungen der Veränderungen der Berechnungsgrundlage für Gefälle < 9 % und ≥ 9 % betrachtet werden. Bei Gefällen < 9 % wird der Einfluß der Hanglänge auf den Bodenabtrag durch die neuen Gleichungen im Vergleich zur ABAG abgeschwächt, wohingegen bei Gefällen ≥ 9 % der Einfluß der Hanglänge durch die Änderungen zunimmt. Insofern wirken sich die gegenläufigen Verschiebungen im S- und L-Faktor zum Teil kompensierend aus. Ein auf der Basis der Änderungen im S- und L-Faktor neu erstelltes LS-Faktor-Nomogramm ist bei Feldwisch et al. (1997) veröffentlicht.

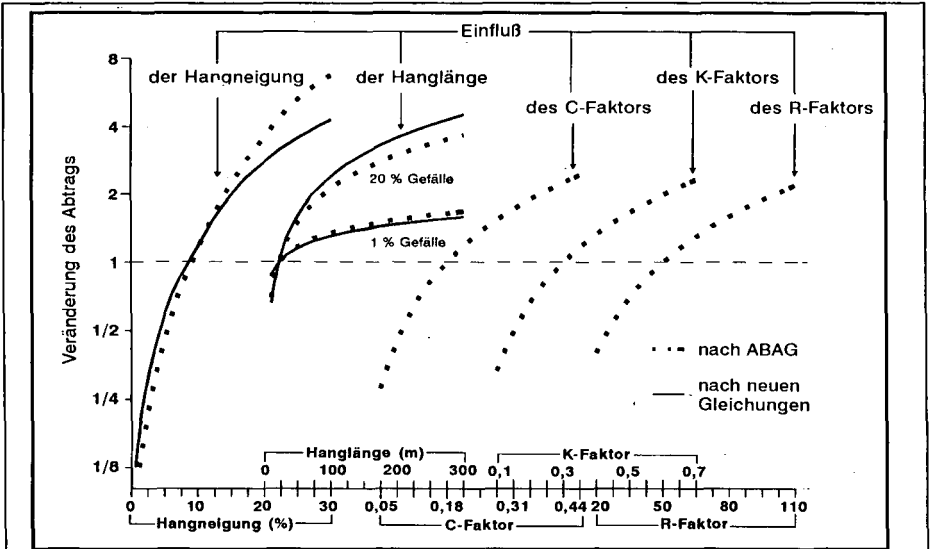


Abb. 4: Veränderung des Bodenabtrags bei Veränderung der Einzelfaktoren (vgl. Auerswald 1987)

4. Schlußfolgerungen

- Die S-Formel [1] und „m“ der ABAG/USLE sollten nicht weiter genutzt werden. Auch bei den S-Formeln der RUSLE ist die Übertragbarkeit aufgrund der ungenügenden Datenbasis nicht gewährleistet.
- Die neuen S-Formeln [8] und [10] sind deutlich besser abgesichert und sollten anstelle der entsprechenden RUSLE-S-Formeln [3] und [5] zur Abtragsschätzung angewendet werden.
- Großer Forschungsbedarf besteht weiterhin bei der Gesamterosion ≥ 9 % Gefälle und bei der Rillenerosion.
- Der neue Berechnungsansatz der RUSLE für „m“ erscheint grundsätzlich geeigneter als der ABAG/USLE-Ansatz, wobei zukünftig Änderungen des S-Faktors für die Rillenerosion zuberücksichtigen sein werden.

Auerswald (1987): Wasser und Boden 1: 34-38. Feldwisch (1995): Boden und Landschaft. Band 3. Diss. Gießen. Feldwisch et al. (1997): In Handbuch „Gewässerschutz in der Landwirtschaft“. Neuerscheinung Ende 1997. Ecomod-Verlag. Grunwald (1997): Boden und Landschaft. Band 14. Diss. Gießen. Gündra et al. (1995): Bodenerosionsatlas Baden-Württemberg. Ulmer-Verlag. McCool et al. (1987): Trans. Am. Soc. Agr. Eng. 30(5): 1387-1396. McCool et al. (1989): Trans. Am. Soc. Agr. Eng. 32(5): 1571-1576. Renard et al. (1991): US Dep. Agr., ARS- (unveröff.). Schwertmann et al. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Ulmer Verlag. Wischmeier (1977): Soil Cons. Soc. Am. special publ. No 21: 371-378. Wischmeier et al. (1958): Agr. Eng. 39: 458-462/474. Wischmeier & Smith (1978): US Dep. Agr., Agr. Handbook No. 537.

**Erhöhter Erosionsschutz und verminderter Nährstoffaustrag durch
das MEKA-Förderprogramm**

von

HAVERKAMP,S.; GRUNWALD,S.; FREDE,H.-G.

1. Einleitung

Die Zuteilung staatlicher Ausgleichszahlungen an Landwirte erfolgt in dem Bundesland Baden-Württemberg in hohem Maße über das Förderprogramm MEKA (Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich). Dieses wurde 1992 als Pilotprojekt der Europäischen Union genehmigt, bis heute weitergeführt und dient als Instrument sowohl zur Verringerung der Nahrungsmittelproduktion als auch zur Förderung einer nachhaltigen, ökologischen Landbewirtschaftung.

Die betriebsspezifische Ermittlung der Zuschußhöhe wird anhand eines Punktekataloges vorgenommen. Jede vom Landwirt durchgeführte Maßnahme entspricht einer Punktzahl/Fläche und wird am Jahresende mit einem Betrag von 20 DM/Punkt honoriert. Im Bereich des Bodenschutzes werden die erosionsmindernden Maßnahmen Begrünung und Anwendung von Mulchsaatverfahren gefördert.

Tab. 1: MEKA (Erosionsschutzmaßnahmen, Anwendungskultur und Förderhöhe)

Erosionsschutzmaßnahme	Kultur	Ausgleichszahlungen
Begrünung (Ackersenf, Phazelia)	<ul style="list-style-type: none"> • Sonnenblumen • Winter- / Sommergetreide • Dauerkulturen (Wein, Obst) • Stilllegungsflächen • Kartoffeln, Rüben 	140 DM/(ha*a)
Mulchsaat	<ul style="list-style-type: none"> • Sonnenblumen • Winter- / Sommergetreide 	120 DM/(ha*a)

2. Methoden

Die Wirkung des MEKA-Förderprogrammes auf Oberflächenabflüsse, Sediment- und Nährstoffausträge sollte in einem hauptsächlich landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet quantifiziert werden. Hierzu wurde exemplarisch das Weiherbach-Einzugsgebiet in Baden - Württemberg ausgewählt, für das bis zum Pegel Menzingen (A_{EO} : 3,5 km²) ausreichende Meßdaten (Modellvalidierung) vorliegen. In diesem Einzugsgebiet beträgt die durchschnittliche jährliche Niederschlagssumme etwa 700 mm. Es herrschen überwiegend erosionssensible, aus schluffreichem Löß entstandene Bodentypen vor. Auf erodierten Flächen können Profile bereits als ton- und humusverarmte Löß- Pararendzinen angesprochen werden. In Reliefsenken haben sich

unterschiedlich mächtige, verlehnte und tonreiche Kolluviole ausgebildet. Für eine ereignisbasierte Kalkulation der Oberflächenabflüsse, Sediment- und Nährstoffausträge aus den Flächen sowie des Transportes im Gewässersystem wurde das modifizierte Simulationsmodell AGNPS (Agricultural Non-Point Source Pollution Model, YOUNG et al. 1987) eingesetzt. Das rasterorientierte Modell benötigt für jedes Einzugsgebietsgrid 21 Parameter, die über ein Schnittstellenprogramm (GRUNWALD, 1996) aus Rasterdaten eines Geographischen Informationssystems abgeleitet und bereitgestellt werden können. Das Modell AGNPS kalkuliert zunächst für alle Raster Oberflächenabflüsse und Stoffausträge. In einem zweiten Schritt erfolgt das Routing, die Modellierung des lateralen Transportes über die Fläche und im Gewässer. Modellausgabegrößen sind u.a. der Direktabfluß, Scheitelabfluß, Sedimentausttrag und Austrag an Stickstoff und Phosphor jeweils in gelöster und partikulärer Form. Um auch weniger ergiebige Niederschlagsereignisse besser abbilden zu können, wurde die Direktabflußkalkulation nach dem SCS- CN-Verfahren durch das Verfahren nach LUTZ (1984) ersetzt.

3. Ergebnisse

Das Modell wurde im Weiherbacheinzugsgebiet für repräsentative Niederschlagsereignisse (1993/1994) in bezug auf die hydrologischen Modellkomponenten kalibriert und validiert.

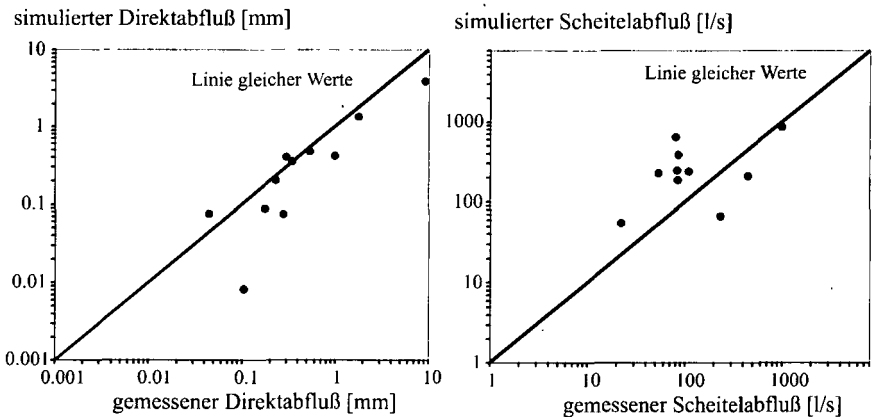


Abb. 1: Vergleich zwischen gemessenen und simulierten Gebietsabflüssen

Zur Effizienzbewertung der Erosionsschutzmaßnahmen in bezug auf die Reduktion der Stoffeinträge in ein Fließgewässer, wurde ein Vergleich zwischen der aktuellen Landnutzung (Bezugsjahr 1994) und der potentiell maximalen Anwendung von Begrünungsmaßnahmen und Mulchsaatverfahren gemäß MEKA durchgeführt. Im Weiherbacheinzugsgebiet beträgt die förderfähige LF 1994 201,8 ha und entspricht einer Fördersumme von 36.362 DM. Zur Berechnung des Szenarios wurden für diese Flächen die Boden- bzw. Landnutzungsparameter modifiziert (Manning's Rauigkeitsbeiwert, Relativer Bodenabtrag, Oberflächenzustands-konstante, Maximaler Abflußbeiwert) und als Eingangsparameter für die Modellierung genutzt.

Tab. 2: Modifizierte Eingangsparameter (Beispiel: Sommergetreide)

Kultur	Zeitraum	Mannings Rauhigkeits- koeffizient		Relativer Bodenabtrag (RBA)		Oberflächenzu- standskonstante (SCC)		Maximaler Abflußbeiwert (Hydrologische Bodenklassen A-D)	
		ohne MEKA	mit MEKA	ohne MEKA	mit MEKA	ohne MEKA	mit MEKA	ohne MEKA	mit MEKA
Sommer- getreide	01.01.-28.02.	0,08	0,10	0,46	0,15	0,22	0,25	A:50	A:48
	01.03.-15.03.	0,08	0,10	0,46	0,15	0,22	0,25	B:66	B:64
	16.03.-31.03.	0,13	0,15	0,38	0,15	0,23	0,25	C:76	C:73
	01.04.-15.04.	0,13	0,17	0,38	0,10	0,25	0,25	D:80	D:77
	16.04.-30.04.	0,20	0,22	0,03	0,02	0,29	0,29		
	01.05.-20.08.	0,20	0,22	0,01	0,01	0,29	0,29		
	21.08.-10.11.	0,13	0,22	0,46	0,01	0,22	0,29		
	11.11.-31.12.	0,08	0,15	0,46	0,10	0,22	0,25		

Die Abbildung der jahreszeitlichen Variabilität der Minderungswirkungen erfolgt über die Annahme eines Niederschlagsereignisses (Durchschnittswerte der maximalen Jahresniederschläge (30 Jahre)) an dem 15. Tag jedes Monats.

Tab. 3: Niederschlagsdaten

Niederschlagsdauer [h]	Niederschlagshöhe [mm]	Erosionsindex [N/h]	Basisabfluß [l/(s*km ²)]
24	36,07	5	5

4. Fazit

Anhand der Simulationsergebnisse konnte gezeigt werden, daß das Oberflächenabflußverhalten eines Einzugsgebietes durch die MEKA-Maßnahmen im Gegensatz zu den Sediment- und Nährstoffausträgen nur marginal beeinflusst werden kann. Die höchsten Minderungseffekte durch MEKA ergeben sich im Frühjahr und Herbst, wenn zum einen die Anwendung von Mulchsaatverfahren und zum anderen im Herbst die Begrünungsmaßnahmen den Bodenabtrag reduzieren.

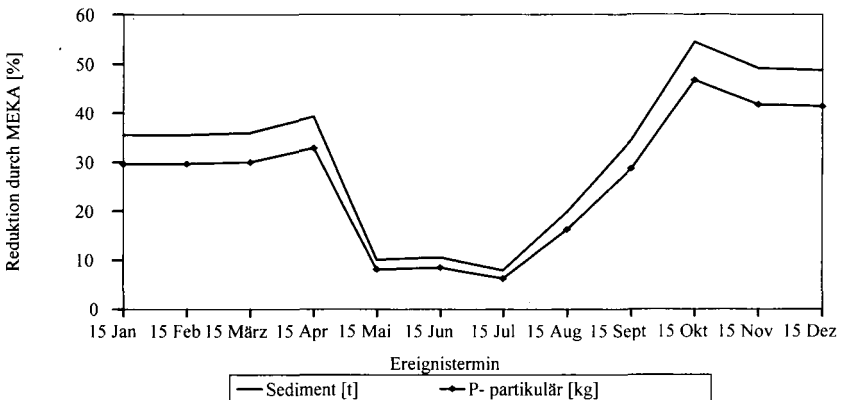


Abb. 2: Reduktionen an Sediment- und partikulärem Stickstoffaustrag [%] durch MEKA

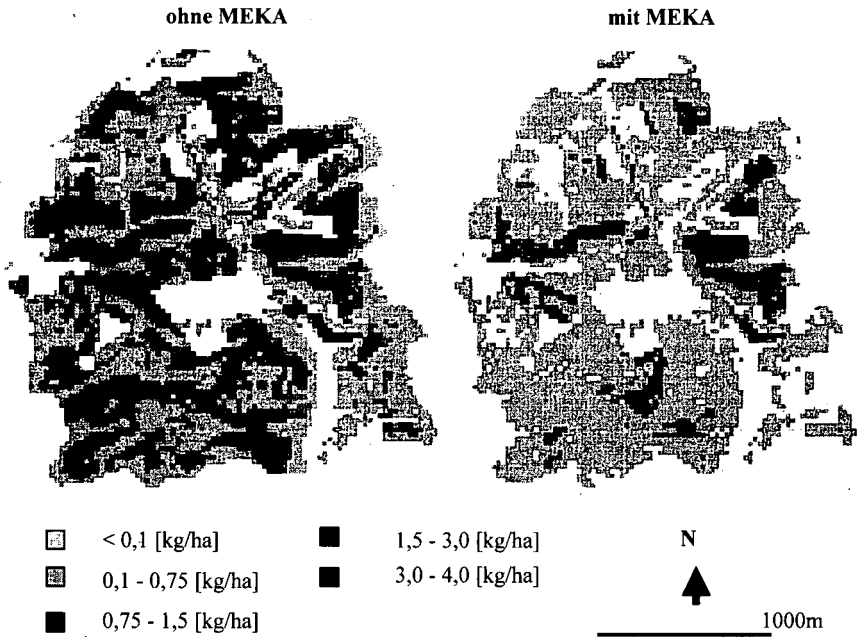


Abb. 2: Partikulärer Phosphorabtrag [kg/ha] - 15.10.1994

Für die hydrologischen Modellkomponenten wurden nur geringe jahresdurchschnittliche Reduktionen (Direktabfluß: 0,8 %, Scheitelabfluß: 2,5 %) durch MEKA errechnet, während im Bereich der Stoffausträge (Sediment: 32 %, partikuläre Nährstoffe: 27 %, gelöste Nährstoffe: 4 %) beträchtliche Größenordnungen mit hoher räumlicher und jahreszeitlicher Variabilität erreicht wurden. Für eine optimale finanzielle und methodische Ausgestaltung von Förderprogrammen in der Landwirtschaft können quantitative Aussagen mit Hilfe von Simulationsmodellen wichtige Entscheidungskriterien darstellen.

5. Literatur

- GRUNWALD, S., 1997: GIS-gestützte Modellierung des Landschaftswasser- und Stoffhaushaltes mit dem Modell AGNPSm, Dissertation, JLU Giessen, 170 S.
- LUTZ, W., 1984: Berechnung von Hochwasserabflüssen unter Anwendung von Gebietskenngrößen, Dissertation, TU Karlsruhe, 235 S.
- YOUNG, R. A., C. A. ONSTAD, D.D. BOSCH, W.P. ANDERSON, 1987, AGNPS, Agricultural Non-Point-Source Pollution Model. A Watershed Analysis Tool. U.S. Department of Agriculture, Conservation Research Report 35, 80 S.

EIN ANDERER ANSATZ ZUR CHARAKTERISIERUNG VON FLÄCHENHAFTER EROSION UND RILLENBILDUNG

K. Helming¹, M.J.M. Römken², S.N. Prasad³ und H. Sommer⁴

Die modellhafte Abbildung der Wassererosion unterscheidet flächenhafte und linienförmige Formen. Für die flächenhafte Erosion werden räumlich homogene Größen der hydraulischen Parameter unterstellt. Die Rillenbildung entsteht in der Modellvorstellung durch die Überschreitung eines kritischen Schwellenwertes der Scherkraft. In der Realität verursacht die Microtopographie laterale Unterschiede in der Fließrichtung, Fließgeschwindigkeit und Schichttiefe, so daß auf kleinstem Raum konzentrierter Fluß stattfindet. Die Berücksichtigung dieser kleinräumigen Heterogenitäten führt zu der Modellvorstellung, daß flächenhafte Erosion auf einem mikroskaligen Netz kleinster Flüsse basiert, deren Konvergenz zur Rillenbildung führt.

Ziel unserer Untersuchungen war es, in Modellexperimenten das Konvergenzmuster von mikroskaligen Strömungsnetzen nachzuweisen und auf dieser Basis die Rillenbildung zu beschreiben.

In einer 3.7m x 0.6 m x 0.3 m (L, B, H) großen Fließrinne wurde ein Lößboden mit 7 simulierten Niederschlägen von 500 mm Gesamtmenge beregnet. Nach jeder Einzelberegnung wurde die Topographie der Bodenoberfläche mit einem Lasersystem abgemessen und ein digitales Höhenmodell (DHM) mit 3 mm Rasterweite erstellt. Aus den DHMs wurden Strömungsnetze berechnet und mittels in der Geomorphologie gebräuchlichen Methoden analysiert.

Die Ergebnisse zeigten, daß für die scheinbar flächenhafte Erosionsform tatsächlich Strömungsnetze identifiziert werden konnten, deren Eigenschaften denen von Flußsystemen ähnlich waren. Die räumliche Anordnung der während der Beregnung entstandenen Rillen konnte mit dem Konvergenzmuster der Strömungsnetze erklärt werden. Daraus eröffnete sich die Möglichkeit, die Bodenablösung sowohl der flächenhaften als auch der Rillenerosion als Funktion des Strömungsnetzes zu beschreiben und einen skalunenabhängigen Ansatz zur Charakterisierung von Abfluß und Erosion zu entwickeln.

¹ Institut für Bodenlandschaftsforschung, ZALF Müncheberg, khelming@zalf.de

² USDA-ARS National Sedimentation Lab., Oxford, MS 38655, USA

³ Department of Civil Engineering, University of Mississippi, USA

⁴ Lehrstuhl für Landschaftsökologie, TU München

Zur Erodierbarkeit ausgewählter Böden in der westlichen Türkei unter besonderer Berücksichtigung der Saisonalität

von

MOLLENHAUER, K.; TAYSUN, A.; FRITZ, E.-M.; UYSAL, H.

Einführung

In einem mehrjährigen Projekt zu Fragen der Bodenerosion durch Wasser in der westlichen Türkei wurden unter anderem Feldversuche zum K-Faktor der Universal Soil Loss Equation (USLE) nach WISCHMEIER & SMITH (1978) durchgeführt. Wegen des hohen Anteils skelettreicher Böden in der Region und in der Türkei insgesamt wurde dabei auch die Wirkung der Bodenbedeckung durch Steine auf Oberflächenabfluß und Bodenabtrag untersucht. Wiederholt durchgeführte Regensimulationen auf den gleichen Standorten ermöglichten zudem eine Aussage zur jahreszeitlichen Veränderung der Erodierbarkeit.

1 Methodik der Feldversuche

Die Untersuchungen zur Erodierbarkeit von Böden wurden auf Standorten aus skeletthaltigen neogenen Sedimenten im Hügelland am Nordrand des Gedizbeckens bei Ahmetli durchgeführt, und zwar mit Hilfe eines Schwenkdüsenregners (nach KAINZ und EICHER, 1988; Düsen: Veejet 80/100) auf 12,4 m² großen Parzellen. Es wurden jeweils ein 60minütiger Trockenlauf (TL) und nach 30 Minuten Pause ein 30minütiger Naßlauf (NL) appliziert mit Intensitäten von 70mm/h. Bei den untersuchten Böden handelte es sich um einen stark sandigen Lehm (Feld IB), einen sandig-tonigen Lehm (Feld II) und einen stark lehmigen Sand (Feld V) (vgl. Tab. 1, unten). Die dort angegebenen Steinbedeckungsgrade auf den Versuchsflächen wurden mittels elektronischer Bildauswertung bestimmt, die Steingehalte gravimetrisch.

2 Einfluß der Steinbedeckung auf Abfluß und Abtrag

Als erstes wesentliches Ergebnis fiel auf, daß die jeweiligen *Oberflächenabflußsummen* von den unterschiedlichen Steinbedeckungsgraden praktisch nicht bzw. nicht nennenswert variiert wurden. Dies erklärt sich daraus, daß einerseits die Steinbedeckung durch Schutz der Bodenoberfläche gegen Verschlammung die Infiltration des Niederschlagswassers in den Boden fördert (vgl. MOLLENHAUER et al., 1996). Andererseits jedoch bedeuten vermehrte Steine auf der Bodenoberfläche unter natürlichen Bedingungen im Feld in der Regel, daß auch im Boden höhere Steingehalte anzutreffen sind. Diese Steine im Boden bewirken dann - bei stark sandgeprägten Böden - eine Verringerung des durchsickerbaren Bodenquerschnitts (vgl. BRAKENSIEK und RAWLS, 1994). Dies kann nun dazu führen, daß die Verbesserung der Infiltrationsbedingungen im Bereich der Bodenoberfläche durch die Steine im Bodenprofil wieder aufgehoben wird, der Oberflächenabfluß also von den steigenden Ske-

¹ Justus-Liebig-Universität, Institut für Landeskultur, Senckenbergstraße 3, D-35390 Gießen

² Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, TR-35100 Bornova-İzmir, Türkei

lettanteilen nicht reduziert wird. Zudem können bei den Teilen der Bodenoberfläche, die nicht von Steinen bedeckt sind, ohnehin Verschlammungsvorgänge die Infiltration behindern.

Tab.1: Verhältnis von Abflußsummen, mittl. Sedimentkonzentrationen im Abfluß bzw. Abtragssummen (letztere auf 9 % Hangneigung standardisiert) zweier verschiedener Jahreszeiten zueinander (stets Trocken- plus Naßläufe):
Ergebnisse der Versuche im Winter 1993/94 in Prozent der Ergebnisse im Sommer 1993

Feld	Abflüsse	Sedimentkonzentrationen	Abträge
IB	175	118	246
II	199	268	558
V	195	87	168

Kennzeichnung der Versuchsböden (arithm. Mittel):
Textur, Steinbedeckung (StB), Steingehalte (StG)

Feld	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	StB (%)	StG (Gew.-%)
IB	17	29	54	18	22
II	27	17	56	18	28
V	15	19	66	41	52

Ein anderes Bild ergibt sich bei den *Sedimentkonzentrationen* im Oberflächenabfluß und damit auch bei den *Bodenabtragssummen*. Zwar zeigen die Sommerergebnisse auch hier keine Abhängigkeit von der Steinbedeckung und so auch nicht vom Standort, für die Winterergebnisse aber ist festzustellen:

- Bei Steinbedeckungsgraden von weniger als 25% (= Felder IB und II) lagen die Sedimentkonzentrationen im Abfluß und die Abträge deutlich höher als bei Steinbedeckungsgraden von über 25% (= im wesentlichen Feld V). Bei letzteren blieben vor allem hohe Einzelergebnisse völlig aus.
- Innerhalb der Steinbedeckungsklasse von < 25% wurden die Ergebnisse jedoch sehr stark von anderen Faktoren variiert, namentlich bei Feld II, so daß hier ein Einfluß steigender Steinbedeckung hier nicht herausgearbeitet werden konnte.
- Innerhalb der Steinbedeckungsklasse von > 25% (Feld V) wurde auch bei Anstieg der Steinbedeckung keine Veränderung der ohnehin geringen Sedimentkonzentrationen und Bodenabträge mehr beobachtet.

Diese Aussagen sind im wesentlichen unabhängig davon, ob man lediglich die Ergebnisse der Trockenläufe oder der Gesamtläufe (Trocken- plus Naßläufe) betrachtet.

Daß hier, anders als in den von MOLLENHAUER et al. (1996) vorgestellten Modellversuchen keine so deutlichen Beziehungen zwischen steigenden Steinbedeckungsgraden bzw. Skelettanteilen einerseits und absinkenden Abtragssummen andererseits sichtbar wurden, dürfte darauf zurückzuführen sein, daß im Feldversuch nicht das Skelett alleine, sondern mit dem Skelett zwangsläufig auch andere Bodeneigenschaften und letztlich die Standorte selbst variiert wurden.

Es stellt sich jedoch die Frage, ob die die Winterversuche mehr oder weniger kennzeichnende generelle Tendenz zur Reduktion der Abträge auf den Parzellen mit mehr Skelett auch bei größeren Hanglängen, also ohne Beschränkung der Betrachtung auf die Versuchsparzelle, in dieser Form noch Bestand haben kann. Die Tatsache, daß die Oberflächenabflußsummen nicht entsprechend reagierten, läßt vermuten, daß sich diese auf den untersuchten Böden mit zunehmender Hanglänge aufsummieren und dann ggf. nach Konvergieren verstärkt zu linienhaftem Bodenabtrag führen können, also sich gegenläufig (kompensierend) zu dem Effekt verhalten können, den die steigende Steinbedeckung im Parzellenmaßstab zeigte. Steigende Steinbedeckung würde dann bei großen Hanglängen also auch

zunehmend erosionsfördernd wirken können, u. U. auch unter Ausbildung von Düseneffekten zwischen den Steinen, die dann speziell die linearen Formen verstärkt hervorrufen. Dies gilt im Grunde auch für die Sommersuche. Es ist also ein Problem, Erosionsprozesse und -faktoren nur im Parzellenmaßstab zu betrachten, ohne genau wissen, wie das, was auf den Parzellen stattfindet, sich am langen Hang fortsetzen würde.

3 Saisonale Unterschiede der Erodierbarkeit

Der Einfluß der Jahreszeit auf die Sedimentkonzentrationen im Oberflächenabfluß und auf die Bodenabträge war je nach Standort unterschiedlich (Tab. 1). Die durchweg relativ niedrigen Werte im Sommer dürften vor allem auf eine trockenheitsbedingte Aushärtung der Aggregate zurückzuführen sein (Versuchszeit: Mitte bis Ende Juli); Luftsprengungseffekte, bei stark ausgetrockneten Böden im Sommer durch Aggregatzerstörung in erheblichen Maß zum Bodenabtrag beitragen können, dürften angesichts der Textur der Böden vernachlässigbar gewesen sein. Auch deuten die Ganglinien der Abtragsraten nicht auf solche Effekte hin.

Die Versuche im Winter dagegen (Versuchszeiten: Feld V Mitte Dezember, Feld IB Anfang Februar, Feld II Anfang März) dürften unter dem Einfluß geringerer Aggregatstabilität und höherer Bodenfeuchte (Vorfeuchte) infolge der Herbst- und Winterniederschläge gestanden haben; auch können sich mit fortschreitendem Winter zunehmend Destabilisierungsvorgänge von Bodenaggregaten durch

Tab. 2: K-Faktoren ($K_{SimTL+NL}$ *), ermittelt mittels Niederschlagssimulation auf Standorten in der West-Türkei (mit Steinbedeckung); Einheit für K: t/ha * h/N

Feld	Versuchstermine	$K_{SimTL+NL}$ *) bei C = 0,9 **)	$K_{SimTL+NL}$ *) bei C = 1,0
IB	Sommer (Juli 1993)	0,11	0,10
IB	Winter (Anfang Februar 1994)	0,27	0,24
II	Sommer (Juli 1993)	0,09	0,08
II	Winter (Anfang März 1994)	0,48	0,43
V	Sommer (Juli 1993)	0,07	0,07
V	Winter (Mitte Dezember 1993)	0,12	0,11

*) Normalerweise wäre hier zuvor zu diskutieren gewesen, mit welcher Wichtung jeweils die Trockenlauf- und die Naßlaufabträge in die K-Faktor-Berechnung eingehen müssen, was sich danach richtet, mit welcher Wahrscheinlichkeit im Untersuchungsgebiet natürliche erosive Niederschläge auf Bodenzustände treffen, die Trocken- oder Naßlaufbedingungen entsprechen; danach wären die Ergebnisse der Trocken- bzw. der Naßläufe aus den Sommersuchen untereinander deutlich anders zu wichten gewesen als die aus den Winterversuchen. Solche mittels Wichtung errechnete K-Faktoren zeigen wir hier jedoch nicht, sondern des einfacheren Vergleichs wegen nur solche, bei deren Errechnung Trocken- und Naßlauf jeweils als ein zusammenhängender, nur kurz unterbrochener Berechnungslauf angesehen wurden, also jeweils auch nur eine Gesamt-Abtragssumme verwendet wurde (daher: $K_{SimTL+NL}$). Bei entsprechender Wichtung der Trocken- und Naßläufergebnisse ergäbe sich jedoch hinsichtlich der Unterschiede zwischen Sommer und Winter im Prinzip ein vergleichbares Bild.

**) nach GUSTAVSON (1982), bei nutzungsbedingt noch im Boden vorhandenen pflanzlichen Rückständen.

vorangegangene Frostphasen ausgewirkt haben. Besonders bei Feld II lagen die winterlichen Abtragssummen erheblich über der sommerlichen, aber auch bei Feld V immerhin noch um etwa den Faktor 1,7. Dies machte es erforderlich, die Erodierbarkeit dieser Böden in Abhängigkeit von der Jahreszeit zu charakterisieren.

Die Tab. 2 zeigt dementsprechend für die von uns mittels Niederschlagssimulation untersuchten Böden je nach Jahreszeit unterschiedliche K-Faktoren. Vergleichbare Erfahrungen machte auch bereits ZANCHI (1988), der deshalb für die Anwendung der USLE zur Vorhersage mittlerer Monatsabträge Korrekturfaktoren vorschlug. Die Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE; siehe: RENARD et al., 1991) stellt eine Möglichkeit zur Berechnung mittlerer K-Faktoren unter Berücksichtigung der Zeitdauer unterschiedlicher, namentlich maximaler und minimaler Erodierbarkeitswerte im Verlauf eines Jahres auf einem Standort vor.

Diese Vorgehensweise kann hier mangels ausreichend häufiger Messungen noch nicht übernommen werden. Zur Charakterisierung unserer Standorte sollte daher jedoch zumindest jeweils ein K-Faktor für die trockene Jahreszeit und ein K-Faktor für die feuchte bis nasse Jahreszeit angegeben werden. Unter Umständen wäre dann auch der wichtigere von beiden, in unserem Falle der für die feuchte bis nasse Jahreszeit (Wintermonate, mit gelegentlichem Bodenfrost, geringe bis keine Bodenbedeckung durch Pflanzen, hohe Erosivitätssummen infolge häufiger Niederschläge; vgl. dazu auch DOĞAN, 1987) besonders herauszustellen. Auch an eine gewichtete Mittelbildung, in die die saisonalen K-Faktoren entsprechend der Dauer der jeweiligen Saison eingingen und die in ihrem Grundgedanken dem Vorgehen der RUSLE nahekäme, wäre zu denken.

Problematisch wird unter dem Gesichtspunkt saisonbedingter Unterschiede bei K-Faktoren die Verwendung der K-Faktor-Nomogramme der USLE bzw. der ABAG. Sie können im Einzelfall für eine Kennzeichnung der Erodierbarkeit ungeeignet sein.

Literatur

- BRAKENSIEK, D. L., W. J. RAWLS, 1994: Soil containing rock fragments: effects on infiltration. - Catena, Vol. 23, p. 99-110, Amsterdam.
- DOĞAN, O., 1987: Erosive Potentials of Rainfalls in Turkey. - Hrsg.: T. C. Tarım Orman ve Köyşeri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- GUSTAVSON, D. D., 1982: Erodibility of selected reclaimed soils. - Unpublished M. S. Thesis, Library of the University of Illinois at Urbana-Champaign; Urbana, Illinois.
- KAINZ, M., K. EICHER, 1988: Der Weißenstephaner Schwenkdüsenregner. - Unveröffentlichter technischer Bericht, Freising-Weißenstephan.
- MOLLENHAUER, K., E.-M. FRITZ, N. FELDWISCH, A. LOOK, A. TAYSUN, 1996: Abflußbildung, Infiltration und Bodenabtrag unter dem Einfluß des Bodenskeletts. - Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, Bd. 37, S. 202-206, Berlin.
- 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 revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). - United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- SCHWERTMANN, U., W. VOGL, M. KAINZ, 1987: Bodenerosion durch Wasser - Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- WISCHMEIER, W. H., D. D. SMITH, 1978: Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. - Agriculture Handbook No. 537, U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C.
- ZANCHI, C., 1988: Soil Loss and Seasonal Variation of Erodibility in Two Soils with Different Texture in the Mugello Valley in Central Italy. - In: Catena Supplement, Vol. 12, p. 167-173, Cremlingen-Destedt.

**Bodenabtrag und Nährstoffverluste unter einem typischen Fruchtfolgesystem
Mittelamerikas, am Beispiel eines dreijährigen
Parzellenversuches in Managua/Nicaragua**

von

PFEFFER,M.; MENTILER,A.; STRAUSS,P.

Einleitung

Maßnahmen zur Bekämpfung der Bodenerosion stehen in einem funktionalen Zusammenhang mit strukturellen agrarpolitischen Maßnahmen und Konzepten (Häberli, 1991). Für Zentralamerika generell und Nicaragua im speziellen verschärfen einerseits ungünstige sozioökonomische und politische Strukturen, zum anderen die spezifische klimatisch- und bodenbedingte Erosivität und Erodibilität, daß die existierenden Bodenabträge um das Zehnfache über denen in Europa liegen.

In der vorgestellten Arbeit wurde mit Hilfe eines dreijährigen Parzellenversuches in Nicaragua in dem Teileinzugsgebiet der „Cuenca Sur“ des Managuasees der Bodenabtrag und die damit ausgetragenen Pflanzennährstoffe unter einem landesüblichen Anbausystems ermittelt.

Material und Methoden

Lage, Aufbau und Behandlung der Versuchspartellen

Die Partellen wurden ca. 2km südlich der Stadt Managua auf einer Seehöhe von 230m angelegt. Hydrographisch gesehen befindet sich die Versuchsanlage im Einzugsgebiet „Cuenca Sur“ des Managuasees, das direkt in die „Laguna de Tiscapa“ mündet. Die Hangneigung betrug 15%. Die Böden werden als Vertic Cambisol, Serie Nejapa angesprochen (SMSS, 1987).

Es wurden 6 Standardpartellen (Wischmeier and Smith, 1978) angelegt. Als Kulturpflanzen wurden Mais und Bohnen im Vergleich mit Schwarzbrachepartellen (je 2 Wiederholungen) gewählt.

Unter den gegebenen klimatischen Bedingungen einer deutlich ausgeprägten zweigipfligen Niederschlagsverteilung sind im Jahr zwei Ernten möglich, wobei Bohnen auf Mais oder umgekehrt Mais auf Bohnen angebaut werden.

Bei Mais wurden als Erosionsschutzmaßnahme 30 Tage nach Anbau die Pflanzen angehäufelt („camellones“). Die Schwarzbrachepartellen wurden während des gesamten Untersuchungszeitraumes händisch unkrautfrei gehalten.

Zu den Kulturen wurden zur Saat je 104kg/ha Harnstoff und NPKMg 8-12-10-4% gegeben. Die Partellen wurden einmal nach 25 Tagen bei Bohnen und 30 Tagen bei Mais gehackt.

Der Bodenabtrag wurde nach Probenteilung durch ein Choshocton Meßrad (Carter and Parson, 1967) aufgefangen und nach Trocknung bei 105°C gravimetrisch bestimmt.

Die Nährelemente Kalium u. Phosphor wurden als Gesamtgehalte im Königswasseraufschluß flammenphotometrisch bzw. photometrisch bestimmt (Blum et al., 1989). Die Bestimmung des Gesamtstickstoffs und Gesamtkohlenstoffs wurde mittels Elementaranalysators durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die im Versuch eingesetzten Kulturpflanzen Mais und Bohnen und die Art ihrer Bewirtschaftung können als repräsentativ für kleinbäuerlich bewirtschaftete Flächen Nicaraguas angesehen werden. Ausgangspunkt der Bodenabtragsmessungen unter diesen Kulturen war die Frage, ob in der „Cuenca Sur“ eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung unter traditionellen Anbausystemen möglich ist.

Für das Auftreten von erosionsauslösenden Ereignissen sind nicht nur bestimmte ereignisbezogene Niederschlagsparameter verantwortlich. Einen außerordentlich großen Einfluß nimmt der Zeitpunkt des Auftretens erosiver Ereignisse im Verhältnis zur Pflanzenentwicklung und damit bedingter Bodenbedeckung ein (Abb.1). Für das Untersuchungsgebiet nehmen vorallem die Monate Mai und August eine herausragende Stellung ein, weil die Böden währen dieser beiden Monate aufgrund des kurz zuvor durchgeführten Anbaues in der Regel zwischen unbedeckt und 10% Bodenbedeckung aufweisen..

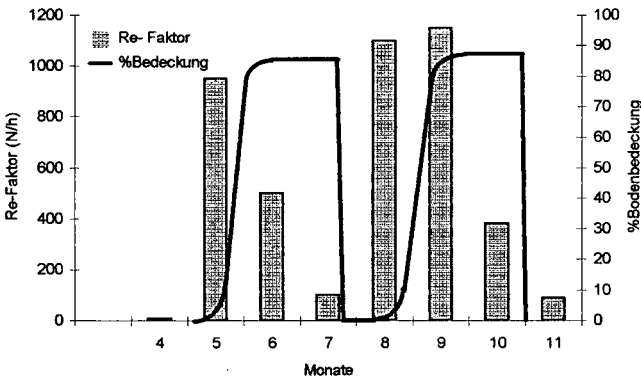


Abb. 1: Vergleich der Verteilung erosiver Niederschläge als Summe der R-Faktoren mit der durchschnittlichen Bodenbedeckung der „primera“ bzw. „postera“ Kulturen für die Jahre 93-95.

Die größten mittleren Bodenabträge für den Untersuchungszeitraum 1993-1995 wurden auf den Bracheparzellen gemessen, gefolgt von Mais und Bohnen, Abb.2. Damit entspricht das Ergebnis den bereits von vielen Autoren (z.B. Mannering and Meyer, 1963; Klaghofer und Strauss, 1993) gemachten Erfahrungen über die Wirksamkeit der Bodenbedeckung gegenüber dem Bodenabtrag durch Wasser.

Allerdings wurde die in der Regel frühere Bodendeckung der Bohnen durch das zeitlich ungünstige Auftreten von starken erosiven Niederschlägen vorallem im Jahr 1994 unwirksam. Dieses Ergebnis spiegelt sich in den ähnlich hohen Bodenabträgen zwischen Bohne und Mais wieder.

Beim Prozeß der Bodenerosion durch Wasser gehen durch den Bodenverlust und den Oberflächenabfluß wichtige Pflanzennährstoffe verloren. Außerhalb der landwirtschaftlich genutzten Gebiete verursachen diese Nährstoffe eine starke Beeinträchtigung der Wasserqualität der Vorfluter und schränken die Nutzung dieses Wassers ein.

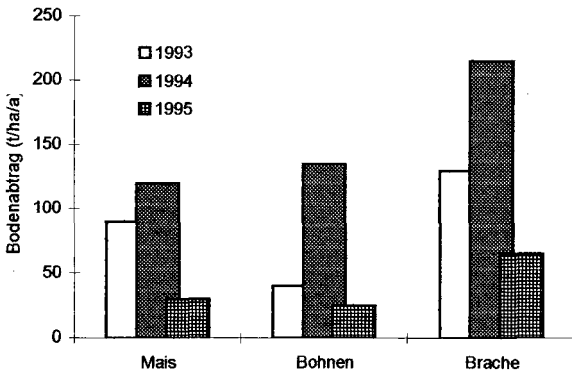


Abb. 2: Bodenabtrag (t/ha/a) der Untersuchungsvarianten Mais, Bohnen und Brache für die Jahre 93-95.

In der Tabelle 1 sind für die einzelnen Varianten die sedimentgebundenen Nährstoffverluste für die Jahre 93-95 zusammengestellt.

	1993				1994				1995			
	C _{org}	N	P	K	C _{org}	N	P	K	C _{org}	N	P	K
Mais	2421	85	1.8	85	3174	157	2.3	111	613	35	0.6	21
Bohne	1047	52	0.9	36	3551	175	2.5	125	437	28	0.4	15
Brache	3320	162	2.4	117	5796	283	4.0	204	1613	76	1.2	56

Tab. 1: Nährstoffverluste im Sediment für die Versuchsjahre 93-95 in kg/ha/a

Verluste an organischer Substanz wirken sich negativ auf die bodeneigene Nährstoffnachlieferung, Bodenstruktur und das Wasserhaltevermögen der Böden aus (Greenland, 1981). Die durchschnittlichen jährlichen Verluste an organischer Substanz betragen unter Bohne 1600 kg/ha/a und unter Mais 2050kg/ha/a.

Stickstoff ist dasjenige Element, das den größten Ertragseinfluß aufweist. Die in der Tabelle 1 zusammengefaßten Werte beziehen sich auf den sedimentbürtigen Gesamtstickstoff. Der Beitrag der im Oberflächenabfluß vorliegenden anorganischen Stickstoffformen ist im Gegensatz dazu gering wie auch eigene Messungen ergaben. Die ausgetragenen Stickstoffmengen liegen im Durchschnitt der Versuchsjahre bei Mais mit 92 kg/ha/a und bei Bohne mit 85 kg/ha/a sehr hoch. Dies ist um so mehr, als es für Kleinbauern, die den hauptsächlichlichen Anteil der „Cuenca Sur“ bewirtschaften nicht oder nur selten üblich ist teuren Mineraldünger auszubringen.

Für Phosphor und Kalium ergaben sich mittlere Austräge bei Mais bzw. Bohne von 1,6 und 72 bzw 1,3 und 59 kg/ha/a.

Phosphorverluste dieser Größenordnung sind auch unter Bedingungen der gemäßigten Zone denkbar (Kärtner Institut für Seenforschung, 1980). Für die Versuchsfläche muß allerdings der

äußerst geringe Phosphatgehalt im Oberboden von nur 7mg P/100g TS berücksichtigt werden. Obwohl es durch den Erosionsprozeß zu einer Phosphoranreicherung im Sediment kommt, sind diese niedrigen P - Gehalte der Grund für die im Vergleich zum Bodenabtrag niedrigen P - Verluste.

Für die Elemente Phosphor und Kalium wurde eine Beziehung zwischen Ereignisbezogenem Bodenabtrag und der ausgetragenen Nährstoffmenge aufgestellt. Für Phosphor und Kalium ergab sich eine enge lineare Beziehung ($r=0.85$ bzw $r=0.99$) und damit die Möglichkeit die Verluste dieser beiden Elemente aus dem Bodenabtrag zu errechnen. Die ausgetragenen Massen an N und Corg scheinen ebenfalls eng mit dem Bodenabtrag verbunden zu sein, Abb.3.

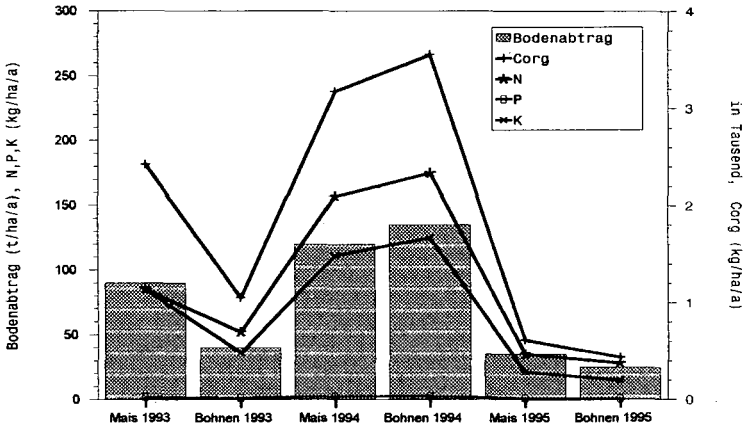


Abb 3: Vergleich des Bodenabtrages mit den ausgetragenen Nährstoffmengen unter den Kulturen Mais und Bohne für die Jahre 93 - 95.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß weder der Anbau von Bohnen noch von Mais unter den üblichen Bedingungen in keinsten Weise als nachhaltig zu bezeichnen sind.

Literatur:

Hüberli, R., C. Lüscher, B.P. Chastony, C. Wyss (1991). Boden Kultur. Vorschläge für eine haushälterische Nutzung des Bodens in der Schweiz. Schlußbericht des Nationalen Forschungsprogramms (NEF) 22 Nutzung des Bodens in der Schweiz. Verlag der Fachvereine an den schweizerischen Hochschulen und Techniken, Zürich.

Wischmeier, W.H., D.D. Smith (1978). Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.

SMSS (1987). Keys to Soil Taxonomy. SMSS Technical Monograph No. 6.

Carter, C.E., D.A. Parsons (1967). Field tests on the Coshocton-type Weel runoff sampler. Transactions of the ASAE, 10, 1, 133,135.

Blum W.E.H., H. Spiegel, W.Wenzel (1989). Bodenzustandsinventur. BMLF, Wien, 1989.

Mannering, J.D., L.D. Meyer (1963). Effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. Soil Sci. Soc.Amer. Proc. 27,84-86.

Klaghofer, E., P. Strauss (1993). Soil erosion controls in Vineyards - mulching under dry conditions. Proceedings - Soil erosion in semi-arid mediterranean areas. ESSC. 223-227.

Greenland, D.J. (1981). Soil management and soil degradation. J.Soil Sci. 32,301-322.

Kärntner Institut für Seenforschung (1980). Einfluß von bodenerosion und Düngemittelabschwemmung auf die Gewässerentrophierung. Endbericht im Auftrag des BMLF.

Die Erosivität der Niederschläge in der Türkei

von

SAUERBORN,P.; BALLISOY,N.; SKOWRONEK,A.

1. Einleitung

Die Bodenerosion ist in der Türkei seit historischer Zeit bekannt, doch stellt sie im 20. Jahrhundert ein verstärktes Problem dar (z.B. BÖHM & GEROLD 1995, HÜTTEROTH 1982). Ursachen hierfür sind insbesondere die erhebliche Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzflächen in den zentral- und südanatolischen Steppengebieten, Überweidung und die Dezimierung von Waldbeständen (ATANASIU 1970, CHRISTIANSEN-WENIGER 1979, DOGAN 1993). Das Staatsgebiet der Türkei umfaßt ca. 780.000 km², wovon 35,7 % (27,7 Mio. ha) als intensiv landwirtschaftlich genutzte Fläche, 27,9 % (21,8 Mio. ha) als Gras- und Weideland und 30,2 % (23,7 Mio. ha) als Wälder und Steppen vorliegen. 74 % der Landesfläche (57,6 Mio ha) sind von Wind- (0,5 ha) oder Wassererosion (57,1 ha) bedroht. Von dieser Fläche weisen bisher 63 % starke oder sehr starke, 20 % mittelstarke und 14 % schwache oder keine Schädigungen auf (DOGAN 1993).

Ansätze, dem Problem der Bodenerosion entgegenzuwirken, sind in der Türkei bereits vorhanden (z.B. AYDEMIR 1973, CHRISTIANSEN-WENIGER 1979, CRAIG 1972, DOGAN 1993, IZBIRAK 1971, KHGM 1987, KUZUCUOGLU & DOGAN 1992, TAYSUN et al. 1995, TÜMSAVAS 1994). Eine Integration in internationale Arbeiten ist notwendig, doch bis heute nicht realisiert. So bezieht sich z.B. ein Großteil der Ergebnisse auf Einzelregionen oder liegt in türkischer Sprache bzw. unveröffentlicht vor. Eine Anpassung der Ergebnisse zur Bodenerosion bzw. eine Schaffung fundierter Grundlagen für den Bodenschutz scheint daher dringend notwendig.

In den folgenden Untersuchungen wurde die potentielle Erosionsgefährdung durch Niederschläge untersucht. Die bisherigen Forschungen beschränken sich auf Einzelregionen (z.B. BÖHM 1995) oder erlauben aufgrund einer inhomogenen, gering aufgelösten Datenbasis sowie der Präsentation der Ergebnisse (z.B. DOGAN 1987) keinen internationalen Vergleich. Als Kenngröße fand in den dargestellten Untersuchungen der R-Faktor der Universal Soil Loss Equation (WISCHMEIER & SMITH 1978) bzw. der modifizierte Fournier-Index (ARNOLDUS 1980) Anwendung.

2. Klimatologische Grundlagen

Das Klima der Türkei ist in mehrere Regionen aufzuteilen (MÜLLER 1980): Im Norden ist, in einem schmalen Übergangsbereich von der Küste zum Landesinneren, das subozeanische Klima mit milden bis mäßig kalten Wintern und mäßig warmen Sommern vorherrschend. Niederschlagsmaxima finden sich im Sommer und im Herbst, also auch in einer Zeit, in der durch Abnahme der Vegetationsbedeckung die Erosionsanfälligkeit der Böden zunimmt. Der gesamte Küstenbereich der Türkei ist von hochozeanischem Klima mit sehr milden Wintern, kühlen bis mäßig warmen Sommern und ausgeprägtem Niederschlagsmaximum im Winter geprägt. Diese Extremsummen bewirken, insbesondere auf Grund der geminderten Pflanzendecke, erhebliche Abträge. Der Übergangsbereich zum Landesinneren ist überwiegend durch subkontinentales Klima bestimmt. Es zeichnet sich durch kalte, trockene Winter aus. Hier kommt es durch die geringe Vegetationsbedeckung bei den im

Frühjahr einsetzenden Ereignissen zu hohen Abtragsraten. In Zentralanatolien und im Osten der Türkei herrscht Trockensteppenklima mit kalten Wintern und Dürren im Sommer vor. Durch die hohe Erodibilität der Böden können auch geringe Niederschlagssummen hoch erosiv wirken.

Generell folgt die Niederschlagsverteilung in der Türkei der Orographie des Landes (KHGM 1987, NISANCI 1973). Die größten Summen sind im Bereich der Erhebungen an der Küste und im Landesinneren zu finden, wo durch die hohe Reliefenergie ohnehin eine erhebliche Erosionsgefahr besteht. Deutlich geringere Werte zeigen die Hoch- und Tiefen sowie die Längssenken, in denen jedoch der wirtschaftende Mensch das Erosionsrisiko deutlich erhöht. Das Niederschlagsgeschehen ist zeitlich und räumlich stark differenziert, was eine detaillierte Untersuchung mit einer hohen Stationsdichte und einer Mindestauflösung in Tageswerten notwendig macht. Wesentliches Unterscheidungskriterium zum Klima in Mitteleuropa ist die Trockenzeit während der Vegetationsperiode in der Türkei (NISANCI 1973).

Die jährlichen Niederschlagssummen stellen sich in der Türkei wie folgt dar: An der Nord- und Südküste sowie im Osten des Landes steigen die Regenspenden im Bereich der Gebirgshebungen auf über 1.000 mm, an der östlichen Schwarzmeerküste und im Südwesten auf über 1.500 mm an. An der nördlichsten Schwarzmeerküste erreichen die Niederschlagssummen mehr als 2.000 mm. Von der Küste zum Landesinneren nehmen die Regenspenden stark ab, die Isohyeten sind in diesem Übergangsbereich z.T. dicht gedrängt und umfassen Werte von 1.500 mm bzw. 1.000 mm, die auf kurze Distanzen auf teilweise bis 500 mm abfallen. Im Westen der Türkei nehmen die Niederschläge kontinuierlich ab. Das zentralanatolische Hochland weist mit 300 mm bis maximal 500 mm die geringsten Niederschlagssummen auf (KHGM 1987). Im europäischen Vergleich zeigt die Türkei eine sehr hohe Variabilität sowie relativ hohe Summen der Niederschläge auf.

3. Erosivität der Niederschläge in der Türkei

Den Berechnungen liegen tägliche Niederschlagssummen von 74 Meßstationen in der Türkei zugrunde, die vom Staatlichen Meteorologischen Dienst in der Türkei zur Verfügung gestellt worden sind. Die Rechenoperationen basieren auf der Klimanormalperiode von 1961 - 1990.

Auf der Grundlage der Stations-R-Faktoren wurde eine detaillierte Isoerodentkarte erarbeitet; die Ergebnisse sind in der Abbildung in vereinfachter Form als Gefahrenstufenkarte dargestellt.

Die Erosivität der Niederschläge in der Türkei schwankt zwischen 27 und 199 $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{mm/h}$. Die Isolinien zeichnen das Relief bzw. die Niederschlagsverteilung nach. Eine eindeutige Zuordnung zu bestimmten Werteklassen ist nicht möglich, doch zeigt sich eine regionale Verbreitung der Gefahrenstufen: Im östlichen Bereich der Schwarzmeerküste, an der Südküste sowie im Osten des Landes ist die Erosivität mit Werten von bis zu 200 $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{mm/h}$ am höchsten. Die erosive Wirksamkeit der Niederschläge ist hier jedoch unterschiedlich, so ergeben durchschnittliche jährliche Niederschlagssummen von 800 mm im Nord-Westen und im Nord-Osten R-Faktoren von 80 $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{mm/h}$, im Süden jedoch 140 $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{mm/h}$. Zum Landesinneren nehmen die Werte allmählich ab, wobei insgesamt die beiden Gefährungsklassen mit 20 - 40 $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{mm/h}$ bzw. 40 - 60 $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{mm/h}$ vorherrschen; die Niederschlagsverteilung ist hier, in Bezug auf die Erosivität, wenig variabel.

4. Ausblick

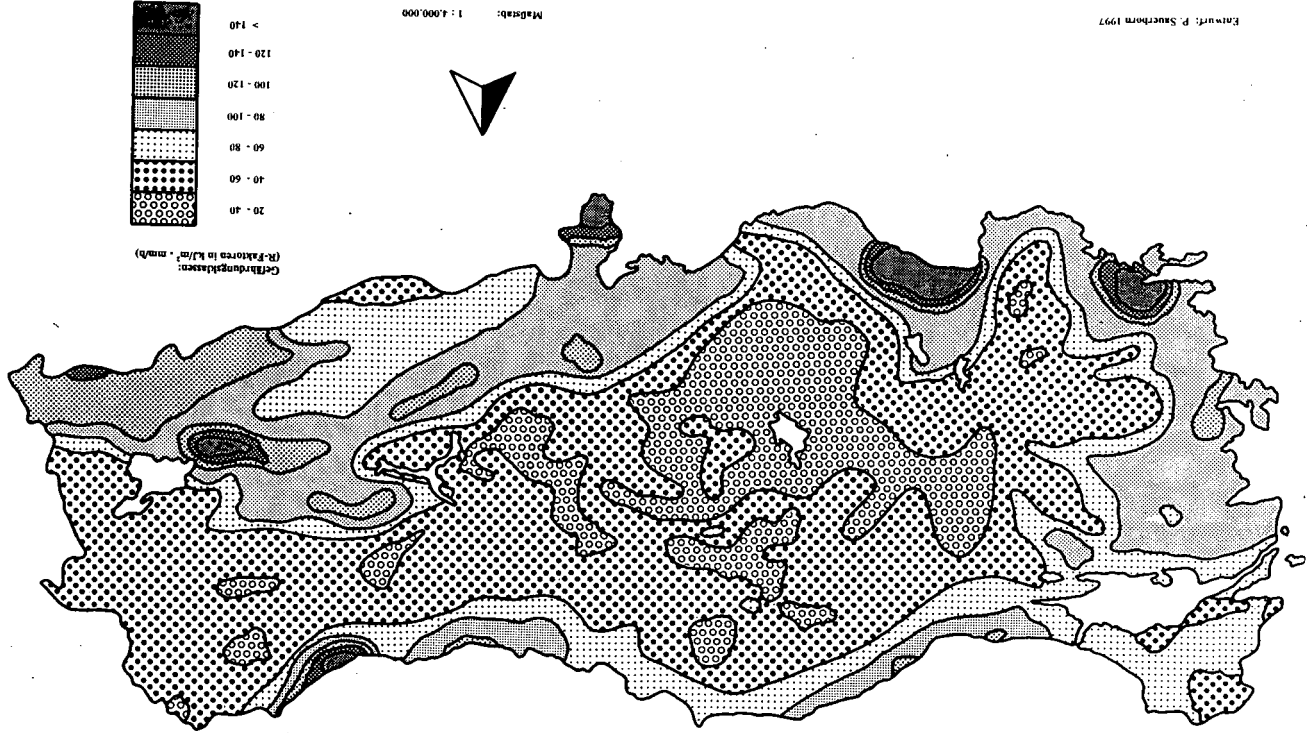
Die potentielle Erosionsgefährdung durch Niederschläge in der Türkei ist im internationalen Vergleich hoch. Grund hierfür ist, neben einer großen Variabilität der Niederschlagssummen bis hin zu extrem hohen Werten, die ungleiche regionale Verteilung der Regenspenden. Es finden sich stark dürregeprägte Regionen, in denen zwar die Summenwerte zurücktreten, Einzelereignisse jedoch auf Grund starker Austrocknung des Bodens große Wirkung zeigen können. Zudem gibt es Gebiete extrem hoher Regenspenden in ohnehin stark erosionsgefährdeten Hanglagen. So sind die höheren Gebirge, besonders West- und Osttaurus, Amanusgebirge und östlicher Pontus für Wassererosion besonders anfällig, weil die orographischen Niederschläge schon bei kleinster Vegetationsdegradierung starke Erosionsschäden bedingen. Westanatolien ist den orographischen Nieder-

schlagen nicht so stark ausgesetzt, doch bedingen lassen die breiten Flußtäler weit ins Landesinnere reichende Niederschläge zu. Hier finden sich erhebliche Erosionsschäden, die auf den Einfluß des Menschen zurückzuführen sind (HÜTTEROTH 1982, S. 88). Die Abtragungintensität des Bodens wird vielfach durch die Nutzungsart begünstigt (vgl. CHRISTIANSEN-WENIGER 1979, S. 30 ff.), so daß es - trotz einer relativ geringen potentiellen Erosionsgefahr durch Niederschläge - zu erheblichen Schädigungen kommt. In Zentral- und Südanatolien z.B. sind erosionsbedingte Hangrinnen weit verbreitet. Ihre Entwicklung wird durch häufige Starkregenereignisse gefördert. Besonders im Frühsommer, wenn die Vegetation keinen ausreichenden Schutz mehr bietet, kommt es zu zahlreichen erosionsauslösenden Ereignissen (HÜTTEROTH 1982, S. 89 ff. u. S. 121). Die vorgestellten Untersuchungen stellen sowohl eine Grundlage für internationale Vergleiche als auch für weitere Forschungen in der Türkei dar. Neben der flächendeckenden Bereitstellung weiterer Kenngrößen kann die detaillierte Untersuchung ausgewählter Stationen empfohlen werden.

5. Literatur

- ARNOLDUS, H. M. J. (1980): An Approximation of the rainfall-factor in the Universal Soil Loss Equation.- In: DE BOODT, M. & D. GABRIELS (Hrsg.): Assessment of Erosion: S. 127 - 132.
- ATANASIU, N. (1970): Wandlungen und Wandlungsmöglichkeiten der türkischen Agrarstruktur.- In: Geograph. Rundsch. 22: S. 19 - 22.
- AYDEMİR, H. (1973): Untersuchungen über den Einfluß der Landnutzung im Gebirge auf den Materialtransport und auf den Oberflächenabfluß im Bolu-Gebiet.- Forstl. Versuchsanstalt, Techn. Serie Nr. 54. Ankara, 72 S..
- BÖHM, P. (1995): Bodenerosion und pedohydrologische Gebietsvarianz im Einzugsgebiet des Karabalcık (Türkei).- Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen 102, Göttingen, 196 S..
- BÖHM, P. & G. GEROLD (1995): Historische und aktuelle Bodenerosion in Anatolien.- In: Geograph. Rundsch. 47 (12): S. 720 - 725.
- CHRISTIANSEN-WENIGER, F. (1979): Bodenschutz und Ackerbauliche Maßnahmen zur Erhaltung gefährdeter türkischer Böden sowie zur Steigerung des Futterpflanzenbaues und der Tierproduktion.- Giessen, 216 S..
- CRAIG, D. (1972): Türkiye'de toprak erozyonun yenilmesi. (Die Überwindung der Bodenerosion in der Türkei.-) In: Jeomorfoloji Dergisi 4: S. 145 - 146.
- DOĞAN, O. (1987): Türkiye Yağışlarının Erosiv Potansiyelleri. (Erosive Potentials of rainfall in Turkey.-) In: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 23 S..
- DOĞAN, O. (1993): Cartographie de l'érosion et les recherches sur la conservation des sols en Turquie. (The cartography of erosion and research on soil conservation in Turkey.-) In: CIHEAM (= Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes) (Hrsg.): Cahiers Options Méditerranéennes. Vol. 1: Etat de l'Agriculture en Méditerranée, Zaragoza: S. 79 - 96.
- HÜTTEROTH, W. D. (1982): Türkei.- Wissenschaftliche Länderkunden 21, Darmstadt, 548 S..
- İZBİRAK, R. (1971): Erozyon kontrolü ve jeomorfolojik. (Erosionskontrolle und die Geomorphologen.-) In: Jeomorfoloji Dergisi 3: S. 5 - 13.
- KHGM (= Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü) (Hrsg.) (1987): Türkiye genel toprak amanjman planlaması (Toprak koruma ana planı). General soil management plan of Turkey.- Ankara, 105 S..
- KUZUOĞLU, C. & O. DOĞAN (1992): Wind erosion in Anatolya. Fighting measures and results obtained in the Karapınar Region (Konya, Turkey).- In: Memorial Symp. Prof. Dr. J. de Ploey: S. 69.
- MÜLLER, M. J. (1980): Handbuch ausgewählter Klimastationen der Erde.- Trier, 346 S..
- NISANCI, A. (1973): Studien zu den Niederschlagsverhältnissen in der Türkei unter besonderer Berücksichtigung ihrer Häufigkeitsverteilung und ihrer Wetterlagenabhängigkeit.- Diss. Univ. Bonn, 163 S..
- TAYSUN, A., CANGA, M.R., UYSAL, H. & G. ERPUL (1995): Toprak erozyonu koruma önlemleri. (Maßnahmen zur Verbeugung von Bodenerosion.-) In: Türkiye Ziraat Mühendisliği IV. Teknik Kongresi, 9 - 13 Ocak 1995, Ankara: S. 267 - 343.
- TÜMSAVAS, Z. (1994): Türkiye'de erozyon tehlikesi ve koruma önlemleri. (Gefährdung durch Bodenerosion und Schutzmaßnahmen in der Türkei.-) Unveröff. Paper, Bursa, 18 S..
- WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. (1978): Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning.- U. S. D. A. Agr. Handbook 537, 58 S..

Abbildung: Potentielle Erosionsgefährdung durch Niederschläge in der Türkei



Vergleich der Perkulationsstabilität von Aggregaten für Böden aus drei Kontinenten - Möglichkeiten und Grenzen der Perkulationsmethode

von

SCHOLTEN,T.; BAUMANN,J.; EURICH-MENDEN,B.; FELIX-HENNINGSSEN,P.;
MOLL,W.

Einleitung

Die Perkulationsstabilität von Bodenaggregaten ist ein ausgezeichneter Stabilitätsindikator im Rahmen von Erosionsstudien. Sie ist leicht zu bestimmen und zeigt eine hohe Korrelation zum Bodenabtrag sowie einzelnen Bodeneigenschaften wie z.B. pH-Wert, Korngrößenverteilung, Gehalt an organischer Substanz, Kalkgehalt, Infiltrierbarkeit, Oberflächenrauigkeit usw. (u.a. AUERSWALD, 1995) Inwieweit diese in Einzelstudien ermittelten Beziehungen zwischen der Perkulationsstabilität und einzelnen Bodeneigenschaften auf andere Substrate, Böden und Landschaftsräume als die jeweils verwendeten übertragen werden können ist allerdings ungewiß. Diese Untersuchung soll daher zu einem besseren Verständnis von Bodeneigenschaften und ihren Auswirkungen auf die Perkulationsstabilität beitragen, um die Möglichkeiten und Grenzen der Perkulationsmethode besser einschätzen zu können.

Material und Methoden

An vier Probenkollektiven aus Mexico (BAUMANN, 1996), Swaziland (SCHOLTEN, 1997) und Deutschland (EURICH-MENDEN, 1997) wurden Perkulationsstabilitätsmessungen mit der Methode von SEKERA & BRUNNER (1943), überarbeitet von BECHER & KAINZ (1983), vorgenommen.

-
- * Justus-Liebig-Universität Giessen, Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, Wiesenstraße 3-5, 35390 Giessen
 - ** Justus-Liebig-Universität Giessen, Wissenschaftliches Zentrum Tropeninstitut, Abteilung Bodenkunde, Schottstraße 2, 35390 Giessen
 - *** KTBL, Beringstraße 49, 64289 Darmstadt

Ergebnisse

Anhand der vergleichenden statistischen Auswertung der Messergebnisse wird gezeigt, daß die Perkolationsstabilität je nach Art und Menge stabilisierend wirkender Substanzen von unterschiedlichen Bodeneigenschaften determiniert wird. Diese bilden damit für ein bestimmtes Probenkollektiv eine repräsentative Parameterkombination, die in Beziehung steht zum Entwicklungsgrad der Böden, zum Ausgangsgestein und zu der Nutzung. Eine standortunabhängige, generelle Relation der Perkolationsstabilität zu einzelnen Bodeneigenschaften konnte dagegen nicht nachgewiesen werden.

Des weiteren zeigen die Messungen an Bodenaggregaten aus Ferralsols, daß die verwendete Perkolationsmethode ab einem bestimmten Gehalt an pedogenen Oxiden und organischer Substanz nicht mehr in der Lage ist, unterschiedliche Aggregatstabilitäten aufzuzeigen. Dieses deutet darauf hin, daß die Stabilität der Aggregate die Scherkraft des perkolierenden Wassers und die Kraft, die durch eingeschlossene Luft entsteht, überschreitet.

Literatur

- AUERSWALD, K. (1995): Percolation stability of aggregates from arable topsoils. *Soil Science* 159: 142-148.
- BAUMANN, J. (1996): Die Wirkung der Tieflockerung auf Erodierbarkeit und Ertragspotential verhärteter Vulkanascheböden im Staat Tlaxcala/Mexico. *Boden und Landschaft* 10. Justus-Liebig-Universität Giessen, Selbstverlag.
- BECHER, H.H. UND KAINZ, M. (1983): Auswirkungen einer langjährigen Stallmistdüngung auf das Bodengefüge im Lößgebiet bei Straubing. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 152: 152-158.
- EURICH-MENDEN, B. (1996): Der Einfluß silikatischer Kalke auf die Phosphorverfügbarkeit und Aggregatstabilität landwirtschaftlich genutzter Böden unter besonderer Berücksichtigung der löslichen Kieselsäure. *Boden und Landschaft* 7. Justus-Liebig-Universität Giessen, Selbstverlag.
- SCHOLTEN, T. (1997): Genese und Erosionsanfälligkeit von Boden-Saprolit-Komplexen aus Kristallingesteinen in Swaziland. *Boden und Landschaft* 15. Justus-Liebig-Universität Giessen, Selbstverlag.
- SEKERA, F. UND BRUNNER, A. (1943): Beiträge zur Methodik der Gareforschung. *Bodenkunde und Pflanzenernährung* 29: 181-212.

Auswirkungen der Grünguthäcksel-Verwertung auf die Oberflächenverschlammung und Infiltrabilität von Ackerflächen

von

WILDHAGEN, H.; BRANDT, M.

Einleitung

Seit dem Inkrafttreten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) (BMU, 1994) werden zunehmend Grünschnitte aus privaten Hausgärten und der Landschaftspflege sowie Parkabfälle als Bioabfall landwirtschaftlich direkt, ohne Weiterbehandlung, verwertet. Das geschredderte, unkompostierte Material wird als Grünguthäcksel (GGH) von den Landwirten mit Miststreuern auf Ackerflächen ausgebracht. Bei Anwendungsmengen von 100 m³ GGH/ha innerhalb einer dreijährigen Fruchtfolge ist dieses Verfahren aus Sicht möglicher Schwermetallbelastungen der Böden vor den zur Zeit diskutierten Verordnungen und Gesetzen als unbedenklich einzustufen, wie BRANDT und WILDHAGEN (1997) aufzeigen.

Der positive Einfluß einer GGH-Anwendung auf die Verminderung der Bodenerosion wurde bereits von BRANDT und WILDHAGEN (1996) zu Mais und von BRANDT (1997) zu Winterweizen in Beregnungsversuchen aufgezeigt. Hinsichtlich der Wirkungsweise der GGH-Anwendung auf die Teilprozesse der Bodenerosion sollten sowohl unter natürlichen wie unter simulierten Niederschlagsereignissen die Auswirkungen der GGH-Anwendung auf die Oberflächenverschlammung und Infiltrabilität der Bodenoberfläche untersucht werden.

Material und Methoden

Am Standort „Saurasen“ (Pseudogley, Ut3) wurden vor der Anwendung von GGH Stechzylinder unvollständig in den Boden eingedrückt und diese bei Winterweizen 5 Monate und bei Mais 4 Monate später entnommen. An den Stechzylinderproben wurden nach ROTH (1992) die gesättigte Wasserleitfähigkeit nach inverser Aufsättigung der Proben bestimmt. Während sich am Standort „Saurasen“ die Oberflächenverschlammung in Folge natürlicher Niederschlagsereignisse ausbildete, wurde am Standort „Boomsweg“ (Parabraunerde, Ut4) ein simuliertes Starkregeneignis zur Ausprägung der Oberflächenverschlammung erzeugt. Auch hier wurden Stechzylinder nach der gleichen Vorgehensweise wie am Standort „Saurasen“ eingedrückt und nach der Beregnung untersucht (Abb. 1). Beregnet wurden 60 Minuten mit einer Beregnungsintensität von 62,7 mm/h. Die Infiltrationsraten unmittelbar vor Beregnungsende wurden aus den Differenzen der Regengaben zu den gemessenen Abflußraten berechnet und diese den kf-Werten der Stechzylinderproben gegenübergestellt.

* Fachgebiet Bodenkunde, Universität Gh Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, D-37213 Witzenhausen
Tel.: 05542 - 98 1607, e-mail: wildhagn@wiz.uni-kassel.de, brandt@wiz.uni-kassel.de

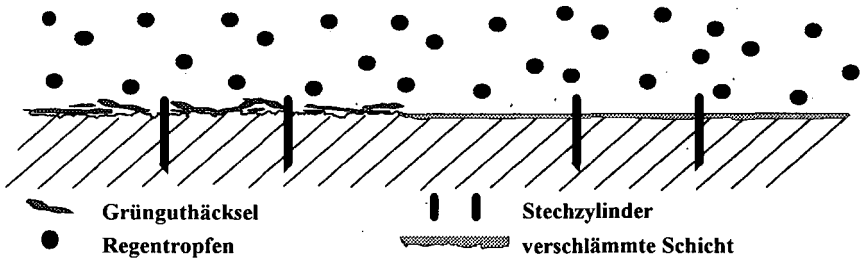


Abb. 1: Versuchsanordnung zur Messung der Oberflächenverschlammung. Standort „Boomsweg“

Ergebnisse und Diskussion

GGH ist ein Strukturmaterial, das, wie BRANDT und WILDHAGEN (1996) zeigen konnten, bei oberflächiger Anwendung die Bodenstruktur verbessert und im besonderen Maße vor Bodenerosion schützt. Dies bestätigen die kf-Werte der untersuchten Stechzylinder und die Infiltrationsraten an zwei Beregnungsterminen (Mai und Juni 1996). In Abhängigkeit von der Anwendungsmenge und vom Anwendungszeitpunkt (vor bzw. nach der Zuckerrübensaat) nahmen die Infiltrabilitäten in der Reihenfolge 100 m³/ha „Nachsaat“, 50 m³/ha „Nachsaat“, 100 m³/ha „Vorsaat“, 50 m³/ha „Vorsaat“, „unbehandelte“ Variante ab (Tab. 1). Zwischen den Anwendungsterminen waren die Unterschiede der Infiltrabilitäten größer als zwischen den Anwendungsmengen innerhalb eines Anwendungstermins.

Tab. 1: Infiltrabilität der Bodenoberfläche in Abhängigkeit von der Grünthäcksel-Anwendung (Bedeckung). Vergleich der relativen Endinfiltrationsraten von Beregnungsversuchen mit den relativen kf-Werten von Stechzylinderproben (n=8). Standort „Boomsweg“

Einheit		Variante				Unbehandelt
		Nachsaat		Vorsaat		
		100 m ³ /ha	50 m ³ /ha	100 m ³ /ha	50 m ³ /ha	
1. Beregnung	cm/d	144	147	108	79	46
Mai 1996	% ¹⁾	100	102,2	74,8	55,5	31,4
2. Beregnung	cm/d	150	147	130	85	65
Juni 1996	% ¹⁾	100	98,2	86,5	55,4	42,9
Stechzylinderproben	cm/d	3424	3275	2505	2293	1454
	% ¹⁾	100	95,7	73,2	67	42,5
Bedeckung	%	85	60	10	5	0

¹⁾ relativ zur Variante: Nachsaat 100 m³ / ha

Während eine Verringerung der GGH-Anwendungsmenge nach der Saat von 100 m³/ha auf 50 m³/ha keine eindeutige Verringerung der Infiltrabilität zeigte, reduzierte sich diese im Vergleich zur 100 m³/ha „Nachsaat“-Variante bei einer Einarbeitung von 100 m³ GGH/ha auf 86% bis 73%. Wurden 50 m³ GGH/ha eingearbeitet, reduzierte sich die Infiltrabilität auf 67% bis 55%. Ohne die Anwendung von GGH fiel die Infiltrabilität auf 43% bis 31% gegenüber einer Auflage von 100 m³ GGH/ha ab.

Die gute Übereinstimmung der relativen Infiltrabilitäten zwischen den Endinfiltrationsraten an beiden Berechnungsterminen mit den kf-Werten der Stechzylinderproben belegt die gute Eignung der Methode von ROTH (1992), bei der die Ableitung der Oberflächenverschlammung anhand der kf-Werte von vorher in den Boden eingedrückter Stechzylinderringe erfolgt.

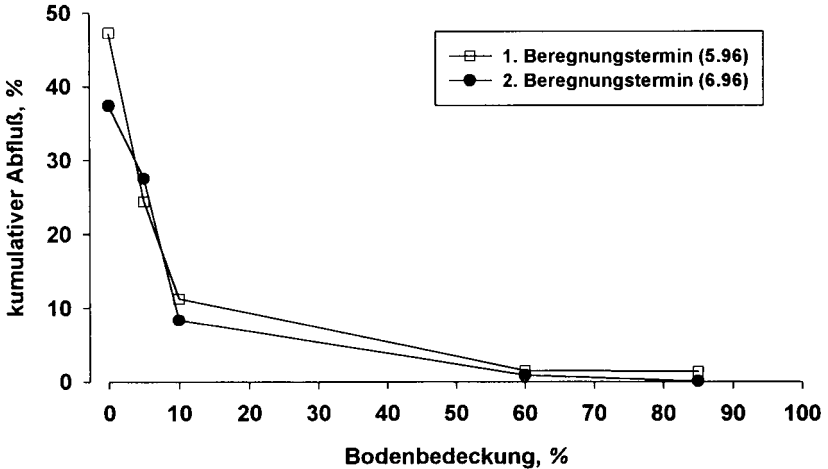


Abb. 2: Kumulativer Oberflächenabfluß in Abhängigkeit vom Bedeckungsgrad des Bodens mit Grünguthäcksel. Standort „Boomsweg“

Mit der Einarbeitung des GGH auf ca. 10 cm Tiefe fand eine Reduzierung des Bedeckungsgrades statt. Eine Bedeckung des Bodens mit GGH wirkt, ähnlich wie eine Mulchschicht aus Ernterückständen, der Verschlammung des Bodens entgegen. Die durch eine Verschlammung herabgesetzte Infiltrabilität ist maßgeblich für eine Reduzierung des Oberflächenabflusses verantwortlich. Aus Abb. 2 wird ersichtlich, daß eine maximale Abflußverringerung und damit ein bestmöglicher Verschlammungsschutz bei einem Bedeckungsgrad des Bodens von 60% erreicht wurde. Dies entspricht einer GGH-Anwendungsmenge von 50 m³ GGH/ha, wenn diese nach der Saat als Mulchauflage erfolgt.

Die Überprüfung dieser Ergebnisse unter natürlichen Niederschlagsverhältnissen konnte zu Mais, bei der die GGH-Anwendung nach der Saat auf unverschlammtem Boden erfolgte, anhand der kf-Werte von Stechzylinderproben bestätigt werden (Tab. 2). Im Vergleich zu einer Anwendung von 100 m³ GGH/ha fiel die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit der unbehandelten Variante auf 46% ab. Bei einer Anwendung von 10 t TS Kompost/ha verringerte sich diese lediglich um 7%.

Im Vorjahr erfolgte die Anwendung von GGH und Kompost auf den stark verschlammten Boden in den Winterweizenbestand. Neben dem Schutz vor einer weiteren Verschlammung der Bodenoberfläche bewirkte insbesondere die GGH-Auflage durch eine Erhöhung der bodenbiologischen Aktivität (ZAUNER und KLUGE, 1996) ein Auflösen der Oberflächenverschlammung. Da die kf-Werte vor der Ausbringung des GGH und des Kompostes nicht gemessen wurden, konnte eine Gewichtung der beiden Prozesse nicht vorgenommen werden.

Tab. 2: Gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) von Stechzylinderproben (n = 8) der Bodenoberfläche (0-4 cm) nach der Anwendung von 100 m³ FM Grünguthäcksel (GGH)/ha und 10 t TS Kompost/ha zu Winterweizen und Silomais. Standort „Saurasen“

Kultur	Probe- nahme	Dimension	Variante		
			GGH	Kompost	Unbehandelt
Winterweizen	15.07.1995	cm/d	3528 a	1806 b	830 c
		% ¹⁾	100	51	24
Silomais	19.09.1996	cm/d	2712 a	2512 b	1246 c
		% ¹⁾	100	93	46

¹⁾ relativ zur GGH-Variante

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb eines Jahres (p = 0,05)

Ausblick

In Anbetracht der geringen GGH-Mengen die zur landwirtschaftlichen Verwertung anfallen, zeigen die dargestellten Ergebnisse, daß eine oberflächige Anwendung von GGH in hervorragender Weise eine Strukturverbesserung der Bodenoberfläche bewirkt. Auf eine Einarbeitung des GGH sollte deshalb verzichtet werden. Bereits bei geringen Mengen von 50 m³ FM/ha kommen die sehr guten strukturverbessernden Eigenschaften des GGH zur Wirkung. Um eine möglichst große Ackerfläche mit GGH abstreuen zu können, sollten in der Praxis diese Anwendungsmengen nicht überschritten werden.

Literatur

- BMU, 1994: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (KrW/AbfG). - Information des Bundesumweltministeriums. Nr. 9/1994.
- BRANDT, M., 1997: Grünguthäcksel-Verwertung zur Vermeidung von Bodenerosion und Nährstoffaustrag. - Boden und Landschaft. Band 18. Gießen. (in Druck)
- BRANDT, M. und WILDHAGEN, H., 1996: Grünguthäcksel verhindert Bodenerosion. - Mais 24, 150 - 152
- BRANDT, M. und WILDHAGEN, H., 1997: Inhaltsstoffe und Stofffrachten von Grünguthäcksel bei der Direktverwertung auf landwirtschaftlich genutzten Böden. - Mittlgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 83, 271-274.
- ROTH, C., 1992: Die Bedeutung der Oberflächenverschlammung auf die Auslösung von Abfluß und Abtrag. - Bodenökologie und Boden-genese. Heft 6. TU Berlin
- SCHMIDT, B., BRANDT, M. und WILDHAGEN, H., 1997: Einfluß von Grünguthäcksel und Kompostanwendung auf physikalische Parameter einer Ackeroberfläche. - Mittlgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 83, 371-374
- ZAUNER, G. und KLUGE, R., 1996: Anwendung von Reststoffen in der Landwirtschaft. Erste Ergebnisse zu bodenphysikalischen und bodenchemischen Parametern. - 5. Statuskolloquium des Projektes Wasser-Abfall-Boden (PWAB) 27.02.96. Karlsruhe, Poster.

Bewertung der aktuellen Wassererosionsgefährdung und Schlußfolgerungen für die Bewirtschaftung am Beispiel des Einzugsgebietes Kittendorfer Peene

von

WINNIGE, B.; FRIELINGHAUS, M.; PAGENKOPF, W.

Problemstellung

Die potentielle und aktuelle Erosionsgefährdung konzentriert sich im Land Mecklenburg-Vorpommern auf vorwiegend agrarisch genutzte Gebiete. Die dadurch zu erwartenden Schäden liegen einerseits in der Verschlechterung der Bodenparameter, die für die Realisierung ökologischer Bodenfunktionen Voraussetzung sind und andererseits in der Belastung von benachbarten Systemen wie Gewässern, Feuchtbiotopen, Niederungen sowie der Atmosphäre.

Die Kittendorfer Peene hat ein ausschließlich landwirtschaftlich genutztes Einzugsgebiet. Es zeichnet sich durch mäßige Wassererosions- und durchschnittliche Eintragsgefährdung aus (Deumlich et al., 1997)*. Die Fließgewässer im Einzugsgebiet sind in überwiegendermaßen in ihrer Gewässerstruktur deutlich beeinträchtigt. Die Quelle der Kittendorfer Peene, der Schwandter See, ist ein polytrophes Gewässer. Dadurch gehört die Kittendorfer Peene bereits im Quellgebiet der Beschaffenheitsklasse 3 an (Bartels et al., 1996). Die diversen kleinen landwirtschaftlichen Zuflüsse zur Kittendorfer Peene sind so belastet, daß auch in den nächsten Jahren noch keine wesentliche Veränderung der Wasserbeschaffenheit erwartet werden kann.

Für Boden- und Gewässerschutzkonzepte werden daher Algorithmen zur Abschätzung der aktuellen Gefährdung und Informationen zu den tatsächlichen Stoffeintragsformen und Pfaden benötigt. Nur so ist es möglich, schlaggezielt Schutzmaßnahmen durchführen zu können.

Ermittlung der aktuellen Wassererosionsgefährdung

Auf allen als potentiell mäßig, stark und sehr stark gefährdeten Flächen wird durch die Aufnahme der Anbaustruktur, einer Schadenskartierung sowie der Erfassung der vorhandenen Gewässerrandstreifen und angrenzenden Biotope entsprechend dem in Abbildung 1 dargestellten Algorithmus die aktuelle Wassererosionsgefährdung* abgeschätzt (Abb. 2).

Die Ergebnisse werden mit ARC/INFO verwaltet und verarbeitet, so daß eine Verknüpfung der einzelnen Faktoren, die die aktuelle Wassererosion beeinflussen, möglich ist. So können erosionsdisponierte Schläge und „Thalwege“ erkannt und gezielt Schutzmaßnahmen eingeleitet werden.

* Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 83, 1997

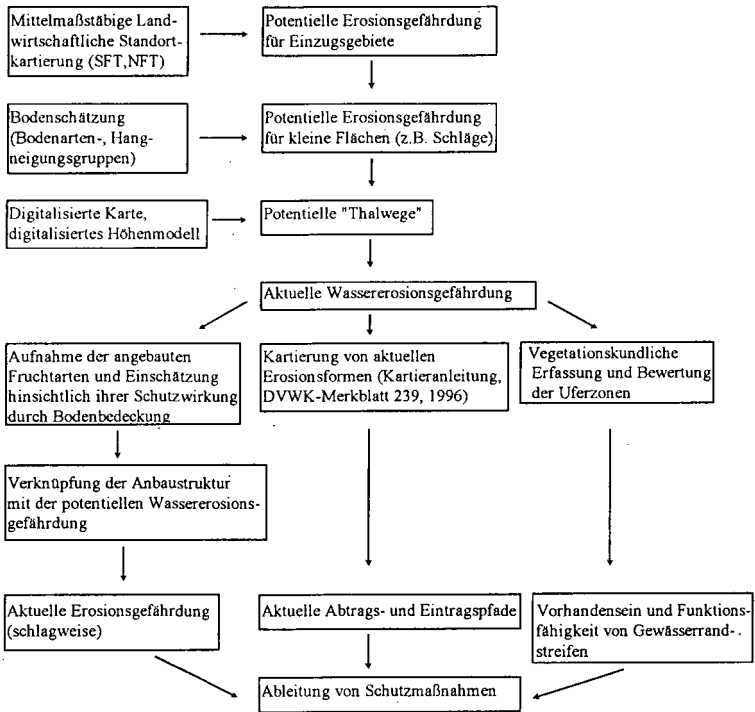


Abb. 1: Algorithmus zur Abschätzung der aktuellen Wassererosionsgefährdung

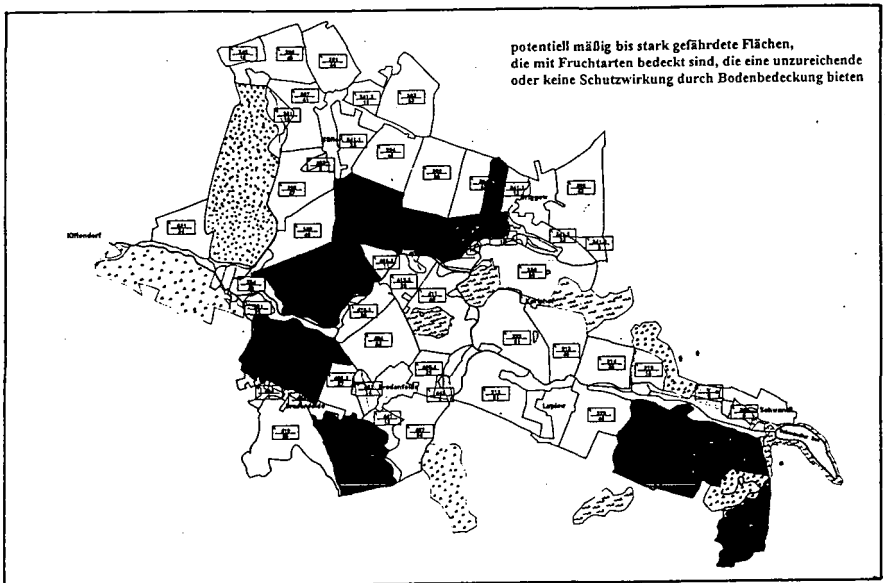


Abb. 2: Karte der aktuellen Wassererosionsgefährdung im Untersuchungsgebiet

Empfehlungen für eine bodenschützende Flurgestaltung und Vorschläge für eine ergänzende Anbaugestaltung in bodenerosionsgefährdeten Gebieten des Einzugsgebietes

Während auf stark und sehr stark gefährdeten Flächen eigentlich nur durch eine konsequente Nutzungsänderung ein ausreichender Bodenschutz gewährleistet werden kann, können auf mäßig gefährdeten Flächen bodenschonende Maßnahmen und ein Anbauverhältnis mit hohem Anteil bodenbedeckender Fruchtarten die aktuelle Erosionsgefährdung vermindern. Ziel der Anbaugestaltung in erosionsgefährdeten Einzugsgebieten muß es sein, räumlich gut verteilt das ganze Jahr über einen hohen Anteil bedeckter Flächen zu haben. Eine geschlossene Vegetationsdecke ist der beste Erosionsschutz, da die Pflanzen und Pflanzenrückstände den Boden vor dem direkten Aufschlagen der Regentropfen, der sogenannten Planschwirkung, schützt. Gleichzeitig trägt die sich ausdehnende Wurzelmasse zur Stabilisierung und Verbesserung des Oberbodens bei und erhöht die Infiltration.

Kurzfristige Schutzkonzepte für das Gebiet der Kittendorfer Peene beziehen sich auf Maßnahmen der Prävention und bodenschonenden Bewirtschaftung. Dazu zählen:

- ⇒ Änderung des Anbauverhältnisses und der Fruchtarten
Anpassung der Nutzung an die potentielle Wassererosionsgefährdung (oberflächenschützende Winterkulturen statt erosionsfördernde Sommerkulturen, ggf. mehrjährige Futterkulturen, Dauergrünland, Flächenstilllegung, Aufforstung)
- ⇒ Schaffung geschlossener Pflanzendecken
Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten, Mulchsaatverfahren
- ⇒ Bodenbearbeitung
termingerechte Bodenbearbeitung, konservierende Bodenbearbeitungstechnik zur Verbesserung der Infiltration
- ⇒ Bestellung und Bearbeitung quer zum Hang
Bildung von Barrieren gegen den Oberflächenabfluß
- ⇒ Verbesserung der Bodenstruktur
Humusversorgung (Förderung der biologischen Aktivität, Stabilisierung des Bodengefüges)
Kalkung (Voraussetzung für hohe biologische Aktivität des Bodens, Förderung der Krümelstruktur)
- ⇒ Schutzstreifen entlang der Hanglinie
Anlage von Streifen einer erosionsschützenden Frucht (Getreide) in einem mit einer erosionsfördernden Feldfrucht bestellten Schlag
Schlagteilung großer Schläge zur Verminderung der erosionswirksamen Hanglänge
- ⇒ Verminderung von Schadverdichtungen und Fahrspuren
Änderung der Arbeitsverfahren, Veränderung von Fahrzeugparametern

Mittelfristige Schutzkonzepte:

Ein wesentlicher Faktor ist die Verkürzung der Fließwege für Oberflächenwasser. Hier sind Maßnahmen zur Verbesserung der Infrastruktur zu nennen. Dafür müssen Flurgestaltungskonzepte erarbeitet werden, da besonders feste Flurgrenzen wie Wege, Hecken, Baumreihen, Gräben den Abfluß mindern können.

In Ergänzung dazu können Maßnahmen der allgemeinen Extensivierung, der dauernden und zeitweiligen Flächenstilllegung, der Nutzungsumwidmung und der Anbaugestaltung, die allerdings stark von Marktzwängen beeinflusst wird, wirkungsvollen Schutz bieten.

Langfristige Schutzkonzepte:

Im Gebiet der Kittendorfer Peene hat der Schutz vor Einträgen in das Gewässer und damit der Schutz des Peenetalmoores Priorität. Damit besteht langfristig die Notwendigkeit Filter- und Schutzzonen zwischen den gefährdeten Ackerflächen und dem Gewässer anzulegen.

Eine Kartierung ergab, daß an der „rechten“ Uferseite (in Fließrichtung) 54 % und an der „linken“ Uferseite 62 % des Gewässers funktionstüchtige Gewässerrandstreifen vorhanden sind (Abb 3). Bei den „Randstreifen“ handelt es sich vorwiegend um die natürlichen Grünlandstreifen entlang der Kittendorfer Peene, die ein eigenes Biotop darstellen. Für den übrigen Teil des Gewässerverlaufes werden an die tatsächlichen Eintragspfade angepaßte Randstreifen empfohlen.

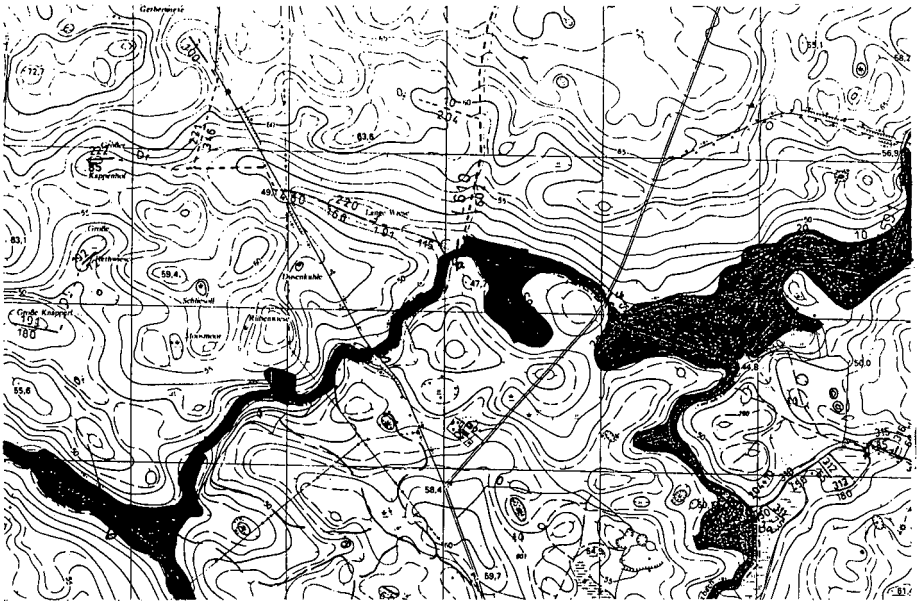


Abb. 3: Gewässerrandstreifen im Untersuchungsgebiet

Die Erfahrungen zeigen klar, daß Gewässerrandstreifen, deren Ausstattung und Bemessung nicht die morphologischen Standortverhältnisse berücksichtigen, praktisch keinerlei Verminderungswirkung haben.

Um zu verhindern, daß mit erheblichen Aufwand Standard-Uferstreifen eingerichtet werden, die z. B. in ihrer Filterfunktion uneffektiv sein können, ist eine konzeptionelle Vorgehensweise notwendig. Dabei müssen die unterschiedlichsten Funktionen von Uferstreifen auf ihre Notwendigkeit hin überprüft und effektiv aufeinander abgestimmt werden.

Literatur:

- BARTELS, U; DOLGNER, W. (1996): Hydrologie und Gewässergüte der Kittendorfer Peene. In: Exkursionsführer Einzugsgebiet der Kittendorfer Peene und des kleinen Landgrabens bei Werder 30.10.1996, Tagung der AG Bodenerosion in Neubrandenburg
- DVWK (1996): Bodenerosion durch Wasser - Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft, 239/1996, 62 S.
- RADERSCHALL, R.; BEHRENDT, H.; PAGENKOPF, W.; FRIELINGHAUS, M.; WINNIGE, B. (1997): Modulares Konzept zur variablen Gestaltung von Gewässerrandstreifen. 1. Teil: Grundlagen. -In: Zeitschrift für Kulturtechnik und Landesentwicklung, Heft 2, S. 76-81.

Simulation der Abflußverminderung in Uferstreifen

von

ZILLGENS,B.; FOHRER,N.; FREDE,H.-G.

Einführung

Als wirksamer Schutz gegen Nährstoffeinträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen können Uferstreifen als Akkumulationsraum für erodierte Bodenpartikel und Nährstoffe fungieren, sofern diese entsprechend den Standortverhältnissen optimal dimensioniert sind. Zur Optimierung der Uferstreifengestaltung im Hinblick auf Abflußverminderung und Nährstoffrückhalt wird ein Simulationsmodell erstellt, angepaßt und validiert, das alle relevanten Prozesse in Uferstreifen beschreiben kann. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der hydrologischen Komponente.

Zielsetzung

Modellierung der hydrologischen Prozesse mit dem physikalisch basierten Modell Hillflow 2D (BRONSTERT 1994):

- *Sensitivitätsanalyse* zur Abschätzung der Wirkung der Inputvariablen auf den berechneten Oberflächenabfluß
- *Kalibrierung und Validierung* des Abflußgeschehens an ausgewählten Standorten

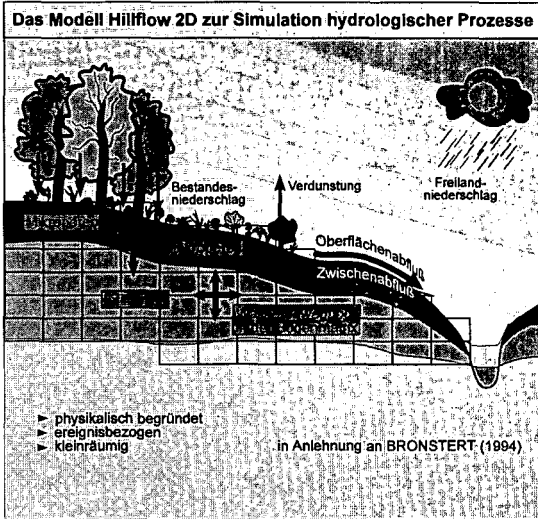
Methodik

Verfügbare Datengrundlage

FABIS et al. (1996) führten im Frühjahr und im Sommer je 2 Oberflächenabfluß-Untersuchungen (Beschickung mit je 6000l) an 30 Uferstreifentypen durch mit Variationen in:

- Filterlänge
- Vegetation, Bedeckungsgrad
- Bodenart und -typ
- Hangform
- bodenphysikalischen Parametern
- Nutzung

Verwendetes Simulationsmodell



Wichtige Eingabedaten für Hillflow 2D

- Zeitparameter**
- Simulationsdauer
 - Anzahl verschiedener Zeitschrittlängen
 - Länge verschiedener Zeitschrittlängen
- topographische Daten/ Diskretisierung**
- Geländeoberfläche
 - horizontale Diskretisierung Bodenmatrix
 - vertikale Diskretisierung Bodenmatrix
 - Höhe der Makroporenschicht
 - Mächtigkeit der Bodenmatrix
- Daten der Oberfläche und der Bodenmatrix**
- Oberflächenrauigkeit
 - Zwischenabflußwiderstandsbeiwert
 - Makroporenvolumen
 - Anfangswassergehalt
 - gesättigte Wasserleitfähigkeit
 - van-Genuchten Parameter:
 - gesättigter Wassergehalt
 - residueller Wassergehalt
 - α und n

Ergebnisse

Sensitivitätsanalyse

Berechnung des Sensitivitätsparameters nach MCCUEN & SNYDER (1986). Input und Output werden bei der Variation eines Eingabeparameters ins Verhältnis gesetzt.

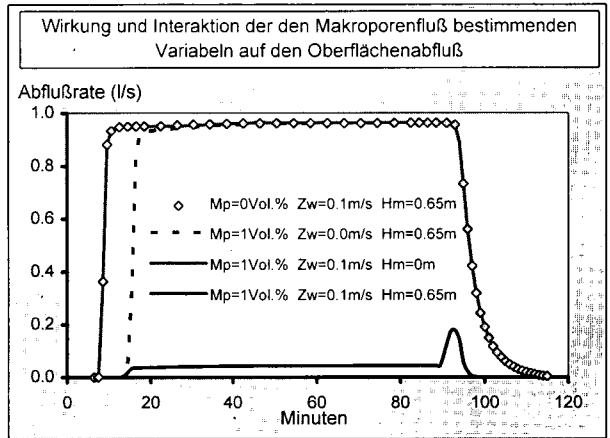
- Als sensitivste Größe stellt sich die Höhe der Makroporenschicht heraus.
- Der Strickler-Wert, ein Maß für die Oberflächenrauigkeit, und die van-Genuchten Parameter, mit denen die Retentionskurven und K-Kurven festgelegt werden, zeigen den geringsten Einfluß auf das Abflußvolumen.

	Eingabe	Abflußvolumen (l)	Sensitivitätsparameter
Strickler-Wert [m ^(1/3) /s]	1.00 3.50	3872 3765	-0.027
Makroporenvolumen [Vol.%]	0.10 2.00	4957 2371	-0.391
Höhe der Makroporenschicht [m]	0.01 0.65	5111 561	-0.827
Zwischenabflußwiderstandsbeiwert [m/s]	0.01 0.30	4879 2327	-0.379
gesättigte Leitfähigkeit [mm/h]	1.00 20.00	3944 2252	-0.270
α	1.50 4.00	3825 3829	0.001
η	1.20 5.50	3843 3818	0.005

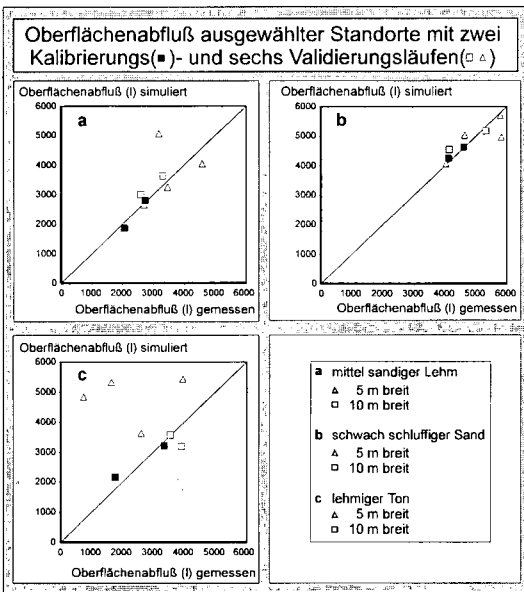
Die Wasserbewegung in den Makroporen ist gekoppelt mit dem Zwischenabfluß.

Höhe der Makroporenschicht (H_m), Makroporenvolumen (M_p) und Zwischenabflußwiderstandsbeiwert (Z_w) sind voneinander abhängig.

Eine Senkung des Oberflächenabflusses geschieht nur durch gemeinsame Wirkung dieser Parameter.



Kalibrierung und Validierung

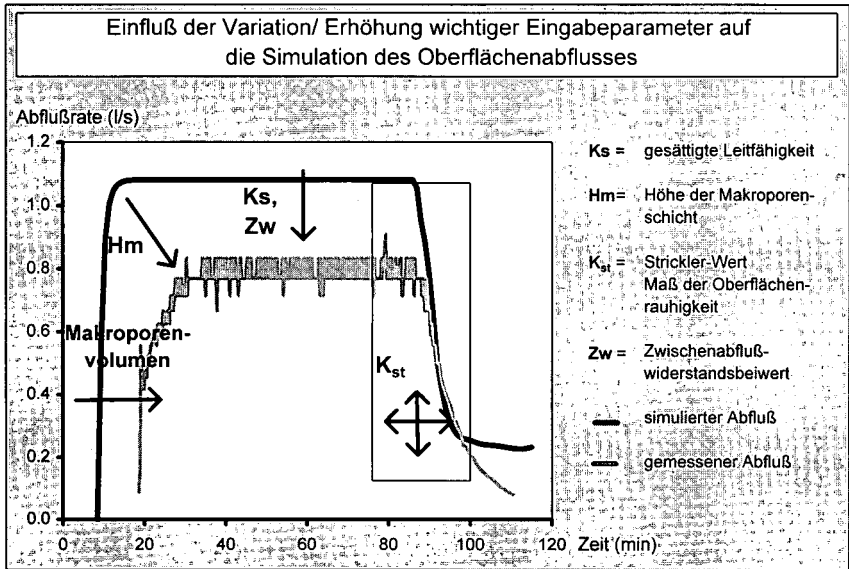


- Gute Validierungsergebnisse lassen sich auf Uferstreifen mit der Bodenart mittel sandiger Lehm und schwach schluffiger Sand ermitteln (Ls3, Darst. a; Su2, Darst. b).
- Unbefriedigende Ergebnisse ergeben sich bei den Uferstreifen mit der Bodenart lehmiger Ton (TI, Darst. c). Struktureffekte werden noch nicht ausreichend berücksichtigt.

Zusammenfassende Ergebnisse

Mit Hillflow 2D kann auf Uferstreifenstandorten, die keinen saisonalen Gefügeveränderungen unterworfen sind, Oberflächenabflußbildung gut simuliert werden.

Wirkung der Variation wichtiger Eingabeparameter auf das Abflußgeschehen:



Ausblick

Erweiterung des Modells um die Module zur Beschreibung der:

- Akkumulationsprozesse des im Oberflächenabfluß transportierten Bodenmaterials;
- Sorptionsprozesse, denen gelöstes Phosphat unterliegt.

Literatur

- BRONSTERT, A. (1994): Modellierung der Abflußbildung und der Bodenwasserdynamik von Hängen. Dissertation. Mitteilungen des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universität Karlsruhe. Heft 46.
- FABIS, J., BACH, M. & FREDE, H.-G. (1996): Filterwirkung von Uferstreifen für Stoffeinträge in Gewässer in unterschiedlichen Landschaftsräumen. DWWK-Abschlußbericht.
- MCCUEN, R.H. & SNYDER, W.M. (1986): Hydrologic Modeling: Statistical Methods and Applications. -Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Wir danken der DFG für die Projektförderung.

BEITRÄGE

der

KOMMISSION V

Band 85

Heft III

1997

Untersuchungen der Al-Hydroxopolymereinlagerungen in sekundären Chloriten
von
BEYER, J.; DULTZ, S.

Einleitung und Zielsetzung

Vermiculite und Smectite sind in versauerten Böden häufig chloritisiert, d.h ihre Zwischenschicht-räume ganz oder teilweise durch Hydroxokationen belegt. Die Bildung dieser Hydroxokationen und deren Polymerisierungszustand hängen u.a. von der Ladung der Silicatschicht, dem pH-Wert der im Kontakt mit dem Mineral stehenden Bodenlösung und den in der Lösung enthaltenen Ionen ab. So kann z.B. die unterschiedliche thermische Stabilität der Zwischenschichtanordnung von sekundären Chloriten verschiedener Horizonte auf die Variabilität der genannten Größen zurückgeführt werden. Verdeutlicht wird dies in den in Abb.1 dargestellten Röntgendiffraktogrammen der Mitteltonfraktion (0.2-0.6µm) des Ahe- bzw. Bv1-Horizonts einer podsolierten Pseudogley-Braunerde aus Geschiebedecksand (Profil Bahrdforf). Der Verlauf der thermischen Entwässerung - sichtbar an der Änderung des 1.43nm- (Ahe-Horizont) bzw. 1.40nm-Biegungsmaximums (Bv1-Horizont) - weist auf eine unterschiedliche Art der Zwischenschichtbelegung der vorhandenen, chloritisierten Schichtsilicate hin.

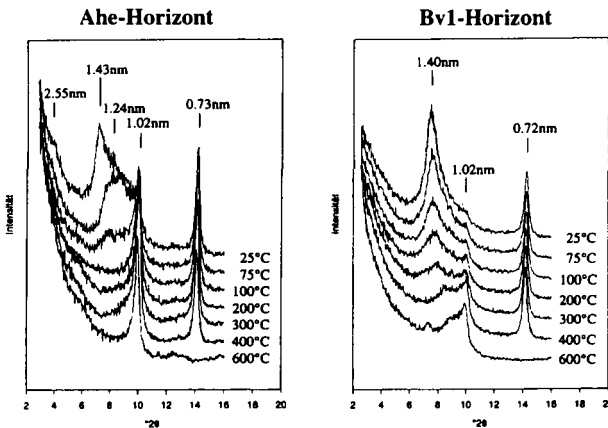


Abb.1.:
 Röntgendiffraktogramme
 der Mitteltonfraktion (0.2-
 0.6µm) einer podsolierten
 Pseudogley-Braunerde aus
 Geschiebedecksand (Profil
 Bahrdforf) bei Tempera-
 turen von 25-600°C; K-
 Belegung.

Ziel der vorzustellenden Untersuchungen ist es zu prüfen ob bestehende Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung und der Struktur eine Abgrenzung verschiedener Spezies von sekundären Chlorit ermöglichen. Da Charakterisierungen von Mineralen in Bodenproben wegen des vorhandenen Mineralgemenges erschwert sind, wurden zunächst synthetische Präparate hergestellt,

um so eine Basis für vergleichende Betrachtungen zu Untersuchungen an den aus dem Boden gewonnenen Proben (Profil Bahrdorf) zu schaffen.

Methodik

Es wurden monomineralische Proben von Vermiculiten (Vermiculit Rußland, Fa. Thermax, Österreich) und Smectiten (Montmorillonit Wyoming, SWY1) der Korngrößenfraktionen <0,2, 0,2-0,6, 0,6-2 und 2-6µm nach dem 'Cross-Link' Verfahren (LAHAV et al. 1978) mit Lösungen von Al-Hydroxopolymeren bei pH-Werten von 3,5, 4,0, 4,5, 5,0 und 5,5 ins Gleichgewicht gebracht. Die Herstellung der Al-Hydroxopolymere erfolgte durch die Titration von 0,1M NaOH in eine 0,01M Lösung von AlCl₃. Die kritischen Temperaturen für die Wasserfreisetzung und die Höhe der Wassergehalte der synthetisierten Proben wurden gravimetrisch (TG) und kalorimetrisch (DSC) mit der Thermoanalysenapparatur STA 429 der Firma NETZSCH bestimmt. Zusätzlich zu diesen Untersuchungen wurden temperaturabhängige Beugungsaufnahmen 'in-situ' mit dem STOE STADI P Pulverdiffraktometersystem und der BÜHLER Hochtemperaturkammer HDK 1.2 angefertigt sowie IR-spektroskopische Messungen mit dem IFS88 der Firma BRUKER vorgenommen.

Ergebnisse und Interpretation

Während die Höhe der Wasserfreisetzung keine systematischen Unterschiede in Abhängigkeit von der Belegungsvariante Al-Hydroxo-Vermiculit (AHV) bzw. Al-Hydroxo-Smectit (AHS) aufwies, waren unabhängig von der Korngröße charakteristische Unterschiede im Verlauf der thermischen Entwässerung erkennbar. Sowohl beim AHV als auch beim AHS nahm die Anzahl der thermoanalytisch unterscheidbaren Entwässerungsstufen im Temperaturbereich von 25-550°C mit steigendem pH-Wert zu. Die in den Abbildungen 2a (TG-Kurven) und 2b (DSC-Kurven) dargestellten Meßergebnisse für die Minerale der Korngrößenfraktion 2-6µm zeigen dies für den AHV.

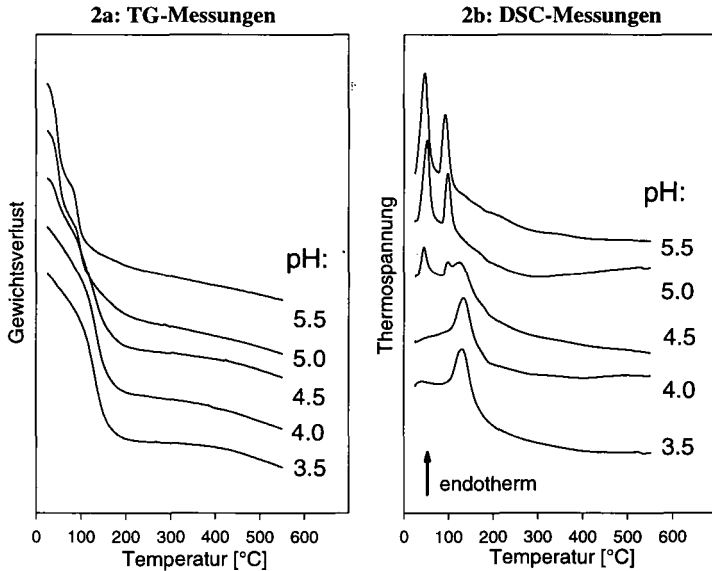


Abb.2.: Thermoanalytische Messungen der Entwässerung (TG, Abb.2a.; DSC, Abb.2b.) der bei unterschiedlichen pH-Werten (3,5, 4,0, 4,5, 5,0, 5,5) hergestellten Al-Hydroxo-Vermiculite (AHV, Rußland) der Korngrößenfraktion 2-6µm.

Der für eine jeweilige Probe charakteristische Verlauf der Entwässerung (TG-Kurve) korrelierte für die AHV bzw. AHS mit der Verkürzung des Basisnetzebenenabstandes (d_{001} -Wert). Die im Temperaturbereich von 25-300°C in Abbildung 2a gezeigten Entwässerungsstufen des AHV sind in den Röntgenbeugungsaufnahmen (Abb.3.) der bei pH-Werten von 3.5, 4.5 und 5.5 hergestellten Proben ebenfalls erkennbar. Eine Zuordnung von Wassergehalten zu charakteristischen Hydratationszuständen bzw. zu bestimmten Zwischenschichtzusammensetzungen erscheint möglich.

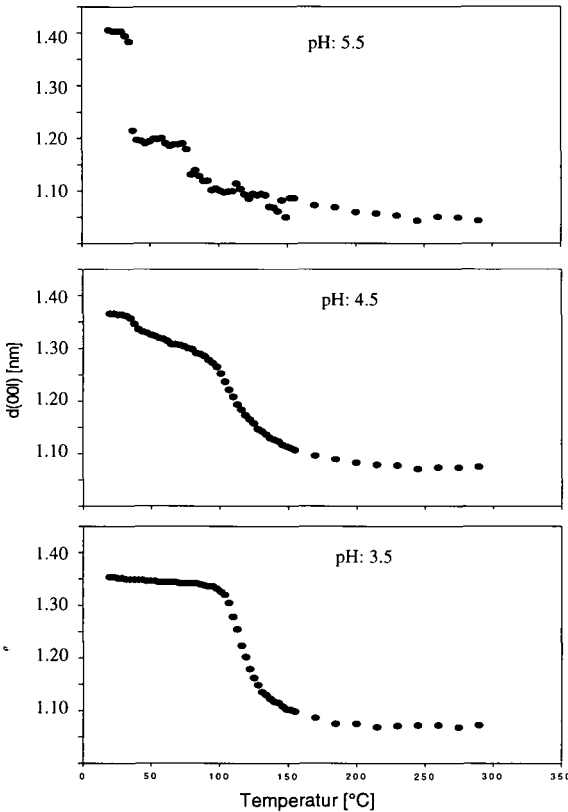


Abb.3.:
 $d(001)$ -Basisnetz-
ebenenabstände von
Belegungsvarianten -
pH: 5.5 (oben), pH:
4.5 (Mitte), pH: 3.5
(unten) - des Al-
Hydroxo-Vermiculits
(Rußland) der Korn-
größenfraktion 2-6µm
in Abhängigkeit von
der Temperatur.

Die in Abhängigkeit vom pH-Wert unterschiedliche Zusammensetzung der Zwischenschichten der AHV bzw. AHS konnte durch die daraus resultierenden Bindungsverhältnisse mittels IR-Spektroskopie nachgewiesen werden. Im Bereich der OH-Streckschwingung ($\sim 2600-3500\text{cm}^{-1}$) ist mit abnehmenden pH-Wert eine Verbreiterung der Absorptionsbanden zu niederen Wellenzahlen sowohl für den AHV (Abb.4.) als auch für den AHS zu beobachten. Aus dieser Beobachtung kann eine Schwächung der OH-Bindung abgeleitet werden. Eine mögliche Erklärung ist die Zunahme der Konzentration an Wasserstoffionen relativ zur Anzahl der Sauerstoffionen in der Zwischenschicht. Diese relative Zunahme bei abnehmenden pH-Werten führt zu einer erhöhten Wasserstoffionenmobilität, die sich in einer Verbreiterung der Absorptionsbanden widerspiegeln würde.

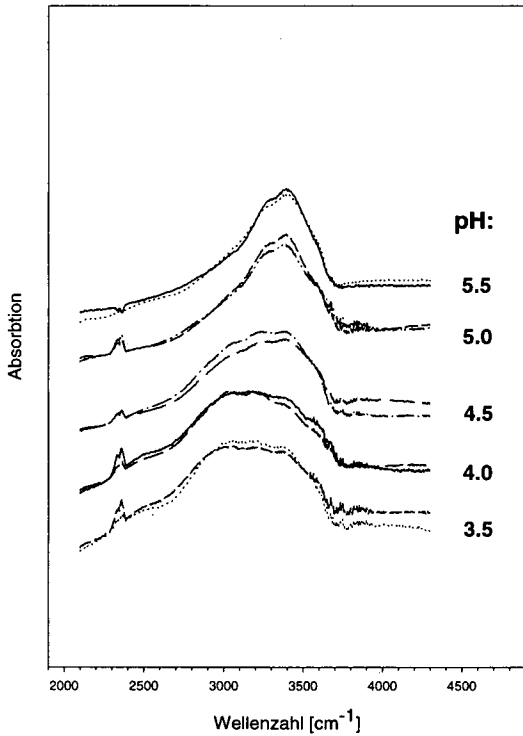


Abb.4.:
IR-Spektren
von Belegungsvari-
anten - pH: 5.5 (oben),
pH: 4.5 (Mitte), pH:
3.5 (unten) - des Al-
Hydroxo-Vermiculits
(Rußland) der Korn-
größenfraktion 2-6µm.

Ausblick

Nach den an den synthetischen Proben erhaltenen Ergebnissen erscheint es möglich, daß sich relative Änderungen in der Art der sekundären Chlorite innerhalb eines Bodenprofils mit den angewendeten Untersuchungsmethoden erfassen lassen, so daß eine Abgrenzung von Spezies vorgenommen werden kann.

Literatur

LAHAV, N., SHANI, U. and J. SABTAL (1978): Cross-linked Smectites. I. Synthesis and properties of hydroxy-aluminium-montmorillonite. *Clays Clay Miner.* **26** (2): 107-115.

Tieflockerung von „Schichtlateriten“ und ihre Folgeprobleme in der Umgebung von Tahoua (Niger, Westafrika)

von

BLEICH, K.E.; HERMANN, L.

Um die Möglichkeiten für den Pflanzenwuchs zu verbessern, wurde auf Hochflächen in der Umgebung von Tahoua (400mm/28°C) seitens der GTZ eine maschinelle Tieflockerung (Bearbeitungsabstand 1 m) vorgenommen, die in den tertiärzeitlichen kaolinitischen Tonen mit vererzten Quarzsand- und reineren Eisenoxidlagen unterschiedlich erfolgreich war, aber insgesamt eine geringe Nachhaltigkeit zu zeigen schien. Obwohl die Sickerung bei Starkregen zu Beginn dadurch deutlich höher war, stellte sich der seitliche Oberflächenabfluß rasch wieder ein und der Bewuchs (mit Gras und Büschen) zog sich auf die randbegrenzenden Rinnen der Parzellen zurück. Es stellte sich die Frage, ob dieser Effekt rein physikalische Ursachen hatte oder ob Nährstofffragen damit verknüpft sind, z.B. wie weit aktuelle Staubdeposition einen Einfluß auf die Nährstoffvorräte an diesen Standorten hat.

Da mit der Anlage von Lockerungsflächen im Winterhalbjahr 1988/89 begonnen worden war und deren stichprobenartige Untersuchung im Februar 1993 vorgenommen wurde, stand eine Zeitreihe von vier Jahren zur Verfügung. Zur Prüfung der Durchwurzelbarkeit wurden Penetrometer- und Abscherwiderstände gemessen (in Meßreihen senkrecht zu den Lockerungsfurchen); die Infiltration wurde nach der Doppelringmethode (soweit nach dem Schuttanteil möglich und nach Jahren noch erkennbar, an Lockerungsfurchen und dazwischenliegenden Rücken) ermittelt. Stechzylinderentnahmen zur Messung von Lagerungsdichte und maximaler Wasserkapazität scheiterten größtenteils an hohen Schuttgehalten. Ergänzend wurden Beobachtungen zur erneuten Verschlammung und Verkrustung der gelockerten Oberböden vorgenommen. Gesamt- und HCl-lösliche Reservan an Nährstoffen aus Bohrstockproben sollten einen zusätzlichen Einblick in die Wuchsbedingungen verschaffen, konnten aber in dem überaus heterogenen Gelände nicht flächenrepräsentativ sein.

In den frischgelockerten Flächen war die Wirkung der Tieflockerung bis 0,6 m Tiefe als trichterförmig erkennbar (Tabelle 1), nahm aber bei starker Verfestigung auf 0,4 bis 0,3 m ab und beschränkte sich in den weniger günstigen Fällen auf Rinnen neben unverritzten Flächen. Erhöhte Steingehalte erschwerten zwar die Bearbeitung, schufen aber durch spießeckige Plattenlagerung eine stabile "Kartenhausstruktur".

Eine Abschwächung des Bearbeitungseffektes zeigte sich bereits nach einer Regenzeit durch erneute, aber unterschiedlich starke Krustenbildung; der Lockerungseffekt blieb daher in vier von zehn untersuchten Fällen zwischen 0,1 und 0,3 m Tiefe deutlicher erhalten als darüber und war außerdem in den am frühesten gelockerten Parzellen deutlicher als in jenen mit nur ein bis zwei Regenzeiten Abstand. Eine Umlagerung von Feinmaterial in die Lockerungsfurchen ließ die Rücken dazwischen nach einer Regenzeit als kleine Schutthügel mit geringer Verkrustung zurück, während in den Furchenmulden eine 1-2 mm dünne tonige Kruste (mit Netzfurchen bei Austrocknung) über einer Sandlage aus verschwemmtem Material gebildet wurde. Diese ist von flachen zu tieferen Mulden hin deltaartig vorgeschüttet, ein Hinweis darauf, daß letztere damals voll Wasser waren und somit kaum Sickerung erfolgte.

Tabelle 1: Einfluß einer jungen Tieflockerungsmaßnahme auf die Eindring- und Scherwiderstände eines Bodens auf der Laterithochfläche bei Tahoua/Niger, beispielhaft dargestellt für einen Hirsestandort (Lockerung Herbst/Winter 1992/1993, Messung Frühjahr 1993)

Transekt	Lockerungs-furche		Rücken		Lockerungs-furche
	0,00m	0,25m	0,50m	0,75m	1,00m
Penetrometerwiderstand (kp cm⁻²)					
Tiefe					
0-0,1m	<5	10	>250	<5	<5
0,1-0,3m	<5	122	>250	107	<5
>0,3m	26	173	199	168	xxx
Scherwiderstand (kp)					
0-0,1m	<0,4	<0,4	xxx	<0,4	<0,4
0,1-0,3m	<0,4	2,5	4,1	0,4	<0,4
>0,3m	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

Der Penetrometerwiderstand wurde mit einer Spitze von 0,5 cm ø und bei einer Eindringtiefe von 0,1m, der Scherwiderstand mit einem Flügel von 3 cm*1,5 cm gemessen. Es wurden jeweils 5 Meßpunkte mit 3 Wiederholungen auf einem 1m-Transekt gemessen. (xxx = Messung aufgrund mangelnder Profiltiefe, zu hoher Dichte oder zu hohem Steingehalt nicht möglich.)

Die Infiltration war in der überaus steinigen frischgelockerten Hirseparzelle nur in einer schluffigen Platte (alter Termitenbau) meßbar und zeigte dort den geringsten aller gemessenen Werte. Sie ist auf den Rücken zwischen den Lockerungsfurchen wiederholt höher (bis zum Dreifachen, Abb.1) und scheint außerdem mit dem Alter der Lockerungsmaßnahme generell anzusteigen. Eine Kontrollmessung außerhalb der Parzellen war nur in einem Fall durchführbar und auch hier stark verfälscht durch unkontrollierten Seitenabfluß.

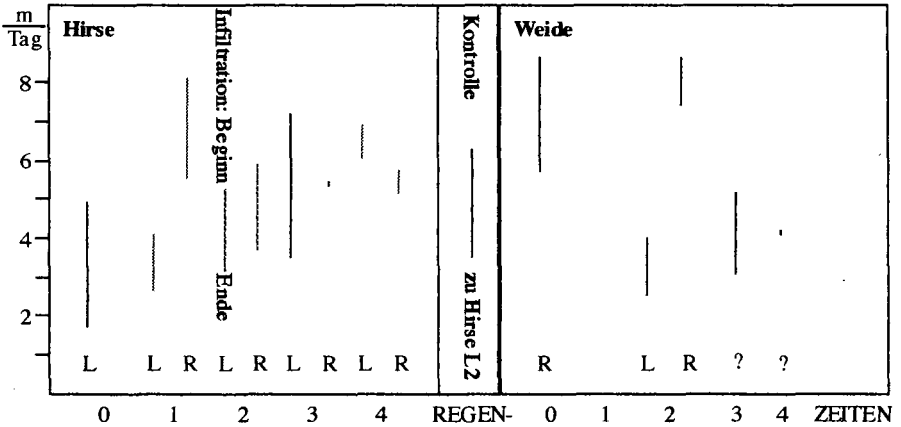


Abbildung 1: Minimale und maximale Infiltrationsraten in und zwischen Tieflockerungsrinnen auf der Hochfläche von Tahoua, Niger.

Aufgrund der Heterogenität des Geländes und der geringen Probenzahl ist eine Interpretation der Ergebnisse hinsichtlich der Rolle der Nährstoffe für die Wachstumsbedingungen schwierig, dennoch zeichnen sich Trends ab. Bei den Reserven an basischen Kationen (besonders K_v und Mg_v) schufen Einarbeitung und Anwitterung ein Maximum nach einer Regenzeit bei Hirse und nach zwei Regenzeiten auf den (schwerer bearbeitbaren, steinigern und tonreicheren) Weideflächen; die rasche Abnahme danach ist teils durch Nutzungsentzug und teils durch die zunehmende laterale Verschwendung zu erklären (Abb.2). Diese Aussage bestätigen Geländebeobachtungen, nach denen die Tieflockerung nur einen kurzfristigen Effekt zeigt und speziell Hirse bereits im zweiten Jahr nach der

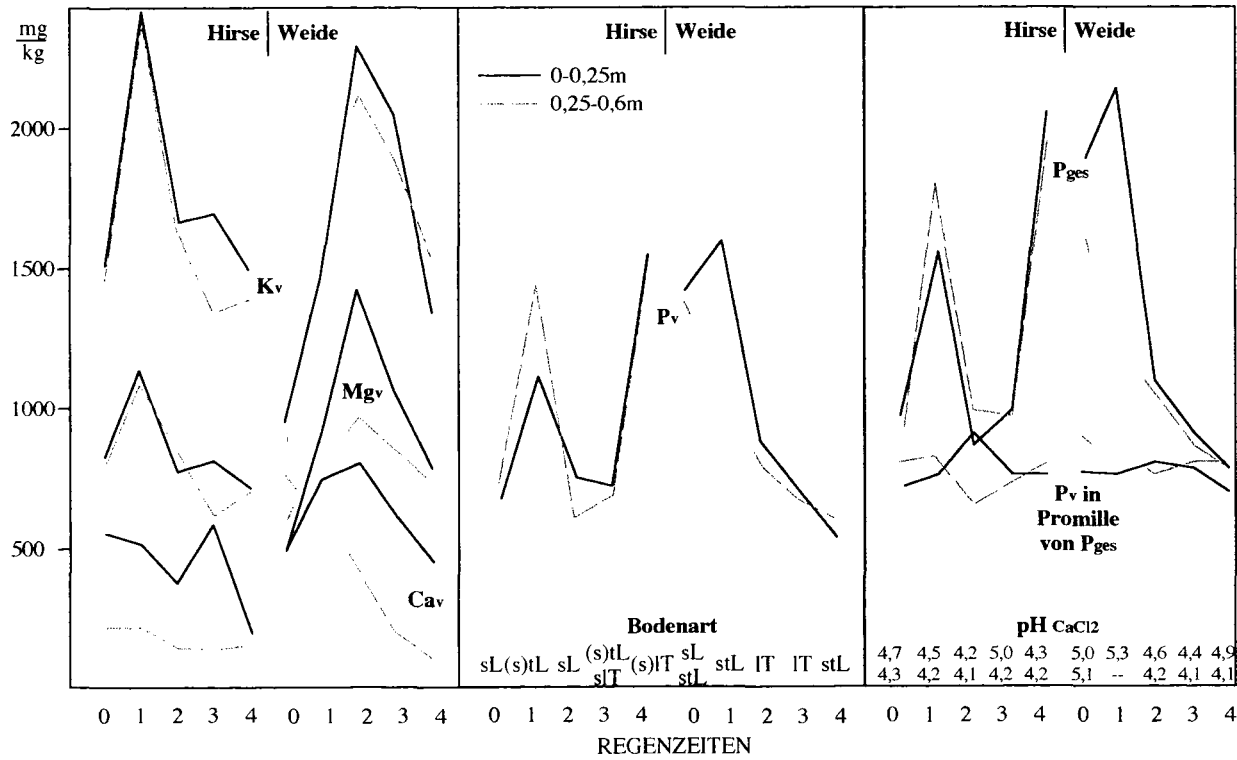


Abbildung 2: Nährstoffkonzentrationen, pH-Werte und Bodenarten der untersuchten Lockerungspartellen auf der Hochfläche von Tahoua

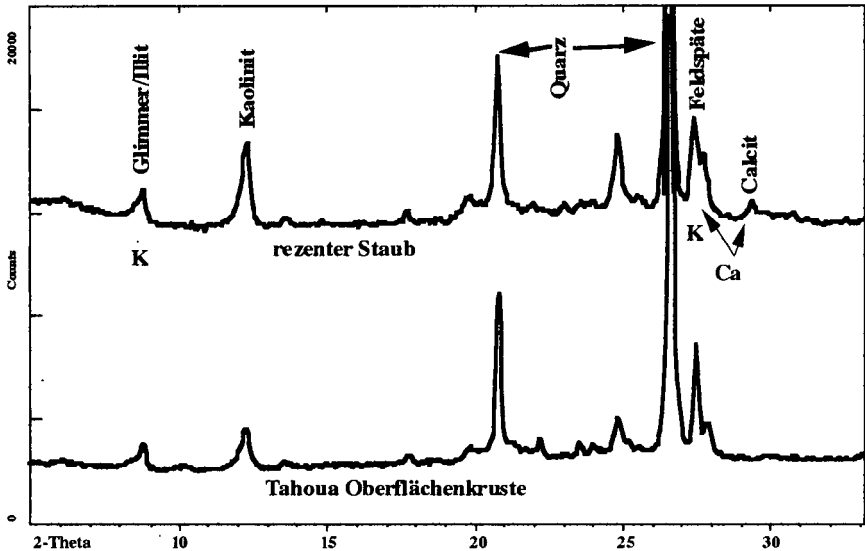


Abbildung 3: Mineralzusammensetzung (RBA-Pulverdiffraktogramm) der Oberflächenkruste (Fraktion $<63\mu\text{m}$) im Vergleich zu rezent transportierten Stäuben

Maßnahme sinkende Erträge aufweist, sodaß die Flächen wieder brachfallen, während Weideflächen länger genutzt werden.

Höhere Cav -Reserven im Oberboden belegen den Einfluß atmosphärischer Deposition, während Kv gleichmäßig im Profil verteilt ist, eventuell als Folge von Tonverlagerung (obwohl diese nicht nachgewiesen wurde). Röntgenbeugungsdiagramme (Abb.3) zeigen deutlich erhöhte Gehalte an verwitterbaren Mineralen (Glimmer, Feldspäte) in den oberflächlichen Krusten als Hinweis auf den Einfluß aktueller Staubdeposition aus saharischen Quellen. Morphologische Untersuchungen des Sedimentes in einer in einem Laterit entwickelten Hohlform zeigen dementsprechend eine mächtige Schaumbodenstruktur. Der Anlieferung mit dem Staub kommt hier eine größere Bedeutung zu als den ursprünglichen Tonanteilen, deren starke Anwitterung sich aus dem z.T. engen Verhältnis von $\text{Si}:\text{Al}$ (nahe oder <2) ergibt.

Bei Pt wird im Weidegebiet das Maximum schon nach einer Regenzeit erreicht; auf den Hirseflächen ist jedoch keine Regelmäßigkeit erkennbar (Abb.2), wohl wegen einer lokalen P-reichen Staubquelle aus spättertiär-frühtertiären Sedimenten, die auch Abweichungen im Verhalten von Cav erklären könnten. Bei Pv wirken Festlegung im Unterboden und Entzug im Oberboden zusammen.

Es bleibt festzuhalten, daß die Ergebnisse der Tieflockerung so in keiner Beziehung zum Aufwand stehen, da die Oberflächenverkrustung einen größeren Einfluß auf die Qualität der Standorte hat, als die durchgeführte Maßnahme. Die Mischungseffekte durch die Lockerung verursachen ein kurzes Strohfeuer bei der Bereitstellung von verwitterbaren Nährstoffreserven, die unter anderem durch atmosphärische Deposition bereitgestellt werden.

Terrae rossae aus quartären Kalkareniten in der Atlantischen Küstenregion Marokko: Reliktböden oder Vetusole?

von

BRONGER, A.; SEDOV, S. N.

Ausgewählte Oberflächen-Terrae rossae oder Rhodoxerals aus mittelquartären Kalkareniten entlang der Atlantikküste im feuchteren Raum Rabat-Casablanca zeigen eine beträchtliche pedogene Bildung von Tonmineralen, insbesondere auch von Kaoliniten in der Fraktion $< 0,2 \mu\text{m}$. Hauptquellen der pedogen gebildeten Kaolinite, oft von schlechterer Kristallinität (Fireclay-Typ nach DMSO-Test) sind Feldspäte, in zwei Aufschlüssen auch Amphibole und Pyroxene $> 2 \mu\text{m}$ sowie Smectite in der Grob- ($2-0,2 \mu\text{m}$) und Feintonfraktion ($< 0,2 \mu\text{m}$) aus dem Kalkarenit-Residuallehm, wobei zusätzliche äolische Zufuhr nicht ausgeschlossen wird (Fig. 1). Die Ressourcen der verwitterbaren Minerale in den C-Horizonten können das Ausmaß der pedogenen Tonmineralbildungszunahme in den Bt-Horizonten quantitativ nicht ausreichend erklären. Eine Erklärung der Tongehaltsunterschiede insbesondere durch Tonverlagerung trifft auf einige Schwierigkeiten: einmal ist in den Bt-Horizonten der allermeisten Terrae rossae mikromorphologisch das Feintonplasma (illuviation argillans) in frischer oder gealterter Form kaum (noch) sichtbar, gut dagegen in mehreren BCK-Horizonten. Mit der Tieferlegung der Entkalkungs- bzw. Verwitterungsfront können die illuviation argillans durch Argillipedoturbation und Bioturbation zerstört worden sein: nur die jeweils jüngste Generation von Feintonplasma ist noch sichtbar. Zum anderen ist ein Eluvialhorizont nicht (mehr) vorhanden; dieser könnte allerdings abgetragen worden sein. Die Bodenerosion ist auch verantwortlich für das nur noch fleckenhafte Vorkommen der Terrae rossae, für die die anthropogene Landschaftsdegradierung bis Desertifikation viel eher verantwortlich ist als quartäre Klimaschwankungen in diesem Gebiet (s. u.). Insgesamt erlaubt eine Kombination von Mineralverwitterung, -um- und -neubildung zusammen mit "maskierter" Tonverlagerung über längere Zeit der Bodenbildung (s. u.) größtenteils eine Erklärung der beträchtlichen pedogenen Tonmineralbildung einschließlich der Kaolinite in diesem "typic xeric" Bodenwasserhaushalt mit einem Wasserüberschuß nur in der weiteren Umgebung von Rabat. - Auf jüngeren Kalkareniten (< 100.000 Jahre) sind nur Rendzinen oder schwächer entwickelte Terrae rossae mit geringer Tonbildungsrate entwickelt (Fig. 2). Nach der Literatur waren die Klimaschwankungen in diesem Raum während des Quartärs weit weniger stark ausgeprägt als im gemäßigten Klimabereich mit ca. $2-3^\circ\text{C}$ Temperaturenminderung und etwas höheren Niederschlägen während der "Kaltzeiten". Deshalb wird vorgeschlagen, diese Terrae rossae mit hoher Tonmineralbildungsquote einschließlich der stärkeren Neubildung von Kaoliniten während mehrerer 100.000 Jahre in Anlehnung der Konzeption von Cremaschi als *Vetusole* zu bezeichnen. - Die von geomorphologischer Seite betonte Alternative von "morphologischen Aktivitäts- und Stabilitätszeiten statt Pluvial- und Interpluvialzeiten" (Rohdenburg) sollte nicht den Blick dafür trüben, daß der allergrößte Teil der "morphodynamischen Aktivität" nämlich die Bodenerosion i. w. S. *anthropogen* verursacht wurde.

Im südwestlich anschließenden Küstenraum zwischen El-Jadida bis nahe Agadir mit einem "dry xeric" (an der Grenze zum "aridic") Bodenwasserhaushalt zeigen Terrae rossae immer noch beträchtliche pedogene Mineralverwitterungs- und Tonbildungsraten freilich weit weniger von Kaoliniten (Fig. 3). Die frühere Entkalkung als eine Voraussetzung für die immer noch stärkere Silikatverwitterung fand aller Wahrscheinlichkeit nach in Zeiten mit erheblich feuchterem Klima statt; diese pedogenen Merkmale stehen im Kontrast zu mikromorphologischen Merkmalen einer jetzigen Wiederaufkalkung bzw. Bicarbonatmetabolik in diesen Terrae rossae. Diese Böden sind daher als nicht begrabene *Paläoböden* oder *Reliktböden* anzusprechen.

- Lit. BRONGER, A. et al. 1997, in Catena 28: 279-295
CREMASCHI, M. 1987, in: Studi e Ricerche sul Territorio, pp. 306
ROHDENBURG, M. 1970, in: Eiszeitalter u. Gegenwart, 21: 81-96

¹ Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines DFG-finanzierten Forschungsvorhaben (Br 303-26-2) durchgeführt.

² Geographisches Institut der Universität, 24098 Kiel

³ Bodenkundliches Institut der Lomonosow-Universität, 119899 Moskau

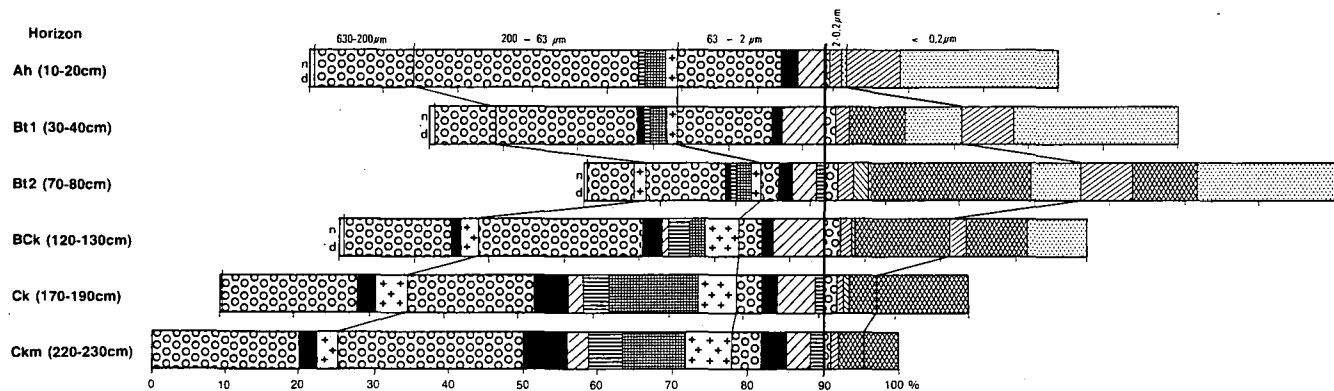
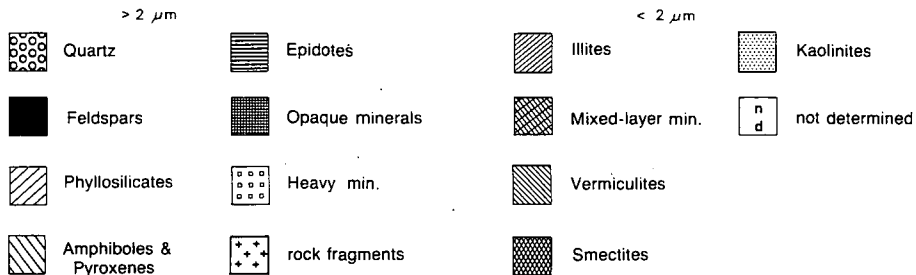


Fig. 4 Mineralogical and clay mineralogical composition of a Typic Rhodoxeralf of Tal' at Ach Chwar near Rabat

Legend of figs. 1 - 3



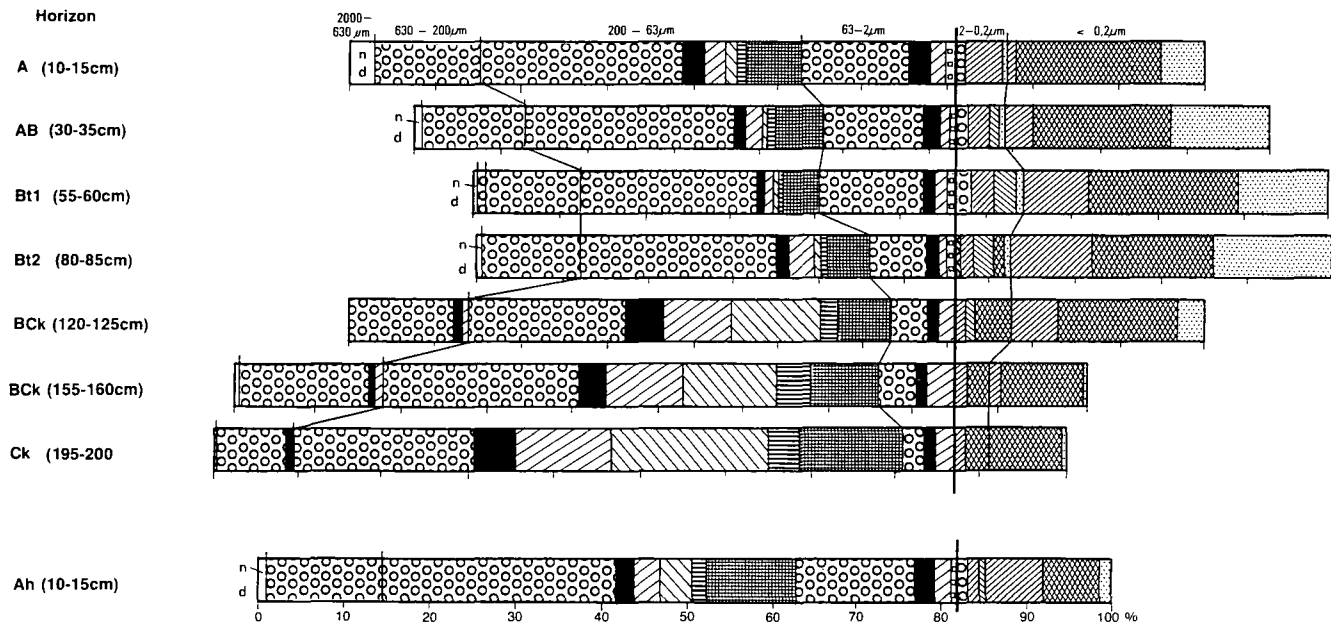


Fig. 2 Mineralogical and clay mineralogical composition of a Typic Rhodoxeralf and a Typic Calcixeroll (Ah horizon) of Oued Ykem near Rabat.
Legend see Fig. 1

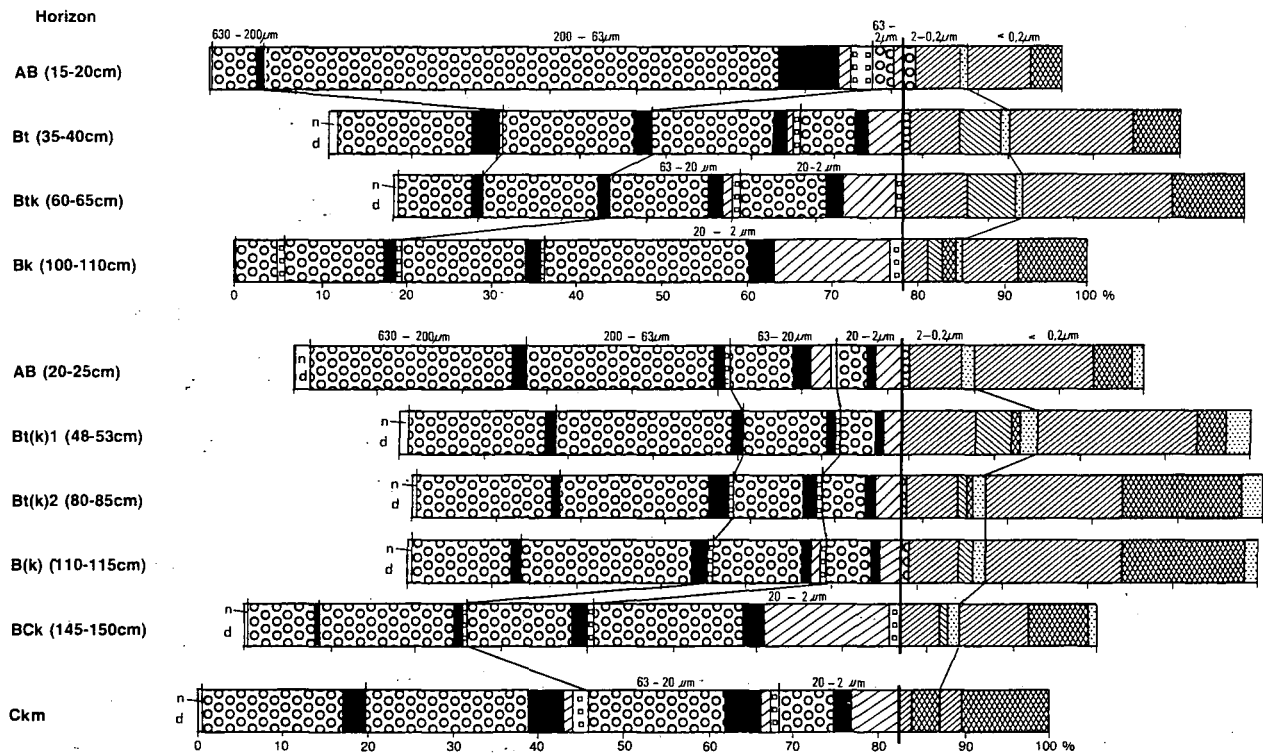


Fig. 3 Mineralogical and clay mineralogical composition of two Paleixeralfs near Tamarar.
Legend see Fig. 4

Charakterisierung aufweitbarer Dreischichtsilicate mit K/Ca-Austauschisothermen unter Einbeziehung der Kationenaustauschkapazität

von

DULTZ,S.; PAGEL,S.; PESCI,N.

Einleitung

Die Erfassung vermiculitische Bereiche, die bei randlicher Aufweitung von Glimmer/Illit entstehen, sowie einzelner vermiculitischer Schichten von Glimmer/Illit ist mit mineralogischen Standardverfahren nicht möglich. Dies gilt ebenso für die Mineralphase in partiell sekundär chloritisierten Schichten von Dreischichtsilicaten, die weiterhin am Kationenaustausch beteiligt ist.

K/Ca-Austauschisothermen bieten die Möglichkeit, diese Phasen wenn auch undifferenziert zu erfassen. Bei der Umwandlung von Glimmer/Illit ist davon auszugehen, daß zunächst hochgeladene aufweitbare kaliumselektive Dreischichtsilicate entstehen. Mit der aus K/Ca-Austauschisothermen abgeleiteten Kaliumselektivität, kann somit das Vorliegen randlicher Aufweitungen von Glimmer/Illit nahegelegt werden. Sekundäre Chlorite können sich sowohl aus niedrig geladenen als auch hochgeladenen aufweitbaren Dreischichtsilicaten bilden (KARTHANANISIS, 1988). Nach den Ergebnissen der Röntgenbeugungsanalyse erscheinen häufig alle aufweitbaren Dreischichtsilicate von der Chloritisierung betroffen (VOELKEL, 1994). Aus den Austauschisothermen läßt sich auf die Ladungseigenschaften der dem Kationenaustausch zugänglichen Bereich dieser Minerale schließen.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden die Feinerde $<200\mu\text{m}$ und die Korngrößenfraktionen $<0,2$, $0,2-0,6$, $0,6-2$ und $2-6\mu\text{m}$ von Böden aus magmatisch und sedimentär entstandenen Ausgangsgesteinen verwendet. Die mineralogische Zusammensetzung der Tonfraktionen wurde mittels der Röntgenbeugungsanalyse, IR-Spektroskopie und chemischer Analyse erhalten. K/Ca-Austauschisothermen (Beckett-Kurven) wurden bei konstanter Ca-Konzentration von 200ppm und K-Konzentrationen von 0-150ppm erstellt. Zum besseren Vergleich der Selektivitätseigenschaften von Proben mit unterschiedlicher Höhe der Kationenaustauschkapazität (KAK) wurden normierte Austauschisothermen eingesetzt, indem die Quotienten der ad- bzw. desorbierten K-Mengen durch die KAK verwendet werden ($\gamma_K = \Delta K / KAK$). Für die Kurvenanpassung wurde für alle Austauschisothermen ein Iterationsprogramm eingesetzt (FISCHER, 1989).

In diesem Beitrag soll auf das Konzept der Normierung, d.h. die Berücksichtigung der KAK bei der Erstellung von Austauschisothermen und die Kennzeichnung randlicher Aufweitungen bzw. der Veränderungen durch sekundäre Chloritisierung unter Anwendung von K/Ca-Austauschisothermen dargestellt werden.

*) Institut für Bodenkunde, Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover

Ergebnisse

Der Einfluß einer unterschiedlichen Höhe der KAK auf den Verlauf von Austauschisothermen, der neben der mineralogischen Zusammensetzung auch vom Tongehalt abhängig ist (BEYME & RICHTER, 1984), ist in Abb. 1 für die Fraktion <200µm für einen tonreicheren Ah-Horizont einer Rendzina aus Kalkstein und einen tonärmeren Bv1-Horizont einer Braunerde aus Geschiebedecksand gezeigt. Die Skalierung der Abbildungen jeweils mit und ohne Normierung ist dabei gleichgehalten.

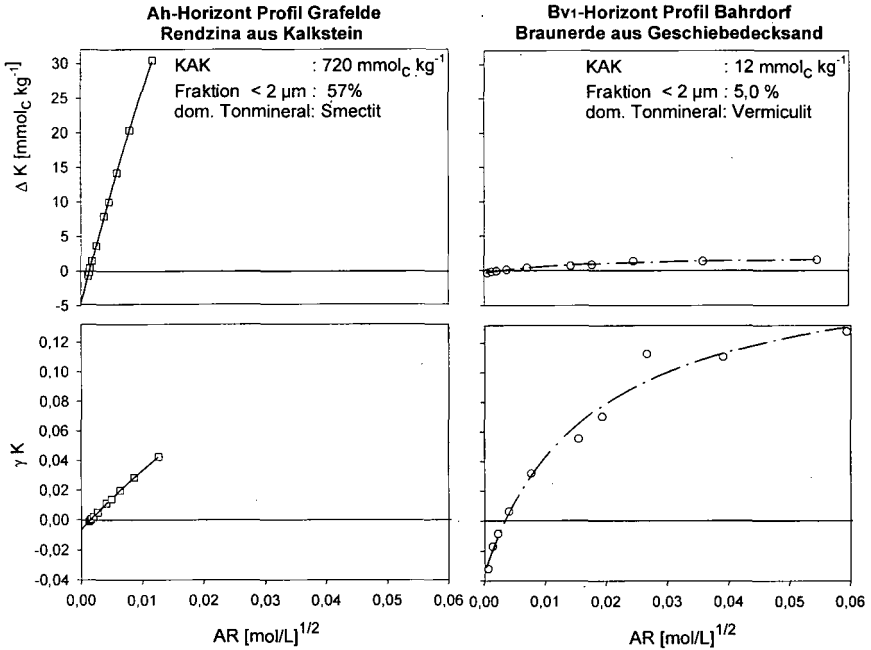
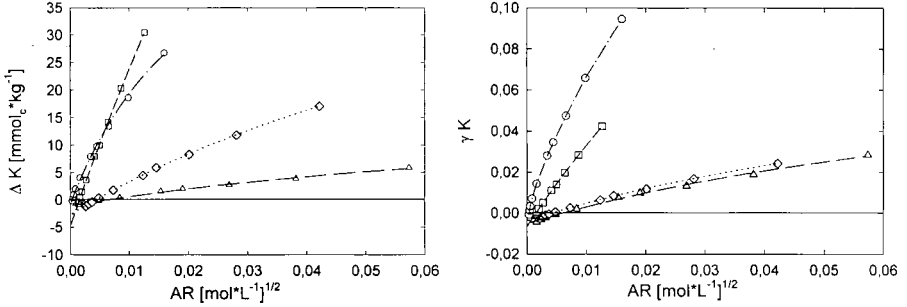


Abb. 1: K/Ca-Austauschisothermen der Fraktion <200µm des Ah-Horizontes einer Rendzina aus Kalkstein und des Bv1-Horizontes einer Braunerde aus Geschiebedecksand ohne (oben) und mit (unten) Normierung (Normierung: $\gamma K = \Delta K / KAK$).

Durch die Normierung verringert sich die Steilheit des Kurvenverlaufs bei der Rendzina, deren dominierendes Tonmineral Smectit ist, während die Normierung bei der Braunerde mit Vermiculit als dominierendem Tonmineral eine deutliche Zunahme der Kaliumselektivität ergibt. Die Normierung ermöglicht hier einen besseren Vergleich der Selektivitätseigenschaften von Proben mit unterschiedlicher Höhe der KAK. Eine weitere Möglichkeit den Einfluß der KAK auf die Lage von Austauschisothermen auszuschließen ist die Angabe der sorbierten bzw. desorbierten Kaliummengen in % der KAK (MATSCHONAT & MATZNER, 1995).

Im Vergleich der Austauschisothermen der Fraktion <200µm von Ah-Horizonten aus Kalk-, Gips- und Granitgesteinen, die alle Smectit und Illit als dominierende Tonminerale enthalten, zeigt sich im besonderen nach der Normierung, daß die Proben mit höchsten Calciumkonzentrationen in der Bodenlösung die höchste Kaliumselektivität aufweisen (Abb. 2). Diese Kaliumaffinität ist auf randliche Aufweitung von Glimmer/Illit und/oder einzelne vermiculitische Schichten zurückzuführen, da Vermiculit mit der Röntgenbeugungsanalyse nicht nachgewiesen werden konnte. Für den Ah-

Horizont einer Braunerde aus Granit ergibt sich nach der Normierung ein ähnlicher Kurvenverlauf wie für Smectit. Die geringe Affinität für Kalium ist hier auf relativ hohe Gehalte an austauschbar gebundenem Kalium bzw. der dazu im Gleichgewicht stehenden Bodenlösung zurückzuführen, die der Abgabe von Zwischenschichtkalium entgegenwirkt. Nach der Normierung sind Unterschiede in der mineralogischen Zusammensetzung auf den Einfluß organischer Substanz zurückzuführen, die eine Selektivität für Ca aufweist.



Probe	Tongehalt [Gew. %]	dominierende Tonminerale	KAK [mmol _c *kg ⁻¹]
□ Rendzina aus Kalk (Ah)	57	Smectit, Illit	718
○ Rendzina aus Gips (Ah)	79	Illit, Smectit	283
△ Braunerde aus Granit (Ah)	12	Smectit, Illit	206
◇ Smectit (Wyoming)	88	Smectit	706

Abb. 2: K/Ca-Austauschisothermen der Fraktion <200mm ohne (links) und mit (rechts) Normierung. Darstellung für Proben mit Smectit und Illit als dominierende Tonminerale. Zum Vergleich ist auch die Austauschisotherme eines Smectites (Wyoming, MX-80) gezeigt.

Im Vergleich der Austauschisothermen verschiedener Fraktionen der Horizonte mit geringer (Ahe) intensiver (Bv1) und fehlender (S1) Chloritisierung (Abb. 3) ist keine bevorzugte Umwandlung niedrigerer oder höher geladener aufweitbarer Dreischichtsilicate in sekundären Chlorit zu erkennen. Der Verlauf der Austauschisothermen des Ahe- und Bv1-Horizontes ist ähnlich, während der S1-Horizont die geringste Kaliumselektivität und die höchsten Gehalte an labilem Kalium aufweist. Die Kaliumaffinitäten verschiedener Fraktionen einer Probe weichen kaum voneinander ab. Dies weist auf eine weitgehend identische mineralogische Zusammensetzung in den Korngrößenfraktionen hin. Zu denselben Ergebnissen führte die Untersuchung einer Braunerde aus Diabas. Treten dagegen in der Feintonfraktion niedrig geladene aufweitbare Dreischichtsilicate auf, wie in den A-Horizonten einer Braunerde aus Granit, Rendzinen aus Gips und Kalkstein und einer Parabraunerde aus Geschiebemergel (PESCI & DULTZ, 1996), so nimmt die Kaliumselektivität mit steigender Korngröße zu. Das Verhalten des Feinbodens wird in diesen Fällen maßgeblich durch den Anteil der verschiedenen Korngrößenfraktionen bestimmt. Die KAK erweist sich als sehr gut geeignet, die Ergebnisse der mineralogischen Analyse in Bezug auf die aufweitbaren Dreischichtsilicate zu überprüfen, die für die untersuchten Proben große Unterschiede ergab.

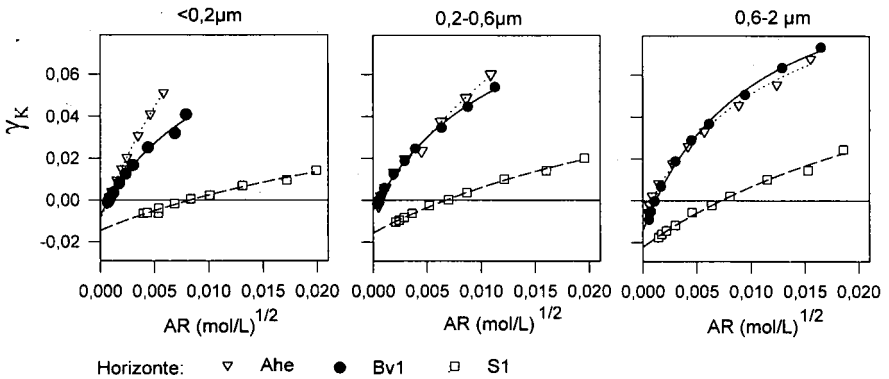


Abb. 3: Normierte K/Ca-Austauschisothermen der Fraktionen <0,2, 0,2-0,6 und 0,6-2µm einer podsolierten Pseudogley-Braunerde aus Geschiebedecksand. Vergleich einzelner Fraktionen in der Horizontfolge.

Zusammenfassung

Neben den Parametern, die Beckettkurven entnommen werden können (Steigung der Kurve als Maß der Pufferung, AR₀-Wert, Gaponkoeffizient), ist der Vergleich des Kurvenverlaufs ein wichtiges Mittel zur Bewertung von Austauschisothermen. Hier eignen sich zum besseren Vergleich der Selektivitätseigenschaften von Proben mit unterschiedlicher Höhe der KAK normierte Austauschisothermen. Durch Chloritisierung treten für eine Braunerde aus Geschiebedecksand keine Veränderungen der Selektivitätseigenschaften auf, wie es bei bevorzugter Chloritisierung niedrig oder hoch geladener aufweitbarer Dreischichtsilicate zu erwarten wäre. Im Vergleich von Böden mit Smectit und Illit als dominierende Tonminerale fällt auf, daß höchste Selektivität für Kalium in Böden mit hohen Ca-Konzentrationen in der Bodenlösung (Gips-, Kalkrendzina) erreicht wird. Dies kann auf die Entstehung randlicher Aufweitung von Glimmer /Illit durch Ca²⁺-Ionen zurückgeführt werden.

Literatur

BEYME, B., J. RICHTER, 1984: Die Bedeutung der K-Ca-Austauschisotherme für eine Beurteilung der K-Versorgung bei Lössböden. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **147**, 371-384.
 FISCHER, W.R., 1989: Die Interpretation von K/Ca-Austauschisothermen mit Hilfe einer einfachen Gapon-Gleichung. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **153**, 93-95.
 KARATHANASIS, A.D., 1988: Compositional and solubility relationships between aluminium-hydroxyinterlayered soil smectites and vermiculites. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **52**, 1500-1508.
 MÄTSCHONAT, G., E. MATZNER, 1995: Quantification of ammonium sorption in acid forest soils by sorption isotherms. *Plant and Soil* **168-169**, 95-101.
 PESCI, N., S. DULTZ, 1996: K-Ca-Austauscheigenschaften der Ton- und Feinschlufffraktionen einer Pseudogley-Braunerde aus Geschiebedecksand. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* **79**, 353-356.
 VÖLKEL, J., 1994: Tonminerale in Waldböden des Mittelgebirgsraumes - Herkunft, versauerungsbedingte Transformation und ökologische Bedeutung. *Ber. Deutsche Ton- und Tonmineralgruppe, Jahrestagung Regensburg*, 78-100.

Freisetzung von Calcium und Magnesium aus Bodenmineralen in Waldökosystemen auf Granit

von

FICHTER, J.; DAMBRINE, E.; TURPAULT, M.-P.; RANGER, J.

Einleitung

Magnesiummangelsymptome sind in Fichtenbeständen auf Ca- und Mg-armen Böden der mitteleuropäischen Hochlagen weitverbreitet. Die Ursachen dafür sind oft durch saure und versauernde atmogene N- und S-Einträge begünstigte Auswaschung von Alkali- und Erdalkalitionen sowie ein zu hoher Austrag dieser Elemente durch frühere oder aktuelle Waldbewirtschaftung. Verwitterung von Bodenmineralen wirkt der Versauerung entgegen und setzt Ca und Mg frei. Dieser Elementfluß ist eine langfristige, natürliche Nährelementquelle und sollte beim Berechnen vollständiger Elementbilanzen von Ökosystemen berücksichtigt werden. In der Vergangenheit wurde er oft als verbleibende Unbekannte aus ökosystemaren Elementbilanzen geschätzt. Mit Hilfe des bodenchemischen Modells PROFILE kann der Elementfluß aus der Verwitterung berechnet werden (Sverdrup und Warfvinge, 1993).

Die essentielle Frage der vorliegenden Studie bestand darin, ob die Ca- und Mg-Austräge verschiedener Wälder auf Hochlagenstandorten der Vogesen durch entsprechende Elementeinträge aus der Verwitterung ausgeglichen werden.

Versuchsstandorte

Die Versuchsstandorte liegen 1050 m über NN im Wassereinzugsgebiet Strengbach (Vogesen). Die Jahresmitteltemperatur beträgt 6,5 °C, die Niederschläge variieren zwischen 1000 und 1500 mm pro Jahr. Am Süd-Ost exponierten Hang wurde die Podsol-Braunerde PP (Dystrochrept) unter Fichte und am Nord-Ost exponierten Hang der Braunerde-Podsol (Haplorthod) unter Buche untersucht. Beide Böden entwickelten sich auf pleistozänen Deckschichten des extrem Ca- und Mg-armen Brézouardgranits. Dieser wurde unterschiedlich stark hydrothermal verändert. Der wenig veränderte Granit am Standort HP besteht aus 30 % K-Feldspat, 13 % Albit, 36 % Quarz, 19 % Muskovit und 0,6 % Apatit (Bonneau, 1994). Im stärker hydrothermal veränderten Granit am Standort PP nahmen die Feldspatanteile, besonders die von Albit, stark ab. Ursprünglich in geringen Mengen vorhandener Biotit verschwand gänzlich. Die Illit- und Quarzanteile nahmen zu.

Material und Methoden

Der Mineralbestand von Korngrößenfraktionen (< 2 mm) wurde untersucht. Röntgendiffraktometrie, Elektronen- und Polarisationsmikroskopie, Mikroanalyse, Thermogravimetrie, chemische Gesamtanalyse und selektive Extraktionsmethoden wurden

¹Institut National de la Recherche Agronomique, Equipe Cycles Biogéochimiques de l'Unité Ecosystèmes Forestiers, F-54280 Champenoux, France.

angewendet (Fichter et al. 1997). Die prozentualen Gewichtsanteile der identifizierten Minerale wurden für fünf Korngrößenfraktionen (0-2 µm, 2-20 µm, 20-50 µm, 50-200 µm und 500-2000 µm) normativ aus der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Minerale einerseits und den Gesamtelementgehalten der Fraktionen andererseits berechnet. Die Alkali- und Erdalkalitionen wurden somit gänzlich den quantifizierten Mineralen zugeordnet. Mineraloberflächen wurden aus der Korngrößenverteilung berechnet. Auf der Basis dieser Ergebnisse und in Abhängigkeit einer Vielzahl weiterer biogeochemischer und physikalischer Parameter wurde der Elementfluß aus der Mineralverwitterung mit dem Modell PROFILE (Sverdrup und Warfvinge, 1993) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die mineralische Feinerde beider Böden enthält lediglich 0,1 bis 0,4 % CaO und 0,4 bis 0,8 % MgO. **Calcium** ist in Apatit und Albit enthalten (Tabelle 1). Apatit besteht zu 53,9 % aus CaO. Er liegt in relativ geringen Mengen vor und ist in mittleren Korngrößenfraktionen (Grobschluff, Feinsand) relativ angereichert (Abbildung 1). Albit enthält 0,45 % CaO. Er gehört zu den Hauptbestandteilen der mineralischen Feinerde und ist ebenfalls in mittleren Korngrößenfraktionen relativ angereichert. **Magnesium** ist hauptsächlich in Illit und neugebildetem Smectit enthalten (Tabelle 1). Primärer Muskovit und Biotit sind von untergeordneter Bedeutung. Illit besteht zu 1,2 % aus MgO, Smectite zu 3,9 %. Die Anteile beider Minerale nehmen von gröberer Korngrößenfraktionen zu den Feineren hin zu (Abbildung 1).

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung von Apatit, Albit, Smectit und Illit.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	Σ
	----- % -----									
Apatit	0	0	0	53,9	0	0	0	46,1	0	100
Albit	68,0	20,2	0	0,45	0	0,17	11,1	0	0	99,8
Smectit	55,1	24,2	1,2	0	3,9	0,7	0	0	15,0	100
Illit	47,5	34,3	1,6	0	1,2	7,8	0,2	0	7,6	100

Die **potentielle Verfügbarkeit von Ca und Mg** wird durch mehrere Faktoren kontrolliert: dem prozentualen Anteil der Elemente in bestimmten Mineralen, der Korngröße und damit der potentiellen Mineraloberfläche, der tatsächlich exponierten Mineraloberfläche im Boden sowie von kinetischen Faktoren, welche die Elementfreisetzung regulieren. Außer der kongruenten Mineralauflösung können aber auch Umwandlungsprodukte entstehen, die einen Teil der ursprünglichen Mineralbestandteile konservieren. Folgende Umstände begrenzen den aus der Verwitterung der quantifizierten Minerale entstehenden Ca- und Mg-Fluß:

- **Apatit** liegt hauptsächlich in gröberer Korngrößenfraktionen und hier vor allem als Einschluß anderer Minerale vor. Seine exponierte Oberfläche ist sehr gering.

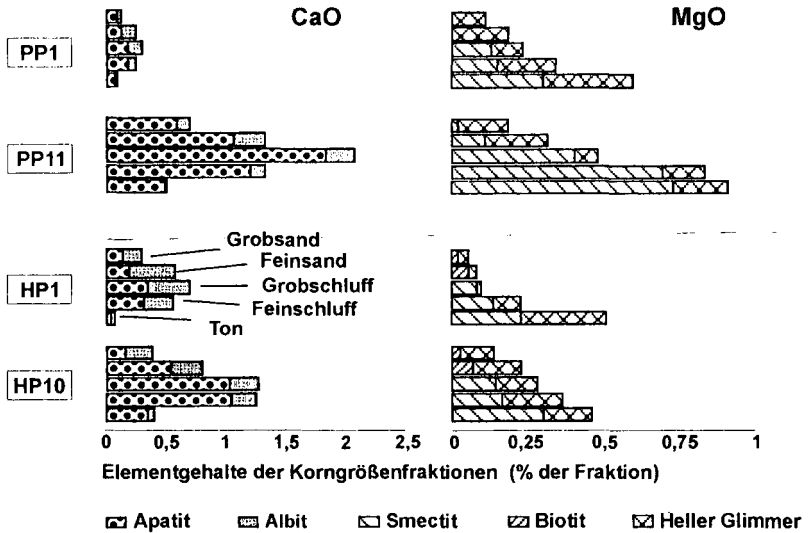


Abbildung 1: Vorkommen von Ca und Mg am Beispiel der obersten Horizonte PP1 (0-20 cm) und HP1 (0-8 cm) und der tiefsten Horizonte PP11 (200-220 cm) und HP10 (190-210 cm).

- **Albit** besteht nur zu sehr geringen Anteilen aus Ca. Weil das Mineral vor allem in größeren Fraktionen vorliegt besitzt es zudem eine relativ geringe Gesamtoberfläche
- **Smectit** wird in tieferen Horizonten nicht aufgelöst, sondern in Hydroxy-Al eingelagerten Smectit umgewandelt. Dieser ist unter den gegebenen Bodenbedingungen recht stabil.
- **Illit** wird in Wechsellagerungsminerale überführt, in welche Mg vorwiegend integriert wird und setzt deshalb wenig Mg frei.

Mit dem Model PROFILE wurden sowohl unter Fichte als auch unter Buche extrem niedrige **Ca-Flüsse** aus der Mineralverwitterung ($0,1$ beziehungsweise $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$) berechnet (Tabelle 2). Bei diesen Werten handelt es sich wohl um obere Grenzwerte, da die exponierte Mineraloberfläche von eingeschlossenem Apatit sicherlich überschätzt wurde. Im Verhältnis zu den übrigen Ca-Flüssen beider Ökosysteme ist der Ca-Fluß aus der Verwitterung sehr gering. Insgesamt ist unter Buche die Ca-Bilanz ausgeglichener, da sich die übrigen Ca-Ein- und Austräge besser die Waage halten.

Die berechneten **Mg-Flüsse** aus der Mineralverwitterung sind in beiden Böden verglichen mit den übrigen Mg-Flüssen relativ hoch (Tabelle 2). Dieses Ergebnis ist vor allem auf die von PROFILE gemachte Annahme zurückzuführen, daß die Verwitterung von Mineralen ausschließlich kongruent verlaufen würde. Bei der Vermiculitisierung von Illit wird jedoch

Mg in den untersuchten Böden nicht freigesetzt, sondern verbleibt als Oktaederbaustein im umgewandelten Mineral. Auch die Einlagerung von Hydroxy-Al Verbindungen in Zwischenschichträumen von Smectiten limitieren den Mg-Fluß aus der Verwitterung. Für Mg ergibt sich deshalb ebenfalls eine eher unausgewogene Bilanz, die wiederum unter Fichte negativer ausfällt als unter Buche.

Tabelle 2: Ca und Mg-Bilanz unter Buche und Fichte.

	Ca		Mg	
	PP	HP	PP	HP
	----- kg.ha ⁻¹ .a ⁻¹ -----			
Atmogener Eintrag	6,8	3,8	1,4	0,9
Überschußmineralisierung*	2,0	0	0,1	0
Verwitterung	0,1	0,2	0,9	0,7
Holzernte	5,2	2,9	0,6	0,5
Sickerwasseraustrag	6,8	2,4	1,8	0,8
Bilanz	-3,2	-1,3	-0,1	0,3

* welche noch als Folge starker Nadelverluste in den Jahren 1988-1990 vorliegt.

Schlußfolgerungen

Angesichts der sehr niedrigen Ca-Flüsse und der wohl ebenfalls zu geringen Mg-Flüsse aus der Mineralverwitterung hängt die Nachlieferung dieser Elemente hauptsächlich von atmogenen Einträgen ab. Neben der weiteren Reduzierung saurer und versauernder atmogener Elementeinträge sollte die Bewirtschaftung auch darauf abzielen, vorhandene Ca- und Mg-Reserven aufrechtzuerhalten. Förderung tiefwurzelnder Baumarten, lange Umtriebszeiten und möglichst geringe Ca- und Mg-Austräge im Zuge der Holzernte sind angeraten.

Danksagung

Wir danken der Gottlieb Daimler - und Karl Benz - Stiftung sowie der Europäischen Union, DG XII (STEP und Raw Materials and Recycling) für ihre finanzielle Unterstützung.

Literatur

- Bonneau, M., 1994. The weathering project in the Strengbach catchment (Vosges, France). INRA Nancy, Intermediate report of the contract CEE-STEP ENCORE (CT 90.0113-MNLA), 5 p.
- Fichter, J., Bonnaud, P., Turpault, M.-P. and Ranger, J., 1997. Quantitative determination of minerals in acid forest soils. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., (submitted).
- Sverdrup, H. and Warfvinge, P., 1993. Calculating field weathering rates using a mechanistic geochemical model PROFILE. Applied Biochemistry 8, 273-283.

**Einfluß der Kristallinität von Goethiten auf die Adsorption und Diffusion
verschiedener Metalle**

von

FISCHER, L.; BRÜMMER, G.W.; BARROW, N.J.

1. Einleitung

Bei der Reaktion zwischen Schwermetallen und Goethit erfolgt nach einer relativ schnellen Adsorption an den äußeren Oberflächen eine sehr langsam ablaufende Diffusion in das Innere der Goethitkristalle (BRÜMMER et al., 1988). Wichtige Diffusionswege sind dabei insbesondere Poren, die sich zwischen einzelnen Domänen (Kristalliten) der Goethite befinden (FISCHER & BRÜMMER, 1993). Ziel der durchgeführten Untersuchungen zur Diffusion von verschiedenen Metallen (Cu, Pb, Cd, Mn, Ni, Cr) in das Innere von Goethiten unterschiedlicher Kristallinität ist es, festzustellen, ob die Diffusion bei allen Metallen im wesentlichen in die Interdomänenräume hinein stattfindet oder bei einigen Metallen auch andere Diffusionswege von Bedeutung sind.

2. Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden mit 7 Goethiten unterschiedlicher Kristallinität durchgeführt. Diese haben eine anhand von N₂-Adsorptionsisothermen berechnete BET-Oberfläche von 35,1 bis 158,9 m² g⁻¹. Mit Hilfe der t-plot-Analyse (LIPPENS & DE BOER, 1965) konnte nachgewiesen werden, daß alle Goethite Mikroporen aufweisen (Tab. 1). Mit Ausnahme von Goe-41 steigt die in den Mikroporen gebundene N₂-Menge mit abnehmender Goethitkristallinität bzw. zunehmender BET-Oberfläche von 4,3 auf 21,2 ml (S.T.P.) g⁻¹ deutlich an. Die Herstellung von Goe-35 erfolgte durch eine hydrothermale Behandlung von Goe-75. Anhand von Kraftmikroskop-Untersuchungen (FISCHER et al. 1996) konnte gezeigt werden, daß durch die hydrothermale Behandlung ein Teil der Poren des Goe-75 durch die Einlagerung von Fe vollständig verschlossen wurde und bei den anderen Poren die Eingänge verengt wurden. Die Herstellung von Si-Goe-108 erfolgte in Anwesen-

Tab. 1: Spezifische Oberfläche und Mikroporenvolumen (v_{mikro}) verschiedener Goethite

Goethit	Goe-35	Goe-41	Goe-50	Goe-75	Goe-86	Si-Goe-108	Goe-159
BET-Oberfläche (m ² g ⁻¹)	35,1	40,6	50,2	75,3	85,6	108,4	158,9
v _{mikro} (ml S.T.P. g ⁻¹)	4,3	3,4	5,7	9,3	11,6	12,1	21,2

heit von Silicium. Beim Si-Goe-108 ergibt sich nur eine geringfügig größere in den Mikroporen gebundene N₂-Menge als beim Goe-86, weil die Poren beim Si-Goe-108 in den tieferen Porenbereichen durch Silicium verstopft sind. Die Ad- und Desorptionsversuche erfolgten im Batch-Verfahren (FISCHER & BRÜMMER, 1993). Für Cu wurden Versuche mit allen 7 Goethiten und für Pb, Cd, Mn, Ni und Cr Versuche mit Goe-35, Goe-75, Si-Goe-108 und Goe-159 für Reaktionszeiten von 2 h bis 4 w durchgeführt. Nach der 4wöchigen Adsorption erfolgten Extraktionen mit 0,7 M HNO₃ über 15 min und 24 h sowie anschließend eine vollständige Auflösung der Goethite.

* Institut für Bodenkunde der Universität Bonn, Nußallee 13, 53115 Bonn, E-mail: bobo@uni-bonn.de

** CSIRO, Land and Water, Wembley, Western Australia 6014

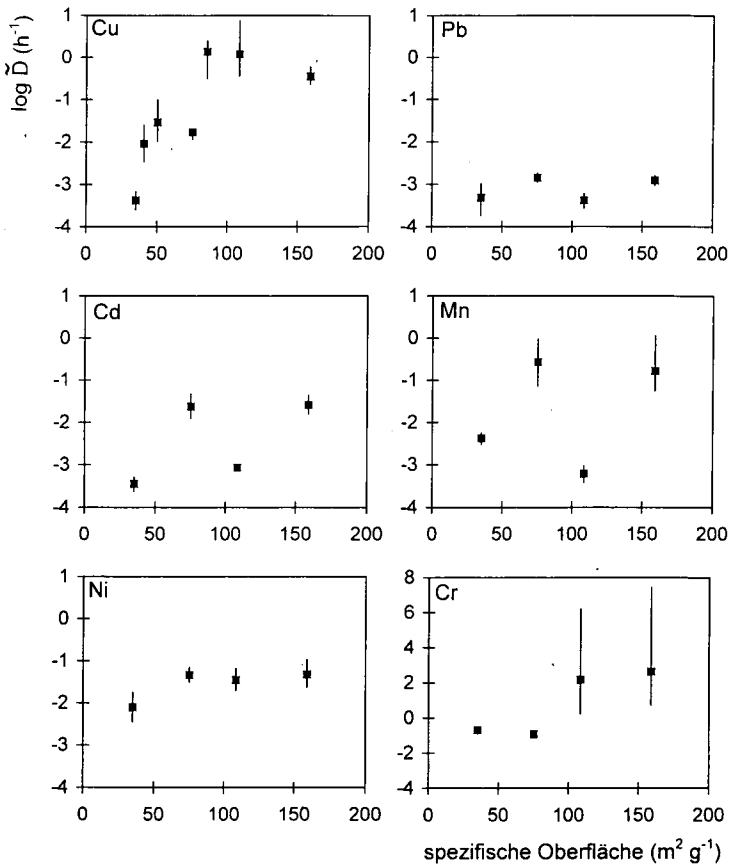


Abb. 1: Diffusionskoeffizienten verschiedener Metalle für die Diffusion in das Kristallinnere von Goethit in Abhängigkeit von der spezifischen Goethitoberfläche (Adsorptionszeit: 2 h - 4 w; Metall-Konzentration: 10^{-6} M; Goethitkonzentration: 2 g l^{-1} ; Begleitelektrolyt: $0,01 \text{ M Ca(NO}_3)_2$; Reaktionstemperatur: 20°C)

Die Adsorption und Diffusion der Metalle wurde mit dem erweiterten 4-Ebenen-Modell von BOWDEN (BARROW (1987), BARROW et al. (1989)) beschrieben und dabei Diffusionskoeffizienten für die Diffusion der Metalle in die Goethitpartikel hinein berechnet.

3. Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 sind für Cu, Pb, Cd, Mn, Ni und Cr die mit dem 4-Ebenen-Modell berechneten Diffusionskoeffizienten in Abhängigkeit von der spezifischen Oberfläche der verschiedenen Goethite dargestellt. Bei Cu steigt der Diffusionskoeffizient zunächst mit zunehmender spezifischer Oberfläche von $4,27 \cdot 10^{-4}$ bei Goe-35 auf $1,19 \text{ h}^{-1}$ bei Goe-86 deutlich an, bleibt dann bei Si-Goe-108 nahezu konstant und liegt bei Goe-159 geringfügig niedriger als bei Goe-86 und Si-Goe-108. Die Einheit des Diffusionskoeffizienten \bar{D} beträgt h^{-1} , weil dieser nicht auf ein Volumen sondern auf eine Fläche bezogen wird (BARROW, 1987). Aufgrund der zunehmenden Diffusion in das Kristallinnere nimmt die Extrahierbarkeit von Cu mit abnehmender Goethitkristallinität deutlich ab (Abb. 2). So werden z. B. nach der 15minütigen Extraktion bei Goe-35 89,6 %, bei Goe-86 und Goe-159 dagegen nur 14,5 und 11,2 % der insgesamt gebundenen Metallmenge freigesetzt. Bei Si-Goe-108 werden sowohl nach der 15minütigen Extraktion (32,6 %) als auch nach der 24stündigen

Extraktion wesentlich höhere Cu-Anteile als bei Goe-86 und Goe-159 extrahiert. Dies deutet darauf hin, daß der anhand der Adsorptionsdaten berechnete Diffusionskoeffizient bei Si-Goe-108 wahrscheinlich zu hoch ist. Bei Goe-75 werden nahezu gleiche Cu-Anteile wie bei Goe-86 und Goe-159 durch HNO_3 extrahiert, obwohl der Diffusionskoeffizient bei Goe-75 deutlich niedriger ist. Wahrscheinlich wurde der Diffusionskoeffizient von Cu bei Goe-75 unterschätzt. Bei Si-Goe-108 werden bei beiden HNO_3 -Extraktionen wesentlich geringere Cu-Anteile als bei Goe-35 extrahiert.

Die Diffusionskoeffizienten von **Pb**, **Cd** und **Mn** liegen bei Goe-75 und Goe-159 für die einzelnen Metalle in derselben Größenordnung (Abb.1). Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß die auf die äußere Oberfläche bezogene Anzahl der Mikroporen bei beiden Goethiten ähnlich groß ist. Hinsichtlich der Extrahierbarkeit von Pb ergeben sich bei diesen beiden Goethiten ebenfalls nur geringe Unterschiede, bei Cd und insbesondere bei Mn werden dagegen bei Goe-159 größere Anteile als bei Goe-75 extrahiert. Dies ist im wesentlichen auf die stärkere Auflösung des Goe-159 durch die 0,7 M HNO_3 zurückzuführen. Die Diffusionskoeffizienten von Pb, Cd und Mn liegen bei Goe-35 und bei Si-Goe-108 deutlich niedriger als bei Goe-75 und Goe-159. Durch das Verschließen der Poren während der hydrothermalen Behandlung (Goe-35) und durch die Einlagerung von Silicium (Si-Goe-108) wird die Diffusion dieser Metalle in das Kristallinnere der beiden Goethite sehr stark verringert. Die Diffusionskoeffizienten und die durch 0,7 M HNO_3 extrahierbaren Anteile von Pb und Cd liegen deshalb bei Goe-35 und Si-Goe-108 in derselben Größenordnung. Die Mn-Diffusionskoeffizienten weisen bei beiden Goethiten etwas größere Unterschiede als die Diffusionskoeffizienten von Pb und Cd auf. Da die durch 0,7 M HNO_3 extrahierbaren Mn-Anteile bei beiden Goethiten jedoch nahezu gleich sind, kann davon ausgegangen werden, daß die hydrothermale Behandlung auch bei Mn denselben Einfluß auf die Diffusion in das Kristallinnere von Goethit hat wie die Einlagerung von Silicium. Für Mn ergibt sich bei Goe-35 und Si-Goe-108 jedoch eine wesentlich schlechtere Extrahierbarkeit als für Cd und Pb. Dies zeigt, daß Mn tiefer in die Poren der beiden Goethite eingedrungen ist.

Die Diffusionskoeffizienten von **Ni** weisen bei den verschiedenen Goethiten nur relativ geringe Unterschiede auf. Auch die durch 0,7 M HNO_3 extrahierbaren Ni-Anteile unterscheiden sich nur geringfügig. Ni diffundiert wahrscheinlich hauptsächlich in kleinere Defekte hinein (Punkt- und Liniendefekte). Diese Defekte werden auch nicht durch das Silicium aufgefüllt. Da bei allen Goethiten bereits nach einer 24stündigen HNO_3 -Behandlung nahezu die gesamte gebundene Ni-Menge extrahiert wird, befinden sich die diffundierten Ni-Anteile noch sehr nah an der Goethitoberfläche.

Cr diffundiert wahrscheinlich ebenso wie Ni in relativ kleine Defekte hinein. Zwar ergeben sich bei Si-Goe-108 und Goe-159 wesentlich höhere Diffusionskoeffizienten als bei Goe-35 und Goe-75, jedoch ist dies im wesentlichen auf Meßschwankungen zurückzuführen. Bei sehr schnell diffundierenden Metallen wie Cr kann bereits eine relativ geringe Verschiebung der Adsorptionskurven zu einer sehr starken Veränderung der Diffusionskoeffizienten führen, so daß eine exakte Bestimmung der Diffusionskoeffizienten nicht möglich ist. Dies wird anhand der sehr großen Konfidenzbereiche für die Diffusionskoeffizienten von Cr bei Si-Goe-108 und Goe-159 in Abb. 2 deutlich. Bei den HNO_3 -Extraktionen zeigen sich dagegen zwischen den verschiedenen Goethiten nur sehr geringe Unterschiede. Allerdings werden bei Cr wesentlich geringere Anteile als bei Ni extrahiert. Dies deutet darauf hin, daß Cr entweder wesentlich tiefer als Ni in die Goethitkristalle eingedrungen ist oder aber oberflächennah in einer schwerlöslichen Form gebunden wird.

4. Zusammenfassung

Bei Cu, Pb, Cd und Mn nimmt die Diffusion in das Kristallinnere bei reinen Goethiten mit abnehmender Kristallinität, d. h. einem zunehmenden Anteil an Interdomänenräumen, deutlich zu. Demnach diffundieren diese Metalle zu einem sehr großen Anteil in die Poren zwischen den einzelnen Domänen der Goethite.

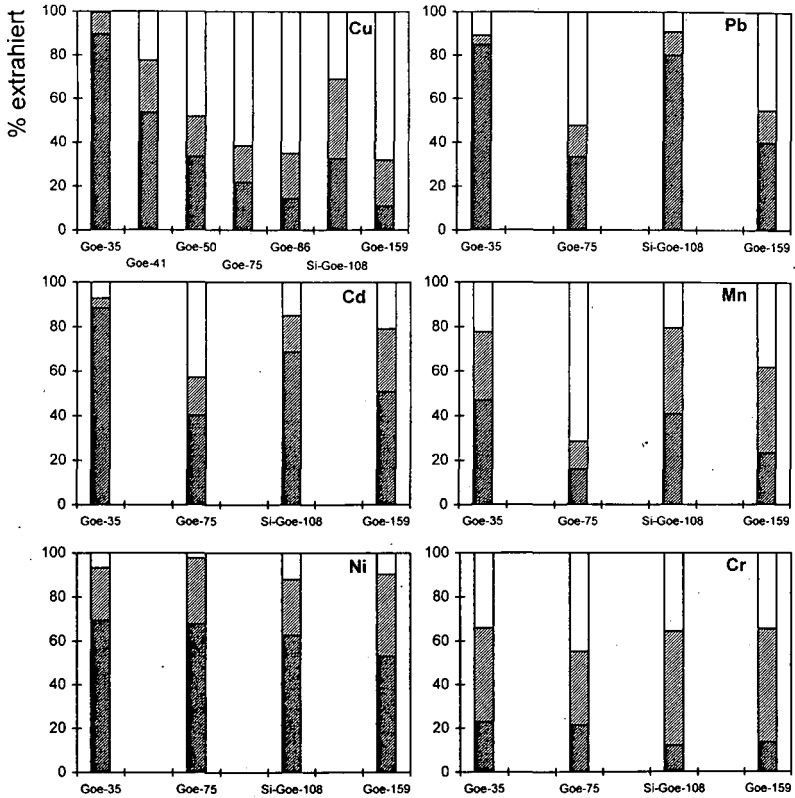


Abb. 2: Extrahierbarkeit verschiedener Metalle bei Goethiten, unterschiedlicher Kristallinität nach einer Adsorptionszeit von 4 w (dunkel schraffiert: 15 min 0,7 M HNO₃; hell schraffiert: 24 h 0,7 M HNO₃; weiß: Gesamtauflösung). Die extrahierten Anteile beziehen sich auf eine adsorbierte Metallmenge von 0,2 · 10⁻⁶ mol g⁻¹ Goethit.

Durch die Anwesenheit von Silicium wird die Diffusion von Pb, Cd und Mn in das Kristallinnere von Goethit deutlich verringert. Der Einfluß des Siliciums auf die Diffusion von Cu ist deutlich geringer als bei Pb, Cd und Mn. Cu diffundiert bei dem mit Silicium kontaminierten Goethit wahrscheinlich auch zu einem größeren Anteil in kleinere Defekte (Punkt- und Liniendefekte). Bei Ni und Cr zeigt sich kein Einfluß der Kristallinität und des Siliciums auf die Diffusion in das Innere von Goethit. Diese beiden Metalle diffundieren bei der gewählten niedrigen Konzentration wahrscheinlich vor allem in kleinere oberflächennahe Defekte hinein.

5. Literatur

- BARROW, N. J., 1987: Reaction with variable charge soils. Martinus Nijhoff, Dordrecht, NL. BARROW, N. J., GERTH, J. & BRÜMMER, G. W., 1989: Reaction kinetics of the adsorption and desorption of nickel, zinc and cadmium by goethite II. Modelling the extent and rate of reaction. J. Soil Sci. 40, 437-450. BRÜMMER, G. W., GERTH, J. & TILLER, K. G., 1988: Reaction kinetics of the adsorption and desorption of nickel, zinc and cadmium by goethite. I. Adsorption and diffusion of metals. J. Soil Sci. 39, 37-52. FISCHER, L. & BRÜMMER, G. W., 1993: Schwermetallbindung durch Goethit: Adsorption, Diffusion und Festlegung verschiedener Metalle. Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 72, 335-338. FISCHER, L., ZUR MÜHLEN, E., BRÜMMER, G. W. & NIEHUS, H., 1996: Atomic force microscopy (AFM) investigations of the surface topography of a multi-domain porous goethite. European Journal of Soil Science 47, 329-334. LIPPENS, B. C. & DE BOER, J. H., 1965: Studies on pore systems in catalysts. V. The t method. Journal of Catalysis 4, 319-323.

Untersuchungen zum Sorptionsverhalten organo-mineralischer Bodenbestandteile

von

GILLES, M.; BORS, J.; GORNY, A.; ELLERBROCK, R.

Einleitung

Zum Schutz der Umwelt vor Kontaminationen durch langlebige Radionuklide kommt dem Boden als geochemischer Barriere besondere Bedeutung zu. Er vermag sowohl Kationen als auch Anionen über verschiedene Mechanismen zu binden. Aus Sorptionsexperimenten ist bekannt, daß die Kationensorption an Tonmineralen und organischer Substanz stattfindet, die Anionensorption an Oxiden, Hydroxiden und organischer Bodensubstanz.

Ein Großteil der in Böden vorkommenden organischen Substanz liegt gebunden an die Mineralteilchen der Ton- und Feinschluffraktion vor. Diese als organo-mineralischen Komponenten (OMK) bezeichneten Aggregate stellen als Multiadsorbenssysteme einen großen Teil der Sorptionsplätze im Boden zur Verfügung.

Während das Sorptionsverhalten von Tonmineralen und organischer Substanz separat oder nach mechanischer Mischung bereits häufig untersucht wurde, ist über die Eigenschaften natürlicher organo-mineralischer Komponenten relativ wenig bekannt. Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen ist daher die Bewertung der Beiträge der organo-mineralischen Komponenten zum Sorptionsverhalten des gesamten Feinbodens.

Dabei werden die drei Elemente Iod, Cäsium und Strontium als Vertreter langlebiger Spaltprodukte mit biologischer Relevanz untersucht (Tab. 1).

Tab. 1: Langlebige Radionuklide und deren Anreicherung im Organismus

Nuklid	Halbwertszeit	Anreicherung in
⁹⁰ Strontium	28,5 a	Knochen
¹²⁹ Iod	1,6*10 ⁷ a	Schilddrüse
¹³⁴ Cäsium	30 a	Kalium-Stoffwechsel

Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden die A_p-Horizonte vier verschiedener Böden des nordostdeutschen Tieflandes verwendet, die sich bei gleicher Nutzungsart (Ackerfläche) hinsichtlich ihrer mineralogischen Zusammensetzung deutlich unterscheiden. Im Einzelnen handelt es sich um ein sandreiches Pseudogley-Kolluvium aus Bölkendorf, Choriner Endmoränenbogen, einen Auenton aus dem Oderbruch und zwei Schwarzerden aus Löß aus der Magdeburger Börde. Die Schwarzerde Etzdorf zeichnet sich durch einen höheren C_{org}-Gehalt aus als die Schwarzerde Querfurt. Alle Böden wurden auf 2 mm gesiebt, um den Feinanteil zu erhalten und anschlie-

¹ Zentrum für Strahlenschutz und Radioökologie der Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, D-30419 Hannover

² Dahlemer Str. 4, D-30982 Pattensen

³ Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V., Eberwalder Str. 84, D-15374 Müncheberg

bend die Textur nach DIN 66 115⁴, die KAK nach Wada und Harada⁵ sowie die C_{org}-Gehalte bestimmt (Tab. 2).

Die organo-mineralischen Komponenten wurden durch Größenfraktionierung gewonnen. Dazu wurden die Böden nach Ultraschall-Dispergierung einer Größenfraktionierung im Schwerfeld unterworfen und die Tonfraktion < 2µm sowie die Feinschluffraktion < 6,3 µm > 2 µm isoliert. Ein Teil dieser Fraktion wurde mit Wasserstoffperoxid behandelt, um die organische Substanz zu zerstören. Von den so erhaltenen Fraktionen wurden ebenfalls die KAK und die C_{org}-Gehalte bestimmt (Tab. 3).

Anschließend wurde mittels Batchversuchen das Sorptionsverhalten der Feinböden und der OMK < 2 µm gegenüber Iod, Cäsium und Strontium untersucht. Dazu wurden je 200 mg Probe mit 10 ml einer Trägerlösung versetzt, die das jeweilige Element in unterschiedlicher Konzentration enthielt. Die Ansätze wurden mit radioaktivem Tracer dotiert (¹²⁵I, ¹³⁴Cs, ⁸⁵Sr) und bis zur Gleichgewichtseinstellung geschüttelt. Dies dauerte beim Iod über Nacht, beim Cäsium drei Tage und beim Strontium sieben Tage. Die Radioaktivität wurde gamma-spektrometrisch gemessen und unter Berücksichtigung der Konzentrationen der Trägerlösungen die vom Austauscher sorbierten Mengen der jeweiligen Ionen berechnet.

Die Sorptionsexperimente mit Iod wurden dabei unter sterilen Bedingungen durchgeführt, um eine Beeinflussung der Sorption durch Bodenmikroorganismen auszuschließen.

Ergebnisse und Diskussion

Charakterisierung des Untersuchungsmaterials

Tab. 2: Charakterisierung der untersuchten Böden

Standort	Bodentyp	Schluff [%]	Ton [%]	KAK [mmol/kg]	C _{org} [%]
Bölkendorf	kolluvial geprägter Pseudogley	28,5	9,3	76	0,9
Oderbruch	Auenton	25,7	46,9	322	1,9
Querfurt M. B.	erodierte Schwarzerde	72,2	21,6	189	1,1
Etzdorf M. B.	Schwarzerde	76,8	20,1	196	2,0

Es zeigte sich, daß ein Großteil der organischen Substanz in den OMK der Tonfraktion angereichert ist. Die C_{org}-Gehalte variieren zwischen 2,3 und 4,3%, was der drei- bis vierfachen Menge gegenüber den Feinböden < 2 mm entspricht (Tab.2+3). Auch nach Behandlung mit Wasserstoffperoxid läßt sich die organische Substanz nicht vollständig zerstören, ein Hinweis auf die z.T. starke Bindung zwischen Tonmineralen und organischer Substanz.

Die KAK der OMK < 2µm unterscheiden sich mit Ausnahme der Bölkendorfer Proben kaum voneinander. Sie sind mit durchschnittlich 570 mmol/kg deutlich höher als die KAK der Feinböden. Somit wird die KAK des tonreichen Auentons Golzow wesentlich von den organo-mineralischen Komponenten bestimmt (Tab.3).

Auch an den OMK des Feinschluffs wurden die KAK bestimmt (Tab.3). Sie sind bis zu 100 mmol/kg höher als die KAK der entsprechenden Feinböden. Somit kommt den OMK dieser Fraktion vor allem in den schluffreichen Schwarzerden eine große Bedeutung für das Aus-

⁴ DIN 66 115 : Sedimentationsanalyse im Schwerfeld: Pipette-Verfahren

⁵ K.WADA, G.HARADA (1969): Effects of Salt Concentration an Cation Species on the Measured Cation-Exchange Capacity of Soils and Clays, Proc. Int. Clay Conference Tokio, Vol.1: 561-71

tauschvermögen zu. Ferner sind die KAK der mineralischen Fraktion des Feinschluffs (Tab.3, Sp.4, Werte in Klammern) gegenüber ihren OMK deutlich stärker erniedrigt als die entsprechenden Werte der Tonfraktionen (Tab.3, Sp.2). Im Schluff wird die KAK offensichtlich stärker durch die organische Substanz bestimmt als in der Tonfraktion.

Tab. 3: Charakterisierung der organo-mineralischen Komponenten der Ton- und Feinschluffraktion KAK in mmol/kg, C_{org} in %; (Werte in Klammern: OMK nach Peroxidbehandlung)

OMK des Bodens ...	KAK OMK < 2µm (nach H ₂ O ₂ -Behdlg.)	C _{org} OMK < 2 µm (nach H ₂ O ₂ -Behdlg.)	KAK OMK 2-63 µm (nach H ₂ O ₂ -Behdlg.)
Bölkendorf	420 (379)	4,1 (0,3)	142 (84)
Golzow	572 (563)	2,3 (0,1)	342 (36)
Querfurt	577 (455)	3,2 (0,6)	297 (161)
Etzdorf	563 (423)	4,3 (0,3)	295 (149)

Sorptionsexperimente

Die Iodadsorption wurde in relativen Prozent der eingesetzten Trägerlösung (Abb.1) angegeben. Bei Cäsium und Strontium sind die Konzentrationen in Lösung in [mmol/ml] bzw. in der festen Phase in [mmol/g] als Sorptionsisothermen gegenüber gestellt (Abb.2+3).

Beim Iod, das vermutlich nicht nur als Iodid, sondern auch als elementares Iod und als Iodat

gebunden wird, ergaben sich deutliche Unterschiede im Sorptionsverhalten von Feinböden und OMK < 2 µm. Bei allen vier Böden wird das Iod stärker an den Feinböden gebunden als an den OMK. Offensichtlich stehen in den größeren Anteilen der Böden mehr Austauschplätze für Anionen zur Verfügung als in der Tonfraktion. Dies können Oxide, Hydroxide oder Carbonate sein.

In den OMK < 2 µm wird das Iod vorwiegend an der organischen Substanz ge-

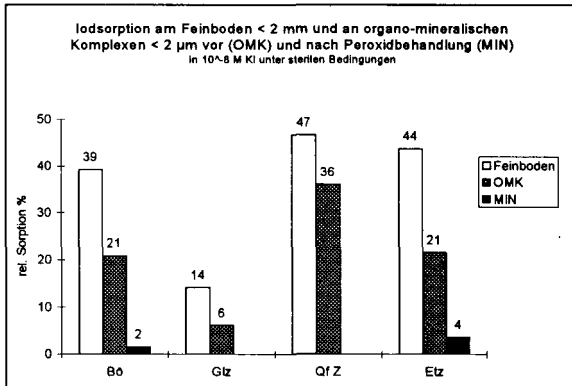


Abb. 1: Iodadsorption am Feinboden und an OMK < 2 µm

bunden. Wird diese mit Peroxid zerstört, sinkt die Sorption drastisch. An der mineralischen Fraktion der OMK < 2 µm wird nur sehr wenig Iod gebunden, an den Tonmineralen existieren kaum Austauschplätze für Anionen.

Anders verhalten sich die Kationen Cäsium und Strontium. In Abb. 2 sind die Sorptionsisothermen für Cäsium an den Feinböden und den OMK < 2 µm der beiden Schwarzerden dargestellt. Die Kurven steigen zunächst stetig an, bis sie in Bereichen hoher Trägerkonzentrationen einen Sättigungswert erreichen. Dieser stetige Verlauf deutet auf einen einschichtigen Sorptionsmechanismus, also Chemisorption, hin. Bei allen Proben ist ferner eine Korrelation zwischen KAK und gebundener Cäsiummenge zu beobachten, wobei alle Proben etwas geringere

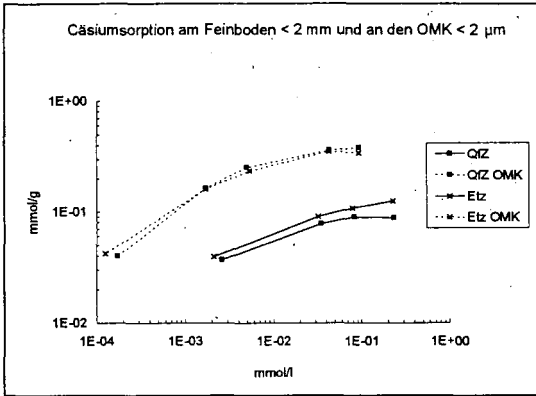


Abb. 2: Cäsiumsorptionsisothermen an Feinböden und OMK < 2 µm

diesem Fall gut mit den KAK der Proben übereinstimmt. Strontium wird zwar langsamer, dafür aber in größeren Mengen sorbiert als Cäsium. Das Strontium ist mit 118 pm kleiner als das Cäsium (167 pm) und daher von einer größeren Hydrathülle umgeben. Dadurch ist Strontium sterisch gehindert und gelangt weniger rasch an die Austauschplätze als Cäsium. Aufgrund seiner höheren Wertigkeit wird das Strontium dann jedoch stärker gebunden.

Beide Sorptionsreaktionen sind unter normalen Bedingungen irreversibel, in synthetischem Bodenwasser gelang die Desorption nicht. Erst in Gegenwart hochkonzentrierter Salzlösungen ($\geq 0,1M$) konnte ein Teil der sorbierten Ionen desorbiert werden.

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, daß organo-mineralische Komponenten der Ton- und Feinschluffraktion in Böden einen wesentlichen Beitrag zur Sorption der umweltrelevanten kationischen Radionuklide Cäsium und Strontium leisten. Dies ist vor allem in ton- und schluffreichen Böden von Bedeutung. Beide Kationen werden nach einem einschichtigen Mechanismus (Kationenaustausch) sorbiert, wobei die Desorption unter normalen Bedingungen nicht möglich ist.

Dagegen wird Iod vor allem in den Fraktionen > 2 µm gebunden, vermutlich von mineralischen Oberflächen der Oxide, Hydroxide und Carbonate. In den OMK < 2 µm wird Iod, vermutlich vorwiegend als Iodid, an der organischen Substanz gebunden, während die mineralischen Bestandteile der Tonfraktion nur sehr wenige Sorptionsstellen für Iod zur Verfügung stellen.

Cäsiummengen sorbieren, als ihrer KAK entspräche. Möglicherweise blockieren die an den Rändern der Mineralschichten eingelagerten Cäsiumionen weiter innen liegende Sorptionsplätze, die bei der KAK-Bestimmung jedoch erfaßt werden konnten. Grütter et al.⁶ sowie Xu und Boyd⁷ fanden bei hohen Cäsiumkonzentrationen ein ähnliches Verhalten an Tonmineralen.

Abb. 3 zeigt die Sorptionsisothermen der OMK < 2µm für Strontium. Auch hier verlaufen die Isothermen stetig bis zu einem Sättigungswert, welcher in

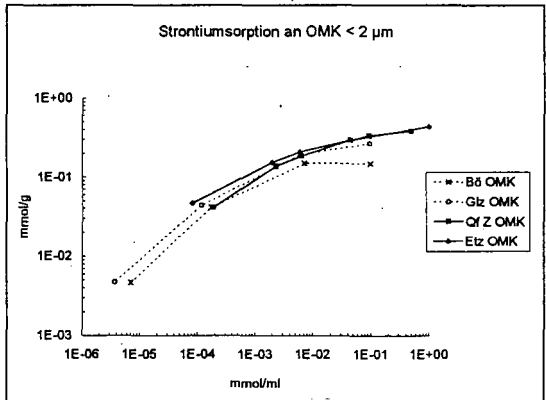


Abb. 3: Strontiumsorptionsisothermen an OMK < 2 µm

⁶ A.GRÜTTER, H.R.VON GUNTEN, E.RÖSSLER (1986): Sorption, Desorption and Isotope Exchange of Cesium (10^{-9} - 10^{-3} M) on Chlorite; Clays and Clay Min. Vol.34 (No.6): 677-80

⁷ S.XU, S.A.BOYD (1994): Cation Exchange Chemistry of Hexadecyltrimethylammonium in a Subsoil containing Vermiculite; Soil Sci. Soc. Am. J. Vol.58:1382-91

Kinetik der Protonenpufferung und Elementfreisetzungsraten von Böden aus Löß sowie ausgewählter Minerale

von

HAMER, M.; BRÜMMER, G. W.

1 Einleitung

Im Rahmen von Laborexperimenten zur Protonenpufferung und Elementfreisetzung werden Bodenproben unterschiedlichen Stoffbestandes sowie für die Bodenentwicklung bedeutende Minerale näher untersucht, um Prognosen über die Versauerungsgefährdung von Böden zu ermöglichen. Ziel der Untersuchung ist die Ermittlung der Pufferkapazität und Pufferbereiche sowie der Kinetik der Pufferreaktionen ausgewählter Bodenproben und definierter Minerale.

2 Material und Methoden

Im folgenden werden erste Ergebnisse zu pH-stat-Batchexperimenten anhand einer Bodenprobe (Pseudogley-Ah, Kottenforst bei Bonn) und eines Minerals (Biotit, Moen/Norwegen) exemplarisch dargestellt. Neben Batchversuchen werden titroprozessorgesteuerte pH-stat-Experimente durchgeführt, die hier am Beispiel von wenig verunreinigten natürlichen Mineralen (Calcit und Dolomit) dargestellt sind. Zur näheren Charakterisierung der untersuchten Proben sind in Tab. 1 bodenkundliche Kennwerte des Pseudogley-Ah sowie in Tab. 2 die chemische Zusammensetzung der Boden- und Mineralproben aufgeführt.

Tab. 1: Kennwerte der untersuchten Bodenprobe (Pseudogley Kottenforst, Ah-Horizont, 0 - 30 cm)

Chem. Eigensch.	pH (CaCl ₂)	pH (H ₂ O)	C _{org} (%)	Sand %	Schluff %	Ton %	Fe _d (g/kg)	Al _d (g/kg)	Mn _d (g/kg)
	3,54	4,17	5,15	8,9	81,7	9,4	1,54	0,53	0,02

Tab. 2: Chemische Zusammensetzung der untersuchten Bodenprobe (s. o.) sowie der Minerale Biotit (Moen, Norwegen), Calcit (Brlon, Sauerland/Westfalen) und Dolomit (Sinatengrün bei Wunsiedel, Fichtelgebirge/Bayern), Korngröße der Minerale: 63 - 200 µm, Angaben in %

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	Na ₂ O	CaO	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃
Ah-Pseudogley	78,8	6,38	0,03	0,22	0,78	0,32	1,7	0,78	0,07	1,96
Biotit	43,2	10,5	0,06	9,3	0,4	1,0	6,7	2,98	0,02	16,6

Im pH-stat-Batchversuch werden 10 g Probenmaterial in 100 ml PE-Zentrifugenbecher eingewogen, mit 50 ml 0,01 M HCl (pH 2,00) versetzt und 10mal 30 min. (schnelle Pufferreaktionen), dann 40mal 24 h (langsame Pufferreaktionen) bei 20 U/min. und 20 °C geschüttelt. Die Proben werden nach den oben angegebenen Schüttelzeiten bei 2500 U/min. zentrifugiert und die überstehenden klaren Lösungen über Rundfilter in 50 ml PE-Flaschen überführt. Der Bodensatz wird dann erneut mit der auf pH 2,00 eingestellten Lösung versetzt und geschüttelt. In den dekantierten Lösungen werden die freigesetzten Elemente und der pH-Wert gemessen.

Im pH-stat-Titrationsversuch werden 0,1 g Probenmaterial + 30 ml aq. dest. im Titrationsgefäß mit 0,05 M HCl konstant bei pH 2, 3, 4 bzw. 5 gehalten. Die zutitrierte Säuremenge pro Zeiteinheit wird über den Versuchszeitraum aufgezeichnet.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 pH-stat-Batchversuche

Der H^+ -Verbrauch der Bodenprobe und des Biotits (Abb. 1 und 2) setzt sich aus einer schnellen und einer langsamen Pufferreaktion zusammen, die durch zwei gekoppelte Funktionen erster Ordnung (SÜSSER & SCHWERTMANN 1991) beschrieben werden können:

$$H^+-\text{Verbrauch} = SNK_1 - SNK_1 * e^{-k_1 t} + SNK_2 - SNK_2 * e^{-k_2 t}$$

SNK = Säureneutralisationskapazität (mmol_c/kg); k = Reaktionskonstante (h⁻¹); t = Zeit (h)

Die Pufferkapazität des Pseudogleys erschöpft sich annähernd innerhalb der Versuchszeit von 960 Stunden. Die errechnete Gesamt-SNK beträgt 299,2 mmol_c/kg (Tab. 3) und liegt damit deutlich unter der errechneten Gesamt-SNK von Biotit (3407 mmol_c/kg).

Ein Maß für die Geschwindigkeit, mit der die einzelnen Pufferreaktionen ablaufen, sind die Reaktionskonstanten k_1 und k_2 , die in Tab. 3 aufgeführt sind.

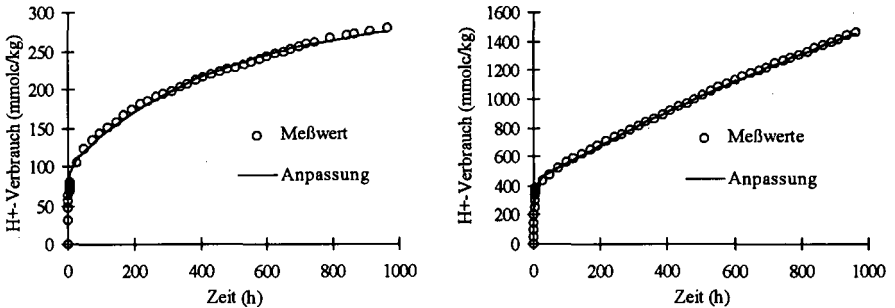


Abb. 1-2: H^+ -Verbrauch einer Bodenprobe (Pseudogley-Ah, links) und eines Biotits (Moen, rechts) der Korngröße 63 - 200 μm im pH-stat-Batchexperiment bei pH 2 in Abhängigkeit von der Zeit (Verhältnis von Einwaage zu Lösung 1 : 5, Temp. 20 °C, Anpassung durch zwei gekoppelte Funktionen erster Ordnung

Tab. 3: Berechnete Kenngrößen für die Pufferkapazität (SNK_1 , SNK_2 , Gesamt-SNK) und Pufferraten (k_1 , k_2) eines Pseudogley-Ah und Biotits sowie an der Pufferung beteiligte Elemente

Probe	Element	SNK_1 mmol _c /kg	k_1 h ⁻¹	SNK_2 mmol _c /kg	k_2 h ⁻¹	Gesamt-SNK mmol _c /kg
Pseudogley	H^+	100,2	0,44	199,0	0,0022	299,2
	Al	85,3	0,43	83,6	0,003	168,9
	Fe	9,25	0,40	130,8	0,001	140,1
	Ca	8,85	1,31	1,78	0,011	10,6
	Mg	3,17	1,62	1,63	0,003	4,8
	K	1,70	1,44	21,2	0,00014	23,4
	Summe der Elemente		111,3	0,45	195,9	0,0018
Biotit	H^+	432,5	0,365	2974	0,0004	3407
	Al	24,5	0,012	2007	0,00023	2032
	Fe	84,7	0,021	1242	0,0004	1327
	Ca	369,0	0,46	--	--	369
	Mg	0,95	0,169	2,62	0,0013	3,57
	K	9,49	0,89	2940	0,00003	2950
	Summe der Elemente		455,1	0,355	2674	0,00045

Si-Freisetzung → Pseudogley: 985 mmol_c/kg $k = 0,00007$; Biotit: 7112 mmol_c/kg $k = 0,00013$

Die Kinetik der durch Protonenpufferung freigesetzten Elemente (Abb. 3-6) läßt sich in den meisten Fällen ebenfalls durch zwei gekoppelte Funktionen erster Ordnung beschreiben (s.o.). Eine Ausnahme bilden dabei Si bei beiden Proben und Ca bei Biotit (Tab. 3). In diesen Fällen führt eine Anpassung durch nur eine Funktion erster Ordnung zu einem befriedigenden Ergebnis. Die Summenkurven der bei pH 2 freigesetzten Elemente (nicht abgebildet) verlaufen annähernd deckungsgleich mit den Protonen-Pufferkurven bei pH 2. Dementsprechend stimmen die berechneten Kenngrößen für den H^+ -Verbrauch und für die Summe der freigesetzten Elemente sehr gut überein. Durch das periodische Entfernen der Reaktionsprodukte mit der Lösung soll deren Einfluß auf die pH-Pufferung -im Gegensatz zum möglichen Verhalten bei herkömmlichen pH-stat-Titrations (KAUPENJOHANN & WILKE 1995)- minimiert werden.

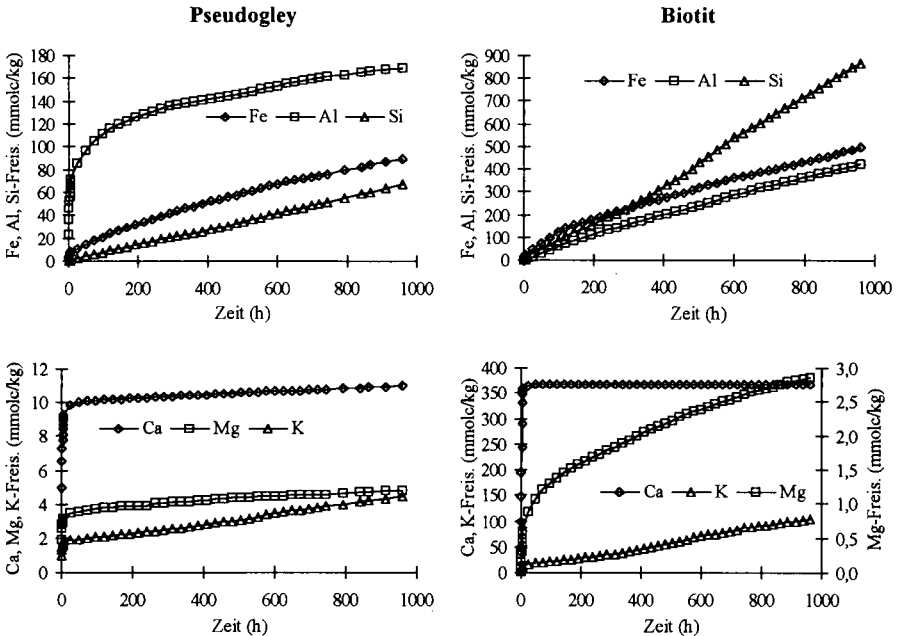


Abb. 3-6: Freisetzungskinetik von Fe, Al, Si (oben) und Ca, Mg, K (unten) einer Bodenprobe (Pseudogley-Ah) und eines Biotits (Moen) der Korngröße 63 - 200 µm im pH-stat-Batchexperiment bei pH 2 (Verhältnis von Einwaage zu Lösung 1 : 5, Temp. 20 °C)

3.2 pH-stat-Titrationsversuche

In Anlehnung an ein Verfahren zur Bestimmung der Reaktionsfähigkeit von Düngerkalken (SAUERBECK & RIETZ 1984) wurde die Kinetik der H^+ -Pufferung bei unterschiedlichen pH-Werten von Calcit und Dolomit untersucht (Abb.7-10). Der H^+ -Verbrauch beider Minerale läßt sich bei den vier untersuchten pH-Werten durch eine Funktion erster Ordnung beschreiben:

$$H^+ \text{-Verbrauch} = SNK - SNK * e^{-kt}$$

Die logarithmierte Reaktionskonstante k nimmt linear mit steigendem pH-Wert ab. Die k-Werte betragen für Calcit bei pH 2 - 5 und 7 (extrapoliert) 15,5 - 0,22 und 0,013 h^{-1} ; für Dolomit bei pH 2 - 5 und 6,5 (extrapoliert) 0,656 - 0,084 und 0,030 h^{-1} . Sie erreichen damit im pH-Bereich von 6,5 bis 7,0 k-Werte wie bei pH 2 für Biotit und Silicate der Bodenprobe (Ah-Pseudogley).

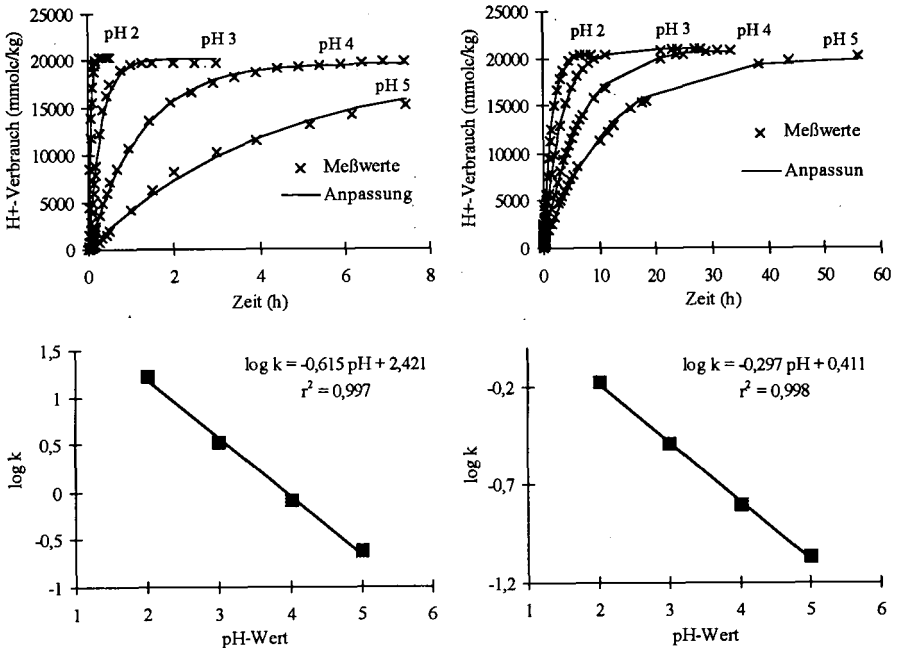


Abb. 7-10: H⁺-Verbrauch von Calcit (links) und Dolomit (rechts) der Korngröße 63 -200 µm im pH-stat-Titrationsversuch bei pH 2, 3, 4 bzw. 5 in Abhängigkeit von der Zeit (Verhältnis von Einwaage zu Lösung 1 : 300, Temp. 20 °C, Anpassung durch Funktionen erster Ordnung (oben); Beziehung der durch Funktionen erster Ordnung ermittelten Reaktionskonstanten k von Calcit und Dolomit zum pH-Wert (unten)

4 Zusammenfassung

In pH-stat-Batchversuchen wurde die Protonenpufferung und Elementfreisetzung einer Bodenprobe (Pseudogley-Ah) und eines Minerals (Biotit) bei pH 2 untersucht. Die Kinetik der H⁺-Pufferung läßt sich bei beiden Proben durch zwei gekoppelte Funktionen erster Ordnung beschreiben. Die errechnete Pufferkapazität des Pseudogley-Ah liegt mit 299,2 mmol_c/kg deutlich unter der des Biotits (3407 mmol_c/kg). Die Summenkurven der freigesetzten Elemente verlaufen annähernd deckungsgleich mit den H⁺-Pufferkurven der untersuchten Proben. Als Kenngrößen für die Geschwindigkeit der Pufferreaktionen geben die Reaktionskonstanten k₁ und k₂ Auskunft darüber, in welchem Umfang die einzelnen Elemente an der schnellen bzw. langsamen Reaktion beteiligt sind.

Für Calcit und Dolomit wurde in pH-stat-Titrationsversuchen die Reaktionskinetik bei pH-Werten von 2, 3, 4 bzw. 5 ermittelt. Daraus lassen sich mineralspezifische Kenngrößen ableiten, die Auskunft über die Reaktionsfähigkeit beider Minerale bei unterschiedlichen pH-Werten geben.

5 Literatur

Kaupenjohann, M. & W. Wilke (1995): Untersuchungen zur pH-Pufferkinetik von Böden mit einer neuen pH-stat-Technik. -Mittelgln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 76, 1441 - 1444. **Sauerbeck, D. & E. Rietz (1984):** Ein Verfahren zur Bestimmung der Reaktionsfähigkeit kohlen-saurer Düngerkalke. Landwirtsch. Forschung, 37, 682 - 690. **Süsser, P. & U. Schwertmann (1991):** Proton buffering in mineral horizons of some acid forest soils. -Geoderma, 49, 63 - 76.

Kaolinitbildung unter semiariden Bedingungen?

Von

HERRMANN, L.; BREUER, J.

Problemstellung

In den semiariden sahelischen Breiten Westafrikas sind Böden, deren Tonmineralzusammensetzung von Kaolinit dominiert wird, weit verbreitet. In der Regel wird die Kaolinitdominanz so erklärt, daß das Tonmineral schon im Ausgangsmaterial für die Bodenbildung vorhanden war, daß der Kaolinit unter feuchteren (Paläo-)Klimabedingungen gebildet worden ist oder daß er durch äolische Deposition eingetragen wurde. Eine Kaolinitneubildung unter den semiariden Bedingungen des Sahel wird häufig nicht in Betracht gezogen. Grund dafür ist die Annahme, daß die Hauptvoraussetzung für die Kaolinitbildung, nämlich Si-Abfuhr durch Auswaschung, nicht gegeben wäre. Tatsächlich zeigen Wasserhaushaltsuntersuchungen in Niger (Bley 1990, Fechter 1993), daß aufgrund der Regenverteilung und der hohen Regenintensitäten auf den weit verbreiteten sandigen Böden bis zu 190 mm a⁻¹ an Sickerung auftreten.

Die Hypothese der vorliegenden Arbeit ist, daß in den semiariden Breiten Westafrikas auf durchlässigen sandigen Böden und bei ausreichend niedrigen pH-Werten Kaolinitbildung aktuell möglich ist. Um diese Hypothese zu prüfen, wurden exemplarisch Böden an Standorten in SW-Niger und N-Kamerun untersucht.

Standorte

Die untersuchten Standorte liegen nördlich des 10. Breitengrades bei Niederschlägen von 500-900 mm a⁻¹. Die Regenzeit dauert von Mai bis September. Die Niederschlagsverteilung ist unimodal mit einem Maximum im August. Die höchsten Niederschlagsintensitäten treten mit bis zu 150 mm h⁻¹ zu Beginn der Regenzeit auf. Typisch für die Region sind Staubeinträge mit dem lokalen NO-Passat 'Harmattan' in der Trockenzeit.

Fallstudie Südwest-Niger

Der untersuchte Boden ist ein Luvic Arenosol mit >80 % Sandanteil in der Textur auf dem Gelände des ICRISAT Sahelian Centre (13°14' N, 2°17' O). In diesem Profil läßt sich der Einfluß deponierter Harmattan-Stäube (Quarz, Feldspäte, Kaolinit, Glimmer, Calcit) durch chemische, mineralogische und mikromorphologische Analysen in den oberflächennahen Horizonten belegen (Herrmann 1996). Auch Texturanalysen deuten auf den Staubeinfluß hin. Der Staub setzt sich am Standort Sadore aus 74 % Schluff und 26 % Ton zusammen. Wird die Textur des Oberbodens des Arenosol sandfrei berechnet, ergeben sich 72 % Schluff und 28 % Ton, also innerhalb der Analysengenauigkeit übereinstimmende Werte.

Vergleiche der Mineralzusammensetzung von Staub und potentieller Stauffraktion (U + T) des Arenosols zeigen geringere Anteile an Feldspäten im Arenosol (Herrmann 1996). Während die Tonmineralzusammensetzung der Harmattan-Stäube (Abb. 1a) von Smektit und Kaolinit dominiert ist, sind im Oberboden des Arenosols kaum noch Reflexe im Bereich 1,0-1,4 nm zu detektieren.

* Institut für Bodenkunde und Standortslehre (310). Universität Hohenheim. 70593 Stuttgart

** Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie (710). Universität Hohenheim. 70593 Stuttgart

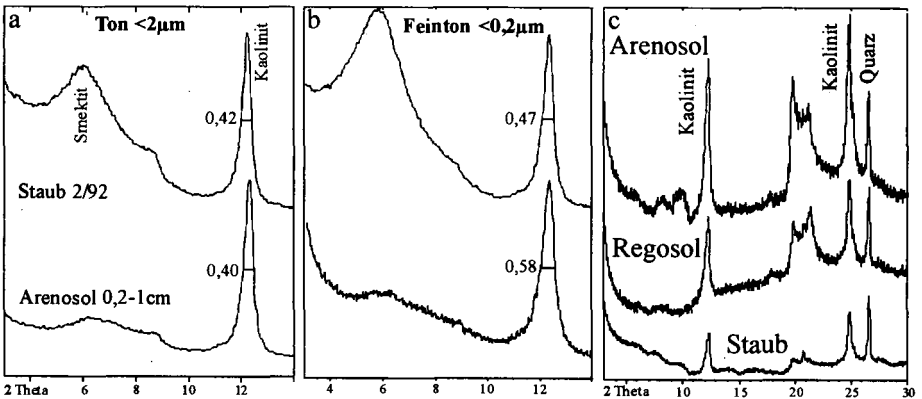


Abbildung 1: Tonmineralzusammensetzung (RBA, Mg-belegt) von Harmattan-Staub und des Oberbodens eines Arenosol aus SW-Niger: a. Ton (Textur), b. Feinton (Textur), c. Ton (Pulver).

Beides sind Hinweise auf Verwitterung, allerdings weisen die Texturdaten auf einen allenfalls geringen Massenverlust hin.

Prinzipiell ist eine Kaolinitneubildung also sowohl aus Smektit als auch aus Feldspäten vorstellbar. Neugebildeter Kaolinit sollte vermehrt in der Feintonfraktion auftreten und eine schlechtere Kristallinität als ältere, bereits vererbte, Kaolinite aufweisen. Der Vergleich der Diffraktogramme von Ton- und Feintonfraktion des Harmattan-Staubes zeigt bereits eine Verbreiterung des Kaolinitpeaks im Feinton (Abb. 1b), gemessen an der Halbwertsbreite als Maß für die Kristallinität. Dieser Unterschied fällt in der Arenosolprobe allerdings wesentlich deutlicher aus. Dies kann als erster Hinweis auf Kaolinitneubildung gewertet werden.

Ein wesentlich gewichtigeres Argument für eine Kaolinitneubildung ist das Quarz-Kaolinit Verhältnis der Tonfraktion (Abb. 1c). Es sinkt bei Auswertung der Peakhöhen von den unverwitterten Stäuben (>1) über eine Probe aus einem schlecht gedrähten Regosol (ca. 1) bis hin zum gut gedrähten Arenosol (<1). Nimmt man den Quarz als verwitterungsstabil an, muß Kaolinit absolut angereichert worden sein. Weitere, aber wesentlich schwächere Argumente für eine mögliche Kaolinitneubildung sind die Ergebnisse eines Verwitterungsversuches mit Harmattan-Stäuben (Herrmann 1996), die eine prozentual höhere Si- als Al-Freisetzung belegen und naßchemische Analysen, die im gesamten Profil Molverhältnisse von Na_2CO_3 -löslichem Al und Si von >1 zeigen.

Fallstudie Nord-Kamerun

In Nordkamerun wurden hartsetzende Planosols (Breuer, 1994) untersucht die sich in sandig-lehmigen Sedimenten des Chadbeckens entwickelt haben. Die Bodenprofile zeigen gebleichte und an Ton verarmte E-Horizonte mit niedrigen pH-Werten von 4 bis 5 über Bt-Horizonten mit höheren Tongehalten. Tongehalt und pH-Wert nehmen mit der Tiefe im Profil stark zu. Zugleich nimmt das Verhältnis Kaolinit/(Smektit+Illit) in Grob- ($0,2 - 2,0 \mu\text{m}$) und Feinton ($< 0,2 \mu\text{m}$) mit der Tiefe ab (Abb. 2). Die Tonfraktion der E-Horizonte ist also von Kaolinit dominiert während in den tonreicheren Bt-Horizonten Smektit überwiegt. Korngrößenanalysen der groben Feinbodenfraktionen (Breuer, 1994) und Schwermineralanalysen von hartsetzenden Planosols Nordkameruns (Lamotte, 1995) zeigen, daß diese Böden sich in weitgehend homogenen Sedimenten entwickelt haben. Die Unterschiede in der Tonmineralzusammensetzung der einzelnen Bodenhorizonte sind also durch bodengenetische Prozesse zu erklären.

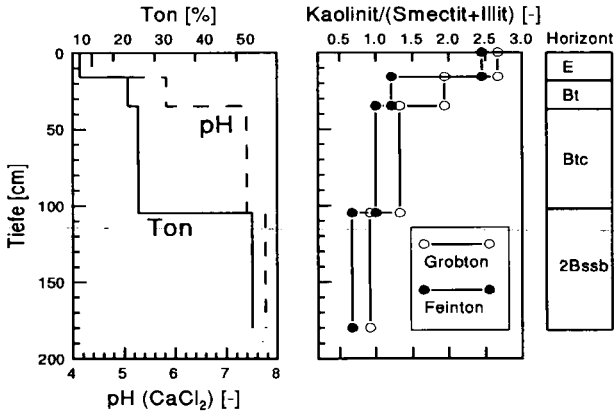


Abbildung 2: Tiefenfunktionen von Tongehalt, pH-Wert und dem Verhältnis Kaolinit/(Smektit+Illit) sowie die Horizontierung eines hartsetzenden Planosol aus Nordkamerun.

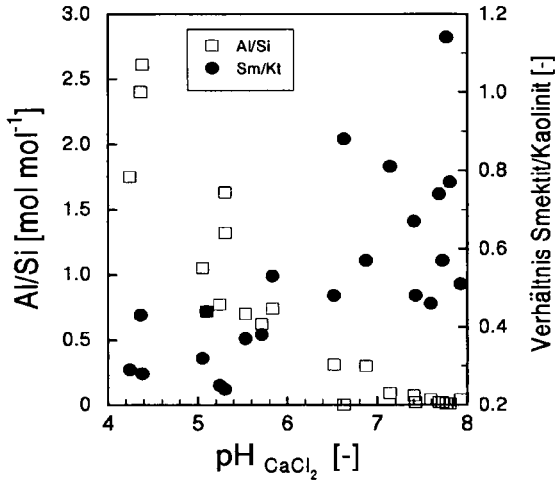


Abbildung 3: Die Beziehung zwischen pH-Wert und den Verhältnissen Al/Si im 0,5 M Na₂CO₃-Extrakt und Smektit/Kaolinit von 23 Horizonten hartsetzender Planosols aus Nordkamerun.

Breuer und Murad (1992) haben gezeigt, daß Kaolinite aus Böden die sich in alluvialen Sedimenten der Ebenen Nordkameruns entwickelt haben durch deutlich höhere Kristallfehlordnung (Hinckley Indices: $\bar{\sigma}$ 0,07 \pm 0,07) gekennzeichnet sind, als Kaolinite aus Böden in höheren Landschaftspositionen Nordkameruns (Hinckley Indices: $\bar{\sigma}$ 0,30 \pm 0,10), die einen Teil ihres Tonmineralbestandes aus unter feuchttropischem Paläoklima entstandenen Lateriten ererbt haben. Dies kann als Hinweis auf die Neubildung von Kaolinit in den E-Horizonten der Planosols gewertet werden.

Follet et al. (1965) haben für die Bestimmung röntgenamorpher Silicium- und Aluminiumverbindungen in Böden eine Extraktion mit 0,5 M Na₂CO₃-Lösung (pH 11) vorgeschlagen, die keine kristallinen Tonminerale löst. Das Verhältnis Al/Si in diesem Extrakt von 23 Horizonten aus Planosols Nordkameruns steht in Beziehung zum pH-Wert (der zugleich einen Tiefengradienten darstellt, vgl. Abb. 2) und zum Verhältnis Smektit/Kaolinit (Abb. 3). In den von Kaolinit dominierten E-Horizonten ist zugleich das Verhältnis Al/Si > 1. Durch Verwitterung gelöstes Silicium wird lateral und in die Unterböden verlagert (Breuer, 1994). Es ist anzunehmen, daß die mit Na₂CO₃ extrahierten amorphen Al/Si-reichen Phasen sich im Gleichgewicht mit der Bodenlösung befinden. Demnach ist in den E-Horizonten der Planosols vermutlich eine ausreichend hohe Al-Aktivität als Voraussetzung für die Neogenese von Kaolinit aus der Bodenlösung vorhanden.

Kaolinitbildung unter semiariden Klimabedingungen ? - Pro und Contra

Für die Neubildung von Kaolinit in bestimmten Böden Westafrikas spricht (PRO):

- Bodenhydrologische und -chemische Verhältnisse (Textur, Sickerung, pH-Wert) ermöglichen die Verwitterung von Primär- und Sekundärmineralen und die Abfuhr von Alkali- und Erdalkalimetallen und Silicium
- Im Verwitterungsprodukt ist Aluminium angereichert, das Verhältnis Al/Si begünstigt die Kaolinitbildung
- Der Verwitterung von Smektit erfolgt ohne meßbaren Massenverlust (Niger)
- Die Kristallinität (HWB₀₀₁) von Kaolinit im Feinton ist in Oberböden geringer als in Staubproben (Niger)
- Die Kristallinität von Kaoliniten aus Planosolen Nordkameruns ist wesentlich geringer als die von Kaoliniten die unter feuchttropischem Paläoklima entstanden sind (Breuer & Murad, 1992)

Gegen eine Neubildung von Kaolinit spricht (CONTRA)

- In den Planosolen (Nordkamerun) ist auch die relative Anreicherung von Kaolinit durch die Verwitterung von Smektit möglich

Literatur

- BLEY, J., 1990: Experimentelle und modellanalytische Untersuchungen zum Wasser- und Nährstoffhaushalt von Perlhirse (*Pennisetum americanum* L.) im Südwest-Niger. Doktorarbeit. 132S. Universität Hohenheim. Stuttgart.
- BREUER, J., 1994: Hartsetzende Böden Nordkameruns. Dissertation, 189 S, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan.
- FECHTER, J., 1993: The simulation of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) growth under the environmental conditions of Southwest Niger, West Africa. Hohenheimer Bodenk. Hefte 10. 121S. Stuttgart.
- FOLLET, E.A.C., MCHARDY, W.J., MITCHELL, B.D. UND SMITH, B.F.L., 1965: Chemical dissolution techniques in the study of soil clays: Part I. Clay Minerals, 6: 23-34.
- HERRMANN, L., 1996: Staubdeposition auf Böden West-Afrikas. Hohenheimer Bodenk. Hefte 36. 239 S. Stuttgart.
- LAMOTTE, M., 1995: Les sols à très forte cohésion des zones tropicales arides. Etude du hardé Lagadgé au Nord-Cameroun. Collection TDM. ORSTOM, Paris.

Eigenschaften technogener, magnetischer Eisenverbindungen in Stadt- und Industrieböden des Ruhrgebietes

von

HILLER, D.A.

In den Auftragsschichten von urban-industriell überformten Böden des Ruhrgebietes sind immer wieder Anomalien der nach bodenkundlichen Standardmethoden chemisch differenzierten Eisenfraktionen auffällig. Dies ließ vermuten, daß in diesem Raum noch andere Eisenoxide dominieren, als üblicherweise in Bodenprofilen mit natürlicher Pedogenese vorkommen.

- Erste Hinweise ergeben sich meist schon bei der Bildung des Fe_o/Fe_d -Quotienten. So liegen z.B. in 23 von 100 untersuchten Schichten von Stadtböden aus Oberhausen unüblich hohe Quotienten auch mit > 1 vor. Zum Teil erreichen die Fe_o/Fe_d -Quotienten sogar bis zu 4,5.
- Röntgenbeugungsanalysen belegen, daß in Böden aus Substrataufträgen aus dem montan-industriell geprägten Ballungsraum Ruhrgebiet auch Hämatit und magnetische Fe-Verbindungen vorliegen (Abb. 1). In ungestört erhalten gebliebenen Waldböden des Ruhrgebiet sind die ferromagnetischen Komponenten zumeist auf die Auflagehorizonte und die ersten, wenigen Zentimeter der Mineralbodenhorizonte beschränkt. In Böden aus Substrataufträgen werden die Hintergrundgehalte weit überschritten, außerdem schwanken die Gehalte von Schicht zu Schicht teilweise erheblich (Abb. 2a,b).
- Elektronenmikroskopische Aufnahmen machen deutlich, daß die ferromagnetische Fraktion in den mit technogenen Substraten durchmengten Bodenbereichen in großem Umfang nicht mit der Morphologie natürlich vorkommender Minerale übereinstimmt. Sie besitzt eine vielgestaltige Morphologie, z.B. (Hohl-)Kugeln oder gestreckte, laibartige Formen (Abb 3).
- Mikrosondenpunktanalysen belegen, daß diese Fe-Verbindungen erhebliche Konzentrationen an potentiell ökotoxischen Schwermetallen besitzen (Tab. 1).
- Naßchemische Untersuchungen und statistische Auswertungen vorhandener Datensätze deuten auf eine höhere potentielle Schadstoffverfügbarkeit von an die magnetische Fe-Fraktion gebundenen Schwermetallen hin. In den urban-industriell überformten Böden ergeben sich - anders als

*) FB 9, Abt. Angew. Bodenkunde, Universität-GH Essen, Universitätsstr. 15, D-45117 Essen

in den naturnah verbliebenen Böden - häufig keine statistisch signifikanten Beziehungen zwischen SM_t und den Kohlenstoff- oder Tongehalten. Die Höhe des EDTA-löslichen SM-Anteils von der SM-Gesamtkonzentration wird anscheinend in starkem Maße von der ferromagnetischen Bodenfraktion bestimmt. So ergeben sich in den Stadtböden sehr enge, hoch signifikante Beziehungen - die z.T. noch enger sind als die Beziehungen zwischen den SM_{EDTA} - und den königswasserlöslichen SM-Konzentrationen - bei der Korrelation der EDTA-Fraktion und der spezifischen Suszeptibilität welche von den magnetischen Bodenkomponenten herrührt (Tab. 2).

Tab. 1: Schwermetallkennwerte der Feinerdefraktion und daraus isolierter ferromagnetischer Partikel aus der jylC-Schicht eines Regosols aus bauschutt- und aschenführenden, kalkhaltigen (Anthro-)Kohlensand über Fluvikiessand aus Oberhausen

Feinbodenprobe, königswasser- löslich mg/kg	Mikrosondenpunktmessungen an Einzelpartikel 1-10 μm \varnothing (n = 888) (= Lungengängige Staubfraktion)					10-100 μm \varnothing (n = 112)	
	Mittelwert mg/kg	Max.-Wert	n > 1.000 mg/kg	Standard- abweich.	Mittel- wert mg/kg	Standard- abweich.	
Cd	4,0	3.300	2,4%	699	3.310	3.940	3.860
Cu	178	4.020	2,4%	808	2.410	1.470	2.910
Zn	1720	10.900	27%	749	24.700	13.200	29.700
Pb	767	15.110	31%	728	17.900	11.100	15.400

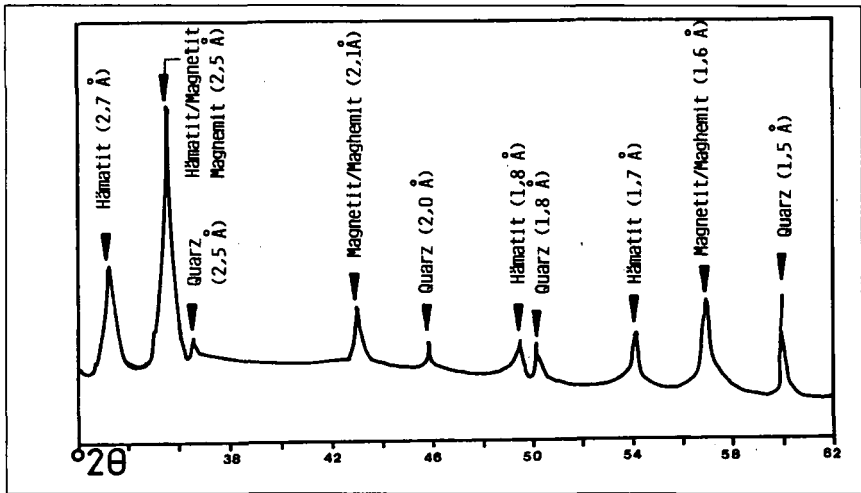


Abb. 1: Röntgendiffraktogramm zur Eisenoxiddifferenzierung einer Oberbodenprobe eines Auftragsbodens in Oberhausen-Brücktorviertel (Probennr. 9110018)

Tab. 2: Beziehungen zwischen EDTA-Gehalten und der spezifischen Suszeptibilität (χ) sowie weiterer Schwermetall- und Bodenkennwerte von Feinerdeproben urban-industriell überformter Profile aus Oberhausen (logarithmierte Form; n = 94-100)

Element	χ	königswasserlösliche SM-Fraktion	oxalatlösliches Eisen	dithionitlösliches Eisen
Blei	0,75***	0,67***	0,66***	0,70***
Cadmium	0,56***	0,39***	0,50***	0,45***
Kupfer	0,67***	0,62***	0,68***	0,65***
Zink	0,74***	0,55***	0,61***	0,57***

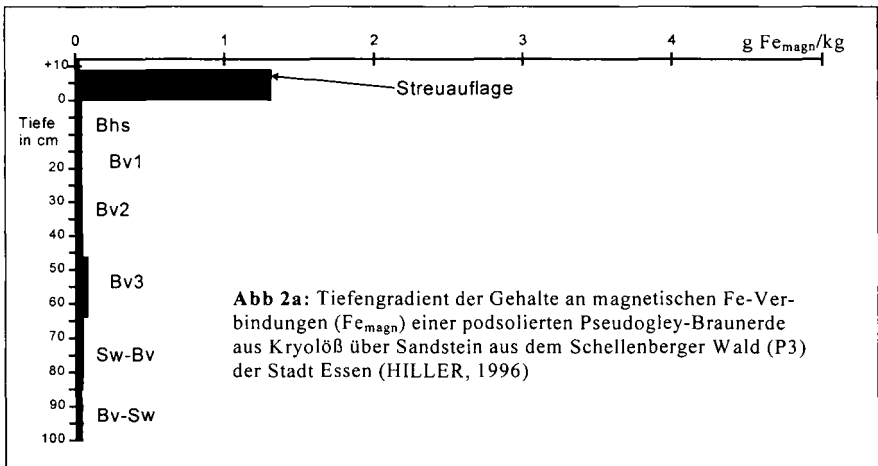


Abb 2a: Tiefengradient der Gehalte an magnetischen Fe-Verbindungen (Fe_{magn}) einer podsolierten Pseudogley-Braunerde aus Kryolöß über Sandstein aus dem Schellenberger Wald (P3) der Stadt Essen (HILLER, 1996)

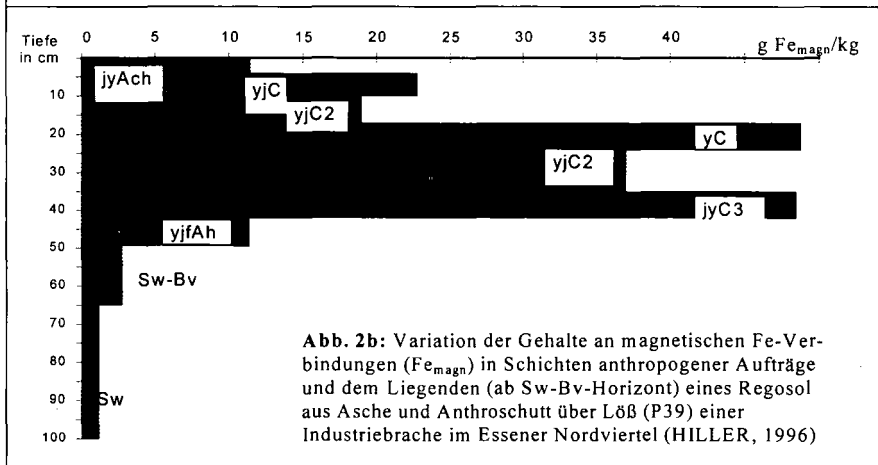


Abb 2b: Variation der Gehalte an magnetischen Fe-Verbindungen (Fe_{magn}) in Schichten anthropogener Aufträge und dem Liegenden (ab Sw-Bv-Horizont) eines Regosol aus Asche und Anthroschutt über Löß (P39) einer Industriebrache im Essener Nordviertel (HILLER, 1996)

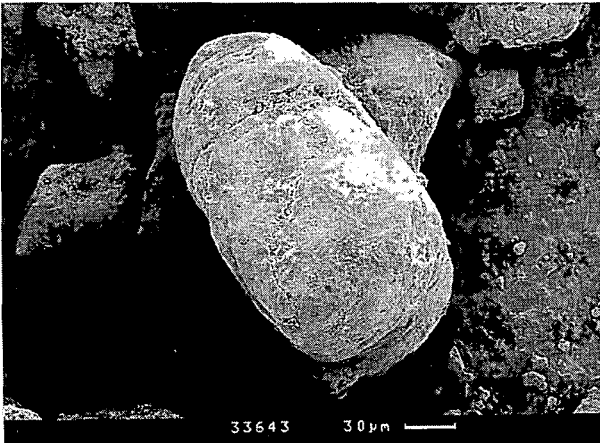
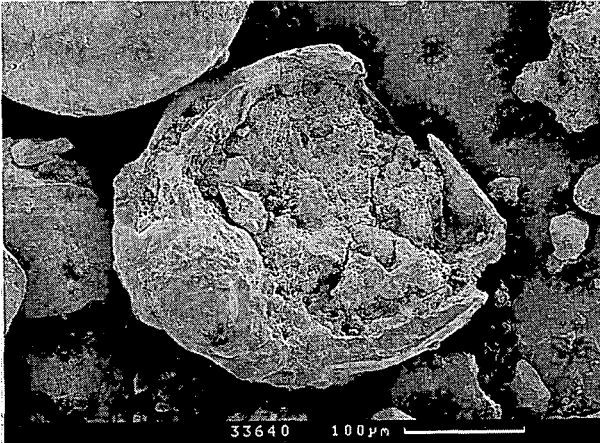


Abb. 3: Elektronenmikroskopische Aufnahmen isolierter magnetischer Fe-Partikel aus Bodenproben urban-industriell veränderter Böden des Ruhrgebiets (Probennr. 9306102)

Literatur:

HILLER, D.A. (1996): Merkmale und chemische Eigenschaften urban-industriell beeinflusster Böden des Ruhrgebietes. Habilitationsschrift im FB 9, Universität-GH Essen, 430 S.

**Tertiäre „Süßwasserkalke“ am Rand des südwestdeutschen
Molassebeckens - Mikromorphologische Untersuchungen unter Anwendung
der Kathodolumineszenz**

von

KALLIS,P.; BLEICH,K.E.; STAHR,K.

1. Problemstellung

Seit der Jahrhundertwende wurde von Vorkommen konzentrischer Kalkkonkretionen (Süßwasserkalke, Lepolithe, Pisolithe) auf der Schwäbischen Alb nördlich der Klifflinie berichtet. Diese Kalke wurden als Strandbildungen des Tertiärmeeres (Fraas, 1868), als echte Süßwasserkalke in lokalen Stauseen (Berz, 1924), als Ablagerungen in Strandseen (Lutzeier, 1931) oder als pedogene Bildungen (Reiff & Müller, 1993) betrachtet und zeitlich in das Unter- bis Obermiozän eingeordnet. Die Alstein-Bildungen im Molassebecken werden dagegen mehrheitlich als terrestrische Bildungen angesehen (Nägele, 1962; Schweigert, 1996).

Auf morphologischen Merkmalen beruhende Theorien zur Entstehung terrestrischer Kalkkrusten wurden von Gile et al. (1966) und Wright & Tucker (1991) vorgestellt. Die beschriebenen Strukturen werden aber auch in palustrinen oder lakustrinen Systemen gebildet und sind z.B. nach Sanz et al. (1995) typisch für distale Überflutungsgebiete. Verrecchia (1994) deutet diese Merkmalsübereinstimmung mit einer primären palustrin/lakustrinen Karbonatbildung und nachträglicher pedogener Überprägung.

Die Genese der Süßwasserkalke wird seither konträr diskutiert. Die Bestimmung des Bildungsmilieus der tertiären „Süßwasserkalke“ ist aber für die Deutung der Landschaftsentwicklung und für die Rekonstruktion der damaligen klimatischen Verhältnisse von Bedeutung.

2. Material

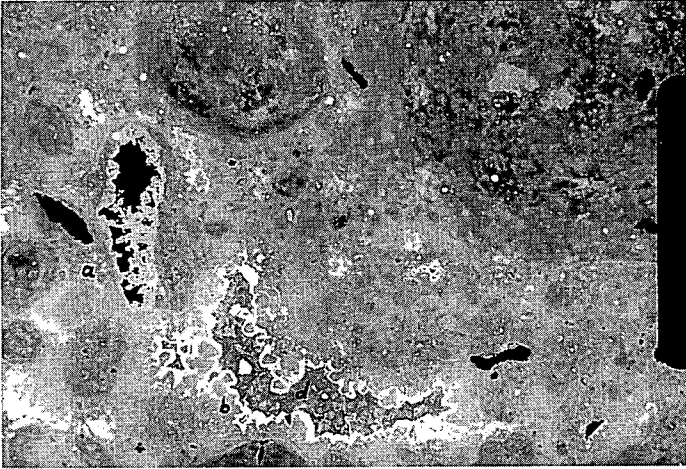
Jungtertiäre „Süßwasserkalke“ in einem Vorkommen Oberer Süßwassermolasse in Heidenheim-Mergelstetten (Reiff & Müller, 1993; Kallis & Bleich, 1994) wurden geochemisch und mikromorphologisch untersucht. Diese Abfolge in der Ausprägung metermächtiger Pseudogleye und Gleye wird wiederholt durch eine Abfolge weißer, kreidiger und gebankter, pisolithischer Kalke unterbrochen. Die Basis des Beckens, dessen Form durch einen nach Osten geneigten Weißjura- ζ 2-Massenkalkverband vorgegeben ist, bilden alttertiäre Kalkverwitterungslehme. Zwei Phasen dieser Kalkbildungen können ausgewiesen werden, wobei sich die weißen, kreidigen Kalke nach oben in sich erweiternden Säulen zusammenschließen und einen nahezu durchgängigen Horizont bilden, der in einen gebankten, marmorierten pisolithischen Kalkstein übergeht. Die Kalkbildungen keilen lateral nach Westen und Norden aus und bleiben auf den Senkenbereich der jungtertiären Sedimentation beschränkt. Alttertiäre Kalkverwitterungslehme, die im westlichen Randbereich neben den jungtertiären Kalken anstehen, wurden nicht von der Karbonatisierung ergriffen.

3. Methoden

Mikromorphologische Analysen unter Anwendung des Lichtmikroskops und der Kathodolumineszenz-Mikroskopie wurden an den „Süßwasserkalken“ durchgeführt. Zusätzlich wurden die Verhält-

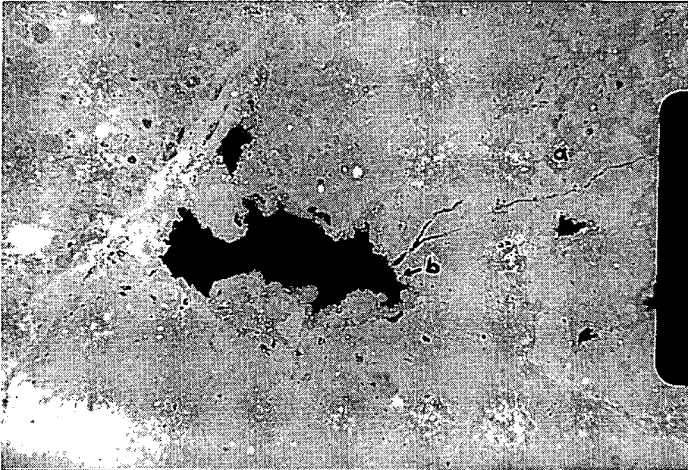
Tafel 1

Bild 1) Kathodolumineszenzaufnahme des gebankten Pisoliths



Das Grundgefüge der mikritischen PISOIDE leuchtet nur schwach, zeichnet aber die internen Strukturen nach. Der interpartikuläre Zement zeigt keine Lumineszenz (a: blau, Mn-arm). Der Restporenraum wird durch einen meteorischen Zement eingenommen der hell zonar leuchtet (d). (Bildlänge \approx 4mm)

Bild 2) Kathodolumineszenzaufnahme des kreidigen Kalksteins



Der Porenraum des Bruchgefüges ist durch nichtleuchtenden Zement (a: blau, Mn-arm, vados) ausgefüllt. Zum äußeren Rand wird der Zement durch eine leuchtende Zone (b: orange, Mn-reich, phreatisch) begrenzt.

nisse der stabilen Kohlenstoff- und Sauerstoffisotope ($\delta^{13}\text{C} / \delta^{18}\text{O}$ versus PDB) von Dr. Joachimski (Universität Erlangen, Institut für Geologie) bestimmt.

Diagenetische Prozesse (Zementierung, Mineralalterationen) können durch Anwendung der Kathodolumineszenz-Mikroskopie sichtbar gemacht werden und geben Hinweise auf das Bildungs-milieu der Karbonate. Die Kathodolumineszenz-Aufnahmen wurden von Herrn Dr. Zinkernagel (Consulting Laboratory, Bochum) an der Bochumer KL-Apparatur HC1-LM durchgeführt. Verwendet werden beidseitig polierte Dünnschliffe mit einer Schlifffdicke $<30\mu\text{m}$.

4. Ergebnisse

Das vermutete Süßwassermilieu der Kalke, aufgrund der ausschließlichen vorkommenden fossilen Landschnecken, konnte durch Analyse der stabilen Kohlenstoff- und Sauerstoff-Isotopen bestätigt werden. Die durchschnittlichen $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von $-7,2\text{‰}$ und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von $-4,5\text{‰}$ (PDB) liegen deutlich im Süßwasserfeld.

Durch die Mikrofaziesanalyse konnten folgende Merkmale bestimmt werden:

a) der Pisolith besitzt ein partikelgestütztes Gefüge. Die Grundkomponenten bilden mikritische PISOIDE mit unregelmäßiger Cortex, häufig mit diametralen, sparitischen Zentren (Schalenbruchstücke) und Intraklasten, die scheinbar in einer sparitischen Matrix „schwimmen“, b) im kreidigen Kalkstein treten nur wenige „PISOIDE“ (nodules) oder circumgranulare Risse in einer sonst einheitlichen, mikritischen Matrix auf.

Die Kathodolumineszenz-Analyse bestätigt den meteorischen Charakter der Zemente des gebankten Pisoliths, die in drei Bildungsphasen unterteilt werden können: a) der interpartikuläre Zement zeigt keine Lumineszenz (blau: Mn und Fe arm; oxidierende Bedingungen; Bild 1: a), dem folgt b) in größeren Poren ein Bereich mit schwacher Lumineszenzerscheinung der Fehlordnung im Calzitgitter (helleres Blau; schnelles Wachstum der Kristalle; Bild 1: b), c) ein zonierter Bereich durch wiederholte Abfolge von lumineszierenden und nicht lumineszierenden Bereichen innerhalb eines Kristalls (Änderung des Milieus oder/und der Wachstumsgeschwindigkeit) und d) Poren werden schließlich von stark lumineszierendem, blockigem Zement ausgefüllt (orange: Mn reich; reduzierendes Milieu/phreatisch; Bild 1: d). Daraus ergibt sich die chronologische Änderung des Milieus von oxidierenden Bedingungen zu Beginn der Ablagerung hin zu reduzierenden Bedingungen. Diese zwei Extreme werden durch eine Phase schnellen Kristallwachstums und eine Phase häufigen Wechsels zwischen reduzierendem und oxidierendem Milieu verbunden. Das Lumineszenzverhalten des mikritischen kreidigen Kalksteines ist ähnlich, der Porenraum zeigt keine Lumineszenz (blau; Bild 2: a) und wird durch eine schmale, leuchtende Zone (orange) begrenzt.

5. Diskussion

Durch die mikrofazielle Analyse konnten die für pedogene Kalkkrusten typischen mikromorphologischen Merkmale bestimmt werden. Die Kathodolumineszenzanalyse (Richter & Zinkernagel, 1981; Baker & Kopp, 1991) bestätigt den meteorischen Charakter der Zemente, die aufgrund unterschiedlichen Lumineszenzverhaltens in drei Bildungsphasen unterteilt werden können. Ähnliche Zementabfolgen wurden von Platt (1989) als eine Zementierung unter meteorisch/phreatischen Bedingungen während der Regression und der nachfolgenden Transgression eines Sees gedeutet. Der vermutete Süßwassercharakter der Kalke konnte durch Analyse der stabilen Kohlenstoff- und Sauerstoff-Isotope bestätigt werden. Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte (PDB) sind vergleichbar mit den Werten für lakustrine Karbonate aus dem Steinheimer Becken (Reiff, 1992) und aus dem Cameros Becken / Spanien (Platt, 1989). Dies, sowie Aufarbeitungserscheinungen (Intraklasten), das Vorkommen grauer PISOIDE (black pebbles) und eine auf den Senkenbereich beschränkte Karbonatbildung können jedoch durch ein rein pedogenes Modell nicht erklärt werden. Die Ergebnisse lassen für die untersuchten „Süßwasserkalke“ auf eine primäre Karbonatbildung unter palustrinen/lakustrinen Bedingungen und abschließende pedogene Überprägung schließen.

6. Literatur

- BAKER, C. E. & KOPP, O. C. (1991): Luminescence microscopy and spectroscopy. Qualitative and quantitative applications. — SEPM Short course: **25**, Dallas/Texas.
- BERZ, K. L. (1924): Kreide und Tertiär. Jüngere Bildungen. Das Werden der Landschaft. — Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg, Atlasblatt Heidenheim, 2. Aufl., Stuttgart.
- FRAAS, O. (1868): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg, Atlasblatt Heidenheim mit Umgebungen von Weißenstein und Steinheim. — Stuttgart.
- GILE, L. H., PETERSON, F. F. & GROSSMAN, R. B. (1966): Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. — *Soil Science*, **101**: 347-360, Baltimore.
- KALLIS, P. & BLEICH, K. E. (1994): Bodenentwicklung im Jungtertiär am Rande des Molassebeckens (Heidenheim-Mergelstetten/Ostalb). — *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, **74**: 379-382, Göttingen.
- LUTZEIER, H. (1931): Beiträge zur Kenntnis der Meeresmolasse in der Ulmer Gegend. — *N. Jb. Miner. etc. Beil. Abt. B*, Bd. **46**: 117-180, Stuttgart.
- NÄGELE, E. (1962): Zur Petrographie und Entstehung des Albsteins. — *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **115**: 44-120, Stuttgart.
- PLATT, N. H. (1989): Lacustrine carbonates and pedogenesis: sedimentology and origin of palustrine deposits from Early Cretaceous Rupelo Formation, W Cameros Basin, N Spain. — *Sedimentology*, **63**: 665-684.
- PLATT, N. H. & WRIGHT, V. P. (1992): Palustrine carbonates and the Florida Everglades: Towards an exposure index for freshwater environment? — *J. sed. Petrol.*, **62**: 1058-1071, Tulsa/Oklahoma.
- REIFF, W. & MÜLLER, S. (1993): Ein Vorkommen von Oberer Süßwassermolasse bei Heidenheim und seine Bedeutung für die Landschaftsgeschichte. — *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **189**: 255-274, Stuttgart.
- REIFF, W. (1992): Zur Entwicklung des Steinheimer Beckens. — *Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg*, **34**: 305-318, Freiburg.
- RICHTER, D. K. & ZINKERNAGEL, U. (1981): Zur Anwendung der Kathodolumineszenz in der Karbonatpetrographie. — *Geol. Rundsch.*, **70**: 1276-1302.
- SANZ, M. E., ALONSO ZARAZA, A. M. & CALVO, C. P. (1995): Carbonate pond deposits related to semiarid alluvial systems: examples from the Tertiary Madrid Basin, Spain. — *Sedimentology*, **42**: 437-452.
- SCHWEIGERT, G. (1996): Vergleichende Faziesanalyse, Paläoökologie und paläogeographisches Umfeld tertiärer Süßwasserkarbonate auf der westlichen Schwäbischen Alb und im Hegau (Baden-Württemberg). — *Profil 9*: 1-100, Stuttgart.
- VERRECCHIA, E. P. (1994): Microbial and surficial origin of the calcrete laminar horizon. — *Bull. Soc. Geol. France*, **165**, 6: 583-592.
- WRIGHT, V. P. & TUCKER, M. E. (1991): Calcretes - an Introduction. — *Intern. Assoc. Sedimentology. Reprint Vol. 2*: 1-22, Blackwell Scientific, Oxford.

Die Identifikation von Schwefel-Festphasen in heterogenen Systemen mit Hilfe spektroskopischer und mikroskopischer Methoden

von

KAMMERER, G.; PEIFFER, S.; KAUPENJOHANN, M.

Einleitung

Das Fichtelgebirge ist eines der am höchsten depositionsbelasteten Gebiete Deutschlands. Es hat sich gezeigt, dass seine Böden bei variierenden Einträgen als temporäre S-Speicher fungieren. Die Natur dieser S-Speicher spielt bei Überlegungen hinsichtlich S-Freisetzung und Reversibilität der Bodenversauerung eine wichtige Rolle.

Bisher wurde versucht die S-Speicher vorwiegend durch nasschemische Methoden, z.B. Löslichkeitsbetrachtungen oder Sorptionsversuche zu charakterisieren (*Süsser 1987, Böttcher 1992, Lückewille und Prenzel 1993*). Ein klarer Nachweis einer Festphase, die die Lösungskonzentrationen von Al^{3+} und SO_4^{2-} bestimmt, fehlt allerdings bislang (*Sposito 1986, Xu und Harsh 1995*).

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, das Problem der Identifikation von Schwefel-Festphasen in heterogenen Systemen mit spektroskopischen und mikroskopischen Methoden zu lösen.

Methoden

1. Rasterelektronenmikroskopie (SEM)

Ein auf etwa 10 nm fokussierter Elektronenstrahl rastert über eine Probenoberfläche. Die Elektronen dringen in die Probe ein und treten mit ihr in Wechselwirkung. Für die Bilderzeugung verwendeten wir in dieser Untersuchung Sekundär- (SE) und Rückstreuielektronen (BSE), für die Analyse der elementaren Zusammensetzung die charakteristische Röntgenstrahlung (*Schmidt 1994*).

2. Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS)

Eine Probe wird mit monochromatisierten Röntgenstrahlen beschossen, welche aus der Probe Elektronen freisetzen. Diese Elektronen haben eine kinetische Energie gemäß

¹ Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie, Universität Bayreuth, 95440 Bayreuth

² Limnologische Station, Universität Bayreuth, 95440 Bayreuth

³ Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart

$$E_{kin} = h \cdot \nu - BE,$$

wobei $h \cdot \nu$ die eingestrahlte Röntgenenergie und BE die elementspezifische Bindungsenergie ist. Die elementare Zusammensetzung einer Probe kann damit bestimmt werden. Die Austrittstiefe der Elektronen im Probenmaterial liegt im Bereich weniger nm. XPS stellt daher eine oberflächensensitive Methode dar.

Um ein Tiefenprofil zu erhalten, wird die Probe mit Ar^+ -Ionen beschossen, welche die Probenoberfläche sukzessive abtragen und so tiefere Schichten für die erneute Analyse freilegen.

Ergebnisse

Anhand von zwei Beispielen soll gezeigt werden, wie mit SEM und XPS kleinräumige Heterogenitäten, insbesondere Schwefelanreicherungen identifiziert, und wie zwischen Sorption und Oberflächenpräzipitation unterschieden werden kann.

Abbildung 1a zeigt die Oberfläche eines Gibbsitkorns (SE), das mit einer Sulfatlösung behandelt wurde. Aus Gründen der Topographie vermutet man, dass es sich bei dieser Erhebung um etwas anderes als

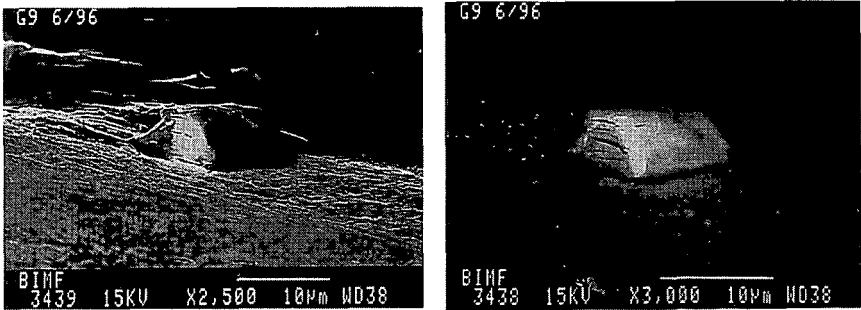
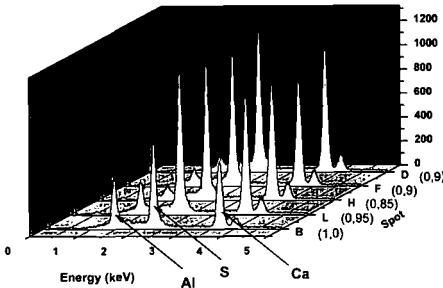


Abb. 1: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Partikels auf einer Gibbsitoberfläche. a) links SE-Modus, b) rechts BSE-Modus

Abb. 1c: Röntgenspektren von verschiedenen Punkten des Partikels aus 1a, 1b, in Klammern das Ca/S-Verhältnis



Gibbsit handelt, was durch den Rückstrommodus (Abb. 1b) bestätigt wird. Die elementare Zusammensetzung gegenüber der Unterlage ist zu schwereren Elementen hin verschoben. Die an verschiedenen Stellen dieses Partikels aufgenommenen Röntgenspektren zeigen ein nahezu konstantes Ca/S Verhältnis von 1 (Abb. 1c). Es handelt sich also um Gips (der Sauerstoffpeak ist aufgrund eines

Schutzfensters nicht zu sehen).

In Abb. 2a ist eine unbehandelte Biotitoberfläche abgebildet. An den markierten Stellen wurden Röntgenspektren aufgenommen (Abb. 2b), die sich beträchtlich unterscheiden. Neben oxidischen Ti- (Nr. 1) und Fe-Anreicherungen (Nr. 2) sehen sie in Nr. 3 eine elementare Zusammensetzung, die der für Biotit typischen entspricht, etwa $K(Fe^{2+}, Mg)_3Si_3AlO_{10}(OH)_2$. (Sauerstoff und Wasserstoff sind wegen des Detektorschutzes nicht zu sehen).

Abb. 2a: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (BSE-Modus) einer unbehandelten Biotitoberfläche.

Abb. 2b: Röntgenspektren dreier verschiedener Stellen auf der Biotitoberfläche wie in Abb. 2a gekennzeichnet

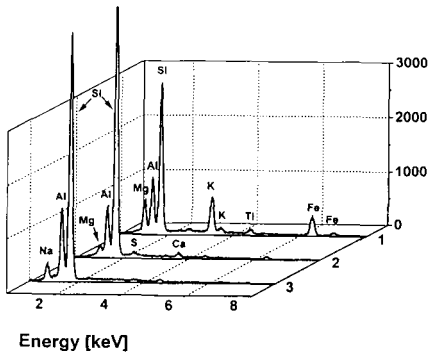
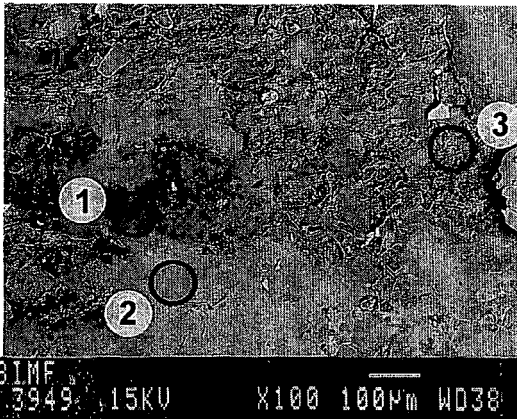
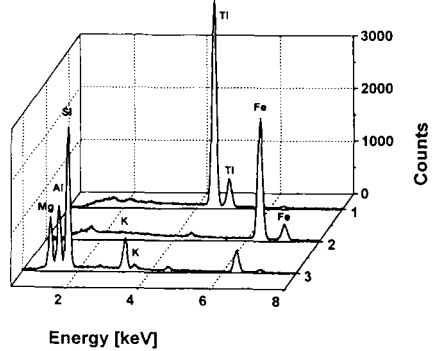
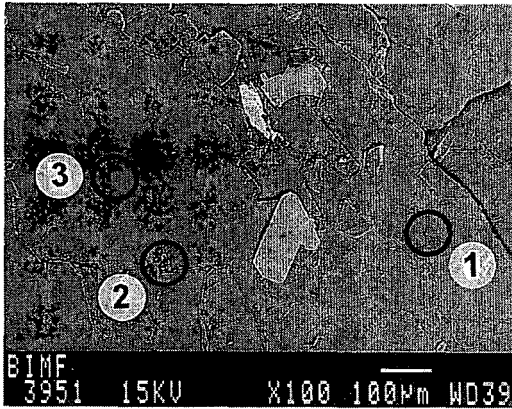


Abb. 2c: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (BSE-Modus) einer mit 1N Schwefelsäure behandelten Biotitoberfläche.

Abb. 2d: Röntgenspektren dreier verschiedener Stellen auf der Biotitoberfläche wie in Abb. 2c gekennzeichnet

Abb. 2c zeigt die Biotitoberfläche nach Behandlung mit heisser 1 N H₂SO₄. Es lassen sich wenigstens drei verschiedenartige Bereiche unterscheiden: zwei unterschiedlich helle, glatte Bereiche und eine borkige rissige Oberfläche. Die Röntgenspektren (Abb. 2d) zeigen, dass es trotz Säurebehandlung Bereiche gibt, die unverändert geblieben sind. An anderen Stellen überwiegt die selektive Lösung von Mg, K und Fe, sowie die Anreicherung von Ca und S. Die borkigen Bereiche zeigen eine Anreicherung von Na.

Sorption und Präzipitation lassen sich unterscheiden, wenn man die Signalerzeugung im Elektronenmikroskop näher untersucht. Die relative Nachweisgrenze der Röntgenanalyse liegt bei 10-100 ppm (Schmidt 1994). Das Wechselwirkungsvolumen in einer Mineral- oder Bodenprobe beträgt bei 20 kV Primärspannung ca. 10 µm³. Eine sorbierte Monolage an Sulfat, hingegen, hat bei einem Primärstrahldurchmesser von ca. 10 nm, ein Volumen, das um den Faktor 10⁸ geringer ist, und damit um mindestens drei Größenordnungen unter der Nachweisgrenze liegt. Im Umkehrschluss heißt das, dass alles was mittels Röntgenanalyse im Elektronenmikroskop nachweisbar ist "deutlich dreidimensionalen Charakter" haben muss. Dies trifft für Sorbate nicht zu.

Schlussfolgerungen

S-Retention an Mineraloberflächen geschieht nicht flächendeckend. Vielmehr verhalten sich Mineraloberflächen unter dem Einfluss von sulfathaltigen Lösungen inhomogen. Inerte Bereiche existieren neben Oberflächenpräzipitaten und Zonen selektiver Lösung. Die Ausbildung dreidimensionaler Phasen ist ein wesentlicher Prozess der Schwefelspeicherung. Sorption und Präzipitation können analytisch unterschieden werden. XPS und SEM sind geeignete Methoden, um mikroskalige Heterogenitäten zu identifizieren.

Dank

Diese Arbeit wurde finanziert vom BMBF - 0339476 B (BITÖK-no. 34-074/96). Wir bedanken uns bei Frau C. Drummer vom Bayreuther Institut für Makromolekularforschung (BIMF).

Literatur

- Böttcher, G. (1992), Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, 93
Lückewille und Prenzel (1993), Appl. Geochem. Suppl. Issue 2, 131-134.
Schmidt, P.F. (1994): Praxis der Rasterelektronenmikroskopie und Mikrobereichsanalyse, Renningen,-Malmshheim.
Sposito, G. (1986): In: Davis, J.A. and K.F. Hayes, American Chemical Society Symposium Series 323, Washington, D.C., 217-228.
Süsser, P. (1987), Dis. TU München.
Xu, S. and J.B. Harsch (1995), Soil Sci. Soc. Am. J. 59, 1549-1557.

Besonderheiten der Kationenaustauschkapazität basaltbürtiger Böden der King-Georg-Insel, West-Antarktis

von

KUHN, D.; BLUME, H.-P.; KALK, E.

Einführung

Im Rahmen einer Dissertation (Kuhn, 1997) wurden repräsentative Böden der King-Georg-Insel der Maritimen Antarktis (-1.8 °C, 500 mm NS) in Nachbarschaft der polnischen Station Arctowski bodenkundlich untersucht. Viele der Böden wiesen abnorm hohe Kationenaustauschkapazitäten auf, deren Ursachen an einigen Beispielen näher erläutert werden sollen.

Wir bestimmten KAK_{pot} routinemäßig über eine Summierung der mit $BaCl_2$ im Gleichgewichtsverfahren ausgetauschten basischen Kationen sowie des H-Wertes (abgeleitet aus pH-Acetat; methodische Einzelheiten siehe Schlichting et al., 1995). Dabei ergaben sich Werte zwischen 21 und 51 $cmol_c \cdot kg^{-1}$ (Tab. 1). Bezieht man diese Werte auf die Tongehalte, die (nach H_2O_2 -Extraktion) mittels $(NaPO_3)_6$ -Dispergierung gewonnen wurden, erhält man Werte von 112 bis 1290 $cmol_c \cdot kg^{-1}$.

Vermutet wurde, daß folgende Faktoren diese hohe KAK verursacht haben:

1.) Erhöhte Salzkonzentration; 2.) Auflösung labiler Minerale bei der $BaCl_2$ -Extraktion; 3.) unzureichende Vorbehandlung bei der Korngrößenanalyse; 4.) Hoher Gehalt an Tonmineralen mit hoher KAK; 5.) Hohe Gehalte an Allophanen; 6.) Erhöhte Humusgehalte; 7.) Hohe KAK der organischen Substanz

1. Erhöhte Salzkonzentrationen

Erhöhte Salzkonzentrationen der Bodenlösung konnten erwartet werden, da die Meeresentfernung der Böden nur 200 - 400 m (bei 25 - 150 m Höhe) betrug. Die ermittelten EC-Werte von 0.5 bis 1.3 mS in der Gleichgewichtsbodenlösung können jedoch die summierte KAK nur um einige $cmol_c \cdot kg^{-1}$ verfälscht haben.

2. Auflösung labiler Minerale bei der $BaCl_2$ -Extraktion

Die Tonfraktion enthält teilweise Serpentine, Mg-Chlorite und Pyroxene. In den groben Kornfraktionen wurden zudem Olivine festgestellt. Da der Anteil austauschbarer Mg^{2+} -Ionen teilweise denjenigen der Ca^{2+} -Ionen erreicht, kann angenommen werden, daß auch Mg^{2+} -Ionen angewitterter Silicatminerale extrahiert wurden. Für diese Deutung spricht, daß die durch Ba^{2+} -Rücktausch ermittelte KAK_{pot} deutlich geringere Werte von 15 - 28 $cmol_c \cdot kg^{-1}$ ergab (Tab.2). Ähnliche Werte wurden bei der Anwendung der AgTU-Schnellbestimmungsmethode (Gleichgewichtsverfahren $AgNO_3$ /Thioharnstoff/ NH_4 -Acetat-Gemisch) nach Chabra et al. (1975) erreicht (Tab.2).

3. Unzureichende Vorbehandlung bei der Korngrößenanalyse

Bei der mikroskopischen Mineralanalyse der Grobschluff- und Sandfraktionen fielen viele Aggregate auf, die durch Metalloxide stabilisiert worden waren. Eine Wiederholung der Korngrößenanalyse nach Dithionit/Citrat-Extraktion verkittend wirkender Metalloxide ergab deutlich höhere Tongehalte vor allen beim Podzol-Bh sowie beim Regosol 2 (vergl. Tab. 1 und 2).

4. Hoher Gehalt an Tonmineralen mit hoher KAK

Die Feinstrukturanalyse ergab vor allen bei den beiden Regosolen hohe Gehalte an Smectiten (Tab. 2). Bereits Barsch et al. (1985) sowie Blümel et al. (1985) stellten fest, daß es sich um Mg-reiche trioktaedrische Smectite handelt, die durch eine hohe Ladungsdichte ausgezeichnet sind, und damit über Kationenaustauschkapazitäten von über 130 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ Ton verfügen.

5. Hohe Gehalte an Allophanen

Die beiden Regosole weisen außerdem hohe Allophangehalte auf, was sich teilweise auch aus hohen Gehalten an oxalatlöslichen Silicium sowie weiten Relationen von oxalatlöslichen zu dithionitlöslichen Aluminium ableiten läßt (Parfitt und Hemmi, 1982). Allophane sind ebenfalls durch eine hohe und zwar stark pH-abhängige KAK charakterisiert (Scheffer/Schachtschabel, 1993).

6. Erhöhte Humusgehalte

Podzole (Tab. 2) und Cambisole (Kuhn, 1997) sind durch hohe Humusgehalte charakterisiert, was trotz absolut geringer Biomasseproduktion auf gedrosselten Humusabbau infolge niedriger Bodentemperaturen zurückzuführen ist (Blume et al., 1997). Außerdem hat bei vielen Böden eine starke Zufuhr meeresbürtiger organischer Substanz durch Vogelekrekmente stattgefunden: das läßt sich aus stark erhöhten Phosphatgehalten (z.B. beim Podzol-Bh) ableiten (Tab.2).

7. Hohe KAK der organischen Substanz

Beyer et al. (1997) stellten mittels NMR-Spektroskopie fest, daß die Huminstoffe der Podzol-Bh-Horizonte von Böden mit starker Zufuhr an organischer Substanz durch Pinguine besonders hohe Gehalte an Carboxyl-Kohlenstoff aufweisen, entstanden aus Aminosäuren und anderen organischen Säuren. Wir nehmen daher an, daß die organische Substanz dieser Bh-Horizonte durch eine hohe KAK charakterisiert ist.

Tabelle 1: Eigenschaften einiger Horizonte typischer Böden der King-Georg-Insel

Bodeneinheit Gestein	Gelic Regosol 1 basaltbürtige Moräne		Gelic Regosol 2 Tholeit-Basalt ± vulkanische Gläser		Gelic Podzol Tholeit-Basalt
	Ah	BvC	Ah	Cv	Bh
Horizont					
Tiefe in cm	0 - 4	25 - 50	0 - 2	25 - 40	15-18
Textur in %	57	49	91	85	87
H ₂ O ₂ -Behandlung und (NaPO ₃) ₆ -Dispergierung	30	33	5	10	9
	13	19	4	5	4
C _{org} $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	1,0	0,5	0,7	0,8	44,1
pH (CaCl ₂)	6,4	7,2	6,1	6,1	3,9
KAK _{pot} in $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ als Summe Kationen					
Feinerde-bezogen	28,4	21,3	29,4	50,4	51,2
Ton-bezogen	218	112	735	1048	1290

Tabelle 2: Eigenschaften einiger Horizonte typischer Böden der King-Georg-Insel

Bodeneinheit		Gelic Regosol 1		Gelic-Regosol 2		Gelic Podzol
Gestein		basaltbürtige Moräne		Tholeit-Basalt ± vulkanische Gläser		Tholeit-Basalt
Horizont		Ah	BvC	Ah	Cv	Bh
Tiefe in cm		0 - 4	25 - 50	0 - 2	25 - 40	15-18
Textur in %						
mit H ₂ O ₂ und (NaPO ₃) ₆ -	Sand	57	49	91	85	87
	Schluff	30	33	5	10	9
Dispergierung	Ton	13	19	4	5	4
mit DCB-Behandlung	Sand	53	48	82	63	76
	Schluff	29	30	10	28	11
	Ton	18	22	8	9	13
P _v	mg*g ⁻¹	0,8	0,7	0,4	0,3	4,9
EC _{GGBL}	mS * cm ⁻¹	0,6	0,7	1,3	0,8	0,5
Fe _d	mg*g ⁻¹	12,6	12,6	12,6	12,7	11,1
Si _o	mg*g ⁻¹	1,3	1,8	11,7	3,0	4,3
Al _o / Al _d		2,5	3,7	6,1	2,1	0,9
Mineralbestand in der Tonfraktion	Plagioklase	20-40	20-40	10-20	10-20	20-40
	Pyroxene	10-20	10-20	<10	<10	<10
	Glimmer + Illite	<10	<10	<10	10-20	10-20
	Chlorite	10-20	10-20			10-20
Tonfraktion	Serpentine	10-20	10-20			
	Smectite	20-40	10-20	10-20	>40	
	Allophane	<10	<10	20-40	<10	
KAK _{pot}	in cmol _c * kg ⁻¹					
als	Ba ²⁺ -Konzentration	18,8	14,7	17,3	27,6	n.b.
mit	AgTU-Methode	22,2	14,2	19,8	24,5	n.b.
Ton-bezogen ohne Humus nach KAK _{Humus} -Abzug	DCB+AgTU	123	65	248	272	
	mit 100 cmol _c *kg ⁻¹					326
	mit 400 cmol _c *kg ⁻¹					123
Art der sorbierten Kationen in cmol _c *kg ⁻¹	Ca ²⁺	20,9	17,9	13,7	27,1	7,6
	Mg ²⁺	5,5	2,7	11,1	19,1	7,0
Kationen in cmol _c *kg ⁻¹	K ⁺	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3
	Na ⁺	0,9	0,4	1,6	1,7	0,6
	NH ₄ ⁺	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
	Al ³⁺ + H ⁺	0,7	0,02	2,7	2,0	35,6

P_v: HCl (30%ig)-extrahierbares Phosphat; EC: elektrische Leitfähigkeit der Gleichgewichtsbodenlösung; d: Dithionit/Citrat; o: Oxalat

Zusammenfassung

Antarktische Böden aus Basalt sowie vulkanischen Gläsern weisen eine hohe KAK_{pot} auf. Diese ist auf erhöhte Tongehalte (die z.T. erst nach einer Dithionit/Citrat-Behandlung nachweisbar sind) verbunden mit einem hohen Anteil trioktaedrischer Smectite und Allophanen in der Tonfraktion zurückzuführen. Cambisole und Podzole weisen zudem höhere Humusgehalte auf, die u.a. durch Vogelexkremente verursacht wurden und deren KAK vermutlich besonders hoch ist.

Danksagung

Wir danken der DFG für die Finanzierung des Forschungsprojekts sowie den polnischen Kollegen für die freundliche Aufnahme auf der antarktischen Station Arctowski.

Literaturverzeichnis

- BARSCH, D., BLÜMEL, W.D., FLÜGEL, W.-A., MÄUSBACHER, R., STÄBLEIN, G., ZICK, W. (1985) : Untersuchungen zum Periglazial auf der King-Georg-Insel, Südshetlandinseln/Antarktika. Ber. Polarforsch. 24, 1-75.
- BEYER, L., KNICKER, H., BLUME, H.-P., BÖLTER, M., SCHNEIDER, D. (1997): Soil organic matter of spodic horizons of coastal continental Antarctica and Germany. Proc. Internat. Symp. in Physics, Chemistry, and Ecology of seasonal frozen soils, Fairbanks, Alaska, June 10-12, p. 443-448
- BLÜMEL, W.D., EMMERMANN, R., SMYKATZ-KLOSS, W. (1985) : Vorkommen und Entstehung von tri-oktaedrischen Smektiten in den Basalten und Böden der King-Georg-Insel (Shetlands/West-Antarktis). Polarforschung 55 (1) : 33-48
- BLUME, H.-P., BEYER, L., ERLLENKEUSER, H., KALK, E., KNEESCH, S., PFISTERER, U., SCHNEIDER, D. (1997) : Pedogenetic zonation in soils of the southern circum-polar region. Adv. in Ecology, in press
- KUHN, D. (1997): Genese, Ökologie und Soziologie einer bodengesellschaft in einem Periglazialgebiet der King-Georg-Insel (West-Antarktis). Dissertation Uni Kiel
- SCHEFFER, F.,SCHACHTSCHABEL, P. (1993): Lehrbuch der Bodenkunde, Enke-Verlag, Stuttgart 13. Auflage
- SCHLICHTING, E., BLUME, H.-P., STAHR, K. (1995) : Bodenkundliches Praktikum, Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin-Wien

Sorption polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe an mineralische Oberflächen: Ein wichtiger Steuerungsprozeß der PAK Mobilität in Unterböden

von

LEICHTLE, K.; TOTSCHKE, K. U.

Einleitung

Umfangreiche Arbeiten wurden zur Sorption hydrophober Schadstoffe (HOC) an Böden durchgeführt. Besondere Bedeutung kommt dabei der organischen Bodensubstanz (C_{org}) zu. Unterbodenhorizonte weisen zum Teil jedoch sehr geringe Anteile an C_{org} auf. In diesen Umgebungen sollte die Anlagerung von HOC an mineralische Oberflächen zunehmen. Schwarzenbach und Westall (1981) postulieren, daß die Sorption von HOC erst ab C_{org} -Gehalten $< 0.1\%$ eine Rolle spielt. Aus diesem Grunde wurde das Adsorptionsvermögen anorg. Oberflächen bisher vernachlässigt. Einige jüngere Publikationen befassen sich jedoch mit dem Einfluß mineralischer Sorbenten auf die Sorption von HOC. Teebay et al. (1993) fanden in A_{eh} -Horizonten gleich hohe HOC-Konzentrationen wie in der darüberliegenden organischen Auflage. Dies konnte nicht mit den K_{oc} -Verteilungskoeffizienten erklärt werden. Gosh und Keinath (1994) fanden, daß aufweitbare Tonminerale zu einer erheblichen Sorption von Naphthalin führte. Schüth, 1994, fand eine deutliche HOC Sorption sowohl für ungeglühte als auch für geglühte Quarzsande. Mineralische Sorbenten sollten demnach auch quantitativ eine Rolle bei der Verlagerung von hydrophoben Stoffen in porösen Medien spielen.

Ziele

Die Arbeit dient der Bestimmung der Sorption von PAK an Unterbodenhorizonte. Im Vordergrund steht die Frage, in welchem Ausmaß und unter welchen Bedingungen die Anlagerung an C_{org} -arme mineralische Sorbenten erfolgt. Die Arbeit soll einen Beitrag leisten zum Verständnis :

- der PAK-Mobilität in Unterbodenhorizonten.
- der PAK-Remobilisierung und PAK-Umverteilung in Unterböden.
- des Rückhaltevermögens von PAK durch geochemische Barrieren.

Material und Methoden

Charakterisierung der PAK, Substrate und Lösungen

Tabelle 1: Physikochemische Eigenschaften der PAK

PAK	MG [g/Mol]	S [µg/l]	log VP	log K_{ow}	log K_{oc}	log K_{DOC}
Anthrazen	178	48	-3,00	4,54	4,42	n.n
Pyren	202	150	-3,10	5,18	4,92	n.n-5,0
Perylen	252	3,03	-	6,5	-	-

(S: Löslichkeit; K_{ow} : Oktanol/Wasser-Verteilungsgleichgewicht, K_{oc} : Boden/Wasser-Verteilungskoeffizient, bezogen auf C_{org} [ml/g]; K_{DOC} : DOC/Wasser-Verteilungskoeffizient [ml/g]; VP: Dampfdruck).

Es wurden Batch-Schüttelversuche durchgeführt. Als Substrate wurde Seesand, Goethitsand und Montmorillonit als Mischsubstrat mit Seesand (1+9) verwendet. Die drei Substrate zeichnen sich durch einen sehr niedrigen C_{org} -Gehalt $< 0,01\%$ aus. Als Hintergrundlösung diente $10^{-3} M$ $KClO_4$ (Baham and Sposito, 1994). Die Lösung wurde mit Aqua millipore, ausgehend von einer $10^{-1} M$ $KClO_4$ -Stammlösung hergestellt. $2 \cdot 10^{-4} M$ $AgNO_3$ diente der Verminderung mikrobiellen Wachstums (Totsche et al., 1997). PAK-haltige Lösungen wurden durch zupipettieren von PAK-Standards in die Hintergrundlösung erstellt.

Ergebnis und Diskussion

Sorption (Abb. 1a,b,c): Für alle drei Substrate wird eine deutliche PAK-Sorption festgestellt (Abb.3,4). Die höhere spezifische Oberfläche von Mont führt zu höherer Sorption. Die Affinität nimmt von Anthrazen über Pyren zu Perylen zu. Dies ist konsistent mit den Kow-Werten. Die Isothermen weichen schon in niedrigen Konzentrations-bereichen von der Linearität ab. Dies ist ein Hinweis auf unterschiedliche Sorptionsmechanismen.

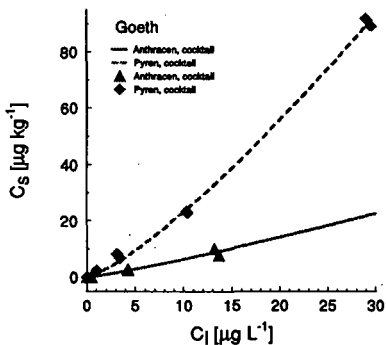
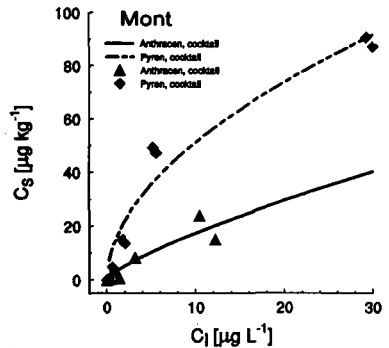
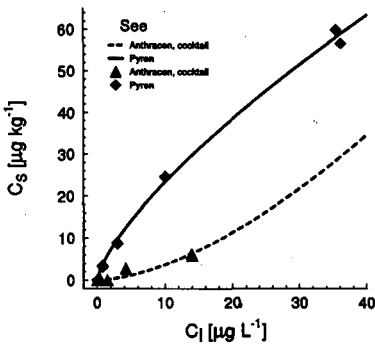


Abb1: Sorption von Anthrazen und Pyren an die Substrate. Perylen wies eine sehr hohe Affinität für alle drei Substrate auf und konnte in der Lösungsphase nicht mehr sicher nachgewiesen werden.

Die Sorption an See und Mont weist mit einem $p < 1$ auf Sättigungsverhalten hin, die Sorption an Goeth mit einem $p > 1$ auf kooperative Sorption. Monte-Carlo Simulation zur Bestimmung der

Unschärfe der K_F - und p -Werte streuen in geringen Bereichen. Tendenziell wird die Sorption für alle drei PAK an Goethit durch eine konvexe Isotherme ($ds^2/dc^2 > 0$, cooperative Sorptionsmechanismen ?) und für See und Mont durch eine konkave Isotherme ($ds^2/dc^2 < 0$, Sättigungsprozeß ?) beschrieben.

Desorption: Die Massenbilanzen der Batchdesorptions-Experimente sind zufriedenstellend. Anthrazen wird nach 24h vollständig desorbiert. Pyren zeigt übereinstimmende Desorptionsverläufe. Perylen wurde aufgrund seiner hohen Affinität zur Festphase nach 3 Desorptionsschritten zu > 90 % an der Festphase nachgewiesen. Die Desorptionsverläufe weisen keine stetig fallenden Festphasenkonzentrationen auf und sind aufgrund experimenteller Unsicherheiten nur eingeschränkt interpretierbar. Der starke Abfall der Lösungskonzentration von Perylen bei der Sorption ist konsistent zu den hohen Festphasenkonzentrationen nach Beendigung des Desorptionsexperiments. Sorption und Desorption an mineralischen Oberflächen scheinen reversible Prozesse zu sein (Abb. 2).

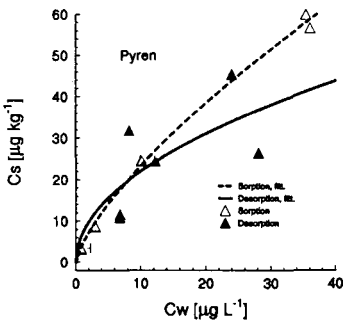
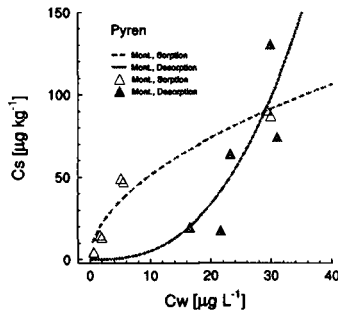
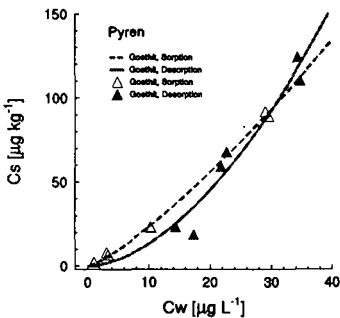


Abb 2: Vergleich von Sorption und Desorption von Pyren an die drei Substrate



Zusammenfassung

Die PAK Sorption an Seesand, Goethitsand und einer Mischung aus Seesand (90%) und Montmorillonit (10%) wurde in Batchexperimenten untersucht. Eine deutliche Sorption der PAK konnte für alle Substrate nachgewiesen werden. Die experimentell bestimmten Isothermen lassen sich am besten durch Freundlich-Adsorptions Isothermen beschreiben. Da sich die Graphen der

Isothermen je nach Substrat in ihrer Form (Krümmung, Steilheit) deutlich unterscheiden, werden unterschiedliche Sorptionsmechanismen vermutet. Desorptionsverläufe können für Anthrazen und Pyren beschrieben werden. Perylen weist eine zu hohe Affinität zu den Substraten auf. Sorptions- und Desorptionsexperimente bestätigen die zunehmende Affinität von Anthrazen über Pyren zu Perylen. C_{org} arme bzw. C_{org} freie Oberflächen stellen einen relevanten Sorbenten für PAK in Unterböden dar. Die doch erhebliche Sorption wirkt sich auf die PAK-Mobilität aus und kontrolliert neben dem Abbau die Verteilung der PAK im Unterboden.

Literatur:

- Baham, J & Sposito, G. (1994): Adsorption of dissolved organic carbon extracted from sewage sludge on montmorillonite und kaolinite in the Presence of Metal Ions. J. Environm. Qual., 23, 147-153
- Berthouex P.M. & Brown L.C. (1994): Statistics for Environmental Engineers. Lewis Publishers, London, Chapter 40, S. 309 - 313
- Gosh, D. R., und T. M. Keinath (1994): Effect of Clay Minerals Present in Aquifer Soils on the Adsorption and Desorption of Hydrophobic Organic Compounds, in: Environmental Progress, 13(1)51-59.
- Schüth C. (1994): Sorptionskinetik und Transportverhalten von PAK im Grundwasser - Laborversuche, Dissertation an der Geowissenschaftlichen Fakultät der Universität Tübingen, TGA, C19, 79 S.
- Schwarzenbach, R. P., und J. Westall (1981): Transport of nonpolar organic compounds from surface water to groundwater, in: Environ. Sci. Technol., 15(11): 1360-1367
- Teebay, R. H., G. Welp und W. Brümmer (1993): Gehalte an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) un deren Verteilungsmuster in unterschiedlich belasteten Böden, in: Z. Pflanzenemähr. Bodenk., 156:1-10
- Totsche, K. U., J. Danzer and I. Kögel-Knabner (1997): Dissolved Organic Matter-Enhanced Retention of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soil Miscible displacement Experiments, J. Environ. Qual., 26(4):1090-1100

Evaluation of heavy minerals assemblage of sand fractions in the northern part of the Nile Delta

von

MESHREF, H.A.; HAGAG, A.A.

ABSTRACT

Seven soil taxonomic units characterizing the main land forms of the northern part of the Nile Delta were studied in order to evaluate the mineralogical composition of the sand fraction (0.25 - 0.063 mm).

The distribution pattern of heavy minerals is almost similar in all units taken into consideration which, also, possess mineral species similar to those of the Nile sediments. The dominance of less stable minerals (amphiboles, pyroxenes and epidotes) and the smallness of the resistant minerals (zircon, tourmaline, and rutile) can be taken as indication of the immature conditions of recent sediments that dominated the studied soil units. The ratios of the index minerals are also quite different and indicate a multi-depositional regime during the course of their sedimentation. The variations noticed within and between soil units could be attributed to variable environments during their transportation and deposition, as well as to the relative age of the sediments.

INTRODUCTION

Physiographically, the studied area is located in the most northern part of the Nile Delta, stretching between longitudes $30^{\circ} 20' - 31^{\circ} 50'$ East and latitude $31^{\circ} 20'$ North. It extends along the coast of the Mediterranean Sea from Ras El-Bar in the west with a width of about 7 km. This area is characterized by a typical Mediterranean climate, and its surface is generally flat with an elevation lower than 2 m a.s.l. except for those sand dunes which may attain a height varying from 4 to 25 meters. The present study is a trail to evaluation heavy mineral assemblage of the sand fraction.

MATERIALS AND METHODS

After the ordinary pretreatments (Jackson, 1965), the sand fraction (0.25-0.063 mm) was separated from each sample by dry sieving, cleaned up and further differentiated into heavy and light minerals, using bromoform (sp. gr. 2.85 ± 0.02). The index figure (weight ratio of heavy to light minerals) was calculated. The heavy residue was mounted on slide in Canada balsam for identification (Brewer, 1964). About 500 grains were identified by the polarizing microscope, using a gradual mechanical stage for counting. Identification of minerals was undertaken according to the procedure of Milner (1962).

RESULTS AND DISCUSSION

Following are the results of some physical and chemical analysis of the studied soil profiles (Table 1):

* Soil Sci. Dept., Mansoura Univ., Egypt.

Table (1): Analytical data of the investigated soil profiles.

Land form	Profile No.	Depth (cm)	pH (Soil paste)	EC dS/m	Mechanical analyses (%)			OM %	CaCO ₃ %	Gypsum %
					Sand	Silt	Clay			
Coastal barrier plains and beaches	3	0-10	7.6	7.28	95.30	2.60	2.10	0.15	0.90	0.25
		10-30	7.5	8.56	96.44	1.48	2.08	0.29	0.19	0.28
		30-150	7.3	17.65	92.72	4.66	2.62	0.21	0.35	0.65
	5	0-15	7.5	13.37	98.82	0.70	0.48	0.23	0.17	0.16
		15-35	7.6	5.78	98.02	0.85	1.13	0.23	0.20	0.11
		35-60	7.7	2.78	94.00	2.88	3.12	0.02	0.56	0.55
	4	60-80	7.5	9.42	91.00	3.00	6.00	0.27	0.45	0.19
		0-15	7.5	28.89	95.78	2.89	1.33	0.31	0.47	0.69
		15-45	7.6	15.62	98.14	0.80	1.06	0.12	0.38	0.31
	8	45-60	7.5	23.54	99.30	0.27	0.43	0.12	0.37	0.59
		0-5	7.2	74.90	86.06	3.50	10.44	0.06	0.55	3.23
		5-50	7.7	13.91	96.76	1.05	2.19	0.21	0.20	1.86
	2	50-70	7.2	24.61	97.18	2.02	0.80	0.21	0.25	1.07
		0-5	7.4	41.50	81.90	8.90	9.20	0.17	0.54	2.75
		5-20	7.0	90.00	68.60	11.75	19.65	0.54	11.40	1.38
	6	20-35	7.6	33.40	94.44	2.15	3.41	0.42	0.45	2.00
		35-70	7.3	53.30	92.60	3.46	3.94	0.46	0.19	3.23
		0-15	7.1	73.82	87.60	3.49	8.91	0.36	0.65	2.55
7	15-55	6.9	77.04	20.02	20.98	59.00	1.09	3.60	4.40	
	55-80	7.0	68.48	26.02	18.78	55.20	0.90	5.50	3.23	
	0-15	7.7	2.89	85.20	3.39	11.41	0.92	0.45	0.24	
Fluvio Marin flats	15-35	7.7	2.14	80.70	4.39	14.91	0.56	0.76	0.24	
	35-65	7.7	2.71	49.30	29.86	20.84	0.66	2.75	1.00	
	65-100	7.4	2.71	92.82	3.00	4.18	0.28	0.20	1.31	
Nile Alluvium	0-10	7.0	3.75	14.66	27.10	58.24	1.30	2.60	0.21	
	10-35	7.2	3.32	11.84	31.88	56.28	0.92	2.20	0.20	
	35-65	7.4	3.75	20.36	31.87	47.67	0.68	1.50	0.16	
	65-85	7.4	4.39	40.84	23.92	35.24	0.63	0.55	0.18	

1. Soil texture is generally sand to clay, with the predominance of sandy texture in most layers.
2. Soils salinity differs appreciably from one locality to another, EC values being in the range of 0.66 to 95.4 mhos / cm, 25°.
3. Soluble actions are dominated by Na⁺, followed by Mg⁺⁺ and Ca⁺⁺, while K⁺ is the least abundant. Soluble anions generally followed the order Cl⁻ > So₄⁻ > Hco₃⁻ ions, while Co₃ ions are totally absent.
4. The soil reaction of the studied soils are generally neutral to slightly alkaline, and ranging between 6.9 and 7.5 in the soil paste.
5. Total carbonate content varies widely from one profile to another, showing the ranges of 0.15 and 18.1 %, while the gypsum values range from 0.01 to 4.82 %.
6. Organic matter content is generally very low in all profiles representing different geomorphic units, and ranges between 0.01 / and 1.3 %.
7. The cation exchange capacity values vary from 1.2 to 45 me / 100 gm soil and increase with increase of the silt + clay content. The magnesium and calcium are the principal exchangeable cations. ESP values range from 9.6 to 29.2%.
8. The amount of free iron (Fe₂O₃^d) ranges from 0.14 to 0.98 %, whereas the amount of the amorphous iron (Fe₂O₃^o) ranges from 0.02 to 0.36 %. The amorphous silica shows the lower values of 0.12 to 0.68 %, while free aluminum shows the lowest values ranging from 0.01 and 0.27%. The molar ratios vary from 2.61 to 45.8, which may be taken as an indication of more contribution of siliceous materials to the soils parent material.
9. Sorting values indicate that the sediments are poorly sorted, moderately to moderately well sorted and well to very well sorted, suggesting that transportation and deposition

of parent materials either take place by water with little, if any, weathering in the site, or formed by wind action and / or formed under both water and wind action.

Table (2) shows the relative percentage frequencies of heavy minerals separated by bromoform from the fraction of size 0.25 - 0.063 mm. The data reveal that opaque minerals together with the non-opaque minerals; amphiboles, pyroxenes, and epidotes are the most abundant minerals. Monazite and staurolite are found in relatively moderate amounts, while zircon, tourmaline, apatite, rutile, garnet and kyanite are found in less pronounced amounts. Also, the values of the index figures are generally low and vary from 0.03 to 0.33. The relatively high values belong to the Typic Psammaquents, while the relatively low values characterize the Vetric Ustifluvents. The natural contamination between the different units may be responsible for the narrow range of index figure values.

Table (2) : Frequency distribution of heavy minerals in the sand fraction (0.25-0.063 mm).

Land form	Profile No.	Depth (cm)	Index Figure	Opa-ques	Non-opaques										Z/T	Z/R	Z/ T+R
					Amphiboles	Pyroxene	Epi-dotes	Zir-con N	Tou-rma-line T	Apa-tite	Mon-azite	Ruti-le	Gar-net	stau-rolite			
Coastal barrier plains and beaches	3	Xeric Quartzipsammaents; thermic															
		0-10	0.03	16.8	21.8	28.1	14.8	2.5	1.1	2.9	4.5	0.0	0.9	5.4	1.3	2.3	∞
	10-30	0.19	36.2	15.9	16.8	19.0	2.5	0.3	2.2	9.8	0.8	0.5	2.8	1.1	8.3	3.1	2.8
	5	Aquic Quartzipsammaents; thermic															
		0-15	0.05	14.8	26.4	26.2	14.8	0.9	1.2	2.4	5.8	0.0	2.7	4.5	1.2	0.8	∞
	15-35	0.10	22.2	16.9	27.6	18.7	1.3	1.0	1.0	6.7	0.6	2.2	1.0	1.9	1.3	2.2	0.8
	4	Typic Psammaquents; siliceous, thermic															
		0-15	0.12	14.4	11.1	18.7	8.3	3.5	0.2	1.7	5.9	0.2	3.2	3.7	2.0	17.5	17.5
	15-45	0.03	19.7	26.7	23.6	12.7	0.4	1.7	1.3	5.0	0.0	0.4	3.0	5.5	0.2	∞	0.2
	8	Typic Ustifluvents; loamy over sandy, mixed, thermic															
		0-5	0.23	26.5	15.9	27.0	13.4	1.3	0.3	0.8	6.2	0.5	3.9	3.1	1.3	4.3	2.6
	5-50	0.33	17.1	21.3	28.9	11.3	2.9	1.3	1.1	7.9	0.5	3.7	2.6	1.3	2.2	5.8	1.6
2	Aquollic Salorthids; sandy, mixed, thermic																
	0-5	0.09	23.1	16.8	27.9	13.8	2.7	1.2	3.0	6.6	0.6	0.9	2.1	1.2	2.3	4.5	1.5
5-20	0.05	18.4	25.7	26.8	9.8	3.9	0.5	3.9	6.4	0.4	0.9	1.8	1.6	7.8	9.8	4.3	
6	Aquollic Salorthids; clayey over sandy, mixed, thermic																
	0-15	0.06	22.6	17.3	32.7	15.4	1.3	0.4	2.8	2.1	0.4	1.7	1.9	1.3	3.3	3.3	1.6
15-55	0.08	41.4	20.0	22.3	7.6	1.6	0.4	1.8	1.1	0.5	1.3	1.1	0.4	4.0	3.2	1.8	
Fluvio-Marine flats	7	Typic Ustifluvents; loamy over sandy, mixed, thermic															
		0-15	0.03	15.0	40.2	22.2	8.9	0.0	1.2	1.5	7.1	0.0	0.9	1.2	1.8	0.0	0.0
15-35	0.05	13.2	32.4	30.9	12.2	0.2	0.5	1.0	6.1	0.2	0.5	1.7	1.0	0.4	1.0	0.3	
Nile Alluvium	1	Vetric Ustifluvents; clayey, montmorillonitic, thermic															
		0-10	0.03	19.4	30.1	26.9	19.1	0.0	0.3	1.2	0.6	0.0	0.3	0.6	1.5	0.0	0.0
10-35	0.04	21.1	28.2	22.2	18.8	0.7	0.0	1.3	4.7	0.3	1.0	1.0	0.7	∞	2.3	2.3	

Concerning the most abundant minerals, the percentages of opaques, amphiboles, and pyroxenes are found in an almost similar range which recorded 13 - 41%, 16.8 - 32.7%, and 19 - 36% respectively. Epidotes are found in a relatively narrow range and are less abundant (7.6 - 19.1%). The different quantities of each group were observed mainly among the surface and the subsoil layers, without any specific trend, rather than among the soil taxonomic units. The data reveal slight variations between the investigated soil units. Opaque minerals are the highest frequencies in the Aquollic Salorthids (the clayey over sandy family), while the Typic Ustifluvents contain the lowest. Moreover, the Typic and the Vetric Ustifluvents contain the highest percentages of the pyroboles (amphiboles + pyroxenes) with amphiboles predominate pyroxenes, while the other units have less amounts with pyroxenes exceeding amphiboles. Pyroboles are considered less stable and easily weathered minerals which are mainly formed from ferromagnesium inosilicates (Nelson, 1967).

On the other hand, quantities of the resistant mineral (zircon, tourmaline and rutile) are used as indices due to their high stability to weathering (Marshall, 1940). Geologically, zircon, tourmaline and rutile are related to nesosilicates, cyclosilicates, and nonsilicates, respectively (Nelson, 1967). Percentages of these minerals and their ratios are shown in Table (2). Data indicate that all the studied units exhibit an immaturity condition due to the low content of such minerals (maximum of 3.9%). The ratios of the index minerals chosen (Z/T , Z/R , $Z/T+R$) are quite different from the surface and the subsoil layers, indicating a multi-depositional region during the course of their sedimentation. There are also some variations among the investigated soil units as they differ in their relative age. The soils of the sandy coastal plain have the highest frequencies of this group and zircon seems to be the most abundant one. The almost similar trend was observed for the amounts of the aluminum-nesosilicates that are mainly represented by the staurolite mineral. Its amounts indicate that metamorphic rocks are one of the sources from which the soils are derived with different magnitudes.

Based on the aforementioned discussion, one may state that all the studied soil taxonomic units originated from the Nile sediments, which are mostly derived from igneous and metamorphic rocks of the Abyssinian Plateau. The systematic analyses of the results indicate that the distribution pattern of the heavy minerals shows that all soil taxa possess mineral species almost similar to those of the Nile sediments, which is in agreement with many studies (El-Demerdash et al., 1979 and Gobran et al., 1991). The dominance of pyroxenes, amphiboles, and epidotes (less stable minerals), in addition to the smallness of the resistant minerals (zircon, tourmaline, and rutile) in all units can be taken as of an indication of the immature conditions of recent sediments that dominated the studied area. The narrow limits in heavy minerals frequency could also be ascribed to geogenesis or heterogeneity of the parent materials, rather than the pedogenetic factors. They are non-uniform in nature, and this condition is in agreement with the results obtained from the grain size analyses. Finally, the stratified conditions noticed within and among soil units could be attributed to variable environments during their transportation and deposition, as well as to the relative age of the sediments.

REFERENCES

- Brewer, R. (1964). "Fabric and Mineral Analysis of Soils". John Wiley & Sons Inc., New York, London, Sydney.
- El-Demerdash, S., Elwas, A.A. and Abdou, F.M. (1979). "Mineralogy of the Sand Fraction of the Soils North of the Wadi El-Natron of A.R.E.". Desert Inst. 29 : 147.
- Gobran, O.A., Abu-Agwa, F.E. and Zein, F.I. (1991). "Total Chemical Composition and Heavy Minerals in Nile Delta Soils as Affected by Sedimentation Pattern and Environmental Condition". Egypt. Soil Sci. 31 (3) : 301.
- Jackson, M.L. (1995). "Clay Transformation in Soil Genesis during the Quaternary". Soil Sci., 99 : 15.
- Marshall, C.E. (1940). "A Petrographic Method for the Study of Soil Formation Processes". Soil Sci. Soc. Am. Proc. 5 : 100.
- Milner, H.B. (1962). "Sedimentary Petrography". (Vol. I and II), George Allen and Unwin Ltd., Museum Street, London.
- Nelson, A.N. (1967). "Concise Encyclopedic Dictionary of Applied Geology". El-Sevier Publ. Comp.

Mikromorphologische Verteilung und Umsetzung von Fe-(Oxid-)haltigen Bodenzusätzen zur Bindung mobiler Schwermetalle

von

MÜLLER, I.; FELIX-HENNINGSSEN, P.; PLUQUET, E.

1. Einleitung und Problemstellung

Fe-Oxide adsorbieren Schwermetalle aus Lösungen, und können diese in einem langsam verlaufenden Schritt sehr fest binden, z.B. durch Okklusion oder Diffusion in das Kristallgitter (GERTH & BRÜMMER, 1983). Durch Untersuchungen mit der Mikrostrahlsonde hat sich eine starke Anreicherung von Schwermetallen an Fe-Oxide im Boden ebenfalls belegen lassen (HILLER & BRÜMMER, 1995). Erste Erfahrungen über die Wirkung von Fe-Oxidgaben in kontaminierten Böden (FÖRSTER et al., 1983; MENCH et al. 1994) zeigen, daß ein Einbringen von Fe-Oxiden in belastete Böden zur Verringerung der Mobilität von Schwermetallen beitragen kann.

In einem Gefäßversuch wurde seit 1994 die Festlegung von Schwermetallen in kontaminierten Böden durch Zugabe verschiedener Fe-(Oxid-)haltiger Materialien untersucht. Aufgrund der praktischen Ausrichtung dieses Sanierungsversuchs wurden insbesondere Fe-haltige Reststoffe in die Untersuchungen einbezogen. Neben den Untersuchungen auf mobile Gehalte im Boden und der Schwermetallaufnahme verschiedener Testpflanzen wurden mikromorphologische Untersuchungen vorgenommen, um Gründe für die unterschiedlich starke Immobilisierung zu finden und um die eingesetzten Materialien genauer kennzeichnen zu können.

2. Material und Methoden

In einen mit Cd, Zn und Pb belasteten Boden der Okeraue (und zwei weiteren Böden) wurden Rotschlamm (RS) aus der Aluminiumproduktion, Wasserwerksschlamm (WW) aus der Trinkwasseraufbereitung, Strahlmittelabfall (SAE) aus der Entzunderung von Stahlblechen und Eisenkugelschrot (EKS) als gebrochener Gußstahl (steel shot) in einer Aufwandmenge von 1 % rein Fe bezogen auf den trockenen Boden eingebracht.

Es wurden nach 18 Monaten Stechzylinderproben entnommen und Dünnschliffe angefertigt. Bei der Auswertung der Dünnschliffe lag der Schwerpunkt entsprechend auf Kriterien bzgl. der Verteilung, des Aussehens und der Umsetzung (Oxidationsmerkmale) der Bodenzusätze. Daneben wurden im Labor Fe_o - und Fe_d -Bestimmungen und röntgendiffraktometrische Untersuchungen, sowie Untersuchungen der spezifischen Oberfläche (BET- N_2) durchgeführt.

3. Ergebnisse

Die immobilisierende Wirkung der Materialien gegenüber Schwermetallen war im Gefäßversuch, gemessen am NH_4NO_3 -Extrakt und an den Pflanzengehalten z.B. von Cd verschieden stark ausgeprägt (Tab. 1). Die Ursachen für die unterschiedliche Immobilisierung liegen zum einen in der

¹ NLFb-Bodentechnologisches Institut Bremen, Friedrich-Mißler-Str. 46/50, 28211 Bremen

² Justus-Liebig-Universität, Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, Wiesenstr. 3-5, 35390 Gießen

unterschiedlichen Adsorptionsfähigkeit der eingesetzten Materialien. Laborversuche zur Cd-Adsorption (n. SCHLICHTING et al., 1995) zeigten ein ausgesprochen starkes Adsorptionsvermögen von RS und WW, ein weniger starkes von EKS und ein nur schwaches bei SAE. Wurden die Adsorptionszeiten hingegen auf 3 Wochen verlängert, zeigte EKS nach seiner oxidativen Umsetzung das größte Adsorptionsvermögen für Cd.

Tab.1: Cd-Gehalte im NH_4NO_3 -Extrakt und in Versuchspflanzen von einem belasteten Auenboden aus dem Harzvorland (Schladen/Oker) nach Zusatz von Fe-Materialien [$\mu\text{g g}^{-1}$ TS]

	Kontrolle	RS	WW	SAE	EKS
NH_4NO_3 -Cd	0,057	0,031*	0,019**	0,052*	0,049*
Spinat-Cd	4,23	1,92*	2,32*	4,4	3,55*
Gras-Cd	1,28	0,49*	0,56*	0,93*	0,90*

* signifikanter Unterschied zur Kontrolle (ANOVA m. anschl. LSD-Test, $p < 0,05$)

Auch die Verteilung und Umsetzung der Materialien im Boden spielt bei der Festlegung der Schwermetalle eine Rolle. Bei der Untersuchung anhand der Dünnschliffe zeigt sich, daß die Verteilung von RS und WW im Schliffbild sehr ähnlich ist, da ihre Korngrößenverteilung bei der Zugabe vergleichbar war. Neben wenigen großen Partikeln > 1 mm füllen mittlere $> 0,1$ mm und kleine $< 0,1$ mm sowie Feinstmaterial Wurzelgänge, Risse und Spalten nahezu vollständig aus. Kleinere Bodenaggregate sind vollständig von Feinstmaterial umhüllt. RS-Partikel weisen kantige Konturen mit scharfen Übergängen zur Matrix auf, sind aber z.T. selbst von Feinstmaterial umgeben. WW zeigt hingegen rundere Formen mit weichen diffusen Säumen als Anzeichen für Umsetzungsprozesse im Boden. Im Unterschied zu RS sind auch einzelne Quarzkörner durch diffuses WW-Material umschlossen.

SAE wurde als feines Pulver mit einer Körnung von $50\% < 63\mu\text{m}$, je 15% $63-100\mu\text{m}$ bzw. $100-200\mu\text{m}$ eingemischt. EKS ist deutlich grober und liegt zu 90% in $200-630\mu\text{m}$ Größe vor. SAE-Partikel erscheinen im Auflicht scharfkantig und schwarz, teilweise erzähnlich glitzernd. Nicht alle SAE-Partikel zeigen sichtbare Oxidationsmerkmale. Nur SAE-Partikel, die größere Anteile an metallischem Fe enthalten sind von stark ausgeprägten hellbraunen massiven Säumen umgeben, die deutlich in die Matrix hineinreichen. Das metallisch-kantige EKS zeigt hingegen an allen Partikeln Oxidationsmerkmale, die sich stark von denen des SAE unterscheiden. Der noch vorhandene metallisch-glänzende Kern ist von sehr großen, schwammartigen, durchscheinenden Säumen umgeben, die sehr weit in die Matrix reichen. Die von dem Material ausgehenden Fe-Oxide lagern sich an Bodenaggregate an bzw. hüllen Quarzkörner vollständig ein.

4. Charakterisierung der Fe-(Oxid-)haltigen Materialien

Die dem Boden mit WW zugegebene Menge an Fe findet sich vollständig im Fe_0 -Extrakt wieder (Tab. 2) und deutet somit auf die Zugabe wenig kristalliner Fe-Oxide hin. Im Diffraktogramm ergab die WW-Probe keine auswertbaren Peaks (Abb. 1). Ein Vergleich mit anderen Diffraktogrammen und Oberflächenuntersuchungen (CORNELL & SCHWERTMANN, 1996) deutet auf einen Ferrihydrit aus aggregierten Einzelpartikeln hin. Der Anstieg der Oberfläche des Versuchsbodens nach Zugabe von WW läßt sich auf die große Oberfläche des darin enthaltenen Ferrihydrits ($227\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$) zurückführen (Tab. 3).

Tab. 2: Fe_o- und Fe_d-Gehalte im Auenboden nach Zusatz der Fe-Materialien [%]

	ohne Zusatz	RS	WW	SAE	EKS
Fe _o	0,95	0,89	2,03	1,75	1,38
Fe _d	2,01	2,93	3,26	2,82	2,63

Die durch RS dem Boden zugegebene Fe-Menge ließ sich nicht durch Oxalat, aber durch Dithionit extrahieren (Tab. 2). Der leichte Rückgang an Fe_o läßt sich durch Wechselwirkungen (Maskierung) von pedogenen Fe-Oxiden mit den zugegebenen, kristallinen Fe-Oxiden erklären. Der Hauptbestandteil von RS (Abb.1)-ist offensichtlich Hämatit-(α -Fe₂O₃), dazu etwas Quarz, Boehmit (γ -AlOOH) und Gibbsit (γ -Al(OH)₃). Eine weitere, nicht genau zu identifizierende Phase ist wahrscheinlich ein „Na-Al-Hydrosilikat“ (LOTZE & WARGALLA, 1986). Die Oberfläche von RS wurde mit 9,05 m²g⁻¹ ermittelt. Die dennoch erfolgte Erhöhung der Oberfläche des Bodens nach dem Einbringen von RS von 9,35 auf 11,6 m²g⁻¹ deutet daher auf Umsetzungsprozesse und Wechselwirkung mit anderen Oxiden im Boden hin.

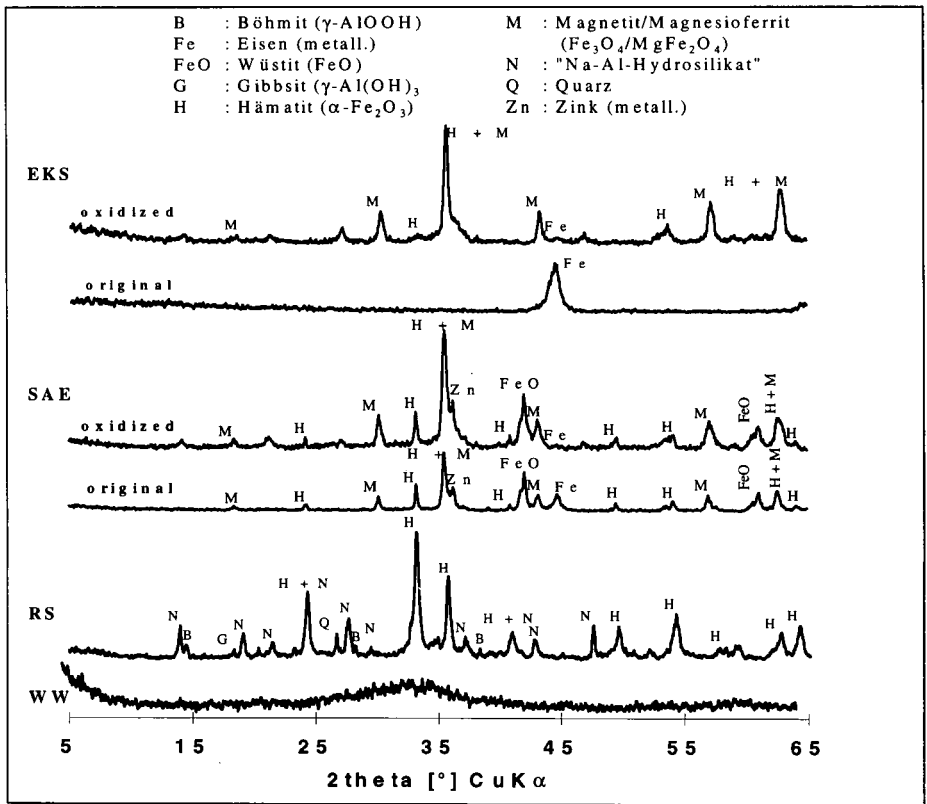


Abb. 1: Röntgendiffraktogramme der Fe-(Oxid)-haltigen Materialien

EKS zeigt im Diffraktogramm nur den Peak für metallisches Eisen und eine Oberfläche von 0,014 m²g⁻¹. Nach einer 4 wöchigen Oxidation im Labor an feuchter Atmosphäre bildeten sich in erster Linie Hämatit und Magnetit (Fe₃O₄), die Oberfläche stieg dabei auf 16,8 m²g⁻¹. Ob eine Oxidation im Boden zu gleichen Produkten führt ist eher fraglich. Der starke Anstieg der

Oberfläche nach der Zugabe von EKS zum Boden deutet jedenfalls auf andere Umsetzungsprodukte mit wesentlich höheren Oberflächen hin (Tab. 3). In den Dünnschliffen waren nicht oxidierte metallische Kerne der Partikel zu erkennen, was sich in der unvollständigen Wiederfindung der zugegebenen Fe-Menge im Fe₀ bzw. Fe_d-Extrakt widerspiegelt. Dabei hat sich etwa 40 % des zugegebenen Fe in weniger kristalline Fe-Oxide, in erster Linie Ferrihydrit umgewandelt (Tab. 2).

Tab. 3: Oberfläche (BET-N₂) der Fe-Materialien und des damit behandelten Bodens [m²·g⁻¹]

	ohne Zusatz	RS	WW	SAE (ox*)	EKS (ox*)
Fe-Materialien	-	9,05	227	1,00 (16,9)	0,014 (16,8)
Boden Okeraue	9,35	11,6	15,6	11,3	16,4

* nach 4 Wochen Oxidation im Labor an feuchter Atmosphäre

SAE enthält ebenfalls Anteile an metallischem Fe, aber auch größere Mengen an Goethit, Magnetit und/oder Magnesioferrit sowie Wüstit (FeO). Nach der Oxidation im Labor verschwindet der Fe-Peak nahezu vollständig, als Produkte entstehen ebenfalls Hämatit und Magnetit (Abb. 1). Die Oberfläche steigt nach der Oxidation von 1 m²·g⁻¹ auf 16,9 m²·g⁻¹ an. Im Boden eingemischt, findet zwar eine Erhöhung der Oberfläche statt, aber deutlich schwächer als bei Zugabe von EKS (Tab. 3). Die durch SAE zugegebene Menge an Fe findet sich zu 80 % bereits im Fe₀-Extrakt wieder, die Extraktion mit Dithionit erbrachte keine höhere Ausbeute und deutet auf die Bildung von Ferrihydrit im Boden hin.

5. Schlußbetrachtung

Die besonders effektive Festlegung von Schwermetallen durch WW und RS läßt sich zum einen durch das große Adsorptionsvermögen, aber auch durch die Verteilung und Umsetzung der Materialien im Boden erklären: RS und WW füllen Hauptwurzelbereiche und umhüllen Aggregate und erschweren so eine Schwermetalldiffusion in die Bodenlösung. Die im Vergleich zum SAE bessere Schwermetalladsorption durch das grobkörnigere EKS läßt sich auf Unterschiede bei der Oxidation zurückführen. Durch die schwammartigen Säume vervielfacht sich die spezifische Oberfläche von EKS und stellt somit ein größeres Adsorptionspotential zu Verfügung. Die stärkere immobilisierende Wirkung von EKS konnte allerdings nur in einem sauren Marschboden auch im NH₄NO₃-Extrakt und in den Pflanzengehalten beobachtet werden, während WW und RS auch in neutralen Böden die vorhandenen Schwermetalle festlegen konnten.

Das zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des BMBF (Kennz.: 0339601) gefördert.

Literatur

- Cornell, R.M.; Schwertmann, U. (1996): The iron oxides; VCH-Verlag, Weinheim.
- Förster, C.; Kuntze, H.; Pluquet, E. (1983): Influence of iron in soils on the Cd-uptake of plants. Proc. 3rd. Int. Sympos. on sewage sludge; Brighton, Reidel Publ. Comp. 426-430.
- Gerth, J.; Brümmer, G. (1983): Adsorption und Festlegung von Nickel, Zink und Cadmium durch Goethit; Fresenius Z. Anal. Chem. 316, 616-620.
- Hiller, D.; Brümmer, G. (1995): Mikrosondenuntersuchungen an unterschiedlich stark mit Schwermetallen belasteten Böden. 1. Methodische Grundlagen und Elementaranalysen an pedogenen Oxiden; Z. Pflernähr. Bodenk. 158, 147-156.
- Lotze, W.; Wargalla, G. (1986): Rotschlamm-ein Baustoff zur Deponieabdichtung, Erzmetall 39, 7/8, 394-398
- Mench, M.; Didier, V.; Löffler, M.; Gomez, A.; Masson, P. (1994): A mimicked In-Situ remediation study of metal-contaminated soils with emphasis on cadmium and lead; J. Environ. Qual. 23, 58-63.

Smektitumbildung bei unterschiedlichen Dränbedingungen im semiariden Klima (Niger, Westafrika)

von

PAPENFUSS, K.H.; HERRMANN, L.; BLEICH, K.E.; STAHR, K.

Fragestellung

Im subsaharischen Niger wird die Tonmineralzusammensetzung der Böden durch ständigen Eintrag von saharischen Stäuben beeinflusst (Herrmann 1996). Ein wesentlicher Bestandteil der Stäube ist Smektit (Abb 1). Dieser läßt sich aber in den Oberböden der Region kaum nachweisen. Die Fragestellung dieser Arbeit war, wie sich die durch Staub eingetragenen Smektite in Böden mit unterschiedlichen Dränbedingungen verändern.

Material und Methoden

Die Landschaft im SW-Niger ist geprägt durch aus tertiären Sedimenten aufgebaute Schichtstufen, deren heutige Oberfläche Lateritpanzer bilden. Die die Schichtstufen zerschneidenden Täler wurden im Pleistozän angelegt. Die Talfüllungen sind einst äolisch antransportierte, aber später fluvial/kolluvial umgelagerte Sande quartären Alters.

Die Böden der Talfüllungen sind sandig (Luvic Arenosol), tiefgründig und gut gedränt. Am Standort Sadore (13°14'N, 2°17'O) beträgt die Sickerung durchschnittlich 190 mm a⁻¹, bei 560 mm Jahresniederschlag und einer potentiellen Evapotranspiration von 2500 mm a⁻¹ (Bley 1990). Der Staubeinfluß ist durch die höheren Schluffgehalte in den oberen Zentimetern durch die Profildaten zu belegen (Tab.1).

Die Böden der Plateaus (Tara 11°55'N, 3°19'O) sind flachgründig und lehmig (Dystric Regosol). Böden finden sich durch Zusammenschwemmung hauptsächlich in den Mikrodepressionen. Dem verhärteten IIBms-(Laterit) liegt ein Ah-Horizont auf, dessen Sandfraktion hauptsächlich aus aufgearbeitetem IIBms-Material, die Schluff-/Tonfraktion aber aus eingetragenen Stäuben besteht (Bleich & Herrmann 1996). Das IIBms-Material besteht hauptsächlich aus Fe/Al-Oxiden/Hydroxiden und eingebackenen Quarzkörnern (Tab.1).

Das Klima im SW-Niger ist semiarid, mit einer ausgeprägten Regenzeit von Juni bis September. Die Hauptniederschläge fallen im August, die Niederschläge mit der höchsten Intensität (>100 mm h⁻¹) treten aber mit konvektiven Stürmen zu Beginn der Regenzeit im Juni und Juli auf.

Während die Arenosols (außer bei Verkrustung) eine gute Dränung gewährleisten, verhindern die Lateritpanzer auf den Plateaus weitgehend eine Versickerung des Regenwassers in den Untergrund. Während ein Teil der Niederschläge oberflächlich abfließt, bleiben die Mikrodepressionen für längere Zeit überstaut.

Um die Verwitterung der durch Stäube eingetragenen Smektite bei unterschiedlichen Dränbedingungen zu untersuchen, wurden die Böden der oben genannten Standorte beprobt und hinsichtlich ihrer Tonmineralzusammensetzung untersucht.

Die Ton-/Feintonfraktion der Bodenhorizonte wurde nach Schütteln über Nacht unter Ammoniumzugabe und sanfter Ultraschallbehandlung durch Zentrifugation gewonnen. Zur Röntgenbeugungsanalyse (Cu K α) wurden die Fraktionen mit K, Mg bzw. Glycerin belegt und auf verschiedene Temperaturen erhitzt. Es wurden sowohl Textur- als auch Pulverpräparate gemessen. Um Fe/Al-Oxide/Hydroxide zu entfernen und eine eventuelle Fe-Chloritisierung nachzuweisen, wurde ein Teil der Proben zusätzlich mit Na-Dithionitcitrat nach Mehra und Jackson (1960) behandelt.

Tabelle 1: Profildaten eine Luvic Arenosol (AR) und eines Dystric Regosol (RG) in SW-Niger

AR	Tiefe cm	S %	U %	T %	pH H ₂ O	KAK meq/kg	BS %	K %	C %
Ah2	0,2-1	82,8	12,4	4,8	6,1	35	51	0,21	0,67
Ah3	1-3	83,4	11,7	4,9	6,0	30	48	0,20	0,50
Btw2	29-37	84,2	6,4	9,4	5,0	23	3	0,12	0,13
Btw3	37-60	83,8	7,6	8,6	5,1	20	6	0,11	0,11
RG									
Ah	0-8	66,8	20,3	12,9	5,8	64	n.b.	0,30	1,20
IIBms	>8						Al%	Fe%	Si%
							12,3	31,9	11,7

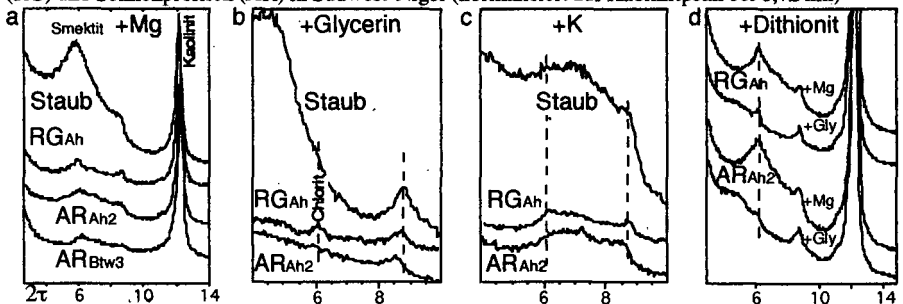
Ergebnisse der mineralogischen Untersuchungen

Die Tonfraktion des Harmattan-Staubes setzt sich aus Kaolinit, Smektit und wenig z.T. aufgeweiteter Illit zusammen (Abb. 1a-c). Sowohl in den Plateau- als auch in den Senkenprofilen sind die Reflexe im 1,0-1,4 nm-Bereich deutlich schwächer ausgeprägt. Wie die Unterbodenprobe aus dem Arenosol zeigt, ist selektive Tonverlagerung des Smektit als Ursache auszuschließen. Auch selektive Abreicherung durch Wind- oder Wassererosion ist auszuschließen. Folglich muß von Verwitterungsprozessen ausgegangen werden.

Der Peak bei 1,4 nm im Regosol sowohl bei K- als auch Glycerinbelegung ist ein Hinweis auf einen Chloritanteil. Nach Dithionitbehandlung ist dieser Peak in schwächerer Ausprägung auch im Arenosol zu detektieren, während dies beim Staub nicht der Fall war. Dies ist ein Indiz, daß ein Teil der durch den Staub angelieferten Smektitte in den sahelischen Böden während der Verwitterung als Zwischenstufe eine Chloritisierung erfährt.

Insbesondere in den Plateauböden wäre eine Fe-Chloritisierung vorstellbar. Der IIBms und die Sandfraktion des Ah sind Fe-reich (Tab. 1). Eine Fe-Lösung in größerem Umfang durch Reduktion kann während der Regenzeit bei stagnierendem Wasser in den Mikrodepressionen und ausreichender organischer Substanz und mikrobieller Aktivität bei hohen Temperaturen erfolgen. Eine Einlagerung von hydratisiertem Fe während des langsamen Abtrocknens in die aufgeweiteten Smektitte ist vorstellbar.

Abbildung 1: Röntgendiffraktogramme der Tonfraktion (Textur) von Harmattan-Staub, Plateau-(RG) und Senkenprofilen (AR) in Südwest-Niger (normalisiert auf Kaolinitpeak bei 0,72 nm)



Um diese These zu überprüfen wurden die Tonfraktionen mit Na-Dithionitcitrat behandelt. Diese Behandlung soll Fe-haltige Silikate stärker beeinflussen als Al-Chlorit (Rhigi et al. 1993). Inwieweit sie Fe aus den Zwischenschichten von Fe-Chloriten löst, ist - auch in der Literatur - nicht bekannt.

Eine aussagefähige Veränderung der Chlorit-Peaks nach der Behandlung konnte insbesondere bei der Plateau-Probe nicht beobachtet werden (Abb 1d). Da offensichtlich in den Böden ein großer Teil der eingetragenen Smektit bereits zersetzt ist, stellt sich die Frage, in welche Richtung die Verwitterung fortschreitet. Zum einen ist ein vollständiger Abbau durch Desilifizierung unter residualer Akkumulation von Al-Hydroxiden vorstellbar. Zum zweiten erscheint eine Verwitterung zu Kaolinit möglich (Morgan et al. 1979).

Abbildung 2: Röntgendiffraktogramme (Pulver) der Tonfraktion eines Plateau- (RG) und eines Senkenprofile (AR) in Südwest-Niger

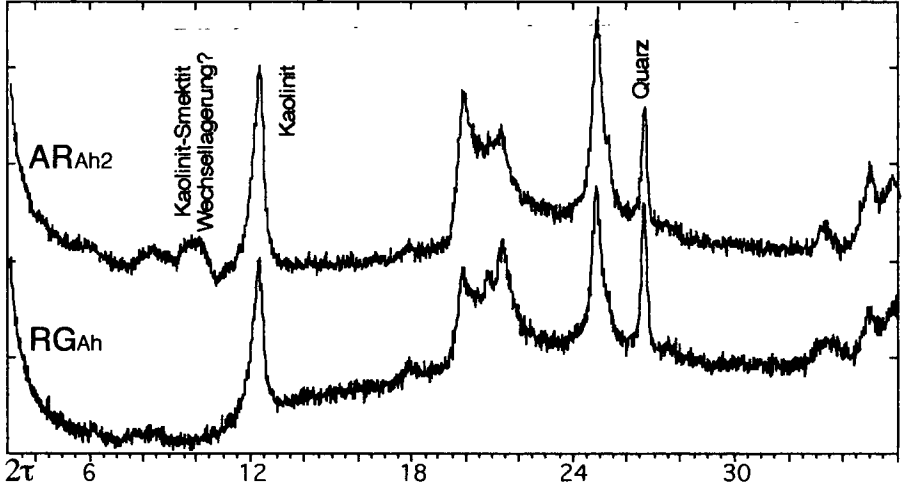
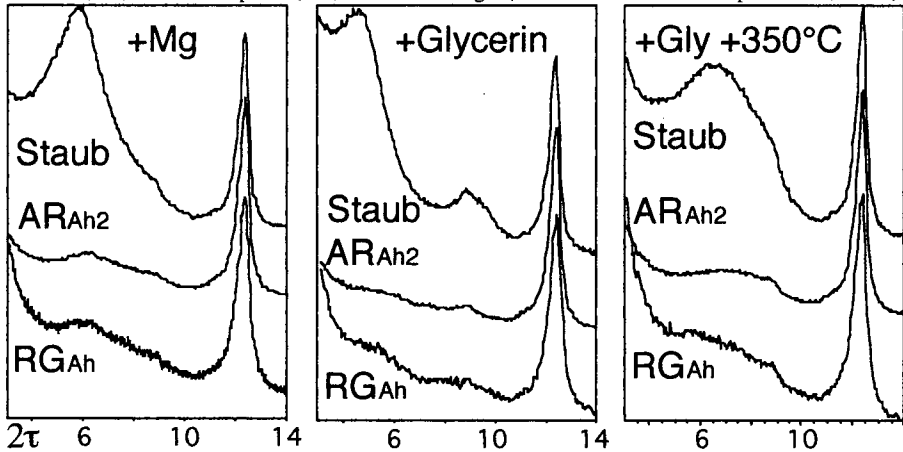


Abbildung 3: Röntgendiffraktogramme der Feintonfraktion (<0,2 μm) von Harmattan-Staub, Plateau- (RG) und Senkenprofil (AR) in Südwest-Niger (normalisiert auf Kaolinitpeak bei 0,72 nm)



Ein im Pulverdiffraktogramm (Abb. 2) der Arenosolprobe auftretender Peak bei 0,8-0,9 nm könnte ein Hinweis auf eine Smektit/Kaolinit-Wechsellagerung und damit auf eine direkte Neubildung von Kaolinit aus Smektit sein. Schultz et al. (1971) bezeichnen einen Peak bei 0,8-0,84 nm einer auf

300°C erhitzten Probe als diagnostisch. Sie erklären den Peak als einen Reflex aus einer Wechsellagerung von Kaolinit bei 0,72 nm mit kollabiertem Smektit bei 0,96 nm. Tatsächlich bleibt der undeutliche Reflex in der Arenosolprobe bei 0,8-0,9 nm nach einer Behandlung bei 350°C bestehen. Es bleibt die Frage, warum er bei den Texturpräparaten der Tonfraktion nicht auftritt. Wenn eine Verwitterung von Smektit zu Kaolinit stattfindet, sollte dies in der Feintonfraktion durch aufgrund der Neubildung unschärfere Kaolinitpeaks festzustellen sein. Daher wurde die Feintonfraktion gewonnen und als Texturpräparat gemessen (Abb.3). Abgesehen von der erwarteten Verschiebung des Smektit/Kaolinit-Verhältnisses in der Staubprobe, ließen sich aber keine weiteren Erkenntnisse gewinnen. Der Kaolinitpeak ist in allen Proben symmetrisch und scharf, läßt also direkt keine Schlüsse auf eine rezente Kaolinitbildung zu. Auch Hinweise auf Smektit/Kaolinit-Wechsellagerungen fehlen.

Schlußfolgerungen

Die Untersuchungen belegen in den sahelischen Böden einen schnellen Um-/Abbau der durch Staub eingetragenen Smektit. Die mineralogischen Befunde lassen keinen Schluß auf eine direkte Kaolinitentstehung aus Smektit, wie sie von Morgan et al. (1971) als möglich erachtet wird, zu. Vielmehr scheint ein Teil der Smektit während der Verwitterung ein Chlorit-Stadium zu durchlaufen. Eine Spezifizierung der Chlorite konnte bisher nicht durchgeführt werden. Hinweise auf die Entstehung von Fe-Chloriten gibt es nicht. Der überwiegende Anteil der Smektit scheint innerhalb weniger Jahre durch Desilifizierung unter Residualakkumulation von Aluminiumhydroxiden abgebaut zu werden.

Danksagung

Diese Untersuchung erfolgte im Rahmen des von der DFG geförderten SFB 308. Die Autoren danken für die Unterstützung.

Literatur:

- Bleich, K.E. & L. Herrmann, 1996: Stufenbildung und Bodenentwicklung in einer typischen Kleinlandschaft bei Tara, SW-Niger. *Z. Geomorph. N.F. Suppl.* Bd. **103**: 103-122.
- Bley, J., 1990: Experimentelle und modellanalytische Untersuchungen zum Wasser- und Nährstoffhaushalt von Perlhirse im Südwest-Niger. Dissertation. Universität Hohenheim. 132 S.
- Herrmann, L., 1996: Staubdeposition auf Böden West-Afrikas. *Hohenheimer Bodenkundliche Hefte* **36**. 239S.
- Mehra, O.P. & M.L. Jackson, 1960: Iron removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate buffer. *Clays and Clay Minerals* **7**: 317-327.
- Morgan, D.J., D.E. Highley & D.J. Bland, 1979: A montmorillonite, kaolinite association in the lower cretaceous of south-east England. *Developments in Sedimentology* **27**: 301-310.
- Rhigi, D., S. Petit & A. Bouchet, 1993: Characterization of hydroxy-interlayered vermiculite and illite/smectite interstratified minerals from the weathering of chlorite in a cryorthod. *Clays and Clay Minerals* **41**: 484-495.
- Schultz, L.G., A.O. Shepard, P.D. Blackmon & H.C. Starkey, 1971: Mixed-layer kaolinite-montmorillonite from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Clays and Clay Minerals* **19**: 137-150.

Lösungskinetik und Extrahierbarkeit von Aluminiumhydroxosulfaten

von

PRIETZEL, J.

1. Einleitung

Die Ausfällung von Aluminiumhydroxosulfat-Mineralen (z.B. Alunit, Basaluminit, Jurbanit) in sauren Waldböden mit hoher atmogener S-Belastung wird neben der SO_4^{2-} -Adsorption an Sesquioxiden und Tonmineralen (i) als wichtiger Mechanismus der Retention von Depositions-S sowie (ii) als Steuerfaktor der Aktivität bzw. Konzentration ökotoxischer Al^{3+} -Ionen in der Bodenlösung diskutiert (z.B. Nordstrom, 1982; Khanna et al., 1987). Für diese Hypothesen spricht die sich aus Sättigungsindices >0 (Übersättigung; Hypothese i) bzw. 0 (Löslichkeitsgleichgewicht; Hypothese ii) ergebende thermodynamische Stabilität der Minerale in Sickerwässern zahlreicher saurer Böden. Allerdings ist eine direkte Identifikation und v.a. die Quantifizierung derartiger Minerale in Böden mangels geeigneter analytischer Verfahren bislang nicht möglich. Zudem existieren Hinweise auf eine kinetische Hemmung der Bildung v.a. von Alunit (Adams & Rawajfeh, 1977). Dies hätte zur Folge, daß (i) eine Übersättigung der Bodenlösung nicht zwangsläufig die Bildung der betreffenden Al-Hydroxosulfate zur Folge hätte sowie (ii) die Regelungsfunktion dieser Minerale für die Al^{3+} - und SO_4^{2-} -Aktivität in der Lösungsphase fraglich ist.

2. Material und Methoden

In einem zweifaktoriellen Laborexperiment (Faktoren: Extraktionsmittel, Extraktionsdauer) wurde das Lösungsverhalten von vier im Labor nach Adams & Rawajfeh (1977) synthetisierten und mittels XRD und Elementaranalyse identifizierten Al-Hydroxosulfaten (Basaluminit, K-Alunit, zwei Mischpräzipitate aus Na-Alunit und Basaluminit) untersucht. Hierzu schüttelte ich definierte Mengen der genannten Al-Hydroxosulfate (entsprechend 500 μg S) über systematisch variierte Zeiträume (0,5 bis 900 h) mit verschiedenen Reagentien (u.a. H_2O dest.; 0,02 M HCl; Oxalsäure/ NH_4 -Oxalat (pH 3); 0,016 M KH_2PO_4 ; 0,5 M NaHCO_3 ; 0,1 M und 0,5 M NH_4F ; 0,02 M, 0,025 M und 0,05 M NaOH).

*Lehrstuhl für Bodenkunde und Standortslehre der Ludwig-Maximilians-Universität München
Am Hochanger 13, 85354 Freising.

3. Ergebnisse

(1) Mit H_2O dest. (pH 5,5) sowie mit 0,016 M KH_2PO_4 (pH 4,5) wurde innerhalb von 18 h nur ein geringer Anteil (5 bis 50%, meist unter 25%, Alunit-dominierte Proben: < 15%) der synthetisierten Minerale aufgelöst (Abb. 1). Mit 0.5 M NaHCO_3 ließen sich 60 bis 80% der von Basaluminit dominierten Präzipitate innerhalb von 18 h in Lösung bringen, hingegen nur 10 bis 15% der Alunit-dominierten Proben. Die Präsenz potentieller Al-Komplexoren (Oxalat, F^- , OH^-) förderte die Auflösung der Al-Hydroxosulfate zwar generell erheblich, allerdings führte nur die Behandlung mit 0,02 M bzw. 0,05 M NaOH zur vollständigen Auflösung aller Al-Hydroxosulfate innerhalb 18 h.

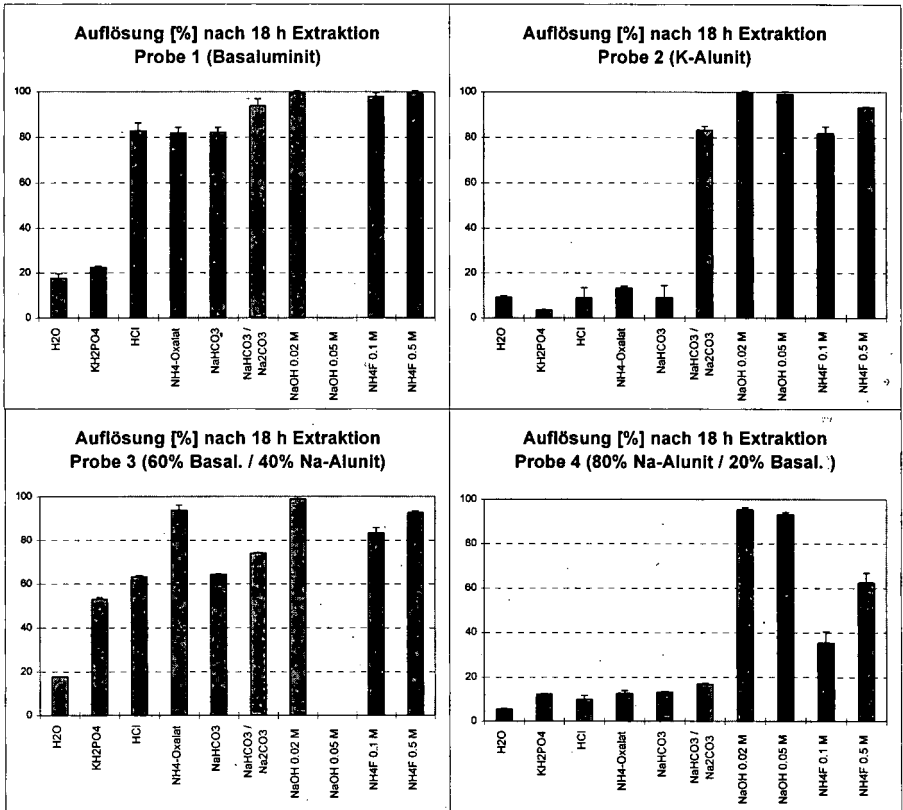


Abb. 1: Extrahierbarkeit der synthetisierten Al-Hydroxosulfate mit verschiedenen Reagentien.

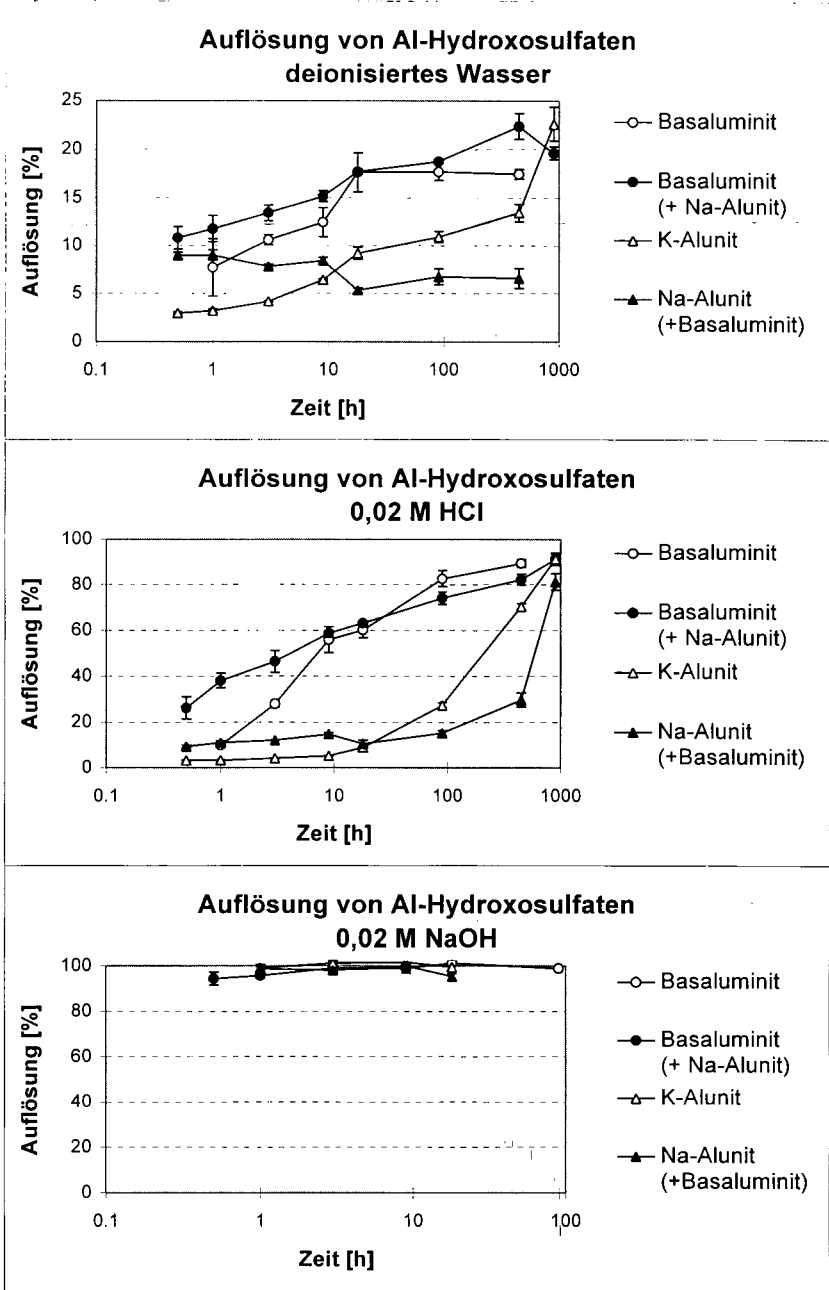


Abb. 2: Lösungskinetik der synthetisierten Al-Hydroxosulfate in H₂O, 0,02 M HCl und 0,02 M NaOH.

Existieren in einer Bodenprobe Al-Hydroxosulfate vom Typ der synthetisierten Minerale, ist davon auszugehen, daß bei einer oftmals durch Extraktion mit 0,016 M KH_2PO_4 oder 0,5 M NaHCO_3 durchgeführten Bestimmung des Gehalts an SO_4^{2-} zur Erfassung des anorganischen Schwefelpools saurer, aerober Böden letzterer unterschätzt wird. Die Folge ist eine entsprechende Überschätzung des rechnerisch aus der Differenz zwischen den analytisch bestimmten S-Fractionen HI-reduzierbarer S und anorganischer S ermittelten Gehalts bzw. Pools an Estersulfat-S.

(2) Das Auflösungsverhalten der studierten Minerale folgte meist der Stabilitätsreihe (zunehmende Stabilität): Basaluminite \ll K-Alunit $<$ Na-Alunit.

(3) Die Auflösung aller untersuchten Al-Hydroxosulfate in deionisiertem Wasser, v.a. diejenige der Alunit-dominierten Proben, ist stark kinetisch gehemmt. Trotz i.d.R. erheblicher Untersättigung der Lösungsphase waren selbst nach einer Reaktionsdauer von 450 bzw. 900 h, d.h. 19 bzw. 38 Tagen, nur zwischen 7 und 25% der Mineralmasse in Lösung gegangen (*Abb. 2a*). Auch bei Einwirkung von 0,02 M HCl (pH 1,7) lösten sich sämtliche Minerale nur allmählich auf (*Abb. 2b*). Die Einwirkung von 0,02 M NaOH führte hingegen zu einer schnellen und quantitativen Auflösung aller synthetisierten Aluminiumhydroxosulfate (*Abb. 2c*).

Die ausgeprägte kinetische Hemmung der Auflösung der untersuchten Al-Hydroxosulfate bei pH-Werten < 10 bis 11 macht eine Regelungsfunktion dieser Minerale für die Aktivitäten bzw. Konzentrationen an SO_4^{2-} und ökotoxischen Al^{3+} -Ionen in der Bodenlösung saurer, S-depositionsbelasteter Waldböden - außer bei extrem langer Verweilzeit des Bodensickerwassers - eher unwahrscheinlich. Die Frage, inwieweit die hier vorgestellten, an unter Laborbedingungen synthetisierten Mineralen erzielten Ergebnisse auf unter Freilandbedingungen in Böden gebildete Al-Hydroxosulfate übertragbar sind, bedarf jedoch noch weiterer Forschung.

4. Literatur

- Adams, F. & Rawajfih, Z. (1977): Basaluminite and alunite: A possible cause of sulfate retention by acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **41**, 686-692.
- Khanna, P.K.; Prenzel, J.; Meiwes, K.J.; Ulrich, B. & Matzner, E. (1987): Dynamics of sulfate retention by acid forest soils in an acidic deposition environment. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **51**, 446-452.
- Nordstrom, D.K. (1982): The effect of sulfate on aluminum concentrations in natural waters: some stability relations in the system $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$ at 298 K. *Geochim. Cosmochim. Acta* **46**, 681-692.

Eintrag und Eigenschaften von Stäuben in der argentinischen Pampa

von

RAMSPERGER, B.; STAHR, K.; PEINEMANN, N.

Einleitung

Eigenschaften und Einflüsse atmosphärischer Stäube auf Genese, Textur und Nährstoffhaushalt der Böden sind Inhalt zahlreicher Arbeiten. Kenntnisse über die Bedingungen in der Löß-bedeckten, argentinischen Pampa sind bisher allerdings kaum vorhanden. Aufgrund der günstigen Böden und dem für Ackerbau gerade noch ausreichend feuchten Klima ist die Pampa die wichtigste landwirtschaftliche Region des Landes. Limitierende Faktoren in der Landwirtschaft sind die variablen Niederschläge und Wasserdefizite v.a. im Sommer, niedrige Temperaturen im Winter und die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor. Ein zunehmender Ackeranteil der überwiegend extensiv betriebenen Acker-Weide-Wechselwirtschaft, der geringer werdende Luzerneanteil als Zwischenkultur und die Ausdehnung über die Trockenfelddaugrenze im Westen der Pampa hinweg führt zu verstärktem Abbau der organischen Substanz, Export von Pflanzennährstoffen und Erosion, die eine zunehmende Verarmung der Böden erwarten lassen.

Ziel der Arbeit ist die quantitative und qualitative Erfassung äolischer Depositionen, um zu klären, inwieweit der Staub auf Bodenentwicklung und Nährstoffanlieferung in der semiariden-subhumiden Pampa Einfluß nimmt und somit zur Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit beitragen kann. Kenntnisse über Eigenschaften und Einflüsse der Stäube sollen durch das Erfassen der chemischen, mineralogischen und physikalischen Eigenschaften erhöht werden.

Methodik

Zur Quantifizierung des Staubeintrages und seines Einflusses auf den Nährstoffzustand der Böden wurden Staubdeposimeter in 2 und 4 m Höhe an vier Standorten in drei unterschiedlichen Niederschlagszonen und in unterschiedlicher Entfernung zum Meer im südwestlichen Teil der Pampa eingerichtet und regelmäßig beprobt. Die Deposimeter bestehen aus je zwei offenen, mit einem PE-Netz abgedeckten, Kunststoffkisten und sind beschrieben in Herrmann (1996). Sie wurden in mehr oder weniger offenen, typischen Landschaften und entlang der für die Region typischen Klimaabfolge humid (Standort 1, Sierra de la Ventana, küstenfern), trocken-subhumid (Standorte 2, Bordenave, küstenfern und 3, Bahia Blanca, küstennah) und semiarid (Standort 4, M. Buratovich, küstennah) installiert. An den Standorten wurde die monatliche Depositionsrates und die Deposition in gelöster Form (Niederschlag) bestimmt sowie Profil- und Staubproben auf folgende Eigenschaften hin untersucht: Mineralogie, pH, el. Lf., KAK, Carbonatgehalt, Gesamt-C und -N, wasserlösliche Ionen, austauschbare Kationen, Gesamtelementgehalt und Körnung.

¹ Institut für Bodenkunde und Standortlehre, Universität Hohenheim, D-70593 Stuttgart

² Depto. de Agronomia, Universidad Nacional del Sur, 8000 Bahia Blanca, Argentinien

Ergebnisse - Depositionsraten

Die monatlichen Depositionsraten variieren deutlich zwischen den Monaten und Standorten, Unterschiede zwischen den Höhen waren dagegen nicht signifikant. Die durchschnittlichen Gesamteinträge mit den höchsten jährlichen Einträgen an Standort 3 und den geringsten an Standort 1 (Tab. 1) können aufgrund der unterschiedlichen klimatischen Verhältnisse als Hinweis auf eine klimatische Abhängigkeit gedeutet werden. Die Jahresverläufe der Staubdeposition zeigen im Frühsommer ein leichtes Maximum, wenn auch die Niederschläge ein Maximum erreichen. Eine Überprüfung der Abhängigkeit der Depositionsrate vom Niederschlag ergab mit $r^2 = 0,3$ jedoch keine statistisch eindeutige Beziehung. Eine Abhängigkeit vom Niederschlag müßte sich in maximalen Einträgen im regenreichsten Standort 1 und geringsten im semiariden Standort 4 ausdrücken, was im dreijährigen Durchschnitt nicht festzustellen war und somit auf andere Einflüsse hinweist.

An Standort 3 könnte der hohe Eintrag auf die Windverhältnisse zurückzuführen sein, da dort die höchsten monatlichen und jährlichen Windgeschwindigkeiten zu verzeichnen sind. Dies wäre ein Hinweis auf die Teilnahme einer starken lokalen Komponente. Gestützt wird diese Vermutung durch die geringsten jährlichen Einträge am windärmsten Standort 1.

Tab. 1: Einträge in $[kg\ ha^{-1}]$ und Meßzeitraum und durchschnittliche jährliche Gesamteinträge an den 4 Standorten der argentinischen Pampa in 4 Meter Höhe

Meßzeitraum / Standort	1	2	3	4
8/93 - 6/94	235	58*	583	288
7/94 - 6/95	304	326	532	327
7/95 - 6/96	538	812	1162	783
durch. Gesamteintrag $[kg\ ha^{-1}\ a^{-1}]$	369	496	781	479

*ab Feb. 1994

Körnung

Obwohl in Suspension transportierter Staub normalerweise der Schluff-Fraktion angehört und meist aus einer Korngröße unter $20\mu m$ zusammengesetzt ist (Pye, 1987), ist der Sandgehalt des untersuchten Staubes mit bis zu 25% an Standort 3 überraschend hoch (Tab.2). Die Unterschiede zwischen den Probenahmehöhen sind nicht signifikant, was die Ergebnisse von Nickling (1983) stützt, der oberhalb 2 m eine nahezu uniforme Korngröße feststellte. Die insbesondere an Standort 3 hohen Sandgehalte unterstreichen die Bedeutung des Windes an diesem Standort. Naheliegend ist die Vermutung, daß Eintragsmengen und Sandgehalte in Beziehung zueinander stehen, die jedoch statistisch nicht nachgewiesen werden konnte. Eine positive Korrelation zwischen dem Eintrag und der Feinschluff-Fraktion, die nach Drees et al. (1993) einen lokalen Input mehr oder weniger ausschließen würde, konnte ebensowenig nachgewiesen werden wie zwischen der Eintragsmenge und den übrigen Kornfraktionen. Dies gibt Hinweis darauf, daß es sich bei dem Material um eine Mischung aus lokalem und in Suspension transportiertem Staub handelt.

Gesamtmineralzusammensetzung

Das Mineralspektrum wird dominiert von Plagioklasen (i.d.R. Anorthid) und Quarz, daneben kommen Magnetit, Glimmer/Illit und Calcit vor und ist räumlich und zeitlich relativ homogen. Vulkanisches Glas konnte an fast allen Proben festgestellt werden. Die Tonminerale bestehen zu 54-73% aus Smectit, 15-30% Illit, 4-6% Kaolinit und wechselnden Anteilen an 1,4-1,8 nm-

Wechsellagerungsmineralen. Die Dominanz verwitterbarer Minerale (hohe Feldspatgehalte und das starke Auftreten vulk. Gläser) und die geringen Kaolinitanteile weisen darauf hin, daß es sich um relativ frisches Material handelt.

Nährstoffgehalte im Staub und im Niederschlag

Die Gesamtelementgehalte (trockene Dep.) des Staubes schwanken nur wenig zwischen den 4 Standorten und zeigen überdies ähnliche Werte wie die Oberböden (nicht dargestellt). Die durchschnittlichen Gehalte an wasserlöslichen Salzen im Staub (trockene Dep.) nehmen hingegen aufgrund von marinen Einträgen an den meernahen Standorten (3 und 4) deutlich zu (Tab. 2). Die Niederschlagsproben (Deposition in gelöster Form) zeigen jedoch nur an Standort 3, dem meernächsten Standort, deutlich höhere Werte.

Einfluß des Staubes auf den Boden

Tab 2: Chemische und physikalische Eigenschaften von Staub- und Oberböden an 4 Standorten in der südwestlichen Pampa Argentinien

	KAK [cmolc/kg]	Textur			Bray-P [mg/kg]	OM [%]	wasserlösliche Ionen					
		S	U	T			Na	K	Ca	Mg	Cl	
		[%]					[mg/kg]					
1 Sierra												
Staub*	26,8	9	60	31	81	7,9	326	133	425	64	218	
Ah	22,5	41	37	22	19	3,1	10	120	13	8	2	
2 Bordenave												
Staub*	31,4	5	59	36	173	8,8	385	241	545	86	701	
Ap	14,7	75	16	9	14	2,5	20	125	32	10	0	
3 Bahia Blanca												
Staub*	27,3	25	47	28	98	7,4	614	296	841	196	1014	
Ah	11,0	80	13	7	18	1,5	9	78	32	8	0	
4 Buratovich												
Staub*	28,5	8	63	29	301	7,6	952	428	856	158	1780	
Ah	15,1	71	18	11	18	1,8	26	74	65	11	0	

*gewogene Mittelwerte nach Depositionsmengen

Vergleicht man die Eigenschaften der Stäube mit den Böden der Standorte, so wird ersichtlich, daß der Tongehalt und der Gehalt an organischer Substanz und mit diesen die Kationenaustauschkapazität und der Gehalt an verfügbarem P im Staub deutlich höher sind als im Oberboden. Der durchschnittliche Gehalt wasserlöslicher Ionen und austauschbarer Kationen (Tab. 3) ist ebenfalls im Staub deutlich höher, und er trägt somit zur Erhöhung verfügbarer Nährstoffe im Boden bei, was sich in den hohen Anreicherungskoeffizienten (>1) zwischen Staub und Oberboden niederschlägt. Die Bodenoberfläche, als direkt vom Staubsediment beeinflusst, zeigt ebenfalls eine Anreicherung gegenüber dem A-Horizont.

Nährstoffeinträge als nasse und trockene Deposition

Der Elementeintrag über die Niederschläge ist mit Ausnahme des trockensten Standort 4 deutlich höher als über die Stäube. Die höchsten Einträge als Deposition in gelöster Form sind an Standort 3 gefunden worden, gefolgt von Standort 1, dem niederschlagreichsten, aber meerfernen, Standort. Dort kompensieren offensichtlich die hohen Niederschlagsmengen den geringeren Salzgehalt. Die Einträge über die trockene Deposition (Gesamtelementgehalt = ungelöste + wasserlösl. Ionen) sind aufgrund der maximalen Depositionsraten am höchsten an Standort 3.

Tab.3 : Durchschnittlicher Gehalt leicht löslicher und austauschbarer Kationen in Staub und Boden an den 4 Untersuchungsstandorten in der argentinischen Pampa

	Staub	Oberfläche (0-1cm)	A- Horizont	AF*
wasserlösliche Kationen	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	
Na	569	10	16	35,4
K	248	206	99	2,5
Ca	667	64	36	18,7
Mg	126	20	9	13,8
austauschbare Kationen				
Na	152	11	14	11,1
K	736	649	531	1,4
Ca	3562	2066	1731	2,1
Mg	307	330	219	1,4
verfüg. P	163	50	17	11,8
KAK [cmolc kg ⁻¹]	29	18	16	1,8

*Anreicherungsfaktor = Elementgehalt Staub/Elementgehalt Oberboden

Tab. 4: Nährstoffdeposition über Staub und Niederschlag an den 4 Untersuchungsstandorten

		Na	K	Ca	Mg	Cl	N*	P
		[kg ha ⁻¹ a ⁻¹]						
Standort 1 Sierra	nasse Dep.	31,9	8,5	24,0	5,3	76,9	12,4	1,6
	trockene Dep.	7,0	6,0	7,5	2,8	n.d.	2,0	0,4
	Gesamt	38,9	14,5	31,6	8,0	76,9	14,4	2,1
Standort 2 Bordenave	nasse Dep.	15,2	15,6	15,2	4,9	34,9	4,8	8,3
	trockene Dep.	8,5	8,3	10,9	3,7	n.d.	3,1	0,9
	Gesamt	23,7	23,9	26,1	8,6	34,9	7,9	9,2
Standort 3 B.Blanca	nasse Dep.	38,6	19,1	45,2	7,0	124,1	3,0	2,6
	trockene Dep.	15,1	12,6	23,1	9,0	n.d.	5,4	1,1
	Gesamt	53,7	31,7	68,3	16,0	124,1	8,5	3,7
Standort 4 M.Buratovich	nasse Dep.	9,1	3,3	17,2	2,1	46,2	1,2	0,3
	trockene Dep.	8,7	8,1	11,7	4,0	n.d.	4,1	0,9
	Gesamt	17,8	11,4	29,0	6,1	46,2	5,3	1,1

Schlußfolgerungen

- 1) Die Stäube der semiariden Pampa zeigen keine saisonale Differenzierung in den chemischen und mineralogischen Eigenschaften. Die Homogenität in Mineral- und Elementzusammensetzung weist auf das selbe Liefergebiet des äolischen Materials hin.
- 2) Lokale Einflüsse sind a) am hohen Sandgehalt an Standort 3 und b) am hohen Salzgehalt von Staub und Niederschlagswasser in der Küstenregion deutlich geworden.
- 3) Die Stäube sind nährstoffreicher als die Böden. Durch die Stäube kann somit ein Verjüngungsprozess stattfinden und es kommt zu einer Nährstoffzufuhr.
- 4) Der Nährstoffeintrag ist von der Depositionsrate und von Quantität und Qualität der Niederschläge abhängig und ist somit ein Funktion von Staubmenge und Entfernung zum Meer.

Literatur: Die Literaturliste kann bezogen werden über e-mail: ramsperg@uni-hohenheim.de

Stabilisierung von Dreischicht-Tonmineralen versauerter Waldböden durch Bodenschutzmaßnahmen

von

SCHÜLER, G.; BUTZ-BRAUN, R.

1. Einleitung:

Seit Beginn der Industrialisierung wurde eine neue Phase von tiefgreifenden ökologischen Veränderungen in Waldökosystemen eingeleitet. Versauernd wirkende Luftschadstoffeinträge überprägen seither die häufig bereits vorversauerten Waldbodensubstrate. Die betroffenen Böden verlieren zunehmend an austauschbaren basischen Nährelementen und der Mineralbestand des Bodens verändert sich gravierend. Im ursprünglichen Zustand sind nämlich die Zwischenschichten der Vermiculite und Smektiten mit Ca- und Mg-Ionen belegt. Im schwach sauren Bereich werden diese Ionen gegen Al-Hydroxidschichten ausgetauscht, wodurch Al-Vermiculite oder bei vollständigem Einbau Al-Chlorite entstehen. Im Al-Pufferbereich werden die Al-Hydroxide wieder aus den Zwischenschichten herausgelöst. Das Ladungsdefizit wird dann durch Organo-Fe-Al-Komplexe ausgeglichen. Die Kristallstruktur der Dreischichtsilikate wird instabil und kann letztendlich zerfallen. Bodenschutzmaßnahmen sollen die aktuellen Luftschadstoffdepositionen in Waldökosystemen kompensieren, biologische Kreisläufe unterstützen und nachhaltige Störungen der Reglerfunktionen der Waldböden (Säurepuffer, Wasserfilter, Waldernährung) mindern. Um diese Reglerfunktionen zu stützen, muß eine Stabilisierung der Tonminerale eingeleitet werden.

2. Methoden:

Bodenschutzmaßnahmen – im speziellen die Bodenschutzkalkung – werden seit 1988 mit experimentellem Versuchsansatz in vier Versuchsanlagen in Rheinland-Pfalz untersucht. Die Standorte und Methoden sind von SCHÜLER (1992) ausführlich beschrieben worden. Hier werden die Untersuchungsergebnisse von Bodenproben des Versuchsstandortes Adenau aus der Östlichen Hocheifel (Übersicht 1) aus dem obersten Mineralbodenhorizont (Ah) der Kontrollvarianten, der Varianten mit 3 t/ha Dolomit, 3 t/ha Dolomit + 0,6 t/ha K-Mg-Sulfatdünger, 9 t/ha Dolomit + 1 t/ha Mg-K-Sulfatdünger und 15 t/ha Dolomit für die chemischen Analysen, bzw. der obersten 2 cm des Mineralbodens für die röntgendiffraktometrischen Untersuchungen dargestellt.

Übersicht 1: Versuchsstandort Adenau

Wuchsbezirk:	Östliche Hocheifel
Bestand:	Fichte, 53 Jahre, EK1 I,0
Standort:	Frische Podsol-Braunerde aus pleistozänem Staublehm über Hangschutt der Brohltalschiefer (Quarzit, devonische Tonschiefer) in montaner Stufe
A _{h(e)} -Horizont:	Fe-Pufferbereich
B _v -Horizont:	Al-Pufferbereich
Klima:	tvS: 12,6°C
	NS: 750 - 950 mm/a

Aufbauend auf orientierenden Laborversuchen (SCHÜLER und BUTZ-BRAUN 1995) werden in den experimentellen in-situ-Untersuchungen Möglichkeiten der Stabilisierung von Dreischicht-Tonmineralen aufgezeigt. Den damaligen wie auch den hier dargestellten Untersuchungen liegen dieselben Analysemethoden zugrunde: Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität nach Perkolat mit 1 N NH_4Cl -Lösung (nach MEIWES et al. 1984) mittels ICP-Simultananalyse sowie röntgendiffraktometrische Untersuchungen von Texturpräparaten der $< 2 \mu\text{m}$ -Fraktion in unbehandeltem Zustand, nach Ethylenglycol-Behandlung mit und ohne Mg-Belegung, nach thermischen Behandlungen und nach 2 N HCl-Behandlungen.

3. Ergebnisse:

Bei den Bodenproben der Kontrollvarianten kontrahiert der Basisabstand nach Ethylenglycol-Behandlung von 14,7 auf 13,7 Å (Abb. 1).

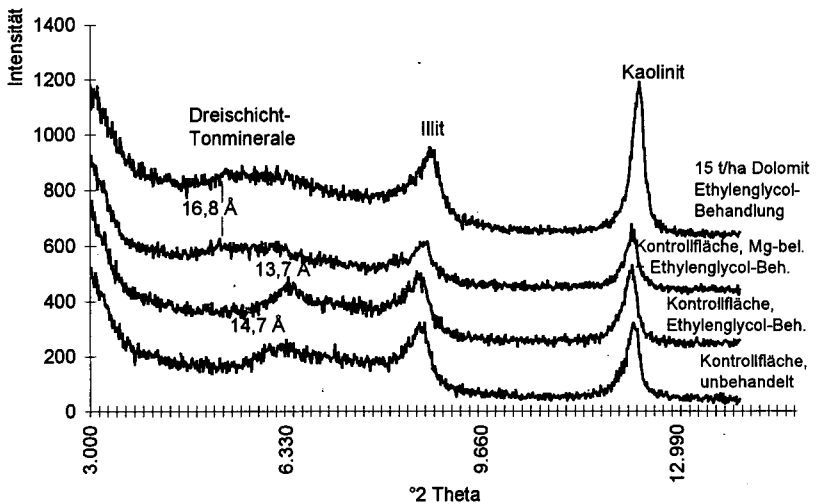


Abb. 1: Röntgendiffraktogramme des Oberbodens (0-2 cm) der Versuchsfläche in Adenau, unbehandelt und nach Ethylenglycol-Behandlung

Diese Kontraktion wird sehr wahrscheinlich durch die Erwärmung der Probe bei der Ethylenglycol-Behandlung auf 60°C ausgelöst und ist auf den Verlust von Wasser aus wasserhaltigen Organo-Fe-Al-Komplexen zurückzuführen. Da diese Komplexe in den Zwischenschichten an die Stelle von basischen Kationen treten, kann ein akuter Mangel an basischen Kationen vermutet werden, was durch die chemischen Analysen bestätigt wird (Abb. 2).

Der Einbau der Organo-Fe-Al-Komplexe in die Zwischenschichten ist allerdings reversibel, denn nach Mg-Belegung und Ethylenglycol-Behandlung weiten die Dreischichtsilikate wieder auf, erkennbar an dem Reflex um 16,8 Å (Abb. 1).

In den Bodenproben aus den Varianten, in denen 8 Jahre zuvor 15 t Dolomit je ha ausgebracht wurden, sind die Dreischicht-Tonminerale auch ohne Mg-Belegung bei der Ethylenglycol-Behandlung aufgeweitet (Abb. 1). Dies dokumentiert den Einbau von Ca- und Mg-Ionen (vgl. auch Abb. 2) in die Zwischenschichten der Tonminerale bei gleichzeitiger Abnahme der wasserhaltigen Organo-Fe-Al-Komplexe. Die Ca- und Mg-Sättigung beträgt nun 40 % statt 6 % in den Bodenproben der unbehandelten Kontrollflächen (Abb. 2).

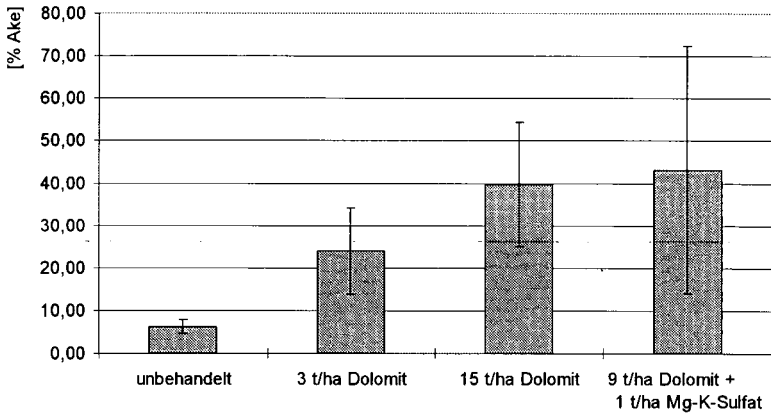


Abb. 2: Sättigung mit Ca- und Mg-Ionen [in % der effektiven Kationenaustauschkapazität] im oberen Mineralbodenhorizont (Ah) der Versuchsfläche in Adenau

In den Varianten mit 9 t Dolomit plus 1 t Magnesium- und Kaliumdünger in sulfatischer Bindung je ha ist die Entwicklung ähnlich. Im Vergleich zu den aufweitbaren Dreischichtsilikaten sind die Illitreflexe in diesen Varianten andeutungsweise stärker ausgeprägt, was als erstes Indiz für eine bessere Kristallinität der Illite aufgrund eines Kaliumeinbaus gelten kann (Abb. 3).

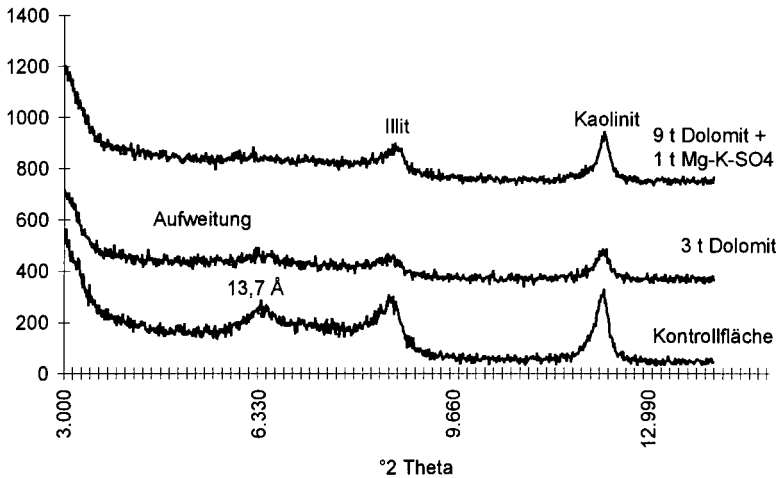


Abb. 3: Röntgendiffraktogramme des Oberbodens der Versuchsfläche in Adenau nach Ethylenglycolbehandlung ohne Mg-Belegung

In den Varianten mit nur 3 t Dolomit je ha sind Ca- und Mg-Ionen nur ansatzweise in die Zwischenschichten der Dreischichtminerale eingebaut worden, obwohl aufgrund der niedrigen Schichtladung ein stärkerer Einbau möglich gewesen wäre (Abb. 2 und 3). Allerdings ist der Boden in diesen Varianten nicht so stark mit Ca- und Mg-Ionen überflutet worden wie in der 15 t/ha Dolomit-Variante bzw. in der 9 t/ha Dolomit mit Mg-K-Sulfatdünger-Variante (Abb. 4), so daß die entsprechenden Eintauscheffekte bislang erst schwächer ausgefallen sind.

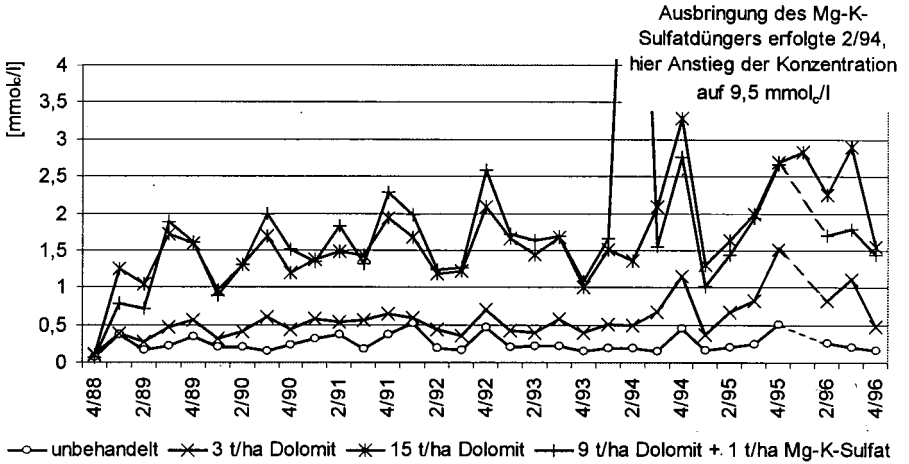


Abb. 4: Calcium- und Magnesiumkonzentration in der Bodenlösung unter dem Auflagehumus in der Versuchsfläche in Adenau

4. Fazit:

Die Verdrängung von wasserhaltigen Organo-Fe-Al-Komplexen aus den Silikatzwischenschichten durch Ca- und Mg-Ionen in gekalkten und gedüngten Flächen belegt eine Stabilisierung von Smektiten und Vermiculiten im Oberboden. Die erhöhte Disposition der Dreischichtsilikate von gekalkten Böden, bereits ohne Magnesiumbelegung aufzuweisen, deutet darauf hin, daß basische Kationen – durch partielle pH-Erhöhung, Herauslösung von Al- und Fe-reichen Zwischenschichten, niedrigere Schichtladung – in die Zwischenschichten aufweitbarer Dreischicht-Tonminerale eingebaut werden können, sofern – wie nach der Ausbringung von 15t/ha Dolomit - der Boden genügend stark mit Ca- und Mg-Ionen überflutet wird.

Sehr wahrscheinlich stellen die nur ansatzweise vorgefundenen Entwicklungen bei geringerer Dolomitosierung nur ein Übergangsstadium zu stabileren Verhältnissen dar, insbesondere wenn Bodenschutzkalkungen mit niedriger Dosierung (3 t/ha) regelmäßig und in nicht zu langen Zeitabständen wiederholt werden.

5. Literatur:

MEIWES, K.J., N. KÖNIG, P.K. KHANA, J. PRENZEL und B. ULRICH (1984): Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralböden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden. Ber. Forschungszentr. Waldökosysteme/Waldsterben, Bd. 7, 1-67

SCHÜLER, G. (1992): Der vergleichende Kompensationsversuch zur Minderung der Auswirkungen von Luftschadstoffeinträgen in Waldökosystemen. Versuchskonzept, Ausgangssituation und Eigenschaften der Puffersubstanzen. Mitt. a. d. Forstl. Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 21, 5-26

SCHÜLER, G. (1997): Stabilitäts-erhöhung im Ökosystem Wald durch Bodenschutz, Kompensation von Nährstoffverlusten und naturnahe Waldbewirtschaftung. In: Waldschäden, Boden- und Wasserversauerung in Rheinland-Pfalz - Ökosystemschäden und Gegenmaßnahmen – (Hrsg.: Min. f. Umwelt u. Forsten Rheinland-Pfalz), 74-96

SCHÜLER, G. und R. BUTZ-BRAUN (1995): Orientierender Laborversuch zur Restauration und Stabilisierung von Dreischicht-Tonmineralen versauerter Waldböden. Mitt. d. DBG, 76, 1469-1472

Komponentennormierung - ein Verfahren zum Substratvergleich

von

TRAPPE, M.

1. Einleitung und Problemstellung

Aus der Bodenkunde und der Geologie ist eine Vielzahl von Substraten bekannt, die durch eine Mischung unterschiedlichen Sediment- und Gesteinsmaterials gekennzeichnet sind. Als Beispiele seien anthropogen beeinflusste Substrate (Haldenmaterialien, umgelagerte Sedimente, z.B. aus archäologischen Grabungen) und als primäre natürliche Vertreter rezente Hangschuttmassen oder pleistozäne Solifluktionsschuttdecken genannt. Kennzeichen dieser Materialien sind die fehlende/geringe Materialselektion und eine häufig zu beobachtende Polymodalität der granulometrischen Zusammensetzungen (siehe Abb. 1). Die Schwierigkeiten bei der statistischen Erfassung bzw. Interpretation bi- oder polymodaler Sedimente, insbesondere mit nicht log-normalen Korngrößenverteilungen und verschiedenen granulometrischen Subpopulationen sind seit langem bekannt. Aufgrund der komplexen Materialzusammensetzung beschränkte sich die sedimentpetrographische Bearbeitung entsprechender Substrate im Hinblick auf vergleichende Untersuchungen zumeist auf einfache Beschreibungen, Histogramm- oder Kornsummandarstellungen.

In jüngerer Zeit wurden verschiedene sedimentpetrographische Verfahren präsentiert, die z.T. über umfangreiche statistische Auswertungen eine Ansprache derartiger Sedimente zulassen (z.B. FORREST & CLARK 1989: Entropieanalyse, DIAS & NEAL 1990: Modalgrößenklassifikation, ENDO et al. 1996: Probennormierung).

2. Verfahrensbeschreibung und Voraussetzungen

Mittels einer Normierung verschiedener Sedimentproben oder Probengruppen auf Vergleichsmaterialien können die Identität oder Unterschiede dieser Substrate überprüft werden. Über eine Division der Korngrößenverteilung einer Probe oder Probengruppe durch die jeweiligen Korngrößenfraktionen einer Vergleichsprobe/Probengruppe zeigt sich im Verlauf der Normierungskennlinie die Abweichung der Proben voneinander. Jede Abweichung vom waagerechten Verlauf dieser Linie charakterisiert eine zusätzliche Materialkomponente gegenüber der Vergleichsprobe oder einen Materialverlust (siehe Abb. 2, links).

Nach graphischer oder mathematischer Auswertung der durch die Normierungskennlinie aufgespannten Felder kann der Anteil der verschiedenen Materialkomponenten bestimmt werden, die ein Sediment zusammensetzen (siehe Abb. 2, rechts).

3. Ausgewählte Beispiele der Anwendung

Lehmige Albüberdeckungsbildungen der Südlichen Frankenalb

Die lehmigen Albüberdeckungsbildungen der Südlichen Frankenalb zeichnen sich durch eine extrem große Heterogenität ihrer granulometrischen Zusammensetzungen aus. Diese Variabilität ist durch die unterschiedliche Beteiligung diverser Sedimentmaterialien und Gesteinspartikel bedingt (Karbonatgesteinstrümmen, granular disintegrierte Dolomite, Schotterreste, fluviale Quarz-/Feldspatsande und Schluffe, Hornsteine, Bohnerze, Löß/Lößlehm, Tone einer Kalkrückstandsverwitterung). Sowohl die petrographische Ansprache der Kornfraktionen als auch die Normierung auf beteiligte Materialkomponenten führt zu einer systematischen Differenzierung der Albüberdeckungsbildungen (TRAPPE, im Druck).

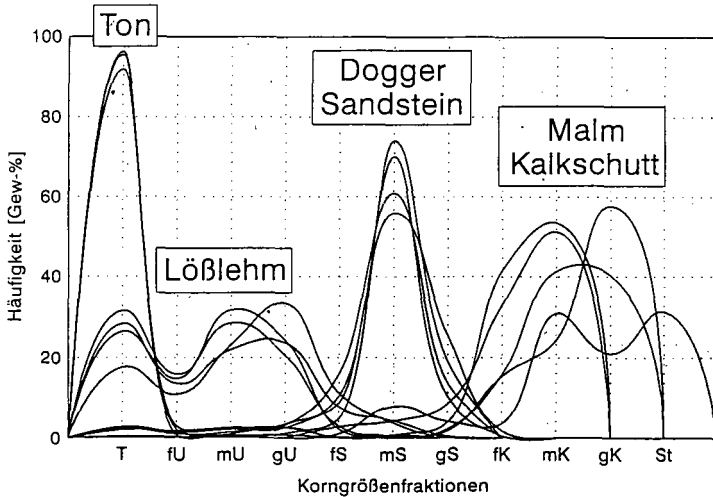
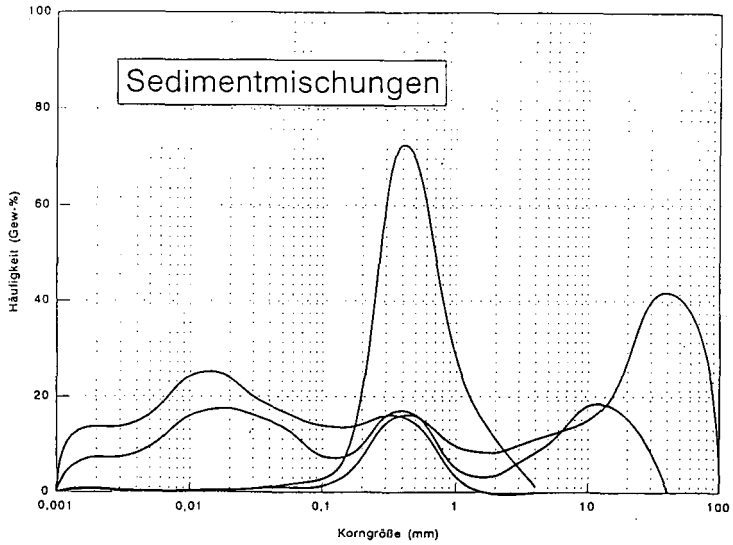
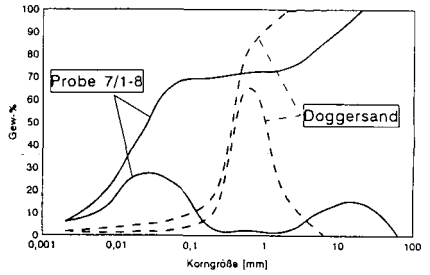
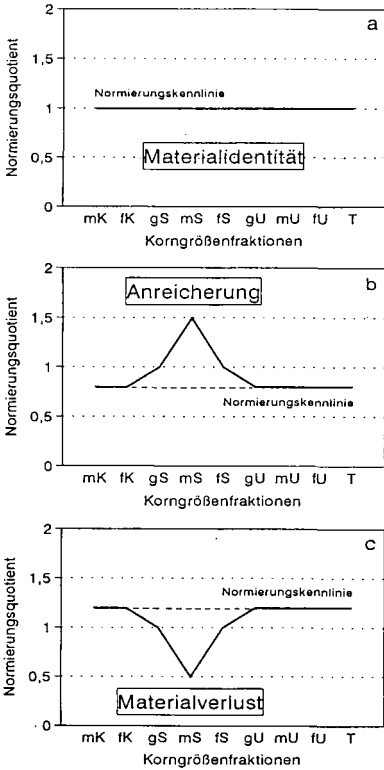


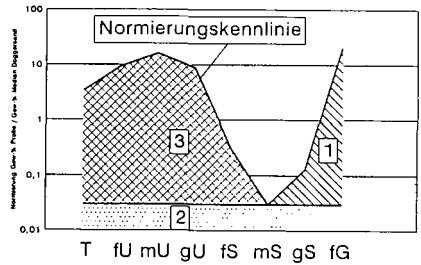
Abb. 1: Beispiele polymodaler, solifudal transportierter Sedimente des Ottmaringer Trockentaales (Südliche Frankenalb).

Oben: Korngrößenverteilung dreier Sedimentproben mit variablen Haupt- und Nebenmodi in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis der vermischten Primärkomponenten.

Unten: Korngrößenverteilungen der primären Sedimentkomponenten aus dem Anstehenden der Talhänge des Ottmaringer Tales.



Histogramme und Kornsummenkurven



Berechnete Anteile:	1	Kalkschutt:	27 %
	2	Doggersand:	3 %
	3	Lehmmaterial:	69 %

Abb. 2: Prinzip der granulometrischen Normierung von Korngrößenpektren (links) und ein Normierungsbeispiel anhand von Proben des Ottmaringer Tales (rechts).

Archäologische Grabung Oberstimm (Ingolstadt/Donau)

Erst über eine mathematische Reduktion der Korngrößenanalysen von Bachsedimenten um eine Schuttkomponente (Sand-Kies) nach erfolgter Probennormierung auf Korngrößenanalysen makroskopisch erkannten, römischen Bauschutts konnte das Ablagerungsmilieu in der Nähe einer römischen Hafenanlage sedimentologisch charakterisiert werden (TRAPPE & ROSSNER, im Druck).

4. Anwendbarkeit und Grenzen des Verfahrens

Neben Geländebeobachtungen an Profilen oder bei Kartierungen kann die Komponentennormierung die Ansprache komplex zusammengesetzter Sedimente/Bodensubstrate unterstützen oder bei der Klärung der Frage nach einer Materialidentität zwischen einer Probe und einem angenommenen Primärsubstrat helfen.

Grundlegende Voraussetzung für die Durchführung von Normierungsanalysen ist eine hinreichende statistische Sicherheit der Basisdaten, d.h. der verwendeten Korngrößenanalysen. Eine Fehlerminimierung u.a. durch geeignete Probenahme und entsprechend der Breite des Korngrößenspektrums erhöhte Probeneinwaage ist unerlässlich.

Ein Erfolg der Anwendung einer Komponentennormierung besteht nur für solche Sedimente, in denen selektive Veränderungen von Komponenten oder Korngrößenfraktionen der zu betrachtenden Proben weitgehend ausgeschlossen werden können (bei quantitativer Auswertung). Diese Vorbedingung ist bei Sedimenten proximaler Environments oder anthropogen verursachten Sedimentmischungen gegeben. Sedimentationsvorgänge mit starker Turbulenz und Materialesektion (z.B. fluviatiles Milieu) oder Bodenbildungsprozesse, die granulometrische Veränderungen produzieren können, können mittels Normierung nur qualitativ im Hinblick auf die selektiven Materialveränderungen angesprochen werden.

Eine große Aussagekraft der Komponentennormierung ist bei Anwendung im Aufschlußbereich oder im lokalen Maßstab gegeben, wenn verknüpfte Proben und Materialien verglichen werden. Bei regionalen Vergleichen stellt sich stets das Problem hypothetischer Mittelwerte, die lokale Variationen nicht berücksichtigen können.

Mehr noch als das Ergebnis einer quantifizierten Analyse ist das Ziel der Komponentennormierung die möglichst vollständige Erkennung der am Sediment-/Bodenaufbau beteiligten Materialkomponenten bzw. der granulometrischen Subpopulationen oder die Erfassung selektiver Materialveränderungen.

5. Literaturangaben

- DIAS, J.M.A. & NEAL, W.J. (1990): Modal size classification of sands: An example from the northern Portugal continental shelf. - Jour. Sediment. Petrol., 60, 3, 426-437.
- ENDO, N.; MASUDA, F. & YOKOKAWA, M. (1996): Grain-size distributions of sediment carried by single transportation modes in an experimental microdelta system. - Sediment. Geol., 102, 297-304.
- FORREST, J. & CLARK, N.R. (1989): Characterizing grain-size distributions: evaluation of a new approach using a multivariate extension of entropy analysis. - Sedimentology, 36, 711-722.
- TRAPPE, M. (1996): Talaufbau des Ottmaringer Trockentales, Südliche Frankenalb: Geologie und Petrographie der Tal- und Hangsedimente. - Geol. Bl. NO-Bayern, 46, 1/2, 73-98.
- TRAPPE, M. (im Druck): Neue konzeptionelle Aspekte zur Sedimentpetrographie postjurassischer Sedimente der Südlichen Frankenalb. - Geol. Bl. NO-Bayern.
- TRAPPE, M. & ROSSNER, R. (im Druck): Geologisch-sedimentologische Übersicht zum Ablagerungsmilieu im Bereich der Archäologischen Grabung Oberstimm. - Schriftenreihe R GK.

Neue Befunde zur Tonmineralentwicklung in Böden des Bayerischen Waldes

von

VÖLKEL, J.; MAHR, A.

Im Bayerischen Wald entwickelten sich die rezenten Böden in den flächenhaft verbreiteten, mehrgliedrigen periglazialen Hangsedimenten (VÖLKE L 1995), welche sich aufgrund ihrer polygenetischen Entstehung aus Komponenten unterschiedlichen Alters, unterschiedlichen (Vor-)Verwitterungsgrades und unterschiedlicher Herkunft zusammensetzen. Daher muß auch für den Tonmineralbestand eine teils postsedimentäre bzw. holozäne und eine teils präsedimentäre (paläopedogene) Bildung angenommen werden.

Innerhalb der Hauptlagen als Ausgangsmaterial der heutigen Böden, überwiegend Braunerden unterschiedlichen Podsolierungsgrades, wird die silikatische Tonfraktion von 1,4-nm-Mineralen (und/oder 1,2-nm-Mineralen), Quarz und Kaolinit dominiert, während Illit in den Röntgendiffraktogrammen eine untergeordnete Rolle spielt. Mit dem Schichtwechsel zu den liegenden Hangsedimenten gewinnt der Illit auf Kosten der 1,4-nm-Mineralen meist sprunghaft an relativer Intensität, ein Befund, den VÖLKE L (u.a. 1995) als Regelmäßigkeit für den gesamten Bayerischen Wald nachweisen konnte.

Die Böden sind meist tiefreichend sekundär chloritisiert und im Oberboden mehr oder weniger starken Dechloritisierungserscheinungen unterworfen. Die tonmineralogische Entwicklung der 1,4-nm-Mineralen führt bei progredienter Versauerung von sekundären Al-Chloriten wieder zu 'vermiculitischen' (das heißt erneut kontrahierbaren) und schließlich 'smectitischen' (das heißt kontrahierbaren und quellfähigen) Stadien. In einigen der untersuchten Profile läßt sich parallel zum Versauerungsgradienten die gesamte Abfolge an Dechloritisierungsstadien nachweisen. Häufig haben die 1,4-nm-Mineralen im Oberboden aber erst das Stadium der erneuten Kontrahierbarkeit erreicht. Eindeutige lineare Abhängigkeiten bzw. Korrelationen zwischen dem Stadium der Tonmineralentwicklung und dem Versauerungsgrad bestehen unseren Untersuchungen zufolge nicht, was die Komplexität der im Boden ablaufenden Prozesse demonstriert. Die Wasserstoffionenkonzentration, bei der die sekundären Chlorite instabil werden, läßt sich in den untersuchten Profilen aber ungefähr auf pH 4 eingrenzen. Vereinzelt sind die sekundären Chlorite in den Profilen aus dem Bayerischen Wald jedoch auch bei niedrigeren pH-Werten noch stabil, obwohl in der Literatur bereits bei pH-Werten zwischen 5 und 4,5 nur noch Erhaltungsbedingungen für die sekundären Chlorite angenommen werden (BLUM 1976). Ausschlaggebend könnten hier zum Beispiel Art und Ausmaß der Al-Hydroxy-Einlagerung sein. Die Entstehung erneut quellfähiger Minerale setzt in den untersuchten Profilen meist bei pH-Werten unter 3,6 ein. Allerdings sind viele der untersuchten Profile im Oberboden stärker versauert, ohne daß sich aufweitbare Tonminerale gebildet hätten, was darauf hindeutet, daß der Übergang zu den smectitischen Phasen von weiteren Parametern gesteuert wird. Die Art der nach Dechloritisierung entstehenden Minerale, ihre Struktur und ihre chemische Zusammensetzung sind noch weitgehend unbekannt, da diese Prozesse erst in jüngerer Zeit nachgewiesen bzw. eingehender erforscht werden (u.a. FRANK & GEBHARDT 1989, RAMPAZZO & BLUM 1990, VEERHOFF & BRÜMMER 1993). So ist noch nicht hinreichend geklärt, welche Verbindungen nach Protonisierung der Al-Hydroxy-Kationen zum Ladungsausgleich in die Zwischenschichten eingelagert werden. Es handelt sich offensichtlich um metastabile Einlagerungen, die im Gegensatz zu den Al-Hydroxy-Komplexen in einer KCl-Lösung durch Kalium-Ionen ausgetauscht werden können. Die weitere Tonmineralentwicklung muß mit einem Schichtladungsverlust einhergehen, da die Minerale zusätzlich wieder aufweiten können. Unter Umständen ist die erneute Quellfähigkeit eine erste Folge der einsetzenden Tonmineralzerstörung, bei der zunächst die Oktaeder angegriffen werden, so daß Magnesium und speziell Eisen in Lösung gehen (vgl. TRIBUTH 1990), während die Silizium-Tetraeder am stabilsten sind und das Restgitter zusammenhalten. Da der Verlust an zweiwertigen Gitterkationen eine Verringerung der Schichtladung bewirkt, nimmt der Zusammenhalt der Silikatschichten ab und die Minerale können erneut Ethylenglykol in ihre Zwischenschichten einlagern. BLUM (1976) dagegen erklärt die nach der Protonisierung der zwischenschichtgebundenen Al-Fe-Hydroxy-Komplexe entstehenden 'Smectite' mit der Schichtladungsverminderung von Vermiculiten während der Chloritphase.

Die Anreicherung von NaOH-löslichem Silizium in den Oberböden der meisten Profile bestätigt, daß mit der Dechloritisierung eine Entwicklung einsetzt, die zum fortschreitenden Strukturverlust und letztlich zur Zerstörung der silikatischen Tonminerale führt (vgl. auch VÖLKELE 1994, 1995, VEERHOFF & BRÜMMER 1993).

Unsere Bohrungen im Totenauer Moor (Vorderer Bayerischer Wald), die im Rahmen des DFG-Projektes 'Hangsedimente, Böden und Moore im Bayerischen Wald als Zeugen des klimabedingten Landschaftswandels im Übergang vom Spätglazial zum Holozän' (Schwerpunktprogramm der DFG 'Wandel der Geosphäre während der letzten 15000 Jahre. Kontinentale Sedimente als Ausdruck sich verändernder Umweltbedingungen') durchgeführt wurden, können neben den im Vordergrund stehenden chronostratigraphischen Befunden (MAHR 1997, VÖLKELE & MAHR 1997) auch neue Anhaltspunkte zum Ausmaß der holozänen Bodenbildung liefern, denn die Hauptlagen aus dem Hangbereich setzen sich unter dem Moor fort, das Torfmächtigkeiten von über 8 m erreicht. Mit einer Catena, die von der Kammlinie des Vorderen Bayerischen Waldes in ungefähr 770 m Höhe bis zum Zentrum des Moores verläuft, werden einerseits Profile untersucht, die der Verwitterung und Bodenbildung schon über 10000 Jahre ausgesetzt sind, andererseits Profile, die diesen Einflüssen vielleicht nur wenige 100 Jahre unterlagen, bevor sie mit Torf bedeckt wurden. Das Torfwachstum setzte den palynologischen und radiometrischen Befunden zufolge gegen Ende der Ältesten Dryas ein. Problematisch beim Vergleich zwischen den Profilen am Hang und unter dem Moor ist allerdings die Frage, inwieweit sich die Sedimenteigenschaften unter der Torfbedeckung erhalten haben, denn unter dem Moor herrschen aufgrund permanenter Wassersättigung und Sauerstoffmangels ständig reduzierende Bedingungen, was den Verhältnissen in Gr-Horizonten von Gleyen entspricht. Weniger ist allerdings darüber bekannt, inwieweit zwischen dem Torf und dem mineralischen Untergrund zusätzlich ein Stoffaustausch durch Wasserbewegungen oder Diffusionsprozesse stattfindet.

Wie sich anhaltende Wassersättigung auf die Tonmineralentwicklung auswirkt, kann ebenfalls nur aus dem Vergleich mit Gleyen oder anderen hydromorphen Böden geschlossen werden. Meist wird in diesen Böden eine deutlich abgeschwächte oder verlangsamte Tonmineralentwicklung beobachtet (BLUME 1968, SCHWEIKLE 1973). Reduktionsprozesse haben aber auch Auswirkungen auf die Eigenschaften der Tonminerale, da diese meistens mehr oder weniger große Anteile an Fe(III) enthalten. Durch wiederholte Reduktion zu Fe(II) scheinen die spezifische Oberfläche und die Quellfähigkeit der Tonminerale zurückzugehen (STUCKI 1995).

Anzeichen für eine abgeschwächte Tonmineralumbildung sind in den Profilen aus dem Untergrund des Totenauer Moores daraus abzuleiten, daß die relativen Intensitäten des 1,0-nm-Peaks in den Hauptlagen mit zunehmender Torfmächtigkeit, das heißt wachsender Dauer der Torfbedeckung, ansteigen und schließlich den 1,4-nm-Peak an relativer Intensität überragen (Abb. 1). In den Profilen am Hang erscheint Illit dagegen innerhalb der Hauptlagen meist als kleiner Reflex, der von dem 1,4-nm-Peak bei weitem übertroffen wird.

Als mögliche Ursachen für das weitgehende Fehlen von Illit in den Hauptlagen außerhalb des Moores diskutiert VÖLKELE (1995) pedogenetische (Tonmineraltransformation im Laufe der Pedogenese) und sedimentgenetische (Einarbeitung von illitarmem Lößlehm in die oberen Schichtglieder) Ursachen. Eine pedogene Umbildung von Illit zu 1,4-nm-Mineralen erscheint VÖLKELE (1995) aber wenig plausibel, weil wegen der hohen Glimmergehalte in den Sand- und Schlufffraktionen eine kontinuierliche Nachlieferung bzw. Neubildung von Illit zu erwarten wäre. Aus diesem Grund interpretiert VÖLKELE (1995) die Illitarmut der oberen Deckschichtglieder als Sedimenteigenschaft, die auf einer Einarbeitung von illitarmem Lößlehm aus der vielfach saprolithischen Bedeckung beruht. Die holozäne Pedogenese schaffte es dabei nicht, über die Glimmervorwitterung Illite nachzuliefern.

Das Ansteigen der Illitanteile unter dem Moor könnte demgegenüber zu der Überlegung führen, daß auch in den Hauptlagen außerhalb des Moores ursprünglich Illit enthalten war, der im Gegensatz zu den Substraten unter dem Torf im Laufe der Pedogenese zu 1,4-nm-Tonmineralen umgebildet wurde. Die Torfbedeckung wäre in diesem Fall mit einer Fossilisierung der Sedimente bzw. dieser Sedimenteigenschaft verbunden gewesen (MAHR 1997).

Auf der anderen Seite könnten die hohen Illitgehalte unter dem Moor auch auf eine postsedimentäre Illitisierung von 1,4-nm-Mineralen unter dem Einfluß der hydromorphen Bedingungen zurückgeführt werden. Die ursprünglich illitarmen Hauptlagen unter dem Moor hätten in diesem Fall eine nachhaltige Veränderung erfahren. Illitisierungsprozesse, wie sie vor allem im marinen Milieu als Folge von Druck- und Temperaturerhöhungen beschrieben werden, setzen aber hohe Kaliumkonzentrationen in den Porenwässern bzw. der Bodenlösung voraus (vgl. HEIM 1990). NIEDERBUDE (u.a. 1995) postuliert eine Illitisierung smectitreicher Tone in süddeutschen Lößböden bei pH-Werten zwischen 5,5 und 7, die sich unter anderem in einer Zunahme der Kaliumgesamtgehalte und der Illitanteile im Feinton niederschlägt. Die ständig wassergesättigten Profile unter dem Moor weisen im Vergleich zu den Profilen am Hang zwar ein völlig anderes chemisches Milieu auf, denn die pH-Werte steigen mit zunehmender Torfbedeckung (wahrscheinlich aufgrund der reduzierenden Bedingungen) auf über 6 an, während die Basensättigung Werte von fast 100 % erreicht. Allerdings dominieren an den Austauschern Calcium und Magnesium, wohingegen Kalium sowohl absolut als

auch relativ nur einen kleinen Teil der negativen Ladungen besetzt und sich nicht von den Profilen außerhalb des Moores unterscheidet. Daher ist fraglich, ob das Kaliumangebot in den hydromorph beeinflussten Sedimenten unter dem Moor hoch genug ist, auch wenn der Anteil des adsorbierten Kaliums die K^+ -Konzentration in der Bodenlösung aufgrund der geringen Eintauschstärke gegenüber den zweiwertigen Calcium- und Magnesium-Ionen nur unzulänglich widerspiegelt. STUCKI (1995), der die Veränderungen der Tonmineraleigenschaften von Smectiten durch Reduktion des Eisens in Oktaederpositionen untersucht (s.o.), weist darauf hin, daß wiederholte Zyklen von Reduktion und Oxidation eine steigende Menge an fixiertem Kalium nach sich ziehen. Durch die Reduktion von Fe^{3+} zu Fe^{2+} erhöht sich zwar die Schichtladung der Tonminerale, allerdings ist zweifelhaft, ob die in den 1,4-nm-Mineralen enthaltene Eisenmenge für die notwendige Zunahme der negativen Ladung auf 1,0 pro halber Formeleinheit ausreicht. Die Frage einer Illitisierung können daher erst weiterführende Untersuchungen klären. Insbesondere eine Subfraktionierung der Tonfraktion würde Anhaltspunkte zu Art und Richtung der Tonmineralumwandlung unter dem Moor liefern, da bei einer Illitisierung erhöhte Illitgehalte im Feinton auftreten (u.a. NIEDERBUDE & KUSSMAUL 1978), während die glimmerbürtigen Illite im Grobton angereichert sind.

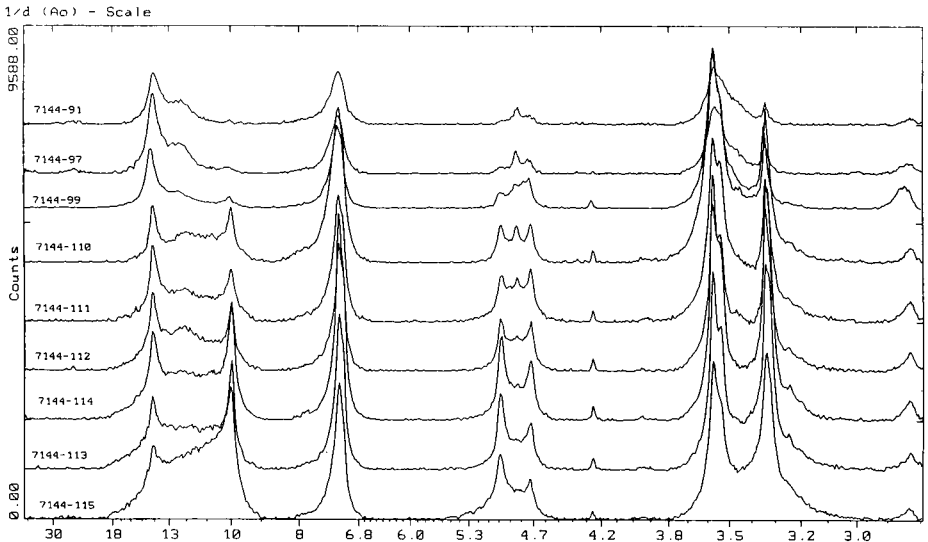


Abb. 1: Röntgendiffraktogramme von Hauptlagen aus dem Hangbereich (Profile 7144-91, -97, -99) und unter dem Moor (Profile 7144-110 bis -115, mit zunehmender Torfbedeckung), (d-Werte in Å) (MAHR 1997).

Interpretiert man die Illite in den Hangsedimenten unter dem Moor dagegen nicht als Folge von Illitierungsprozessen, sondern als Sedimenteigenschaft, sind diese Tonminerale unter Umständen durch den physikalischen Zerfall von Glimmern unter periglazialen Bedingungen entstanden. Auf diese Weise ließen sich auch die Illitgehalte in den unteren Deckschichtengliedern und in Moränen erklären. Für eine kryo-klastische Verwitterung zu Teilchen der Tongröße (vgl. z.B. MEYER & KALK 1964), die allerdings umstritten ist (vgl. u.a. BRONGER et al. 1974), spricht, daß die Illite vorwiegend in der Grobtonfraktion vorkommen. Ein Teil der Illite könnte aber auch aus dem mesozoisch-tertiären Zersatz und, im Falle der Haupt- und Mittellagen, aus der äolischen Komponente stammen. Rezent findet möglicherweise kein physikalischer Zerfall von Glimmern mehr statt, weil unter den veränderten Verwitterungsverhältnissen lösungschemische Prozesse dominieren, bei denen die Glimmer, allen voran die bei höheren Temperaturen aus der Magma auskristallisierten und damit an der Erdoberfläche weniger verwitterungsstabilen Biotite, durch Kaliumentzug und Verlust der Schichtladung sehr schnell und ohne weitere Zwischenstadien (vgl. HEIM 1990) in 1,4-nm-Mineralen übergehen.

Da die Verwitterungsgeschwindigkeit der Glimmer mit sinkender Korngröße zunimmt (u.a. FANNING et al. 1989), können die Biotite und Muskovite in den größeren Fraktionen (z.B. Grobschluff) vermutlich länger bestehen als in den feineren (z.B. Feinschluff), was die nicht lineare Verwitterungsreihe mit häufiger Glimmerdominanz im Grobschluff der untersuchten Proben erklären könnte. MEYER & KALK (1964: 118) betonten

außerdem, daß nur die verwitterungsstabileren Muskovite intermediär in alle Korngrößenfraktionen zerfallen, während sich Biotite überwiegend auf direktem Weg in Tonteilen gleicher Maximalgröße zerlegen. Überdies müßte auch in einer sedimentgenetisch bedingten, illitarmen Hauptlage eine Transformation von Glimmern zu 1,4-nm-Mineralen gefordert werden, es sei denn, man nimmt an, daß die 1,4-nm-Mineralen ebenfalls lithogenen bzw. paläopedogenen Ursprungs sind. Da die älteren Deckschichtglieder sehr wenig 1,4-nm-Mineralen enthalten, könnten letztere nur über die äolische Komponente in die Hauptlagen gelangt sein. Eine Verdünnung der ursprünglichen Illitanteile und die Umkehr des Verhältnisses zwischen dem 1,0-nm und dem 1,4-nm-Peak setzt aber einen hohen äolischen Eintrag und/oder Material voraus, das sehr viel 1,4-nm-Mineralen und fast keinen Illit enthielt. Damit gelangt man zur Frage der Auswehungsgebiete, deren Rekonstruktion ein methodisches Problem ist (VÖLKELE 1995). Unter Umständen fungierten während des Pleistozäns die Verebnungsflächen der Hochlagen des Bayerischen und des Böhmerwaldes in kalтарiden Klimaphasen (zum Beispiel nach Austrocknen des active layer im Sommer) als Deflationsbereiche, aus denen smectitreiches saprolithisches Feinmaterial ausgeblasen wurde (vgl. VÖLKELE 1995a).

Die vorgestellten Befunde demonstrieren die enge Verflechtung zwischen Sedimentgenese und Pedogenese in Böden aus periglazialen Hangsedimenten sowie das Problem ihrer Trennung. Eine sedimentgenetische Erklärung der Illitarmut in den Hauptlagen außerhalb des Moores würde eine sehr geringe Effizienz der holozänen Verwitterung und Bodenbildung bedeuten. Nach der Sedimentation bzw. während des Holozäns hätte lediglich eine tiefreichende Chloritisierung und beginnende Dechloritisierung in den sicher von vorneherein sauren Substraten stattgefunden. Bei einer pedogenetischen Erklärung müßte dagegen nach der Sedimentation immerhin eine Umbildung von Glimmern bzw. Illiten zu Vermiculiten oder Smectiten bis zu den rezenten Stadien der Dechloritisierung abgelaufen sein.

Literatur:

- BLUM, W. (1976): Bildung sekundärer Al-(Fe-)Chlorite. - Z. Pflanzenemähr. Bodenkd. 1, 107-125.
- BLUME, H.-P. (1968): Stauwasserböden. - Arbeiten der Universität Hohenheim (Landwirtschaftliche Hochschule) 42, 244 S.
- BRONGER, A., E. KALK & D. SCHROEDER (1974): Zur Silikatverwitterung sowie Entstehung und Umwandlung von Tonmineralen in Lößböden. - Mitt. Dtsch. Bodenkd. Ges. 18, 394-401.
- FANNING, D.S., Z.V. KERAMIDAS & M.A. EL-DESOKY (1989): Micas. - Dixon, J.B. & S.B. Weed (Hrsg.): Minerals in Soil Environments. - SSSA Book Series 1, Madison (Wisconsin, USA), 551-634.
- FRANK, U. & H. GEBHARDT (1989): Mineralverwitterung, Tonmineralumwandlung und Tonzerstörung als Folge starker Bodenversauerung auf ausgewählten Waldstandorten. - Mitt. Dtsch. Bodenkd. Ges. 59, 1163-1168.
- HEIM, D. (1990): Tone und Tonminerale. - Stuttgart, 157 S.
- MAHR, A. (1997): Lockerbraunerden und periglaziale Hangsedimente im Bayerischen Wald. Untersuchungen zu Paläoumwelt und Geomorphodynamik im Spätglazial und ihrem Einfluß auf die Pedogenese. - Diss. Univ. Regensburg, 326 S.
- MEYER, B. & E. KALK (1964): Verwitterungs-Mikromorphologie der Mineral-Spezies in Mitteleuropäischen Holozän-Böden aus pleistozänen und holozänen Lockersedimenten. - JONGERUS, A. (Hrsg.): Soil Micromorphology. - Amsterdam, 109-129.
- NIEDERBUDE, E.A. & H. KUSSMAUL (1978): Tonmineraleigenschaften und -umwandlungen in Parabraunerde-Profilpaaren unter Acker und Wald in Süddeutschland. - Geoderma 20, 239-255.
- NIEDERBUDE, E.A. (1995): Illitisierung von Smectit-Illit-Wechsellagerungen in repräsentativen holozänen Böden aus Löß. - Mitt. Dtsch. Bodenkd. Ges. 76, 1393-1396.
- RAMPAZZO, N. & W.E.H. BLUM (1990): Chemisch-mineralogische Zustandsänderungen von Waldböden durch Luftimmisionen. - Mitt. Dtsch. Bodenkd. Ges. 62, 133-136.
- SCHWEIKLE, V. (1973): Die Stellung der Stagnogleye in der Bodengesellschaft der Schwarzwaldhochfläche. - SCHLICHTING, E. & U. SCHWERTMANN (Hrsg.): Pseudogley & Gley. - Weinheim, 181-186.
- TRIBUTH, H. (1990): Die Tonmineralentwicklung in Abhängigkeit von der Bodengenese. - Mitt. Dtsch. Bodenkd. Ges. 62, 153-156.
- STUCKI, J. (1995): Soil environmental significance of iron redox processes in smectites. - unveröff. Vortrag anlässlich der Tagung 'Soils and Environment', 23. und 24. Oktober, Freising-Weißenstephan.
- VEERHOFF, M. & G.W. BRÜMMER (1993): Bildung schlechtkristalliner bis amorpher Verwitterungsprodukte in stark bis extrem versauerten Waldböden. - Z. Pflanzenemähr., Bodenkd. 156, 11-17.
- VÖLKELE, J. (1994): Tonminerale in Waldböden des Mittelgebirgsraumes. Herkunft, versauerungsbedingte Transformation und ökologische Bedeutung. - Ber. Deutsche Ton- u. Tonmineralgruppe (DTTG), 78-100.
- VÖLKELE, J. (1995): Periglaziale Deckschichten und Böden im Bayerischen Wald und seinen Randgebieten als geogene Grundlagen landschaftsökologischer Forschung im Bereich naturnaher Waldstandorte. - Z. Geomorph. N.F. Suppl. 96, 301 S.
- VÖLKELE, J. & A. MAHR (1997): Neue Befunde zum Alter der periglazialen Deckschichten im Vorderen Bayerischen Wald - Z. Geomorph. N.F. 41, 131-137.

Mineralzusammensetzung, -neubildung und Bodenentwicklung auf Skarn in Südportugal

von

ZAREI, M.; WESSER, K. D.; STAHR, K.

Einleitung und Fragestellung

Das Untersuchungsgebiet befindet sich ca. 150 km westlich von Lissabon im Alentejo in Südportugal. Der Alentejo ist durch ein flachwelliges Relief gekennzeichnet, das nur von einigen Hügelketten durchbrochen wird. Bei der Faltung und Metamorphose paläozoischer Gesteine der Ossa-Morena-Zone Iberiens im Karbon entstanden auch Marmore (LAUTENSACH 1964). Im Untersuchungsgebiet (südlich von Viana do Alentejo) intrudierten später Gabbros und Diorite. In Kontaktbereichen zu Marmoren wurden erneut Metamorphite gebildet. Die Marmore bilden das westliche Ende der Serra de Portel, eines Bergrückens, der das tertiäre Sadobecken nach Norden abschließt. Das Klima ist mediterran mit einer Jahresmitteltemperatur von 16° C und einer Jahressumme der Niederschläge von 650-850 mm. Die "Terra rossa"-Bodengesellschaft auf Marmor wird von Rendzic Leptosolen, Chromic Luvisolen und vereinzelt Nitisolen geprägt. Im Dioritgebiet dagegen treten Cambisole und Luvisole auf, die am Unterhang in Planosole und Vertisole übergehen. Eine pedogenetische Besonderheit im Untersuchungsgebiet sind die schwarzbraunen Böden, die im Marmorgebiet auftreten und den Phaeozemen zugeordnet werden (WESSER 1997). Der untersuchte Haplic Phaeozem 1 (PHh1) liegt unmittelbar am Ortsrand von Viana do Alentejo. Die Profiltiefe beträgt ca. 95 cm, und der Boden ist durch zwei Ah- und zwei Bw-Horizonte gekennzeichnet. Haplic Phaeozem 2 (PHh2) liegt etwa 500 m südlich vom PHh1 entfernt in einem Olivenhain. Das mit 1,5 m tiefgründigere Profil ist in zwei Ah-, einen AhBw- und zwei Bw-Horizonte unterteilt. Da die Nutzung der Phaeozeme und Luvisole gleich war und auch keine typische Relief-form beobachtet wurde, sollte hier folgenden Fragen nachgegangen werden: Warum können Phaeozeme im Mediterranraum auftreten? Was ist die Ursache für Farbe und Struktur der Phaeozeme? Welche Minerale sind im Ausgangsgestein vorhanden? Welche Minerale und welche Mineralneubildungen charakterisieren die Phaeozeme?

Ergebnisse und Diskussion

Die pH-Werte liegen um pH 7. Nur im Unterboden des PHh2 gehen die pH-Werte um eine Einheit bis auf 6 zurück. Die Karbonatgehalte sind niedrig und bewegen sich in der Regel unter 1 %, d.h. die Profile sind fast vollständig entkalkt. Der organische Kohlenstoff im Oberboden erreicht Werte knapp über 0,6 %, die für die Ausweisung als mollic A horizon (diagnostischer Horizont der Phaeozeme) benötigt werden. In den Unterböden gehen die Humusgehalte auf 0,2 % zurück, dennoch nimmt die dunkle Bodenfarbe leicht mit der Tiefe zu. Die Humusgehalte können daher nicht allein die Ursache für die dunkle Farbe (5YR3/3) im gesamten Profil sein. Bei den austauschbaren Kationen dominiert Ca, neben wenig Mg und kaum Na sowie K. Die Basensättigung erreicht Werte deut-

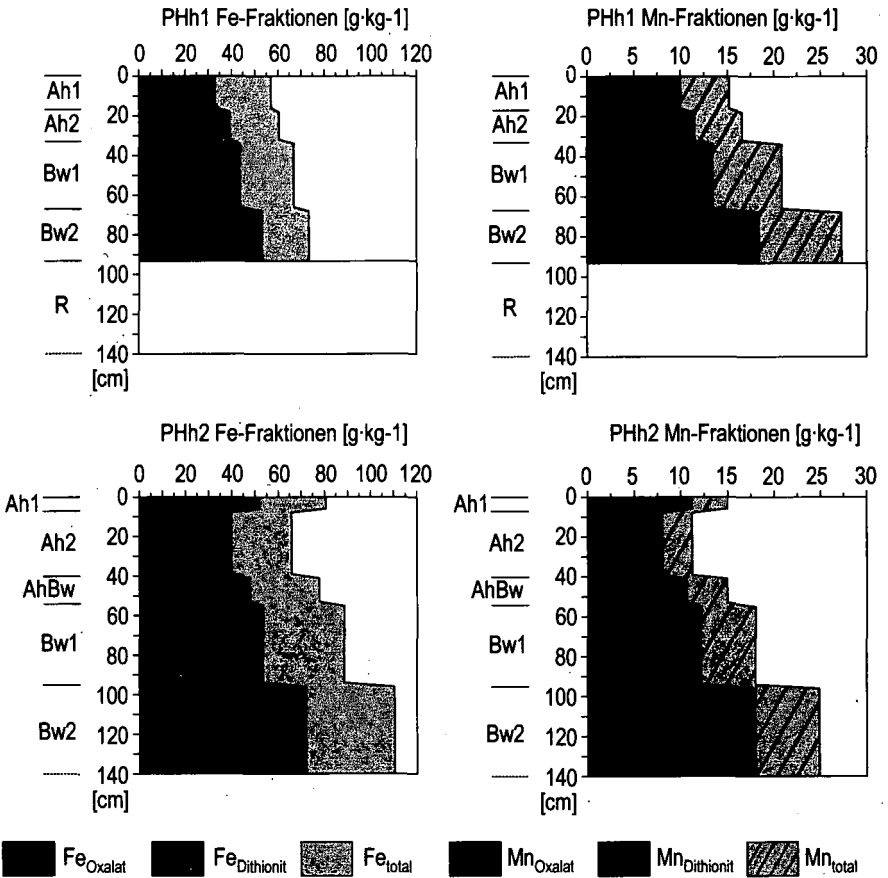


Abbildung 1: Tiefenfunktionen der Fe- und Mn-Oxide

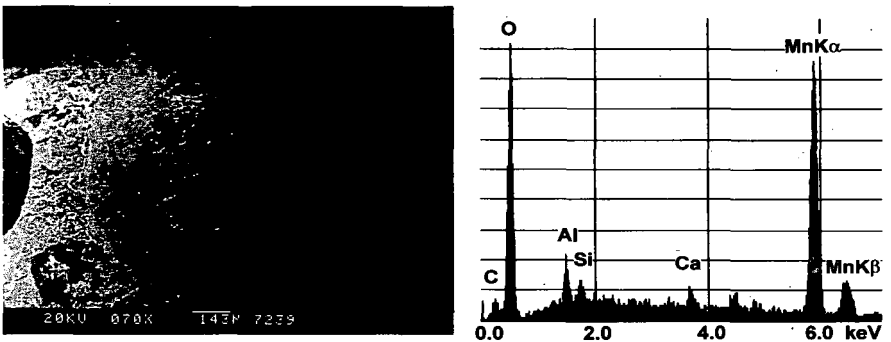


Abbildung 2: REM- (links) und EDAX-Aufnahme (rechts) einer Konkretion in PHh1 Bw1

lich über 50 % (WESSER 1997). Die Korngrößenverteilung im PHh1 ergibt Tongehalte, die mit der Tiefe von 15 % auf 30 % zunehmen, um 30-35 % Schluff und der Rest ist Sand. PHh2 zeigt keine deutliche Veränderung mit der Tiefe, und die Anteile aller Feinerde-Fractionen bewegen sich zwischen 30-33 %. Die Tonminerale bestehen überwiegend aus Kaolinit sowie wenig Illit, Vermiculit und Smectit. Neben diesen Mineralen wurde auch Talk festgestellt. Talk ist ein metamorphes Mineral, das im Kontaktbereich von Marmor auftreten kann. Dithionitlösliches Fe zeigt in beiden Phaeozemen eine zunehmende Tiefenfunktion. Im PHh1 werden Werte bis zu 5 % und im PHh2 bis über 7 % erreicht. Oxalatlösliches Fe ist in sehr geringer Menge vorhanden ($\overline{\text{Fe}}_{\text{O/d}}=0,04$). Gesamteisen steigt im PHh1 bis über 7 % und im PHh2 sogar bis über 10 % an. Die dithionitlöslichen Mn-Gehalte sind in den Phaeozemen relativ hoch und die Gesamtgehalte des Mangans nehmen in den Unterböden bis über 2,6 % zu (Abb. 1).

Aufgrund der chemischen Daten entstand der Ansatz, mineralogisch nach der Herkunft der hohen Fe- und Mn-Gehalte zu suchen. Im Gestein konnten neben Ortho- und Klinopyroxenen Feldspäte, Granate, Magnetit, Cordierit und Wollastonit festgestellt werden. Die gesteinsbildenden Minerale in den Ah-Horizonten der Phaeozeme sind zum großen Teil in tonige, schluffige Fe- und Mn-oxidhaltige Feinsubstanz übergegangen. Es kommen hier noch angewitterte Mineralreste von Pyroxenen, Granaten und Feldspäten vor. Aus der Verwitterung der Pyroxene (Enstatit, Bronzit, Diopsid, Hedenbergit und Augit) sowie der Granate (Almandin, Grossular und Andradit) sind Fe- und Mn-Oxide/-Hydroxide neugebildet worden. Röntgendiffraktometrisch wurden Hämatit und Goethit nachgewiesen. Trotz der hohen Mn-Gehalte (Abb. 1) konnten keine Mn-Oxide oder -Hydroxide gefunden werden. Es kann davon ausgegangen werden, daß Mn zum Teil in Fe-Oxiden als Substituent eingebaut ist. Nach CORNELL und SCHWERTMANN (1996) kann Mn bis zu $0,15 \text{ mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ Fe in Goethit ersetzen und dabei voll in die Struktur eingebaut werden. Die Matrix im Oberboden ist durch diese fein verteilten Neubildungen und auch durch Humusanreicherung kräftig dunkelbraun bis schwarz gefärbt. Es konnten direkte Umwandlungen von Granaten und Pyroxenen in feine, schuppige chloritisch-vermiculitische Tonminerale beobachtet werden. Die chemischen Analysen (EDAX) dieser Umwandlungen zeigen hohe Mg-Gehalte. Durch die Verwitterung der primären Minerale sind in den Mineralkörnern und/oder unmittelbar am Rand der Körner Fe- und Mn-Oxidausscheidungen zu finden. Diese Neubildungen sind stellenweise mit Carbonaten oft kreisförmig um silikatische Körner angelagert, was auf Konkretionsstrukturen hinweist. Die chemischen Analysen (EDAX) an diesen Strukturen zeigen hohe Fe- und/oder Mn-Gehalte (Abb. 2). Diese Konkretionen sind unterschiedlich entwickelt und haben in der Regel Kristallisationskerne wie Quarz, Granat oder Pyroxen. In den Unterböden (Bw-Horizonte) liegen deutlich mehr angewitterte primäre Minerale als in den Oberböden vor. Verwitterungsarten und Mineralneubildungen im Unterboden unterscheiden sich vom Oberboden kaum. In Dünnschliffen lassen sich die direkten Umwandlungen, Mineralneubildungen und Konkretionen beobachten. Die Verwitterungsprozesse und pedogenen Neubildungen konnten lichtmikroskopisch bestimmt und chemisch mit EDAX bestätigt werden. Nach den chemischen Analysen enthält die Matrix neben Si, Al und Ca auch hohe Fe- und Mn-Gehalte. Diese beruhen auf pedogen neugebildeten Oxiden und Hydroxiden, die im Zuge der Verwitterung primärer Minerale ausgeschieden wurden. Durch diese in der Matrix der Feinerde fein verteilten Oxide/Hydroxide sind die Unterböden ebenfalls dunkel gefärbt.

In den Ausgangsgesteinen der Phaeozeme sind Feldspäte, Pyroxene, Phlogopit, Wollastonit, Chlorit, Magnetit und Quarz lichtmikroskopisch und röntgendiffraktometrisch bestimmt worden. Diese

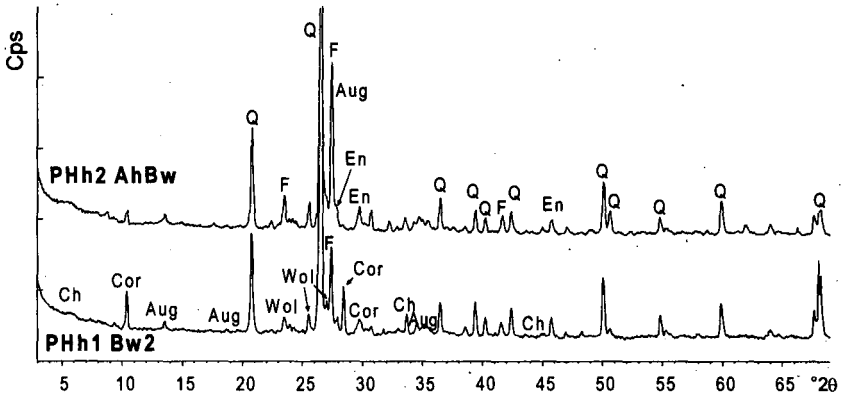


Abbildung 3: Röntgendiffraktogramme der Feinsandfraktionen ausgewählter Horizonte

gesteinsbildende Mineralabfolge wiederholt sich in Sand- und Schlufffraktionen der FE (Abb. 3). Die Granate (Grossular, Almandin, Andradit) Pyroxene (Diopsid, Hedenbergit), Wollastonit und Magnetit sind typische Minerale für bestimmte kontaktmetamorphe Gesteine, die als Skarn bezeichnet werden (WIMMENAUER 1985). Normalerweise treten sie in karbonatischen Gesteinen nach magmatischen Intrusivkontakten auf. Charakteristisch für kontaktmetamorphe Skarne sind Magnetit-Vererzungen (NEMEC 1975). Bei Untersuchungen im Marmorcomplex von Viana do Alentejo fand CARVALHOSA (1971) Magnetit-Vererzungen, deren Genese er aber nicht weiter untersuchte. Der während der Kartierung aufgetretene Widerspruch, weshalb auf Marmoren neben Chromic Luvisolen und Nitisolen auch Phaeozeme entwickelt sind, konnte durch mineralogische Untersuchungen geklärt werden: Die Phaeozeme sind nicht auf Marmoren sondern auf Skarnen entwickelt. Die dunkle Farbe rührt hauptsächlich von den feinverteilten Mn- und Fe-Oxiden her. Durch den Restkalkgehalt und hohe Tongehalte verhalten sie sich ökologisch trotzdem wie Phaeozeme.

Schlußfolgerungen

In erster Linie bestimmen petrographische Unterschiede die unterschiedlichen Bodenentwicklungen im Untersuchungsgebiet. Während sich auf Marmoren Chromic Luvisole und Nitisole entwickelt haben, entstanden die Phaeozeme auf Skarnen. Die Ursache für die braunschwarze Bodenfarbe der Phaeozeme beruht neben Humus im Oberboden im gesamten Profil auf hohen Gehalten fein verteilter Fe- und Mn-Oxide bzw. -Hydroxide. Die Quelle dieser großen Fe- und Mn-Mengen ist die Mineralparagenese der Skarne. Aus der Verwitterung der primären Minerale, wie z.B. Pyroxenen und Granaten, entstanden Tonminerale, Hämatit und Goethit.

Literatur

CARVALHOSA, A. B. E (1971): Estudos geológico-petrográfico da região de Viana do Alentejo-Alvito.- Bol. Soc. Geol. Portugal, 18: 7-56; Lisboa. CORNELL, R. M. & SCHWERTMANN, U. (1996): The Iron Oxides. Structures, Properties, Reactions, Occurrence and Use.- 573 S.; Weinheim, Chemie. LAUTENSACH, H. (1964): Die Iberische Halbinsel.- 700 S.; München, Keyser. NEMEC, D. (1975): Paragenetische Analysen der regionalmetamorphen Skarne Westmährens.- Chem. Erde, 34: 62-84; Jena. WESSER, K. D. (1997): Bodenvergesellschaftungen auf dem paläozoischen Marmorcomplex von Viana do Alentejo als Folge känozoischer Landschaftsgenese im Mediterranraum.- 126 S.; Stuttgart/Hohenheim. - [unveröff. Dipl.-Arb. Univ. Stuttgart] WIMMENAUER, W. (1985): Petrographie der magmatischen und metamorphen Gesteine.- 382 S.; Stuttgart, Enke.

BEITRÄGE

der

AG ÖKOLOGIE

Band 85

Heft III

1997

Bodenqualitätsziele, Ergebnisse einer Podiumsdiskussion

von

BROLL, G.

Der Podiumsdiskussion der AG Bodenökologie zum Thema Bodenqualitätsziele gingen fünf einführende Vorträge voraus. Nach der Einbindung in den Rahmen des Bodenschutzes (RÜCK 1997) und der Betrachtung des Themas Bodenqualität aus verschiedenen Fachrichtungen (ECKERT 1997, KRATZ et al. 1997, NECKER 1997) folgte die Vorstellung eines konkreten Bewertungsschemas für Bodenqualität anhand bodenbiologischer Untersuchungen (RÖMBKE 1997).

Ausgehend von einer recht allgemein gehaltenen Definition von Bodenqualität (soil quality = capacity of a soil to function, DORAN 1994, KARLEN et al. 1997), wurde in der anschließenden Diskussion sehr schnell deutlich, daß die genannte Definition nur sinnvoll ist, wenn vorher Ziele definiert werden, die auf die Erhaltung bestimmter Bodenfunktionen ausgerichtet sind. Bodenqualität ist demnach nicht generalisierbar. Die Formulierung von Qualitätszielen sollte nicht nur den Naturwissenschaftlern überlassen bleiben. Eine derartige Bewertung ist auch gesellschaftlicher, politischer und ethischer Natur.

Nur in wenigen Fällen ist gefordert, jeweils nur eine der Bodenfunktionen, z. B. die Lebensraumfunktion des Bodens, zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Dieses würde z. B. für einen Hochmoorstandort in einem Naturschutzgebiet gelten, der u. U. durch Immissionen beeinträchtigt wird, aber keinerlei Nutzung unterliegt. Werden Böden genutzt, so ist es in der Regel notwendig, an einem Standort mehrere Bodenfunktionen zu gewährleisten, d. h. Böden sind multifunktionell. Sehr häufig kommt es z. B. zu Zielkonflikten bei dem Versuch der gleichzeitigen Erhaltung der Produktions- und der Lebensraumfunktion. Die Landwirtschaft versucht daher zunehmend, beiden Funktionen durch eine nachhaltige Bewirtschaftungsweise gerecht zu werden. Im Hinblick auf die Produktionsfunktion gibt es zur Beurteilung der Bodenqualität bereits sehr viel Erfahrung, z. B. über optimale Nährstoffgehalte. Die Bodenqualität ist in diesem Fall definiert, vor allem was die

stabilen Merkmale angeht. Im Hinblick auf die Lebensraumfunktion liegt dagegen wesentlich weniger Erfahrung vor. Die Diskussion, ob der Produktions- oder der Lebensraumfunktion als einer natürlichen Bodenfunktion ein höherer Stellenwert eingeräumt werden sollte, wurde kontrovers geführt, kann aber auf der rein naturwissenschaftlichen Ebene allein nicht gelöst werden. Ziel innerhalb der bodenkundlichen Forschung kann es jedoch sein, die Grenzen aufzuzeigen, an denen die natürlichen Bodenfunktionen durch direkte oder indirekte Nutzung irreversibel beeinträchtigt werden, um dadurch Böden als Teile von Ökosystemen nachhaltig schützen zu können.

Die Bewertung eines Standortes sollte nicht nur über die aktuelle Nutzung erfolgen, sondern auch die potentielle Nutzung einbeziehen. Dazu ist es nötig, die Kenntnis über Bodenorganismen und bodenökologische Prozesse naturnaher Standorte zu erweitern. Nur auf diese Weise ist es möglich, für verschiedene Standorttypen "Istwerte" mit "Sollwerten" bei bestehenden bzw. zukünftigen Nutzungen zu vergleichen. Daraus lassen sich dann wiederum Empfehlungen für eine standortangepaßte Nutzung ableiten. Dieser Bezug zu naturnahen Standorten ist nicht ganz unproblematisch, da diese sich im Laufe der Zeit verändern und einer Sukzession unterliegen.

Im zweiten Teil der Diskussion standen Methoden zur Kontrolle von Bodenqualität im Vordergrund (vgl. auch DORAN & JONES 1996). Im Vergleich zu physikalischen und chemischen Methoden gibt es noch viel Forschungs- und Diskussionsbedarf im Bereich der Anwendbarkeit biologischer Methoden (vgl. auch PANKHURST et al. 1997). Es werden verschiedene Methoden für unterschiedliche Nutzungen bzw. Standorte benötigt. Mit Hilfe mikrobiologischer Methoden, z. B. der Bestimmung der mikrobiellen Biomasse mit der SIR-Methode, sind bereits sehr viele Daten an verschiedenen Standorten erhoben worden, die für eine Bewertung der Bodenqualität herangezogen werden könnten. Die Datenmenge ist größer als häufig angenommen. Ein vorrangiges Ziel sollte es daher sein, erst einmal die bislang vorhandenen Daten auszuwerten, um dann gezielt Defizite aufzeigen zu können. Ein Schwerpunkt bodenzoologischer Untersuchungen im Zusammenhang mit Bodenqualitätskriterien liegt auf Indikatororganismen, die eine Zustandsänderung eines Bodens und damit auch eine irreversible Schädigung anzeigen können. Dieses Indikatorensystem sollte berücksichtigen, daß Ökosysteme hierarchisch organisiert sind und daß dort ganz unterschiedliche Zeitskalen eine Rolle spielen. Es ist ein Unterschied, ob Mikroorganismen oder langlebigere Organismen reagieren. Zustandsänderungen eines Ökosystems sollten jedoch nicht nur über die Organismen selbst erfaßt werden, sondern ergänzend sind Summenparameter, wie z. B. die Geschwindigkeit des Abbaus der organischen Substanz, heranzuziehen.

Zukünftige Forschung sollte zur Klärung der Frage beitragen, wie flexibel der Boden bzw. die Bodenorganismen auf eine Änderung reagieren können ("biologisches Puffervermögen"). Diese Puffer- und damit auch Regenerationsfähigkeit ist immer über die Art der Belastung zu definieren. Ein wichtiger Punkt ist in diesem Zusammenhang, ob die Zönosen reversibel oder irreversibel geschädigt wurden. Die Kenntnis über die Reaktion der Bodenorganismen auf bestimmte Schadstoffe ist noch sehr lückenhaft. Im Vergleich zur Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Mikroorganismen, ist die Kenntnis über die Wirkung auf Bodentiere erheblich geringer. Speziell in diesem Bereich fehlen Langzeituntersuchungen. Die zukünftige Arbeit sollte sich daher unter anderem auf die Wirkung einzelner Schadstoffe auf Bodenorganismen konzentrieren. Innerhalb des Bundesverbandes Boden wird zu diesem Zweck ein neuer Fachausschuß "Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfades Bodenverunreinigungen - Bodenorganismen" im Oktober 1997 seine Arbeit aufnehmen. Empfehlungen, nach denen im europäischen Ausland z. T. bereits vorgegangen wird, wonach die Vernichtung von 5% aller Organismen eines Standortes hingenommen werden kann (LØKKE et al. 1994), ist aus wissenschaftlicher Sicht sehr umstritten. Parallel zu diesen eher ökotoxikologischen Fragen und der Identifizierung der bereits genannten Indikatororganismen, die von den Naturwissenschaftlern geleistet werden kann, sollte eine Klassifizierung sowohl naturnaher Standorte als auch verschiedener Nutzungstypen im Hinblick auf die Bodenqualität angestrebt werden. Eine begleitende gesamtgesellschaftliche Diskussion zur Erarbeitung von Qualitätszielen ist jedoch unerlässlich, da ansonsten kaum der notwendige Schritt von einer Kontrolle der Bodenqualität hin zu Handlungsempfehlungen erfolgen kann.

Literatur

- DORAN, J.W. & A.J. JONES (eds.) (1997): Methods for assessing soil quality. SSSA Special Publication Number 49. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin.
- DORAN, J.W., COLEMAN, D.C., BEZDICEK, D.F. & B.A. STEWART (eds.) (1994): Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Special Publication Number 35. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin.
- ECKERT, H. (1997): Zur Eignung von Bodenqualitätszielen für die landwirtschaftliche Praxis. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., dieser Band.
- KARLEN, D.L., MAUSBACH, M.J., DORAN, J.W., CLINE, R.G., HARRIS, R.F. & G.E. SCHUMAN (1997): Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 4-10.

- KRATZ, W., BROSE, A. & S. PIEPER (1997): Bodenqualitätsziele aus Sicht der Bodenzologie. Ökotoxikologische Bewertung von BaP für den Bereich der Vorsorge am Beispiel von Rieselfeldböden. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., dieser Band.
- LØKKE, H., MØLLER, J. & B. CHRISTIENSEN (1994): Terrestriske belastningstal for pesticider (In Danish with English Summary: Terrestrial impact factors for pesticides). - Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstryrelsen Nr. 4., Miljøministeriet 75pp.
- NECKER, U. (1997): Bodenqualitätsziele aus Sicht der Bodenmikrobiologie, Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., dieser Band.
- PANKHURST, C., DOUBE, B. & V. GUPTA (eds.) (1997): Biological indicators of soil health. Wallingford.
- RÖMBKE, J. (1997): Ein Instrument zur Entwicklung von Bodenqualitätszielen: Das BBSK-Konzept. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., dieser Band.
- RÜCK, F. (1997): Bodenqualitätsziele für den Schutz der Ressource Boden. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., dieser Band.

Streuabbau und Mineralisierung in einem Modellökosystem mit *Lumbricus terrestris*

von

FÖRSTER, B..

Einleitung

Im Rahmen der Registrierung von Chemikalien nach dem Chemikaliengesetz (ChemG) werden verschiedene ökotoxikologische Prüfungen vorgeschrieben, um mögliche Risiken für die Umwelt abzuschätzen. Dabei handelt es sich in der Regel um Monospezies-Tests, die unter standardisierten und reproduzierbaren Laborbedingungen durchgeführt werden. Mögliche indirekte Effekte infolge einer Beeinträchtigung der Interaktion von Organismen und Umwelt sowie Wirkungen auf wichtige ökosystemare Funktionen werden hierbei nicht berücksichtigt. Es ist allgemein anerkannt, daß die Übertragbarkeit der Ergebnisse solcher Labordaten auf die komplexe Freilandsituation mit einer großen Unsicherheit verbunden ist. Terrestrische Modellökosysteme (Mikrokosmen) gewinnen daher als Werkzeug zur Prüfung ökotoxikologischer Wirkungen auf komplexe Systeme zunehmend an Bedeutung (Morgan & Knacker 1994, Knacker & Römbke 1997).

Eine der zentralen Ökosystemfunktionen ist der Prozeß der Dekomposition und Mineralisierung (Streuabbau), wodurch die in totem organischen Material festgelegten Nährstoffe freigesetzt und der Primärproduktion wieder zur Verfügung gestellt werden. Um entscheiden zu können, ob der Streuabbau als ökosystemarer Parameter (Assessment Endpoint) für ökotoxikologische Untersuchungen im Labormaßstab eingesetzt werden kann, mußten folgende Fragen beantwortet werden:

- **Kann die Netzbeutelmethode zur Erfassung der Dekomposition in einem standardisierbaren Mikrokosmos-System eingesetzt werden ?**

- **Läßt sich Streuabbau im Mikrokosmos innerhalb eines kurzen Versuchszeitraumes quantitativ und qualitativ erfassen ?**

* ECT Oekotoxikologie GmbH, Böttgerstr. 2 - 14, D-65439 Flörsheim

Material und Methoden

Im Rahmen eines Vorversuchs wurde ein Set aus 8 Mikrokosmen zusammengestellt:

4 Mikrokosmen mit *L. terrestris* und Netzbeutel, Maschenweite 0.002 mm (fein),

3 Mikrokosmen mit *L. terrestris* und Netzbeutel, Maschenweite 5.0 mm (grob)

1 Mikrokosmos ohne *L. terrestris* und Netzbeutel, Maschenweite 5.0 mm (grob)

Die Mikrokosmen bestanden aus PVC-Rohren (H = 30 cm, Ø = 10 cm) und waren mit Boden gefüllt. Auf der Bodenoberfläche war ein Netzbeutel mit Streumaterial exponiert. Pro Mikrokosmos wurden 5 Regenwürmer (*Lumbricus terrestris* L.) eingesetzt.

Boden: Parabraunerde aus Löß, gesiebt (<2 mm), pH (H₂O) 7.0

Streu: Heu (Stengel und Blätter der Gräser einer Tal-Glatthaferwiese) in Netzbeuteln

Netzbeutel grob: Maschenweite 5.0 mm

Netzbeutel fein: Maschenweite 0.002 mm

Alle Mikrokosmen wurden in einem Klimaschrank bei +10° C über einen Zeitraum von 28 Tagen im Dauerdunkel inkubiert. Bei Experimentbeginn sowie nach 14 und 28 Tagen wurden folgende Parameter bestimmt: Substrat-induzierte Atmung (SIR), mikrobielle Biomasse, Basalatmung, spezifische Atmung, maximale SIR, Cellulaseaktivität; Gewichtsverlust der Streu (aschefrei), Gesamt-C und Gesamt-N, Biomasse von *L. terrestris*. Für eine Beschreibung der Methoden siehe Förster et al. (1996).

Ergebnisse

Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse gibt Tabelle 1.

STREU: Mit *L. terrestris* im Mikrokosmos betrug der Gewichtsverlust der Streu in groben Netzbeuteln über 50%, während er ohne *L. terrestris* im gleichen Zeitraum ca. 20 % betrug; in den feinmaschigen Netzbeuteln betrug der Verlust ebenfalls ca. 20 %.

Mit *L. terrestris* nahm die Substrat-induzierte Respiration (SIR) und die Basalatmung der Streu über den Versuchszeitraum in den groben Netzbeuteln um ca. 40 % ab, während sie in groben Netzbeuteln ohne *L. terrestris* sowie in feinmaschigen Netzbeuteln um ca. 12 % abnahm.

Das C/N-Verhältnis der Streu in den grobmaschigen Netzbeuteln nahm zu, während es in den feinmaschigen Netzbeuteln nahezu unverändert blieb.

Die Cellulase-Aktivität in der Streu nahm unabhängig von *L. terrestris* in den groben und in den feinen Netzbeuteln stark ab.

BODEN: Die mikrobielle Biomasse und die Basalatmung des Bodens war nach 4 Wochen in allen Versuchsvarianten geringer als zu Beginn des Versuchs, während die maximale SIR des Bodens deutlich zunahm.

FAUNA: Die Biomasse von *L. terrestris* nahm in den Mikrokosmen mit grobmaschigen Netzbeuteln um ca. 10 %, mit feinmaschigen Netzbeuteln (keine Fraßmöglichkeit) um ca. 20 % ab.

Diskussion

Der 4wöchige Untersuchungszeitraum war ausreichend, um den Streuabbau in den verwendeten Mikrokosmen zu quantifizieren. Durch die Verwendung von Netzbeuteln unterschiedlicher Maschenweiten konnte zwischen dem Einfluß der Fauna und der Mikroorganismen auf den Streuabbau unterschieden werden. Die Fraßaktivität von *L. terrestris* führte zu einem Streuverlust von ca. 50 % sowie zu einer qualitativen Veränderung der auf der Bodenoberfläche verbleibenden Streu: das C/N-Verhältnis nahm zu und die mikrobielle Aktivität (Respiration) nahm ab. *L. terrestris* frisst offenbar selektiv N-reiches, mikrobiell besiedeltes Substrat. Leaching und mikrobielle Aktivität waren im gleichen Zeitraum zusammen für nur ca. 20 % Gewichtsverlust verantwortlich.

Die Abnahme der mikrobiellen Biomasse sowie der Basalatmung im Boden sind typisch für Mikrokosmen mit geschüttetem Boden und beruhen wahrscheinlich auf einer Abnahme der mikrobiell verfügbaren Nährstoffe im Untersuchungszeitraum hin. Dabei kommt es vermutlich auch zu einer relative Zunahme von r-Strategen innerhalb der mikrobiellen Population. Dies könnte ein Grund für den Anstieg der maximalen SIR im Boden sein. Eine weitere Ursache für diesen Anstieg könnte in einem veränderten N-Status im Boden liegen. Im Laborversuch bewirkte die Zugabe von KNO₃ ebenfalls eine Zunahme der maximalen SIR (Förster et al. 1995).

Literatur

- Förster B., Eder M., Morgan E. & Knacker T. (1996) A microcosm study of the effects of chemical stress, earthworms and microorganisms and their interactions upon litter decomposition.- Eur. J. Soil Biol. 32: 25-33.
- Förster B., Römbke J., Knacker T. & Morgan E. (1996) A microcosm study of the interactions between microorganisms and enchytraeid worms in grassland soil and litter.- Eur. J. Soil Biol. 31: 21-27.
- Morgan E. & Knacker T. (1994) The role of laboratory model ecosystems in the testing of potentially harmful substances.- Ecotoxicology 3: 213-233.
- Knacker T. & Römke J. (1997) Terrestrische Mikrokosmen.- UWSZ - Z. Umweltchem. Ökotox. 9: 219-222.

Tabelle 1. Ergebnisse der Mikrokosmosuntersuchung zu Versuchsbeginn (Start) sowie 14 und 28 Tage nach Inkubation im Klimaschrank bei 10° C im Dauerdunkel.

Meßparameter	Versuchsdauer (Tage)		
	0 (Start)	14	28
<u>Mikrokosmos ohne Regenwürmer, NB-grob</u>			
STREU			
Masseverlust [% aschefreie Trockenmasse]	---	---	22,4*
SIR [$\mu\text{l CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ Streu]	1450.	---	1278
Basalatmung [$\mu\text{l CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ Streu]	614	---	546
Cellulase-Aktivität [$\mu\text{mol Glukose g}^{-1}$ Streu]	1512	---	267*
BODEN			
Mikrobielle Biomasse [$\mu\text{g C}_{\text{mic}} \text{ g}^{-1}$ Boden]	800	796	716
Basalatmung Boden [$\mu\text{l CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ Boden]	3.52	3.25	1.97
SIR _{max} Boden [$\mu\text{l CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ Boden]	78.8	81.5	92.9
<u>Mikrokosmos mit Regenwürmern, NB-grob</u>			
STREU			
Masseverlust	---	---	50.7
C/N-Verhältnis	36.9	---	53.2
SIR	1450	---	863 ± 42
Basalatmung	614	---	350 ± 22
Cellulase-Aktivität	1512	---	628
BODEN			
Mikrobielle Biomasse	788	825	692
Basalatmung	3.70 ± 0.5	3.58 ± 0.0	1.65
SIR _{max}	71.3 ± 1.1	89.7 ± 6.0	99.8 ± 3.7
Biomasse [g FG] <i>Lumbricus terrestris</i>	20.4 ± 0.3	20.1 ± 0.6	18.2 ± 0.7
<u>Mikrokosmos mit Regenwürmern, NB-fein</u>			
STREU			
Masseverlust	---	---	19.3
SIR	1450	---	1232 ± 69
Basalatmung	614	---	553 ± 6
Cellulase-Aktivität	1512	---	776
C/N-Verhältnis	36.9	---	34.3
BODEN			
Mikrobielle Biomasse	807	807	692
Basalatmung	3.7 ± 0.6	3.8 ± 0.6	2.5
SIR _{max}	79.1 ± 1.6	99.5 ± 7.5	104.0 ± 4.2
Cellulase-Aktivität	4.7 ± 0.4	---	2.1 ± 0.3
Biomasse [g FG] <i>Lumbricus terrestris</i>	19.8 ± 1.6	19.5 ± 2.4	15.7 ± 3.2

(---) Wert nicht bestimmt; * Meßwerte nach 49 Tagen Inkubation

Bodenqualitätsziele für die mikrobiologische Reinigung mineralöhlaltiger Böden

von

HÜTTMANN, St.; BEYER, L.

Zusammenfassung

Zur Beurteilung der Bodenqualität von mineralöhlaltigen Böden spielt die Bioverfügbarkeit von Mineralölrestgehalten eine wichtige Rolle. Verschiedene einfache Bodenatmungstests wurden zur Abschätzung der mikrobiologischen Mineralölverfügbarkeit im Zuge von mikrobiologischen Bodensanierungsmaßnahmen durchgeführt. Die Bioverfügbarkeit der Mineralölrestgehalte konnte in verschiedenen Böden durch die Verwendung eines Nährstoffquotienten (Basalatmung/Atmung bei Nährstoffzugabe) dargestellt werden, in Anlehnung an den von Cheng et al. (1996) diskutierten Carbon Availability Index (CAI). Es wird vorgeschlagen, die Bioverfügbarkeit mikrobiologisch gut abbaubarer Schadstoffe durch die parallele Messung von SIR, nährstoffunterstützter Respiration und Basalatmung abzuschätzen.

Einleitung

Für die Beurteilung mineralöhlaltiger Böden existieren eine Reihe von Grenzwertlisten (z.B. LAGA-Liste, Hamburger Liste, Holland-Liste etc.) zur Bewertung des Gefährdungspotentials anhand der Bodenschadstoffgehalte. Auch für die mikrobiologische Reinigung und die Wiederverwertung mineralöhlaltiger Böden werden die o.g. Grenzwerte herangezogen. In der Praxis der mikrobiologischen Bodensanierung greift das Prinzip der Gefährdungspotentialabschätzung auf der Grundlage von Schadstoffrestgehalten zu kurz, weil biogen bedingte natürliche Mineralölgehalte und die Unterschiedlichkeit der Bodenreaktionen auf die Mineralölgehalte nicht berücksichtigt werden. In der Literatur ist die Verwendung von Biotests vorgeschlagen worden mit dem Ziel, neben den reinen Schadstoffgehalten auch die Bioverfügbarkeit der Schadstoffe nachweisen zu können (Ahlf et al., 1993). Folgende Voraussetzungen muß ein Biotest erfüllen, um breite Akzeptanz in der Sanierungspraxis zu erfahren:

- Einfache und schnelle Durchführbarkeit
- Universelle Gültigkeit
- Repräsentativität
- Geringe Kosten

Die Messung von mikrobiellen Atmungsaktivitäten im Boden mit Hilfe der Isermeyer-Methode bzw. im Sapromaten erfüllt alle genannten Voraussetzungen (Alef, 1994). Im folgenden wird eine Meßmethode vorgestellt, die es ermöglicht, anhand einfacher mikrobieller Atmungsreaktionen die Bioverfügbarkeit von Mineralölrestgehalten abzuschätzen.

* Bodensanierungsanlage Itzehoe, Groth & Co., Feldmannstr. 1, 25524 Itzehoe

** Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel, Olshausenstr. 40, 24098 Kiel

Methoden

Mikrobielle Atmungsmessungen wurden als Sauerstoffaufnahme im Sapromat B 12 (Fa. Voith) in 24-Stunden-Inkubationsexperimenten bei 22,0°C durchgeführt.

Als Zuschlagstoffe bei den Atmungsmessungen dienen für die SIR 0,5 Vol% Glukose sowie für die Atmung mit Nährstoffzugabe eine NPK-Düngermischung mit den Spurenelementen B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, die unmittelbar vor der Messung zugesetzt wurde.

Lipophile Kohlenwasserstoffe der Versuchsböden wurden mit 1,1,2-Trichlortrifluorethan (1:2 w/v) 2 Stunden extrahiert. Die Mineralölkohlenwasserstoffe wurden in Anlehnung an die DIN 38409 H 18-Vorschrift quantifiziert (Ripper et al., 1993).

Versuchsboden 1, ein Mittelsand aus einer Aufschüttung, wies einen Kohlenstoffgehalt von 6,9 gC/kg TS und einen eingangsseitigen Mineralölkohlenwasserstoffgehalt (MKW-Gehalt) von 4.560 mg/kg TS auf. Die elektrische Leitfähigkeit betrug 56 $\mu\text{S}/\text{cm}$, der pH-Wert 7,9.

Versuchsboden 2, ein schluffiger Sand, wies einen Kohlenstoffgehalt von 41,7 gC/kg TS und einen eingangsseitigen MKW-Gehalt von 1.430 mg/kg TS auf. Die elektrische Leitfähigkeit betrug 284 $\mu\text{S}/\text{cm}$, der pH-Wert 7,5.

Versuchsboden 3, ein Mittelsand, wies einen Kohlenstoffgehalt von 18,4 gC/kg TS und einen eingangsseitigen MKW-Gehalt von 2.910 mg/kg TS auf. Die elektrische Leitfähigkeit betrug 175 $\mu\text{S}/\text{cm}$, der pH-Wert 7,8

Ergebnisse und Diskussion

Die Atmungsmessungen im Sapromaten sind in den Abbildungen 1 bis 3 dargestellt. Die Basalatmung bleibt unabhängig von der Bodenbehandlung und Witterungseinflüssen nahezu konstant. Die substratinduzierte Respiration (SIR) reagiert uneinheitlich. Die gute Versorgung der 3 Versuchsböden mit MKW-Kohlenstoffquellen läßt sich nur zu Sanierungsbeginn durch den CAI ≈ 1 darstellen. Eine Abschätzung des CAI im weiteren Sanierungsverlauf erscheint aufgrund der uneinheitlichen Tendenz wenig sinnvoll.

Die Reaktion der Bodenatmung auf Düngerzugabe ist dagegen immer deutlich und in allen Versuchsböden ähnlich: Eine maximale Atmungsreaktion erfolgt in der Frühphase der Sanierung (Abb.1: 1.02.97, Abb.2: 21.02.97, Abb.3: 1.11.97), danach erfolgt eine stetige Abnahme, bis sich die Atmungsraten denen der Basalatmung annähern. Demzufolge liegt in den 3 Versuchsböden zunächst eine geringe Nährstoffverfügbarkeit vor, die sich limitierend auf die Basalatmung und C-Quellen-Verwertung auswirkt. Wird die Nährstoffverfügbarkeit durch Düngerzugabe verbessert, so läßt sich durch die resultierende Steigerung der Atmungsaktivität die gute Kohlenstoffverfügbarkeit in den Versuchsböden nachweisen.

Die Abb. 4 bis 6 zeigen witterungsbedingt relativ niedrige MKW-Abnahmeraten grundsätzlich zwischen Januar und April (Bodentemperaturen: -5 bis +5°C). Darüberhinaus sinken die MKW-Abnahmeraten in der Endphase der Sanierung aufgrund der geringen MKW-Gehalte und deren schlechter werdender Bioverfügbarkeit. Ein Vergleich der nährstoffunterstützten Bodenatmungsreaktionen (Abb. 1 - 3) mit den MKW-Abnahmeraten (Abb. 4-6) zeigt, daß der Zeitpunkt des sich verzögernden Mineralölabbau und der nachlassenden Düngerwirkung übereinstimmen (Abb. 1 und 4: Juli; Abb. 2 und 5: Juni; Abb. 3 und 6: Januar).

Diese Testreihen zeigen, daß zur Beurteilung der mikrobiologischen Verfügbarkeit von Kohlenstoffquellen in Böden der Carbon Availability Index als Quotient aus parallel gemessener Basalatmung und SIR nicht ausreicht, weil sich die Nährstoffverfügbarkeit ebenfalls als limitierender Faktor für die mikrobielle Atmungsaktivität auswirken kann. In Kombination mit dem Quotienten aus Basalatmung und nährstoffunterstützter Atmung, einem „Nutrient Availability Index“, sind aber klare Aussagen über die Bioverfügbarkeit von Kohlenstoffverbindungen im Boden möglich.

Schlussfolgerungen

Weder die Basalatmung noch die substratinduzierte Respiration (SIR) bzw. der Carbon Availability Index (CAI) eignen sich isoliert betrachtet zur Abschätzung der Bioverfügbarkeit von Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) in Böden. Durch deutliche Steigerungen der Bodenatmung nach Düngerzugaben im Vergleich zur Basalatmung läßt sich dagegen sowohl die geringe Nährstoffverfügbarkeit als auch die gute Bioverfügbarkeit von Kohlenstoffquellen in stark mineralöhlhaltigen Böden demonstrieren.

Eine kombinierte Messung des „Carbon Availability Index“ sowie des „Nutrient Availability Index“ läßt daher klarere Aussagen über die Bioverfügbarkeit von Kohlenstoffverbindungen im Boden zu. Weitere Versuchsreihen müssen nun zeigen, ob sich diese Ergebnisse auf Böden mit geogen bzw. anthropogen bedingten hohen Salzgehalten übertragen lassen.

Abb. 1: Atmungsaktivitäten im Sanierungsverlauf in Beispielmiete 1

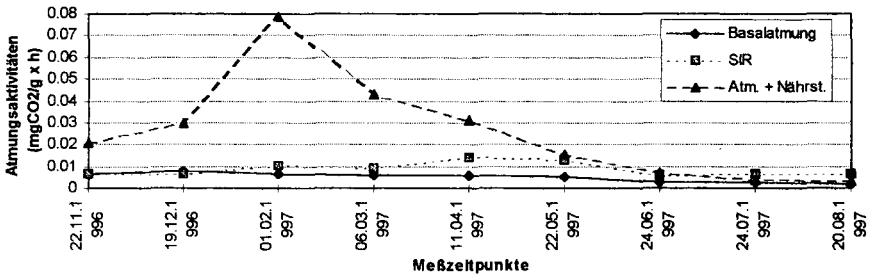


Abb. 2: Atmungsaktivitäten im Sanierungsverlauf in Beispielmiete 2

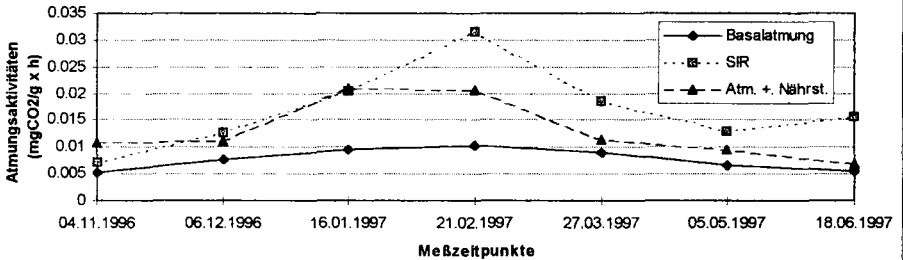


Abb. 3: Atmungsaktivitäten im Sanierungsverlauf in Beispielmiete 3

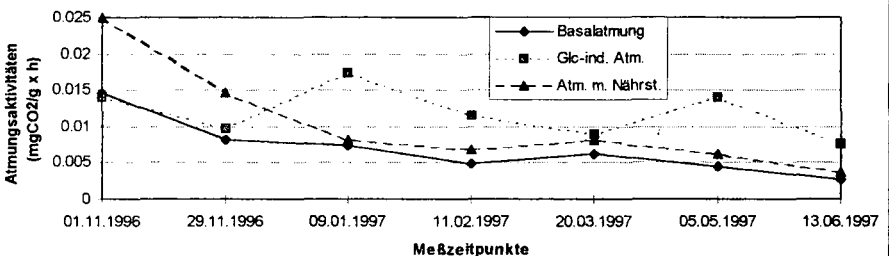


Abb. 4: Mineralölabbau pro Tag in Versuchsboden 1

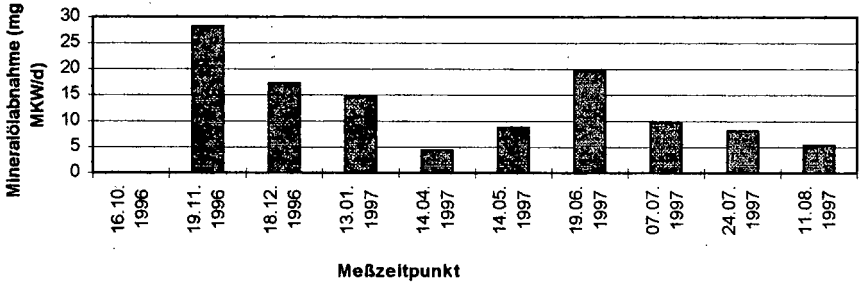


Abb. 5: Mineralölabbau pro Tag in Versuchsboden 2

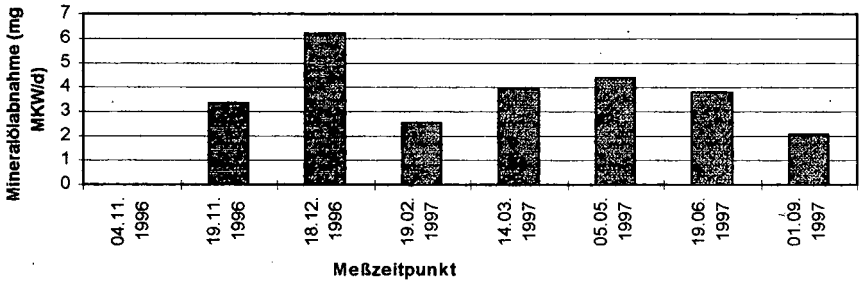
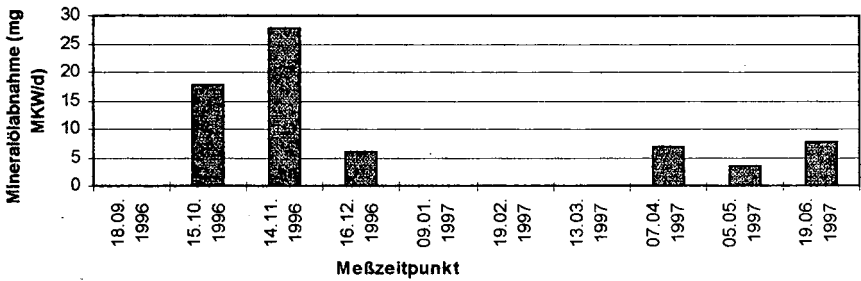


Abb. 6: Mineralölabbau pro Tag in Versuchsboden 3



Literatur

Ahlf, W., Gunkel, J. und Rönnpagel, K. (1993): Toxikologische Bewertung von Sanierungen, aus: Stegmann, R. (Hrsg.): Bodenreinigung; Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung unter Berücksichtigung der bodenkundlichen, analytischen und rechtlichen Bewertung; Dokumentation des 2. SFB 188-Seminars in Hamburg, Economica Verlag, Bonn.

Alef, K. (1994): Biologische Bodensanierung. VCH-Verlag, Weinheim.

Cheng, W., Zhang, Q., Coleman, D., Carroll, C.R. und Hoffman, C.A. (1996): Is available carbon limiting microbial respiration in the rhizosphere? *Soil Biology & Biochemistry* 28, S 1283 - 1288.

Ripper, P., Rippen, G., Friedrich, L. und Hollerbach, A., (1993): Bewertung von Bodenbelastungen mit Mineralölkohlenwasserstoffen, *TerraTech*, 1, S. 35 - 39.

Auswirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf die Bodenmikroflora und die Oligochaeten zweier Standorte in Paraguay

von

KALSCH,W.; FÖRSTER,B.; RÖMBKE,J.; MELLER,M.; KRATZ,W.

1. Einleitung:

Im Auftrag der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Eschborn) wurden im Rahmen eines landwirtschaftlichen Projekts Bodenproben aus Paraguay bodenbiologisch bearbeitet. Im einzelnen wurden an zwei Standorten (Friesland bzw. Obligado) jeweils zwei landwirtschaftlich unterschiedlich bearbeitete Flächen (Konventionell versus Direktsaat) miteinander verglichen. Zusätzlich wurde an beiden Standorten eine nah gelegene Wald-Fläche mit den gleichen Methoden beprobt. Zwei Fragen aus dieser Untersuchung soll im folgenden nachgegangen werden:

- Unterscheiden sich die mikrobielle Biomasse bzw. die Dehydrogenaseaktivität des Bodens und die Oligochaetenzönose der beiden unterschiedlich landwirtschaftlich bearbeiteten Flächen an den beiden Standorten?
- Ist es sinnvoll, Bodenproben zur bodenbiologischen Untersuchung aus den Tropen (in diesem Fall: Paraguay) nach Deutschland zu transportieren?

2. Material und Methoden

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden von Mitarbeitern des GTZ-Pflanzenschutzmittel-Service-Projekts und des Projekts "Bodenkonservierende Landnutzungssysteme" einmalig im September 1996 Bodenproben auf den insgesamt sechs Flächen der beiden Standorte genommen (jeweils eine konventionell oder mit Direktsaat bearbeitete Fläche sowie ein Wald). Eine Kurzcharakterisierung der beiden Standorte ist Tabelle 1 zu entnehmen. Mikrofloraprobe (jew. 10 Einstiche zu einer Mischprobe vereint) wurden mit einem Bohrstock aus 0 - 10 bzw. 10 - 20 cm Tiefe entnommen. Aus den gleichen Schichten wurden 10 * 10 * 10 grosse Blöcke zur Untersuchung der Enchytraeen entnommen, während die Makrofauna noch im Feld per Handauslese aus 50 * 50 cm Flächen gesammelt und in Alkohol gelagert wurde. Die in Plastikbeuteln verpackten Bodenproben wurden nach einer ca. 4-wöchigen Lagerung noch im Oktober in Deutschland weiter verarbeitet. Die folgenden Methoden wurden dabei angewandt:

Mikrobiologie: Substrat-induzierte Atmung (SIR) (ANDERSON & DOMSCH 1978)
Dehydrogenase-Aktivität (MERSI & SCHINNER 1991)

Zoologie: Enchytraeen: Nassextraktion mit Lebendbestimmung (RÖMBKE 1995)
Regenwürmer: Determination des Alkoholmaterials

Da praktisch nichts über die Oligochaetenzönose Paraguays bekannt ist, konnten viele der gefundenen Spezies keiner bekannten Art zugeordnet werden (ZICSI, in Vorb.).

* ECT Oekotoxikologie GmbH, Flörsheim

** Staatliches Museum für Naturkunde, Karlsruhe

*** TerraProtecta GmbH, Berlin

Tab. 1: Klima und Bodeneigenschaften (0 - 10 cm) der beiden Untersuchungsstandorte Friesland und Obligado in Paraguay

Parameter	Friesland	Obligado
Jährlicher Niederschlag	≈ 1600 mm	≈ 1700 mm
Bodentyp	Lehmiger Sand/Sand	Sandiger Ton/Ton
pH-Wert	6,0 - 6,9	5,8 - 6,7
Organischer Gehalt	2,6 - 3,4 %	2,9 - 5,9 %

An beiden, ca. 250 km voneinander entfernten, Standorten war der organische Gehalt im Wald am höchsten, doch ansonsten ähnelten sich die jeweiligen Flächen untereinander stark. Zum Zeitpunkt der Probennahme regnete es in Obligado stark, während es in Friesland trocken war.

3. Ergebnisse

3.1 Mikrobiologie

Neben der zu erwartenden höheren Biomasse in der oberen Bodenschicht im Vergleich zur 10 - 20 cm Schicht ist erkennbar, daß in Obligado die mikrobielle Biomasse auf den jeweiligen Teilflächen ungefähr doppelt so hoch ist wie in Friesland (Tab. 2). Auf den Flächen eines Standorts nimmt die Biomasse von den Konventionell-Flächen über die Direktsaatflächen zu den Wald-Flächen signifikant zu. Zum Vergleich: FEIGL et al. (1995) fanden in Waldböden des Amazonasbeckens in der obersten Bodenschicht (0 - 10 cm) mikrobielle Biomassen zwischen 340 und 1100 $\mu\text{g C}_{\text{mic}}/\text{g}$ Boden.

Tab. 2: Substrat-Induzierte Respiration (SIR) und mikrobielle Biomasse an den beiden untersuchten Standorten Friesland und Obligado.

Fläche	Tiefe [cm]	SIR [$\mu\text{g CO}_2/\text{g/h}$]	Biomasse [$\mu\text{g C}_{\text{mic}}/\text{g}$]	Dehydrogenase [$\mu\text{g Formazan/g/h}$]
Friesland				
Wald	0 - 10	20,7	456,3	142,5
	10 - 20	6,4	140,0	28,7
Konventio.	0 - 10	7,2	158,9	41,9
	10 - 20	4,0	87,7	25,6
Direktsaat	0 - 10	10,4	229,2	72,2
	10 - 20	5,7	124,8	25,7
Obligado				
Wald	0 - 10	50,0	1102,1	247,2
	10 - 20	17,8	392,3	95,3
Konventio.	0 - 10	15,3	337,2	68,2
	10 - 20	7,3	160,7	31,3
Direktsaat	0 - 10	24,4	537,8	97,1
	10 - 20	13,5	297,6	37,0

Wie bei der mikrobiellen Biomasse ist bei der Dehydrogenase-Aktivität eine Tiefendifferenzierung zu erkennen (Tab. 2): Mit Ausnahme der Wald-Fläche in Friesland (Faktor 5) liegen die Unterschiede bei einem Faktor von 2 - 3. Auch sonst stimmen die Befunde mit denen der SIR-Untersuchung gut überein: die Proben aus dem Lehmboden von Obligado sind "aktiver" als die von Friesland, wobei die Unterschiede im Oberboden der Wald-Fläche besonders ausgeprägt sind. Die Besiedlung steigt in der Reihenfolge Konventionell - Direktsaat - Wald an beiden Standorten an.

3.2 Zoologie (Oligochaeta)

Die Enchytraeenbeobachtung ergab neben zu erwartenden Verhältnissen (z.B. meist niedrigere Zahlen in der tieferen Bodenschicht; höhere Besiedlung in Obligado aufgrund der höheren Feuchte als in Friesland) auch überraschende Befunde (Tab. 3):

- in Obligado ist die Wald-Fläche besser besiedelt als beide Ackerflächen, während sich in Friesland ein solcher Unterschied nur in bezug auf die Konventionell-Fläche andeutet;
- demnach unterscheidet sich die Direktsaat-Fläche in Obligado nicht von der Konventionell-Fläche, in Friesland dagegen zumindest tendenziell;
- bei allen Aussagen ist zu beachten, daß aufgrund der großen Schwankungsbreite Unterschiede zwischen den Flächen statistisch nicht sicherbar sind.

Die Enchytraeen Südamerikas sind ökologisch bisher nicht bearbeitet worden, doch liegen grobe Schätzungen bei recht geringen Dichten (bis ca. 10.000 Ind/m²; PETERSEN & LUXTON 1982).

Tab. 3: Anzahl der Enchytraeen, Glossoscoleciden und übrigen Regenwürmer (Familien Acanthodrilidae bzw. Octochaetidae) in den obersten 20 cm an den beiden untersuchten Standorten Friesland und Obligado [Ind/m²]

Fläche	Enchytraeidae	Glossoscolecidae	"Regenwürmer"
<u>Friesland</u>			
Wald	1900 ± 3000	4	32
Konventionell	200 ± 3500	32	36
Direktsaat	1500 ± 2400	0	52
<u>Obligado</u>			
Wald	8100 ± 5100	52	4
Konventionell	2000 ± 1500	0	96
Direktsaat	1400 ± 1300	142	272

Zusätzlich zur quantitativen Auswertung wurden die Enchytraeen bis zum Gattungsniveau aufgearbeitet. Demnach kommen an beiden Standorten im Wald deutlich mehr taxonomisch unterscheidbare Gruppen vor als auf den Ackerflächen. Zudem ist die Enchytraeenzönose in Friesland weniger divers als in Obligado. Die beiden Ackerflächen werden primär durch Gattungen dominiert, die auch in Europa zu den typischen Erstbesiedlern im Rahmen eines Sukzessionsprozesses gehören bzw. die oft typisch für anthropogen gestörte Flächen sind (z.B. *Enchytraeus* sp. sowie, seltener, *Fridericia* sp.). Demgegenüber sind auf den Wald-Flächen Arten der Gattung *Achaeta* am häufigsten und zusätzlich treten vereinzelt Gattungen wie *Hemifridericia* oder *Cognettia* auf.

Unter den größeren Oligochäten sind zwei Gruppen unterscheidbar:

- großkörperige "echte" Regenwürmer aus der Familie Glossoscolecidae, eine in ganz Lateinamerika weit verbreitete Gruppe von mehreren hundert Arten. Die in Friesland und Obligado gefangenen Tiere gehören zu zwei bisher nicht bekannten Spezies. Sie werden ggw. von Herrn Prof. Zicsi (Univ. Budapest) bearbeitet.
- kleine, äußerlich nicht unterscheidbare Individuen aus verschiedenen Oligochaetenfamilien (z.B. Octochaetidae), die nur mit sehr hohem Aufwand zu bestimmen sind.

Die Fangzahlen schwanken sehr stark (Tab. 3). Im Gegensatz zu anderen Tiergruppen ist weder bei den Glossoscoleciden noch bei den "kleinen" Regenwürmern ein Anstieg von der Konventionell- über die Direktsaat- bis zur Wald-Fläche zu erkennen. Insbesondere fällt auf, daß auf den Wald-Flächen nur relativ wenige Tiere gefangen wurden. Allerdings ist die Gesamtzahl der erfaßten Tiere in Obligado deutlich höher als in Friesland. Insgesamt liegen die Fangzahlen in der (sehr weiten) Größenordnung, die aus südamerikanischen Wäldern bekannt sind (z.B. RÖMBKE & VERHAAGH 1992). Daten von Ackerflächen liegen aus Lateinamerika bisher nicht vor.

4. Diskussion

Im folgenden werden kurz die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung zusammengefasst (Einzelheiten sind dem ausführlichen Projektbericht zu entnehmen; RÖMBKE & FÖRSTER 1997). Beim Vergleich beider Standorte zeigte sich:

- die mikrobiologischen Parameter Atmung, Biomasse und Dehydrogenaseaktivität zeigen etwa doppelt so hohe Werte in Obligado wie in Friesland. Eine Ursache dafür ist der höhere Tongehalt im Obligado-Boden.
- auch Regenwürmer und Enchytraeen kommen in Obligado häufiger vor.

In Hinsicht auf die unterschiedliche Bodenbearbeitung ist festzuhalten, daß im Vergleich zu den beiden jeweils benachbarten Wald-Flächen sowohl die mikrobiologischen Parameter als auch die Oligochaetenbesiedlung auf eine geringere Beeinträchtigung der Bodenbiozönose auf den Direktsaat-Flächen als auf den konventionell bearbeiteten Flächen hinweisen. Diese Aussagen sind wegen der einmaligen Probennahme nur begrenzt belastbar, so daß langfristig "vor Ort" die Voraussetzungen für eine eigenständige und regelmässige Studien-Durchführung zu schaffen ist.

Bei der Beurteilung des methodischen Ansatzes wird davon ausgegangen, daß biologische Untersuchungen grundsätzlich sinnvoll für die Beurteilung der Auswirkungen bestimmter landwirtschaftlicher Methoden sind. Allerdings sind in den meisten tropischen Staaten die Ressourcen für bodenbiologische Studien kaum vorhanden (z.B. fehlen bodenbiologische Methodenanleitungen (vgl. ANDERSON & INGRAM 1989)). Aufgrund dieser Schwierigkeiten dürfte gegenwärtig die einzige kurzfristig zu realisierende Möglichkeit sein, Experten von der nördlichen Hemisphäre für solche Studien an tropischen Standorten einzubeziehen. Die eigenen Erfahrungen deuten darauf hin, daß es möglich ist, Proben nach standardisierten Methoden in den Tropen zu nehmen und auch nach längerem Transport mit all seinen Unwägbarkeiten aufzuarbeiten. Diese Einschätzung beruht auf dem Nachweis enzymatischer Aktivität und mikrobieller Biomasse sowie von Tierzahlen in Größenordnungen, die aufgrund der abiotischen Kenntnisse über den Standort zu erwarten sind.

5. Literatur

- ANDERSON, J.M. & INGRAM, J.S. (1989): Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. CAB International, Wallingford. 171 S.
- ANDERSON, J.P.E. & DOMSCH, K.-H. (1978): A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.* 10: 215-221.
- FEIGL, B.J., SPARLING, G.P., ROSS, D.J. & CERRI, C.C. (1995): Soil microbial biomass in Amazonian soils: Evaluation of methods and estimates of pool sizes. *Soil Biol. Biochem.* 27: 1467-1472.
- MERSI VON W. & SCHINNER, F. (1991): An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with iodinitrotetrazolium chloride. *Biol. Fert. Soils* 11: 216-220.
- PETERSEN, H. & LUXTON, M. (1982): A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos* 39: 288-388.
- RÖMBKE, J. (1995): Enchytraeen (Oligochaeta) als Bioindikator. *UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox.* 7: 246-249.
- RÖMBKE, J. & FÖRSTER, B. unter Mitarbeit von L. BECK, H. GÖTZ, H. HÖFER, I. HÖSCHLE-ZELEDON, W. KALSCH, W. KRATZ, C. MARTIUS, M. MELLER, J.F. MOLTSMANN, H.-J. SCHALLNASS & M. VERHAAGH (1997): Untersuchung von Bodenproben zweier Standorte in Paraguay. Im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. ECT Oekotoxikologie GmbH, Flörsheim; 44 S.
- RÖMBKE, J. & VERHAAGH, M. (1992): About earthworm communities in a rain forest and an adjacent pasture in Peru. *Amazoniana* XII: 29-49.

6. Danksagung

Wir danken den Kollegen der GTZ GmbH (vor allem Frau Dr. I. Höschle-Zeledon (Eschborn) sowie Herrn R. Derpsch (Asuncion)), die die Bearbeitung dieses Projekts erst ermöglicht haben.

Bodenqualitätsziele aus der Sicht der Bodenzoologie. Ökotoxikologische Bewertung von BaP für den Bereich der Vorsorge am Beispiel von Rieselfeldböden

von

KRATZ,W.; BROSE,A.; PIEPER,S.

1. Einführung

Ausgehend von den zahlreichen im Berliner BMBF-Verbundprojekt (auf Rieselfeldern) „Bodenökologische Untersuchungen zur Wirkung und Verteilung von organischen Stoffgruppen (PAK, PCB) in ballungsraumtypischen Ökosystemen“ (1993-1997) experimentell ermittelten Wirkschwellen, sollen die Gefahren einer Bodenbelastung mit BaP abgeschätzt und chemische, ökotoxikologisch begründete Vorsorgewerte abgeleitet werden.

Ein erster Ansatz der Vereinheitlichung von Prüfwerten auf dem Gebiet des Bodenschutzes wurde für die Bundesrepublik Deutschland von BACHMANN ET AL. (1997) für das untergesetzliche Regelwerk zum Bundesbodenschutzgesetz vorgelegt. Als Grundlage für die Ableitung der Prüfwerte wurden Daten getrennt für die Wirkungspfade Boden-Mensch, Boden-Grundwasser und Boden-Pflanze betrachtet, wobei humantoxikologische Daten zur Quantifizierung menschlicher Exposition im Vordergrund standen. Hierbei wurde durch die Arbeitsgemeinschaft der leitenden Medizinalbeamtinnen und -beamten der Länder eine Ableitung auf der Basis des „unit risks“ vorgenommen, die eine statistische Wahrscheinlichkeit von 1 Krebstoten auf 100 000 Einwohner als Grenze setzt. Eine stärkere Einbeziehung ökotoxikologischer Daten zur Abschätzung von Vorsorgewerten für verschiedene Ökosystemelemente wurde z.B. in den Arbeiten von WAGNER & LÖKKE (1991), VAN STRAALEN & DENNEMAN (1989) und EIJSACKERS & LÖKKE (1996) angeregt. Besonderes Augenmerk wurde in diesen Ansätzen auf die Variabilität zwischen verschiedenen Arten hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffen gerichtet (hier unterscheidet sich prinzipiell der theoretische Bewertungsansatz von Human- und Ökotoxikologie) und auf die Bedeutung einer ökologischen Gefahrenabschätzung für die Erhaltung aller Lebensraumfunktionen eines Ökosystems.

2. Ökotoxikologische Extrapolationsmethoden

Die Abschätzung von tolerierbaren Vorsorgewerten für einzelne Schadstoffe kann unter Verwendung verschiedener Rechenmethoden vorgenommen werden.

Nachfolgend wird die Methode, die von VAN STRAALEN & DENNEMAN (1989) und von WAGNER & LÖKKE (1991) vorgeschlagen wurden, basierend auf Verteilungsmodellen der Empfindlichkeiten getesteter Organismen gegenüber einer Chemikalie. Es wird angenommen, daß LC50- oder NOEC-Werte für einzelne getestete Arten und für alle Arten in einer Gemeinschaft unabhängige Variablen mit einer log-logistischen oder log-normalen Verteilung sind. Ausgehend von dieser Annahme ist es möglich, eine Vorsorgekonzentration zu bestimmen, die für einen bestimmten Anteil von Arten einer Gemeinschaft (p , z.B. = 95 %) oberhalb der NOEC liegt. In der niederländischen und dänischen Bodenschutznormenklatur wird dieser Wert auch als „maximal permissible concentration“ aufgeführt.

*FU Berlin, FB Biologie, Grunewaldstraße 34, D-12165 Berlin,
e-mail: kratzw@zedat.fu-berlin.de

†TU Berlin, FG Bodenkunde, Salzufer 12, D-10587 Berlin

WAGNER & LÖKKE (1991) empfehlen eine Extrapolationsmethode aus NOEC-Daten, die eine Gefahrenkonzentration (hazardous concentration Kp) liefert, oberhalb der die gegenüber der Chemikalie sensiblen reagierenden Arten nicht mehr mit einer statistischen Sicherheit geschützt werden können (d wird normalerweise zwischen 90 % und 99 % festgelegt).

Basierend auf der Gefahrenkonzentration Kp entwickelten WAGNER & LÖKKE (1991) die DIBAEX-Methode (Distribution-Based-Extrapolation) zur Gefahrenabschätzung. Die mit dem DIBAEX-Verfahren errechneten Bodenqualitätskriterien (Kp-Werte) sind stets unter Einbeziehung aller verfügbaren Informationen über die Chemikalie (z.B. Hintergrundkonzentrationen, Bioverfügbarkeit, Persistenz, Emissionswerte) durch Experten zu begutachten und eventuell zu modifizieren (LÖKKE 1994).

3. Ergebnisse

Für die im o.g. BMBF-Verbundprojekt erarbeiteten Wirkschwellen für BaP wurde die DIBAEX-Methode (WAGNER & LÖKKE 1991) angewendet. Die Datengrundlage liefert eine hohe Anzahl von chronischen Wirkkonzentrationen, die alle an miteinander vergleichbaren Bodentypen gewonnen wurden. Dies unterscheidet sich von bisher vorgelegten Abschätzungen von Vorsorgewerten, die vor dem Hintergrund sehr heterogener Substrate bzw. aus Literaturrecherchen erstellt wurden. Darüber hinaus wurden viele der Tests unter Freilandbedingungen durchgeführt, so daß die ökologische Relevanz der Ergebnisse für diesen Standorttyp gesichert ist. Wirkschwellen aus im Verbundprojekt durchgeführten Kombinationsversuchen mit Schwermetallen werden in dieser Studie nicht einbezogen. Die Vielfalt der berücksichtigten Parameter und der beträchtliche Aufwand, der mit der Durchführung von Freilandversuchen verbunden ist, haben allerdings oft eine Prüfung von engen Konzentrationsabstufungen nicht zugelassen. Es muß darauf hingewiesen werden, daß die Qualität von festgelegten NOEC-Werten in einem Versuch immer von der Anzahl der getesteten Konzentrationen abhängt. Andererseits wurden für die Berechnungen der Vorsorgekonzentrationen nur NOEC-Daten aus Versuchen mit Boden oder Streu als Testsubstrat berücksichtigt, so daß aufwendige Extrapolationen aus aquatischen Testergebnissen, wie sie bei mangelnder Datengrundlage oft durchgeführt wurden, nicht erforderlich sind. Ergebnisse aus Testsystemen mit Agar-Agar als Substrat wurden nicht einbezogen.

Bei lipophilen organischen Chemikalien wie BaP, die stark an die organische Substanz im Boden adsorbieren, kann für Bodenorganismen der Belastungspfad über die Nahrung bedeutend sein (BELFROID 1994). Deswegen wurden die Ergebnisse aus Versuchen mit belasteter Streu oder belastetem Futter berücksichtigt, nachdem die Daten auf Bodenkonzentrationen extrapoliert wurden (LÖKKE ET AL. 1994, JENSEN & FOLKER-HANSEN 1995). Die Formel berücksichtigt den Anteil an organischem Kohlenstoff (Corg) in der organischen Matrix und im Boden.

Aus der Datengrundlage wurden folgende Vorsorgekonzentrationen für BaP abgeleitet:

0,01 mg/kg BaP	basierend auf den beobachteten NOEC-Werten
0,08 mg/kg BaP	basierend auf den extrapolierten NOEC-Werten aus den beobachteten LOEC/EC-Werten

Die niedrigen Kp-Werte sind unserer Meinung nach rechnerisch auf das Fehlen höherer Testkonzentrationen in vielen Versuchen zurückzuführen, in denen keine Wirkschwellen beobachtet oder Wirkungen, die bei 100 mg BaP/kg Boden auftraten, nicht signifikant abgesichert werden konnten. Andererseits sind die Ergebnisse aus Freilandversuchen mit Testkonzentrationen von über 100 mg BaP/kg Boden, die auf die Ermittlung chronischer Wirkungen hin angelegt wurden, für die Böden Deutschlands i.a. nicht repräsentativ.

Die niedrigsten NOEC-Werten für BaP (0,1 mg/kg) wurden in Reproduktionsversuchen mit Bodeninvertebraten ermittelt, die zu den am häufigsten in Testbatterien eingesetzten Bodentierarten gehören (*Folsomia candida* - Collembola - und *Eisenia f. fetida* - Lumbricidae).

Im Gegensatz zu den nach ISO und OECD standardisierten Testbedingungen wurden im BMBF-Verbundprojekt für den Berliner Raum kennzeichnende sandige Böden benutzt (Lufta 2.2 und der Rieselfeldboden Ref-Boden, u.a. charakterisiert durch: Corg. = 1,66 %, $KAK_{eff} = 56,7$, pH-Wert_{0,01M CaCl2} = 5,33, Sandanteil: 92,6%), sodaß die Bioverfügbarkeit der organischen Schadstoffe höher ist als in dem in Standardtestverfahren eingesetzten Artificial Soil, dessen Hauptkomponenten Torf und Kaolin sind (KRATZ 1997).

Die höhere Kp-Konzentration für BaP von 0,08 mg/kg, die sich gemäß der US EPA-Methode aus den geschätzten NOEC-Werten ergibt, hat die gleiche Größenordnung wie die beobachteten NOECs für Bodeninvertebraten. Im Hinblick auf eine Ableitung von Vorsorgewerten, die aus ökologischer Sicht eine nachhaltige Sicherung der Bodenfunktionen gewährleisten sollen, scheint uns dieser Wert jedoch zu hoch.

Auf der Grundlage der mit der DIBAEX-Methode errechneten Werte schlagen wir deshalb eine Vorsorgekonzentration für **Benzo(a)pyren** von **0,01 mg BaP/kg Boden** vor.

Unter der Annahme, daß mit dem Schutz der Arten in einem Ökosystem auch dessen Funktionsgefüge geschützt wird, soll die vorgeschlagene Vorsorgekonzentration als ökologische Sicherheitskonzentration verstanden werden, unterhalb der keine irreversiblen Effekte auf Bodenorganismen und -funktionen zu erwarten sind.

4. Diskussion und Ausblick

Die dargestellten Bodenvorsorgewerte sollten als ein bodenbiologisches Instrument neben anderen (z.B. Betrachtung der Belastungspfade Boden-Mensch, Boden-Pflanze, Boden-Grundwasser) bei der Gefahrenabschätzung von belasteten Böden eingesetzt werden. Sie gelten strenggenommen auch nur für Böden mit ähnlichen physiko-chemischen Parametern. Die ermittelten Bodenvorsorgewerte sollten nicht als „Auffüllwerte“ für Bodenbelastungen angesehen werden. Diese sollten generell vermieden bzw. reduziert werden. Die Bodenvorsorgewerte für BaP und PCB 52 geben selbstverständlich keine Vorgaben wieder für andere Schutzgutbetrachtungen. Auch ist die Folgerung unzulässig, daß die Vorsorgewerte überschreitende Bodenbelastungen zwangsläufig auch auf höheren ökosystemaren Ebenen zu entsprechenden Effekten führt.

Die vorgeschlagenen Extrapolationsmethoden werden derzeit vor allem vor dem Hintergrund, daß nicht 100% der Arten der Biozönose durch diese Verfahren geschützt werden, diskutiert. Durch das Zugeständnis, möglicherweise 5% der Arten bei gegebenen Bodenbelastungen zu verlieren, setzt man sich der Gefahr aus, daß unter den 5% hochsensiblen Arten für das Wirkungsgefüge des Ökosystems bedeutsame Arten sind, die dann ihrer Funktion nicht mehr nachkommen können (KRATZ 1997). Andererseits sind Bodenorganismen auch in anthropogen unbelasteten Ökosystemen vielfältigen, natürlichen Stressfaktoren ausgesetzt, die natürliche Dynamik führt auch hier zu mehr oder weniger reversiblen Verschiebungen des Artengefüges an einem Standort.

Zukünftig sind zur Ausfüllung des untergesetzlichen Regelwerks des Bundesbodenschutzgesetzes Vorsorgewerte zu weiteren boden- bzw. altlastenrelevanten Stoffen für einen Fächer von Standorttypen aufzustellen.

Literaturangaben

- ACHAZI ET AL. 1997: Einfluß von anthropogenen Schadstoffen (PAK und PCB) auf terrestrische Invertebraten urbaner Ökosysteme. Abschlußbericht BMBF-Verbundprojekt.
- BACHMANN, G., W.D. BERTGES, W. KÖNIG, 1997: Ableitung bundeseinheitlicher Prüfwerte zur Gefahrenbeurteilung von kontaminierten Böden und Altlasten. - Altlasten Spectrum 2/97, 74-79.
- BELFROID, A. 1994: Uptake of hydrophobic halogenated aromatic hydrocarbons from food by earthworms (*Eisenia andrei*). - Arch. Environ. Contam. Toxicol. 27, 260-265.
- EIJSACKERS, H., H. LØKKE, 1996: Soil ecotoxicological risk assessment. - Ecosystem Health 2/4, 259-270.
- JENSEN, J., M. FOLKER-HANSEN, 1995: Soil quality criteria for selected organic compounds. - Danish Environmental Protection Agency, Working report No. 47, 156 pp.
- KOCH, C., B.-M. WILKE, 1997: Wirkung ausgewählter PAK und PCB auf Mikroorganismen in Rieselfeldböden. Abschlußbericht BMBF-Verbundprojekt.
- KRATZ, W. 1997: Toxizität von Pflanzenschutzmittel für Bodenorganismen. UWSF. Z. Umweltchem. Ökotoxikologie. 9, 213-216.
- LØKKE, H. 1994: Ecotoxicological extrapolation: tool or toy? - In: Donker, N.M., H. Eijsackers, F. Heimbach (Eds.) Ecotoxicology of soil organisms. Lewis Publishers, Boca Raton, pp 411-425.
- LØKKE, H., J. MØLLER, B. CHRISTENSEN, 1994: Terrestriske belastningstal for pesticider (In Danish with English summary: Terrestrial impact factors for pesticides). - Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen Nr.4., Miljøministeriet 75 pp.
- METZ, R., J. DORN, 1997: Untersuchungen zu Einzel- und Kombinationswirkungen von organischen Schadstoffen (PAK, PCB) und Schwermetallen (Cd, Cu) auf Biomasseertrag und Boden-Pflanze-Transfer beim Anbau von Rohstoff- und Energiepflanzen. Abschlußbericht BMBF-Verbundprojekt. 43 S.
- SCHAUB, K., 1995: Einfluß von PAK und heterogen belasteten Rieselfeldböden auf Lebens-zyklusparameter und Biotransformationsenzyme von *Eisenia fetida* im Bodentestsystem unter Laborbedingungen. Diplomarbeit, FU Berlin, Fachbereich Biologie.
- US-EPA 1984: Estimating "concern levels" for contamination of chemical substances in the environment. - Environmental Effect Branch, Health and Environmental Review Division, Environmental Protection Agency of the USA.
- VAN STRAALLEN, N.M., G.A.J. DENNEMAN, 1989: Ecotoxicological evaluation of soil quality criteria. Ecotoxicol. Environ. Safety 18, 241-251.
- VISSER, W. J. F., 1993: Contaminated land polices in some industrialized countries. Technical Soil Protection Committee Report TCB R02.
- VROM, 1994: Environmental quality objectives in the Netherlands. A review of environmental quality objectives and their policy framework in the Netherlands. Risk Assessment and Environmental Quality Division, Directorate for Chemicals, External Safety and Radiation Protection, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment. The Netherlands, 463 S.
- WAGNER, C., H. LØKKE, 1991: Estimation of ecotoxicological protection levels from NOEC toxicity data. - Wat. Res. 25/10, 1237-1242.

Quantitative Analyse der Geometrie von Regenwurm-Gangsystemen unter der Wirkung mechanischer Belastung

von

LANGMAACK, M.; SCHRADER, S.; RAPP-BERNHARDT, U.; KOTZKE, K.

Einleitung

Mechanisch verdichteter Boden bleibt ein großes Problem in der Landwirtschaft, da die Entwicklung hin zu größeren und damit auch schwereren Maschinen noch nicht abgeschlossen ist. Regenwürmer (Lumbricidae) sind wegen ihrer Größe und ihrer aktiven Grabtätigkeit, die sie in ständigem Bodenkontakt stehen läßt, äußerst geeignete Indikatoren für die Diagnostik des Bodenmilieus und der Dynamik bodenbildender Prozesse. Der von Regenwürmern ausgehende Einfluß auf die Regeneration verdichteten Bodens sollte deshalb über die mit ihrer Grabtätigkeit verbundenen Parameter Gangvolumen, Ganglänge, Tortuosität und Kontinuität analysiert werden. Eine Abschätzung des Regenerationspotentials muß darüberhinaus auch vor dem Hintergrund der Lebensweise verschiedener Regenwurmartensorten und unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme durchgeführt werden.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsstandort Rellehausen (kolluvial überprägte Pseudogley-Parabraunerde, mittel toniger Schluff U_{t3}) werden seit ca. 6 Jahren Flächen parallel mit dem Streichblechpflug (Lockerbodenwirtschaft = LBW) und der Kreiselegge (Festbodenmulchwirtschaft = FMW) bei ansonsten gleicher Bewirtschaftung bearbeitet. Im Frühjahr 1995 wurden bei Erreichen der Feldkapazität je 1 Parzelle aus beiden Bearbeitungen flächendeckend mit einem Radlader (20t Gesamtgewicht) dreimal überfahren (6 x 5t Radlast/Spur). Je 3 ungestörte Bodenmonolithe (Höhe 23 cm, Ø 12 cm) wurden unmittelbar danach aus diesen 2 Parzellen und aus je 2 unverdichteten Parzellen entnommen. Nach Defaunierung wurden pro Variante ein Monolith mit 2 Individuen der anektischen Art *Lumbricus terrestris* und einer mit 5 Individuen der endogäischen Art *Aporrectodea caliginosa* inokuliert; ein Monolith blieb als Referenz unbesetzt. Nach 6 Monaten Hälterung (ca. 10°C) wurden alle Monolithe wieder defauniert und im Spiral-Computertomographen (Siemens Somatom Plus 4) untersucht (80 kV, 135 mA, 2 mm Schichtdicke). Die CT-Schichtbilder wurden dann binarisiert durch interaktives Festlegen eines Schwellwertes für Luft, um Poren von umgebender Matrix zu differenzieren. Danach wurden über einen auf das Binärbild gelegten Filter alle Bildpunkte (Pixel) eliminiert, die eine Fläche < 1 mm² hatten sowie alle langen, aber schmalen Objekte, da sie wegen ihrer geringen Größe nicht Gang sein konnten. Aus dem verbliebenen Binärvolumen wurden mittels eines rekursiven Segmentierungsverfahrens alle isolierten Objektgruppen zu Gangabschnitten zusammengefaßt und markiert, so daß sie explizit vermessen werden konnten. Zur Volumenbestimmung wurden alle zur Objektgruppe gehörigen Voxel (Volumenpixel) addiert. Die Ganglänge wurde über die Verfolgung der Flächenschwerpunkte einer Objektgruppe über die Schichtbilder errechnet. Zum Schluß erfolgte die 3D-Visualisierung des Gangbildes mittels Isosurface-Methode und Triangulationsmethode des AVSTM. Bei der Berechnung der Parameter Länge und Volumen wurden schließlich für *A. caliginosa* und die Referenz nur Objekte berücksichtigt die ≥ 2 mm Längenausdehnung aufwiesen.

¹Zoologisches Institut der TU, AG Bodenzooologie, Spielmannstr. 8, D-38092 Braunschweig

²Zentrum f. Radiologie, Klinik f. Diagnostische Radiologie, Otto-von-Guericke-Universität, Leipziger Str. 44, D-39120 Magdeburg

Für *L. terrestris* wurde diese Grenze auf ≥ 4 mm gesetzt. Diese Werte entsprechen jeweils dem kleinsten Körperdurchmesser der Wurmarten, so daß überwiegend mit Objekten in der Größe von Regenwurmgingen gerechnet wurde. Die Tortuosität wird durch den Quotienten aus Gesamtlänge und Monolithhöhe ausgedrückt. Der Parameter Kontinuität ist als prozentualer Anteil des längsten zusammenhängenden Objekts am gesamtem Gang-/Hohlraumsystem zu verstehen und kann maximal 100% betragen.

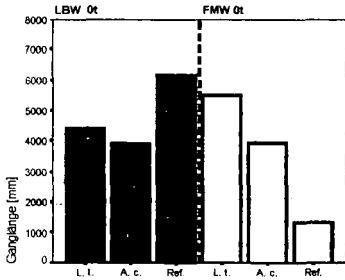
Ergebnisse und Diskussion

In den Abb. 1a - c sind die Parameter Gesamtlänge, Gesamtvolumen und Tortuosität der LBW 0t und FMW 0t Monolithe dargestellt. Die LBW Referenz zeichnet sich durch eine große Ganglänge, ein großes Volumen und eine hohe Tortuosität verglichen zu den entsprechenden Werten der Regenwürmer aus. *L. terrestris* erzeugt allerdings ein erheblich größeres Volumen. Die Werte von *A. caliginosa* liegen immer unter denen von *L. terrestris*. Die Regenwürmer erhöhen im allgemeinen die Werte der untersuchten Parameter in LBW 0t nicht. In FMW 0t hingegen werden die Werte aller Parameter durch die Tätigkeit der Regenwürmer erhöht, wobei *L. terrestris* immer höhere Werte aufweist als *A. caliginosa*. Der Vergleich zwischen LBW 0t und FMW 0t zeigt offenbar 2 Effekte. Zum einen wird der Boden unter LBW 0t stark überlockert, was sich in den hohen Werten der Referenz ausdrückt. Diese Werte weisen auf ein sehr grobes und stark tortuoses Hohlraumsystem ≥ 2 mm Länge hin, welches durch die 6-monatige Regenwurmtätigkeit (z.B. Lösungsablage) stark verringert wird. In FMW 0t hingegen ist das Hohlraumsystem ≥ 2 mm Länge nur der Referenz gering ausgebildet und wird durch die Regenwürmer in erheblichem Maße erweitert.

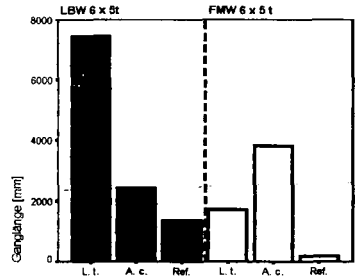
In den Abb. 2a - c sind die Werte für die 6 x 5t Verdichtung beider Bearbeitungen dargestellt. Unter LBW 6 x 5t vergrößern die Regenwürmer durch ihre Tätigkeit die Werte der Parameter erheblich im Vergleich zur Referenz. Die Werte von *L. terrestris* sind dabei mehr als doppelt so groß wie die von *A. caliginosa*. Beim Vergleich mit der LBW 0t Variante sinken unter Verdichtung die Werte der Referenz für die Länge auf ca. 25%, für Volumen auf ca. 30% und für Tortuosität auf ca. 20%. Auch die Werte für *A. caliginosa* sind deutlich abgesenkt, wenn auch nicht so stark wie bei der Referenz. Bei *L. terrestris* hingegen ist nur der Wert für Volumen verringert (um ca. 50%), während die Länge um ca. 50% und die Tortuosität um ca. 100% erhöht sind, verglichen mit der LBW 0t Variante. Auch in FMW 6 x 5t vergrößern die Regenwürmer die Werte im Vergleich zur Referenz stark. *A. caliginosa* übertrifft dabei *L. terrestris* bei Länge und Tortuosität um mehr als 100%. Im Vergleich zur Referenz FMW 0t reduzieren sich bei FMW 6 x 5t die Werte für Länge und Tortuosität auf ca. 15% und die des Volumens auf ca. 25%. Für *A. caliginosa* bleiben die Werte verglichen mit FMW 0t in etwa gleich, während bei *L. terrestris* Länge und Tortuosität auf ca. 30% und das Volumen auf ca. 60% reduziert sind. Die Kontinuität der Gänge (Tab. 1) verhält sich in allen Varianten wie folgt: *L. terrestris* > Referenz > *A. caliginosa*. Auffällig ist, daß die Kontinuität in den Referenzen in allen Varianten in etwa gleich groß bleibt. Bei *L. terrestris* verringert sich die Kontinuität in verdichtetem Boden, während sie bei *A. caliginosa* zunimmt.

Der Schluß liegt nahe, daß sich in diesen Parametern auch die unterschiedlichen Lebensweisen der Regenwürmer widerspiegeln. *L. terrestris* legt als anektische Art dauerhaft bewohnte Gänge an, was sich in hoher Ganglänge, hohem Volumen und hoher Kontinuität ausdrückt, verglichen mit der endogäischen Art *A. caliginosa*. Diese bewohnt kein festes Gangsystem, sondern verfüllt beim Durchgraben des Bodens seine Gänge immer wieder mit Lösung. Ganglänge und Volumen sowie die Kontinuität sind deshalb geringer als bei *L. terrestris*. Eine deutliche Abhängigkeit von Bearbeitung und Verdichtung läßt sich bei *L. terrestris* nicht erkennen. Im Gegensatz dazu sinken Gangvolumen und Ganglänge bei *A. caliginosa* in verdichtetem Boden ab. Von der Bearbeitung scheint bei beiden Arten nur die Gangkontinuität beeinflusst zu sein, die bei *A. caliginosa* sowohl in der dichteren FMW 0t Variante als auch in den 6 x 5t Varianten ansteigt. Bei *L. terrestris* sinkt die Kontinuität nur in den beiden 6 x 5t Varianten ab. Eine Erklärung dafür kann sein, daß *A. caliginosa* bei zunehmend dichter gelagertem Boden gezwungen ist, seine Lösung vermehrt an der

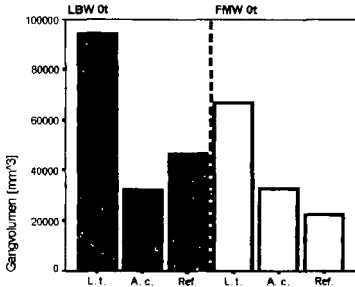
1a



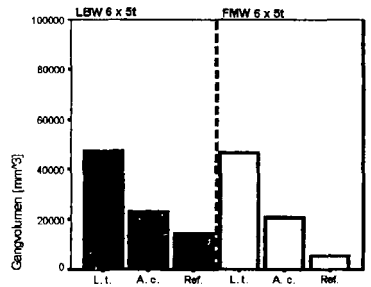
2a



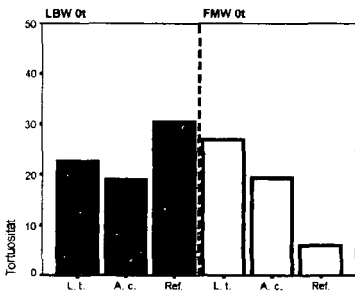
1b



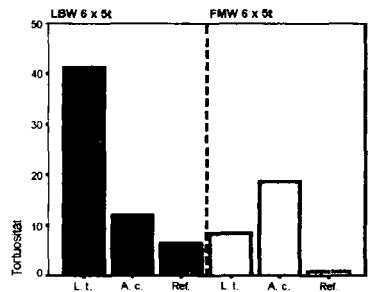
2b



1c



2c



Gang- und Hohlraumsystem beschreibende Parameter von Bodenmonolithen mit *Lumbricus terrestris* (L. t.), *Aporrectodea caliginosa* (A. c.) und Referenz ohne Regenwürmer (Ref.) aus 2 Bearbeitungssystemen (LBW = Lockerbodenwirtschaft, FMW = Festbodenmulchwirtschaft).

Abb. 1: unverdichteter Boden = 0t, Abb. 2: verdichteter Boden = 6 x 5t. a: Ganglänge [mm], b: Gangvolumen [mm³], c: Tortuosität.

Bodenoberfläche abzulegen, um den Energieaufwand beim Graben im dichter gelagerten Boden klein zu halten. Obwohl bei *L. terrestris* die Kontinuität unter Verdichtung gesunken ist, ist das Gangsystem nicht unbedingt kleiner als in unverdichtetem Boden, eine verringerte Grabaktivität ist anhand dieser Parameter nicht zu erkennen. Unter LBW 6 x 5t ist die Ganglänge sogar am höchsten, die Kontinuität jedoch am kleinsten. Auffällig ist auch, daß sich die Kontinuität der Referenzen weder in Abhängigkeit von Bearbeitung noch von Verdichtung verändert. Obwohl die Hohlräumlänge in FMW 0t deutlich kleiner ist als in LBW 0t und unter 6 x 5t Verdichtung jeweils stark abnimmt, bleibt der relative Anteil eines kontinuierlichen Hohlraumsystems ($\geq 2\text{mm}$ Objektlänge) nahezu konstant.

Tab. 1: Gesamtlänge aller Hohlräume, Länge des größten Hohlraums und Kontinuität (Anteil des größten Hohlraumes an der Gesamtlänge aller Hohlräume). LBW = Lockerbodenwirtschaft, FMW = Festbodenmulchwirtschaft, *L. t.* = *Lumbricus terrestris*, *A. c.* = *Aporrectodea caliginosa*, Ref. = Referenz.

Variante	Gesamtlänge [mm]	Länge des größten Hohlraums [mm]	Kontinuität [%]
LBW 0t <i>L. t.</i>	4397	3136	71
<i>A. c.</i>	3902	238	6
Ref.	6129	2869	46
FMW 0t <i>L. t.</i>	5474	3910	71
<i>A. c.</i>	3932	518	13
Ref.	1306	529	40
LBW 6 x 5t <i>L. t.</i>	7405	3252	43
<i>A. c.</i>	2410	242	10
Ref.	1352	541	40
FMW 6 x 5t <i>L. t.</i>	1697	1115	65
<i>A. c.</i>	3811	902	23
Ref.	198	81	40

Schlußfolgerungen

Regenwürmer erhöhen in dichter gelagertem Boden (FMW 0t) oder mechanisch verdichtetem Boden (6 x 5t Varianten) die untersuchten Parameter Länge, Volumen und Tortuosität im Vergleich zur jeweiligen Referenz. In überlockertem Boden (LBW 0t) tritt der umgekehrte Effekt auf. Im Maß der mit steigender Kompaktierung des Bodens steigenden Kontinuität scheint sich bei der endogäischen Art *A. caliginosa* ein Veränderung im Grabverhalten widerzuspiegeln. *L. terrestris* hingegen ändert sein Grabverhalten gemessen an Ganglänge und Gangvolumen offensichtlich nicht und erweist sich als relativ unabhängig von der Bearbeitung. Im Falle einer mechanischen Verdichtung sind Regenwürmer offensichtlich in der Lage durch ihre Grabtätigkeit die 3 Parameter im Vergleich zur Referenz deutlich zu erhöhen. Damit tragen sie erheblich zur Gefügeregeneration bei, da ihr Gangsystem und ihre Grabaktivität Drainage, Durchlüftung und Nährstoffverteilung im Boden positiv beeinflussen. Andererseits sind die gemessenen Parameter bei Regenwürmern im allgemeinen in mechanisch verdichtetem Boden kleiner als in unverdichtetem, was auf eine verringerte Grabaktivität hinweist. Zur Abschätzung des Regenerationspotentials reichen die vorhandenen Daten alleine nicht aus, sondern müssen mit den Abundanz der entsprechenden Flächen und der Losungsproduktion in Beziehung gesetzt werden. Ein methodisches Problem ist, daß das Zahlenmaterial alleine keinen Rückschluß auf bereits vorhandene Regenwurmgänge zuläßt.

Unser besonderer Dank gilt Prof. Döhring, Magdeburg, der uns die Nutzung des Computertomographen in höchst unkomplizierter Weise ermöglicht hat. Herrn Prof. Larink danken wir für die Unterstützung der Arbeit. Das Projekt wurde mit Mitteln der DFG gefördert (La226/9-2).

Ein Instrument zur Entwicklung von Bodenqualitätszielen: Das BBSK-Konzept

von

RÖMBKE, J.; BECK, L.; FÖRSTER, B.; RUF, A.

1. Einleitung:

Das hier vorgestellte Instrument zur Entwicklung von Bodenqualitätszielen ist als Grundlage für Bemühungen um die Erhaltung der natürlichen Struktur und Funktion von Bodenbiozöosen zu verstehen. Die rechtliche Vorgabe dazu ist der Entwurf des "Gesetz zum Schutz des Bodens" vom 25.09.1996. Ein Schutzziel dieses Gesetzentwurfs ist die Funktion des Bodens als Lebensraum für Tiere, Mikroorganismen, Pflanzen (Wurzelraum) sowie die Interaktionen zwischen ihnen. Allerdings ist bisher nicht geklärt, welche Methoden dazu geeignet sind, eine Beeinträchtigung des Schutzziels "Lebensraum für Bodenorganismen" an einem konkreten Standort anzuzeigen. Auch ist unklar, welche Kriterien zu verwenden sind, um eine festgestellte Beeinträchtigung zu beurteilen.

Ein Lösungsansatz könnte die regional differenzierte **Bodenbiologische Standort-Klassifikation** (das **BBSK-Konzept**) sein. Dieses Konzept basiert auf Analogieschlüssen zu Ansätzen aus der Pflanzensoziologie bzw. vegetationskundlichen Standortansprache, Erfahrungen aus der Literatur (Boden, Sediment) und speziell auf der Studie "Bodenfauna und Umwelt" (RÖMBKE et al. 1996), die im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe (Projektkoordination: Dr. V. Schweikle) erstellt wurde.

Bei der Diskussion dieses Konzepts sind die folgenden Randbedingungen zu beachten:

- es beschränkt sich auf die Beurteilung von potentiell belasteten Böden bzw. Bodensubstraten (z.B. gereinigten Böden); d.h. es erfolgt keine Prüfung von Einzelstoffen in einer primär aus Labortests bestehenden Testbatterie.
- Aussagen über mögliche Beeinträchtigungen eines biologischen Schutzziels sind nur durch biologische Methoden möglich (was z.B. eine begleitende Rückstandsanalytik nicht ausschließt).
- Qualitative Parameter (Artenzusammensetzung) sind für eine biologische Standortklassifikation besser geeignet als quantitative Angaben (z.B. Abundanz).

Aus der Vielzahl von Literaturansätzen zur Standort-Klassifikation sind die folgenden Arbeiten hervorzuheben: die Pedozoologische Standortslehre (VOLZ 1962), das Konzept der Zersetzergesellschaften (Graefe 1993), die Klassifikation anhand von "Ecotopes/Ecological species groups" (SINNIGE et al. 1992) und besonders das "Soil Invertebrate Prediction and Classification Scheme (SIVPACS)" (SPURGEON et al. 1996). Das letztgenannte, dem BBSK sehr ähnliche Verfahren, basiert auf Ansätzen aus dem Sedimentbereich, die, wie z.B. das "Benthic Assessment of Sediments (BEAST)" in Kanada, weitgehend validiert sind (REYNOLDSON et al. 1995).

* ECT Oekotoxikologie GmbH, Flörsheim

** Staatliches Museum für Naturkunde, Karlsruhe

*** Universität Bremen

2. Beschreibung des BBSK-Konzepts

Das Ziel des Verfahrens ist die Erfassung von Beeinträchtigungen des Schutzziels "Lebensraum für Bodenorganismen" an konkreten Standorten. Dabei kann es sich sowohl um das "Screening" potentiell belasteter Flächen wie auch um die Beurteilung der Auswirkungen von Belastungen auf die Struktur und Funktion von standorttypischen Bodenbiozönosen handeln. Neben den schon genannten Literaturansätzen orientiert sich das Konzept in seinem Aufbau an international anerkannten Verfahren der ökologischen Risikoabschätzung (= Environmental Risk Assessment). Da sich das Konzept langfristig im Gesetzesvollzug bewähren muß, sind von vornherein die nachfolgend aufgelisteten Anwendungskriterien zu beachten:

- Gute Erfassung des Zustands der Bodenbiozönose;
- Wissenschaftlich tragfähige Entscheidungsfindung;
- Nachvollziehbarkeit möglicher Schlußfolgerungen;
- Praktikabilität im Rahmen der Umsetzung legaler Vorgaben.

Im Einzelnen läßt sich das **BBSK-Konzept** in vier Schritte aufteilen:

Standortansprache (Schritt I)

- Erfassung und Sammlung bodenkundlicher, botanischer und klimatologischer Daten über einen Standort und Einordnung dieser Fläche zu einem bestimmten Standorttyp;
- Festlegung der für eine Beurteilung geeignetsten Tiergruppen

Sollwert-Erstellung (Schritt IIa)

- Prognose der an dem betreffenden Standort vorkommenden Tierarten und -gemeinschaften

Istwert-Erstellung (Schritt IIb)

- Beprobung des Standorts mit einer standardisierten Erfassungsmethode

Vergleich und Beurteilung (Schritt III)

- Vergleich von Soll- und Istwert für jede Tiergruppe getrennt;
- Beurteilung der Ergebnisse in standardisierter Form; evtl. Modifikation der Beurteilung aufgrund von "Expertenwissen"

Standortbewertung (Schritt IV)

- Bei Feststellung einer Differenz zwischen Soll- und Ist-Wert: Entweder Verifizierung der beobachteten Auffälligkeiten (erneute Beprobung) oder Einleitung von Maßnahmen

3. Validierung des BBSK-Konzepts

Im Rahmen eines von der LfU Karlsruhe geförderten Projekts wurde das BBSK-Konzept an 15 Waldstandorten (11 aus dem Dauerbeobachtungsprogramm Baden-Württembergs sowie 4 aus Baden bzw. Hessen) validiert. Die zugehörigen abiotischen Daten entstammten primär den Jahresberichten der LfU Karlsruhe und eigenen Erhebungen (z.B. BECK et al. 1988). Als Standortfaktoren wurden sowohl natürliche Faktoren (z.B. Klima, Bodentyp, Bodenfeuchte; Bodentemperatur, pH-Wert, C- und N-Gehalt, Kationenaustauschkapazität, Vegetation) wie anthropogene Faktoren (z.B. Schwermetalle, Pestizide, Umweltchemikalien, Bodenverdichtung) erfasst. Die Angaben zu den einzelnen Faktoren wurden jeweils in eine von drei Klassen eingeordnet und kodiert. Aus der Vielzahl der Bodenorganismen wurden die Enchytraeidae, Lumbricidae, Oribatida, Gamasina, Chilopoda, Diplopoda, Isopoda und Carabidae verwendet, während für die Mikroflora und Formicidae nicht genügend Daten vorhanden waren. Alle Flächen wurden mindestens 2 - 4-malig beprobt, wobei etablierte bodenbiologische Methoden verwendet wurden.

Konkret wurde z.B. für die häufigsten Oligochaetenarten eine Matrix erarbeitet, in der jeder Spezies ihre speziellen ökologischen Standortansprüche (z.B. pH-Wert, Feuchte usw.) in Form eines Kodes zugeordnet waren. Anschließend wurden die Regenwürmer durch Elektrofang und die Enchytraeen mittels Nassextraktion erfasst und jeweils bis zur Art bestimmt. Die Beurteilung der Standorte erfolgte durch den Vergleich derjenigen Arten, die an den einzelnen Standorten aufgrund ihrer Standortfaktoren zu erwarten gewesen wären, mit den Arten, die real gefunden wurden (Soll/Ist-Wert-Vergleich).

In der folgenden Tabelle ist das Ergebnis der Standortklassifizierung anhand der Oligochaeten im LfU-Validierungsprojekt aufgeführt. Angegeben ist jeweils die Abweichung des Ist-Werts vom Sollwert in Prozent der Gesamtzahl aller erwarteten plus gefangenen Arten sowie die daraus abgeleitete Beurteilung (+ = < 30 %; - = > 30 %; +/- = unklare Fälle). Der Wert von 30 % wurde in Analogie zur Beurteilung der Nebenwirkungen von Pflanzenschutzorganismen auf Nutzarthropoden ausgewählt (HASSAN 1992). Wenn diese Beurteilung durch weitere Informationen (z.B. zur ökologischen Rolle der einzelnen Arten) modifiziert wurde (Expertenwissen), so ist das ursprüngliche Symbol in Klammern aufgeführt.

Nummer	Standort	Enchytraea		Lumbriciden	
		Abweichung	Beurteilung	Abweichung	Beurteilung
130	Bad Urach	13 %	+	14 %	+
140	Zwiefalten	4 %	+	75 %	(-) +/-
290	Eppingen	8 %	+	20 %	+
310	Crailsheim	13 %	+	14 %	+
350	Schriesheim	38 %	-	43 %	-
380	Ottenhöfen	40 %	(-) +/-	50 %	(-) +/-
400	Donaueschingen	33 %	(-) +	50 %	(-) +/-
410	Schönau	16 %	+	43 %	(-) +/-
450	Breisach	71 %	(-) +/-	50 %	(-) +
470	Offenburg	18 %	+	14 %	+
520	Mannheim	33 %	-	100 %	-
1000	Schluttenbach	20 %	+	14 %	+
1010	Auwald	37 %	-	18 %	+
1040	Bruchsal	37 %	-	75 %	(-) +/-
1050	Bad Vilbel	14 %	+	7 %	+

In vergleichbarer Weise wurden die oben genannten Standorte auch anhand ihrer Besiedlung mit Oribatiden, Gamasinen, Carabiden, Chilopoden, Diplopoden und Isopoden beurteilt. Insgesamt ergab sich damit die folgende Übersicht über die Ergebnisse der Standortklassifizierung (4 Standorte wurden aus Übersichtsgründen nicht aufgeführt):

Tiergruppe	130	140	292	310	350	380	400	410	450	470	520
Enchytraea	+	+	+	+	-	+	+	+	+/-	+	-
Lumbricidae	+	+/-	+	+	-	+/-	+/-	+/-	+	+	-
Oribatida	+	+	+	+	-	+/-	+	+	+	+	-
Gamasina		+			-	+/-	+	+		+/-	-
Chilopoda		+		+	+	+	+	+	+	-	-
Diplopoda		+		+	+	+	-	+	+	+/-	-
Isopoda		+		+	+	+	+	+	+	+/-	-
Carabidae	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-

+ = Entspricht der Erwartung; +/- = Unklar; - = Entspricht nicht der Erwartung

An den meisten Standorten war die Abweichung vom Soll-Wert gering. Klare Differenzen zwischen Soll- und Ist-Wert gibt es vor allem am Standort Nr. 520 (einer Fläche am Stadtrand von Mannheim) sowie Nr. 350 (ein Wald auf der windseitigen Lage des Industriegebiets Ludwigshafen/Mannheim). Schwer einschätzbar ist der Standort Nr. 470, bei dem es keine eindeutigen Hinweise auf Belastungen gibt, so daß nähere Studien zu empfehlen sind. Aus diesen Ergebnissen ist der Schluß zu ziehen, daß eine differenzierte Beurteilung von Standorten möglich ist.

4. **Schlussfolgerungen**

Aufgrund des beschränkten Raums ist es leider nicht möglich, die im folgenden aufgeführten Schlussfolgerungen im einzelnen zu belegen (ausführliche Darstellung in RÖMBKE et al. 1996).

- Es gibt eine überschaubare Anzahl von regionaltypischen Standorttypen mit charakteristischen Bodenbiozönosen, die durch wenige Parameter zu beschreiben sind.
- Für ein allgemein anwendbares Verfahren müssen verschiedene Organismen-Gruppen berücksichtigt werden.
- Die Parameter Artenzusammensetzung und Dominanzverhältnis sind für eine Standorttypisierung am besten geeignet.
- Die Beurteilung eines Standorts, z.B. hinsichtlich einer anthropogenen Belastung, ist durch Erfassung der Biozönose an einem Standort und Vergleich mit den Erwartungswerten für den jeweiligen Standorttyp möglich (**BBSK-Konzept**).
- Die bisher durchgeführte Validierung dieses Ansatzes unter definierten Bedingungen in einer überschaubaren Region belegt die Praktikabilität des Ansatzes.

Allerdings besteht noch ein erheblicher Forschungsbedarf bei der Umsetzung des BBSK-Konzepts:

- Verbesserte Definition der Werteklassen entsprechend den ökologischen Ansprüchen der einzelnen Bodentierarten;
- Feinere Aufgliederung von Standorttypen in Hinsicht auf die Erkennung und Beurteilung von anthropogenen Belastungen;
- Übertragbarkeit des BBSK-Konzepts von Waldstandorten auf andere Biotoptypen bzw. andere (europäische) Regionen;
- Handhabbarkeit des Verfahrens unter Praxisbedingungen (nur wenige Probenahmen, schlechte Datenlage, schnelle Aussagen notwendig) ?

Zusammenfassend sind die folgenden Arbeitsschwerpunkte zu empfehlen:

- Die Datenlage über diejenigen Parameter, die das Vorkommen von Bodenorganismen determinieren, ist so schnell wie möglich zu verbessern. In anderen Worten: Möglichst viele verschiedene Gruppen von Bodenorganismen sind regional differenziert zu erfassen.
- Eine Einigung über quantitative bzw. qualitative Maßstäbe bei der Beurteilung von Beeinträchtigungen der Bodenbiozönose ist dringend erforderlich: So ist z.B. die Einbeziehung der ökologischen Wertigkeit einzelner Arten noch weitgehend ungeklärt.

5. **Literatur**

- BECK, L., DUMPERT, K., FRANKE, U., MITTMANN, H., RÖMBKE, J. & SCHÖNBORN, W. (1988): Vergleichende ökologische Untersuchungen in einem Buchenwald nach Einwirkung von Umweltchemikalien. Jül. Spez. 439: 548-701.
- GRAEFE, U. (1993): Veränderungen der Zersetzergesellschaften im Immissionsbereich eines Zementwerks. Mittl. Deut. Bodenkundl. Ges. 72: 531-534.
- HASSAN, S.A. (1992): Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: Description of test methods. Bull. IOBC/WPRS Bull. 15: 1-186.
- REYNOLDS, T.B., RAILEY, R.C., DAY, K.E. & NORRIS, R.H. (1995): Biological guidelines for freshwater sediment based on Benthic Assessment of Sediment (the BEAST) using a multivariate approach for predicting biological state. Austral. J. Ecol. 20: 198-219.
- RÖMBKE, J., BECK, L., FÖRSTER, B., FRÜND, C.-H., HORAK, F., RUF, A., ROSCICZEWSKI, K., SCHEURIG, M. & WOAS, S. (1996): Fortführung der Literaturstudie: Bodenfauna und Umwelt. Bericht der ECT GmbH für die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Karlsruhe). 3 Bände, 383 S. + Literaturanhang.
- SINNIGE, N., TAMIS, W. & KLIJN, F. (1992): Indeling van Bodemfauna in ecologische Soortgroepen. Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden Report No. 80.
- SPURGEON, D.J., SANDIFER, R.D. & HOPKIN, S.P. (1996): The use of macro-invertebrates for population and community monitoring of metal contamination - indicator taxa, effect parameters and the need for a soil invertebrate prediction and classification scheme (SIVPACS). In: Bioindicator Systems for Soil Pollution. VAN STRAALLEN, N.M. & KRIVOLUŤSKY, D.A. (eds.). Kluwer Academic Publ., Dordrecht. 95-109.
- VOLZ, H. (1962): Beiträge zu einer pedozoologischen Standortslehre. Pedobiologia 1: 242-290.

Rekultivierung von stark sulfathaltigen Kippenstandorten unter Betrachten der Besiedelbarkeit durch Collembolen

von

SCHRADER,G.; KEPLIN,B.; LARINK,O.; HÜTTL,R.F.

1. Einleitung

Braunkohlekippen mit hohen Kohle- und Pyritgehalten zeichnen sich durch ein hohes Versauerungspotential und hohe Salzkonzentrationen aus. Zur Anregung der initialen Bodenbildungsprozesse müssen die Flächen deswegen melioriert werden, bevor sie für die Land- oder Forstwirtschaft etabliert werden können. Um die Besiedelbarkeit solcher meliorierter Kippsubstrate zu ermitteln, werden Erhebungen zur Individuendichte verschiedener Bodenfaunagruppen auf den Flächen durchgeführt. Außerdem kann anhand von Laborversuchen untersucht werden, ob das Substrat als Lebensraum angenommen wird, indem Lebens- und Fortpflanzungsfähigkeit von Testorganismen auf oder im Substrat getestet werden.

Auf der untersuchten Fläche konnten im Mai 1996 keine Collembolen, Milben und Enchytraeen nachgewiesen werden. Auch bei der letzten Probenahme im Juli 1997 fehlten Enchytraeen noch immer. Im Juli 1996 traten erstmals Collembolen auf (5 Ind. bei 10 Einstichen à 19,6 cm² Fläche und 8 cm Tiefe), im Oktober 1996 wurden 35 Collembolen und 50 Milben bei gleicher Beprobung wie im Juli 1996 gezählt. Diese Individuenzahlen legen nahe, daß es sich nicht um eine konkrete Besiedlung handelt, da es offensichtlich auf der Untersuchungsfläche zu keiner Fortpflanzung der Milben und Collembolen kommt. In einem Laborversuch mit *Folsomia candida* Willem 1902 (Collembola) wurde daher getestet, ob und wann diese Tiere das Substrat besiedeln können.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsfläche

Die Untersuchungsfläche liegt im Tagebau Jänschwalde (nördlich von Cottbus). Das Substrat auf der Fläche ist ein Kipp-Kohlesand, der 1991 verkippt und 1993 planiert wurde. **Tab. 1** zeigt ausgewählte Bodenkenndaten, in **Tab. 2** finden sich Aluminium- und Schwermetallgehalte jeweils vor Beginn der Rekultivierung.

Das Substrat weist eine geringe biologische Aktivität sowie geringe Gehalte an organischer Substanz und Nährstoffen auf. Im Rahmen des REKLAM-Projektes (Vetterlein et al. 1997) und des BTUC-Innovationskollegs Bergbaufolgelandschaften (BTUC-INK 1995) wurde auf diesem Substrat eine Versuchsfläche angelegt. Hierzu erfolgte Anfang 1996 eine Tiefenmelioration mit 120 - 150 t Elektro-Filterasche/ha aus dem Braunkohlekraftwerk Jänschwalde. Die Asche wurde mit einer Imants-Spatenfräse mit 1 m Arbeitstiefe eingearbeitet (effektive Tiefe: 40 - 70 cm). Die Ascheneinbringung führte weder zu einer Erhöhung der Schwermetallgehalte noch zu einer Anhebung der PAK-Belastung (Vetterlein, mündl. Mitteilung, 1997).

Nach einer NPK-Düngung mit 120 kg N/ha, 100 kg P/ha und 80 kg K/ha unter Verwendung einer Scheibenegge (Einarbeitungstiefe 20 cm) wurde mit einer Saatstärke von 10 kg/ha

¹Zoologisches Institut der TU, Spielmannstraße 8, D-38092 Braunschweig

²BTU Cottbus-Innovationskolleg, LS Bodenschutz und Rekultivierung, Postfach 10 13 44, D-03013 Cottbus

Waldstaudenroggen (*Secale multicaule*) als Testsaat eingesät. Diese lief jedoch nur lückig auf. Gleichzeitig wurde mit 2-jährigen Waldkiefern (*Pinus sylvestris*) im Pflanzverband von 2 m x 0,4 m aufgeforstet, die bereits nach kurzer Zeit starke Trockenschäden aufwiesen. Es erfolgte daher Anfang 1997 eine Nachforstung, jedoch auch hier kam es zu starken Trockenschäden an den Kiefern.

Tab. 1: Bodenkenndaten (0–100 cm) vor Anlage der Fläche (Vetterlein 1997, unveröffentlicht)

pH (H ₂ O)	3,3
EC [mS/cm]	2,28
C _i [mg/g]	24,0
N _i [mg/g]	0,80
S _i [mg/g]	4,20
Ca [mg/g]	3,30
Mg [mg/g]	0,44
K [mg/g]	1,11
P [mg/g]	0,10

Tab. 2: Ausgewählte Metallgehalte vor Anlage der Fläche (HNO₃-Druckaufschluß; Vetterlein 1997, unveröff.)

Al [mg/g]	7,47
Cd [µg/g]	0,01
Cr [µg/g]	4,75
Cu [µg/g]	0,98
Fe [mg/g]	5,50
Mn [mg/g]	32,1
Ni [µg/g]	2,05
Pb [µg/g]	2,47
Zn [µg/g]	6,06

2.2 Collembolentest mit *Folsomia candida*

Die Beeinflussung der Geschlechtsreife, der Reproduktionsleistung, der Überlebensrate und des Schlupfes juveniler Collembolen durch das Kippsubstrat wurde unter Verwendung des *Folsomia candida* - artificial soil-Toxizitätstests als Summenparameter (ISO 1994) untersucht.

Dazu wurden 50 g luftgetrocknetes und auf 2 mm gesiebtes Kippsubstrat aus drei verschiedenen Tiefenfraktionen in je vier Parallelen eingewogen und mit jeweils 10 ml dest. Wasser sorgfältig vermischt. Nach einer Inkubationszeit von 24 Stunden bei 20 °C im Dunkeln wurden jeweils zehn 10 - 12 Tage alte Individuen von *Folsomia candida* eingesetzt und über 28 Tage unter den gleichen Bedingungen inkubiert. Einmal pro Woche erfolgte eine Fütterung mit Trockenhefe. Nach Ablauf der Testzeit wurden die Ansätze einzeln mit Wasser aufgeschwemmt und die aufgrund ihrer hydrophoben Cuticula auf der Wasseroberfläche treibenden Collembolen ausgezählt.

Probenahmetermine für die Collembolentests waren der 05.09.1996, der 22.10.1996 sowie der 27.05.1997. Zu den Probenahmeterminen wurden für alle Tiefen pH-Werte und elektrische Leitfähigkeiten gemessen.

3. Ergebnisse

Im ersten Collembolentest (09/96) fand keine Nahrungsaufnahme durch die Collembolen statt. Die Tiere überlebten maximal 10 Tage im Substrat, ohne das Adultstadium zu erreichen. Ein parallel dazu durchgeführter Leuchtbakterientest (Microtox™) mit einer aus Substrat und dest. Wasser hergestellten und mit NaOH neutralisierten Lösung ergab nur eine leichte Reduktion der Lichtemission der Leuchtbakterien, die jedoch auf die durch suspendierte Bodenpartikel verursachte Trübung der Lösung und der damit verbundenen Lichtadsorption zurückzuführen ist. Im zweiten Test (10/96; **Abb. 1**) konnte in allen Tiefenfraktionen eine Reproduktion der Collembolen festgestellt werden. Es kam maximal zu einer Verfünffachung der eingesetzten Individuenzahl.

Im dritten Test (05/97; **Abb. 1**) fand eine starke Reproduktion der Collembolen statt (maximale Erhöhung um das 26-fache). Die Gesamtwerte dieses Tests waren dabei höchst signifikant verschieden von den Gesamtwerten des zweiten Tests ($p \leq 0,01$; Mann-Whitney-U-Test).

Vom ersten bis zum dritten Probenahmetermin stieg der pH-Wert in allen drei Tiefenfraktionen an, die elektrische Leitfähigkeit nahm ab (Tab. 3).

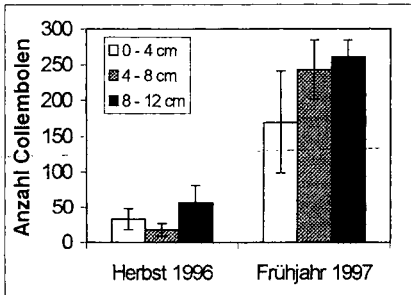


Abb. 1: Collembolentests mit *Folsomia candida*, Probenahme-Termine 22.10.96 und 27.05.97, Mittelwerte aus vier Parallelen.

Tab 3: pH-Werte (H₂O) und elektrische Leitfähigkeit (EC; mS/cm) des Kippsubstrats am 05.09.96, 22.10.96 und 27.05.97.

	05.09.96	22.10.96	27.05.97
pH (H₂O)			
0 - 4 cm	3,2	3,3	3,8
4 - 8 cm	3,1	3,3	4,1
8 - 12 cm	3,2	3,3	4,0
EC (mS/cm)			
0 - 4 cm	1951	904	754
4 - 8 cm	1533	1309	709
8 - 12 cm	1572	1330	1014

4. Diskussion

Die Besiedelbarkeit des untersuchten Substrats durch Collembolen hat sich im Laufe der Zeit deutlich verbessert. Bei einem Vergleich der Bodenparameter in den drei Versuchsansätzen fielen deutliche Unterschiede nur bei den pH-Werten und der elektrischen Leitfähigkeit auf. Es ist daher anzunehmen, daß die Verbesserung der Besiedelbarkeit mit diesen Veränderungen zusammenhängt. Bei einem pH-Wert bis bzw. unter 3,2 und einer elektrischen Leitfähigkeit bis bzw. über ca. 1500 mS/cm kann das Substrat durch Collembolen nicht besiedelt werden, während bei einem pH-Wert von 3,3 und einer elektrischen Leitfähigkeit bis 1300 mS/cm die Bedingungen für eine Besiedlung langsam günstiger werden. Die beobachteten Effekte scheinen dabei durch eine kombinatorische Wirkung aus einem höheren pH-Wert und einer geringeren elektrischen Leitfähigkeit hervorgerufen zu werden. Dieses wird an einem Vergleich der Werte vom 22.10.96 in der Tiefenfraktion 0 - 4 cm und vom 27.05.97 in der Tiefenfraktion 8 - 12 cm deutlich: Bei einem pH-Wert von 3,3 und einer elektrischen Leitfähigkeit von 904 mS/cm liegt eine sichtbar niedrigere Fortpflanzungsrate vor als bei einem pH-Wert von 4,0 und einer elektrischen Leitfähigkeit von 1014 mS/cm. Daß dieser Effekt nicht nur auf dem höheren pH-Wert basiert, demonstrieren die Fortpflanzungsraten im Test vom 22.10.96 (geringere elektrische Leitfähigkeit bei nahezu unverändertem pH-Wert) sowie die im Gelände beobachtete Zunahme der Collembolendichte, da auch hier zunächst nur die elektrische Leitfähigkeit geringer war, während der pH-Wert fast unverändert blieb.

Welche Faktoren für einen höheren pH-Wert und eine geringere elektrische Leitfähigkeit verantwortlich sind, kann hier nicht eindeutig belegt werden. Eine Auswaschung von Salzen, insbesondere von Sulfaten, könnte zwar derartige Effekte zur Folge haben, jedoch scheint dieses aufgrund der kurzen Zeitspanne nicht realistisch. Möglicherweise handelt es sich bei den vorliegenden Unterschieden um eine kleinräumige, starke Variabilität dieser Bodenparameter auf der Fläche.

Dennoch kann im Laborversuch eindeutig demonstriert werden, daß eine Verbesserung der Bodenqualität, wie sie im Zuge der Rekultivierungsmaßnahmen angestrebt wird, durch den Collembolentest angezeigt wird. Bodenfaunistische Erhebungen im Gelände stützen diese Aussage, müssen aber weiter verfolgt werden.

5. Literatur

BTUC-INK (1995): Bericht zum Teilprojekt Flächenauswahl an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus, Innovationskolleg Bergbaufolgelandschaften.

ISO (1994) ISO/Draft: Soil Quality - Effects of soil pollutants on *Collembola (Folsomia candida)* Version 3/94

Vetterlein, D., Heinkele, T., Schaaf, W., Waschkes, C., Meyer, G., Weiß, U., Hüttl, R. F. (1997): Initiale Prozesse der Stoffumsetzung auf reststoffmeliorierten Kippstandorten; a.) Zielsetzung des Gesamtprojektes, Hypothesen, Standorte, Versuchsanlage. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 83, III 223 - 226.

6. Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des von der DFG finanzierten BTUC- Innovationskollegs „Bergbaufolgelandschaften“ durchgeführt.

Charakterisierung bodenbiologischer Eigenschaften von Kippenböden im Lausitzer und Leipziger Braunkohlenrevier im Hinblick auf eine standortgerechte Folgenutzung

von

WERMBTER,N.; EMMERLING,Chr.; SCHRÖDER,D.

Einleitung

Im Rahmen eines BMBF-Projektes werden im Leipziger und Lausitzer Revier verschiedene extensive landwirtschaftliche Nutzungsformen auf die Entwicklung bodenbiologischer Eigenschaften und die Struktur und Dynamik der saprophagen Meso- und Makrofauna geprüft.

Ziel der Untersuchungen ist es, den Bodenzustand und die Entwicklung der Mittel- und Ostdeutschen Kippenböden zu dokumentieren, um daraus Empfehlungen für ihre ökologiegerechte landwirtschaftliche Nutzung abzuleiten.

Als Landnutzungsformen sind Schafbeweidung, konservierende und konventionelle landwirtschaftliche Nutzung, Brache, Umwidmung von Stilllegungsflächen in Ackerland sowie der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen und diätischen Lebensmitteln zur Untersuchung ausgewählt.

Material und Methoden

Die Versuchsflächen liegen im Leipziger und Lausitzer Braunkohlenrevier (s. Tab.1) und werden vom Sächsischen Landesamt für Landwirtschaft, vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie und vom Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften in Finsterwalde zur Verfügung gestellt.

Die Untersuchungsparameter sind u.a. pH-Werte (CaCl_2), Corg-Gehalte (trockene Veraschung), Substratinduzierte Respirationsraten (Anderson und Domsch 1978), Dimethylsulfoxid-Reduktaseaktivitäten (Alef und Kleiner 1989), Netto-N-Mineralisationsraten (Beck 1983) und Erfassung der Regenwurmbesiedlung.

Tabelle 1: Nutzung, Substrat, Alter und Ortsbezeichnung der Versuchsflächen

Nutzung	Substrat	Alter *	Ortsbezeichnung	Revier
Schafweide	SI	5	Profen	Leipzig
Schafweide	sL	5	Profen	Leipzig
Brache	L/xsL	32	Intensivmeßfläche	Leipzig
Brache	csL	31	Espenhain, mit Klärschlamm	Leipzig
Brache	csL	31	Espenhain, ohne Klärschlamm	Leipzig
Brache	kL	k.A.	Zwenkau 'hinter der Bahn'	Leipzig
Brache	sL	37	Lobstädt	Leipzig
Brache	SI	27	Meßstation Lippen/Lohsa	Lausitz
Brache	SI	29	Lohsa 520	Lausitz
Brache	SI	37	Lohsa 'hinteres Dreieck'	Lausitz
Brache	xSL	18	Kleinleipisch/Koyne	Lausitz
Luzerne	kL	26	Zwenkau 'am Flugplatz'	Leipzig
Luzerne	SI	25	Heide 'am Restlochsee'	Lausitz
Luzerne	Asche	21	Groß-Jehser	Lausitz
Luzerne	cSl	21	Schlabendorf-Nord	Lausitz
Luzerne-Umbruch	csL	10	Delitzsch SW	Leipzig
Gras	cSl	21	Schlabendorf-Nord	Lausitz
Topinambur	eSl	21	Schlabendorf-Nord	Lausitz
Lein	cSl	28	Schlabendorf-Nord	Lausitz
Gras	xSl	37	Koyne	Lausitz
Topinambur	xSl	37	Koyne	Lausitz
Lein	xSl	37	Koyne	Lausitz
Acker ext.	csL	13	Espenhain; Dauerversuch	Leipzig
Acker int.	csL	13	Espenhain; Dauerversuch	Leipzig
Acker ext.	IS	8	Lohsa	Lausitz
Acker int.	hIS	k.A.	Bärwalde	Lausitz

* Anzahl der Jahre nach der Wiederurbarmachung

Ergebnisse und Diskussion

Die sandigen Böden im Lausitzer Revier wiesen im Mittel niedrigere pH-Werte auf als die lößreichen und sandig-lehmigen Kippböden im Leipziger Revier. Insbesondere ältere Brachflächen hatten pH-Werte unter 5, in allen übrigen Oberböden variierten sie von 5,5 bis 7,5. Die Corg-Gehalte in den Oberböden der verschiedenen Untersuchungsflächen schwankten von 0,6 % bis 6,4 % in Abhängigkeit von der Nutzung, dem Alter und insbesondere dem Kohlegehalt der Böden. Der Anteil der Kohle am Corg-Gehalt konnte bislang aufgrund fehlender analytischer Möglichkeiten noch nicht herausgearbeitet werden.

Im Mittel nahmen die Corg-Gehalte in der Nutzungsreihe Ackerbau-Luzerne-Brache-tertiäre Sonderkultur zu, wobei letztere durch die Kohleanteile bedingt hohe Corg-Gehalte aufwiesen. Die höheren Corg-Gehalte in den ackerbaulich genutzten Flächen in der Lausitz und die vergleichsweise hohen Gehalte in den jungen Flächen unter Schafbeweidung sind sicher ebenfalls auf die quantitativ noch nicht bekannten Kohlebeimengungen zurückzuführen.

Tabelle 2: PH-Werte und Corg- Gehalte (%) der Untersuchungsflächen

Nutzung	Lausitz		Leipzig	
	pH	Corg	pH	Corg
Schafweiden			6,9-7,2	1,15-2,68
Brachen	4,8-6,2	0,89-5,2	5,4-7,6	0,85-3,64
Luzerne	6,3	1,02-3,8	6,9-7,4	1,1
Sonderkulturen				
Tertiär	5,5	3,3-6,4		
Quartär	7,4	0,56-0,97		
Ackerbau	6,2	1,22-1,33	7,5	0,72-0,92

Die mikrobiell induzierten Respirationsraten zeigten unter Brache die höchsten Aktivitäten und gleichzeitig eine deutliche Substratabhängigkeit (Tab.3). So waren in den Lehmböden (ca. 25 µg CO₂/gTS/h) mehr als doppelt so hohe Aktivitäten als in den Sandböden (ca. 10 µg CO₂/gTS/h) nachweisbar. Die Substrat-induzierten Respirationsraten unter Luzerne lagen ebenfalls auf relativ hohem Niveau (um 20 µg CO₂/gTS/h). Eine gute Durchwurzelung und die Stickstoffbindung durch Luzerne (Leguminose) wirkten sich positiv auf die mikrobielle Aktivität aus. Die Sonderkulturen auf tertiären und quartären Substraten wiesen ähnliche Respirationsraten auf (um 10 µg CO₂/gTS/h). Unter Gras wurden im quartären Substrat geringere Respirationsraten (um 7 µg CO₂/gTS/h) als in der Vergleichsfläche aus tertiärem Substrat (um 15 µg CO₂/gTS/h) ermittelt. Bei reduzierter Bodenbearbeitung waren im Ackerbau in den Oberkrumen höhere Respirationsraten im Vergleich zu den Unterkrumen festzustellen. Unter konventioneller, wendender Bodenbearbeitung lagen die Respirationsraten der Ober- und Unterkrumen auf ähnlichem Niveau.

Unter Schafbeweidung lagen die Respirationsraten der Substrate auf mittlerem Niveau (um 15 µg CO₂/gTS/h). Das Alter der Fläche ist mit 5 Jahren noch sehr jung. Eine günstige Nährstoffversorgung durch die Grunddüngung sowie die Graseinsaat wirkten sich positiv auf die mikrobiellen Aktivitäten aus. Hohe Standardabweichungen der Meßwerte spiegeln die Flächenheterogenität der verkippten Substrate unter der Schafweide wider. Alle untersuchten Böden zeigten im Vergleich zu rekultivierten Böden aus dem Rheinischen und Lausitzer Revier im Mittel Aktivitätsniveaus von jungen (0-10 Jahre) rekultivierten und landwirtschaftlich genutzten Böden (SCHNEIDER, SCHRÖDER und WEYERS, 1995).

Die höchsten mikrobiellen Aktivitäten (DMSO-Reduktaseaktivitäten, Tab. 3) sind in den lehmigen Substraten unter Brachland nachgewiesen worden (1600 und 1400 ng DMS/gTS/h). Die tertiären Substrate unter Sonderkulturnutzung (um 1000 ng DMS/gTS/h) wiesen dreifach höhere DMSO-Reduktaseaktivitäten als die quartären Substrate auf (um 300 ng DMS/gTS/h). Der Kohleanteil in den tertiären Substraten bewirkte offenbar indirekt über einen günstigeren Bodenwasserhaushalt eine Stimulation der DMSO-Reduktaseaktivitäten. Zum Vergleich mit den oben genannten Aktivitätsniveaus wiesen EMMERLING und LIEBNER (1996) in jungen Kippenböden der Niederlausitz DMSO-Reduktaseaktivitäten zwischen 400 und 800 ng DMS/gTS/h nach. Diese vergleichsweise geringeren DMSO-Reduktaseaktivitäten sind auf deren sandige Bodenarten zurückzuführen.

Tabelle 3: Wertebereiche bodenmikrobiologischer Parameter und der Regenwurmbesiedlung der Untersuchungsflächen

Nutzung	SIR	DMSO	Netto-N	RW
Schafweide	15,05-18,25	425-718	0,82-0,86	0
Brachen a) Lehme	19,75-33,23	719-1675	-0,45-1,04	32-379
b) Sande	7,6-11,06	584-840	n.b.	0-117
Luzernen a) Lehm	18,25	886	1,88	92
b) Sande	12,94-21,95	485-565	0,73-3,19	0-32
Sonderkulturen a) Tertiär	11,98-14,9	889-1248	-0,03-0,05	0-1
b) Quartär	6,87-14,7	226-457	-0,38-0,44	0-5
Acker a) Lehme	7,66-22,29	443-879	0,98-1,21	0-16
b) Sande	5,9-11,85	347-511	0,55-1,66	0-56

SIR: Substratinduzierte Respiration ($\mu\text{g CO}_2 \cdot \text{gTS}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), DMSO: Dimethylsulfoxid-Reduktaseaktivität ($\text{ng DMS} \cdot \text{gTS}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), Netto-N: Netto-N-Mineralisationsrate ($\mu\text{g Nmin} \cdot \text{gTS}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), RW: Regenwurmbundanz ($\text{Ind} \cdot \text{m}^{-2}$)

Die höchsten Netto-N-Mineralisationsraten wurden unter Luzerne ermittelt (0,7 bis 3,2 $\mu\text{g Nmin/gTS/Tag}$). Eine gute Durchwurzelung und die Stickstoffbindung der Luzerne in den Wurzelknöllchen (Leguminose) wirkten sich positiv auf die Netto-N-Mineralisationsraten aus. Unter Schafbeweidung, Brachen und Ackerböden lagen die Mineralisationsraten zwischen 0,5 und 1 $\mu\text{gNmin/gTS/Tag}$. Zum Vergleich der ermittelten Mineralisationsraten sind in der Literatur in Ackerböden ähnliche Mineralisationsraten von 0,5 bis 1,5 $\mu\text{g Nmin/gTS/Tag}$ angegeben (BECK, 1983). Unter Sonderkulturnutzung waren sowohl in tertiären als auch in quartären Substraten extrem niedrige bis negative Umsatzraten, dh. eine Immobilisation von Stickstoff, festzustellen. Hier wirkten sich wahrscheinlich die niedrigen pH-Werte und ein ungünstiger Wasserhaushalt der sandigen Substrate negativ auf die Netto-N-Mineralisationsraten aus.

Die Brachlegung wirkte sich im Vergleich zu den Ackerflächen positiv auf die Abundanz von Regenwürmern aus. Das tertiäre Kippmaterial stellt ein lebensfeindliches Substrat für Regenwürmer dar, was eventuell auf eine Aschemelioration und hohe Schwefelgehalte zurückzuführen ist. Auch das quartäre Kippmaterial wird aufgrund der sandigen Bodenart und der daraus resultierenden ungünstigen Wasserversorgung ebenfalls kaum von Regenwürmer besiedelt.

Literatur

- Beck, Th. (1983): Die Netto-N-Mineralisierung von Böden im Laborbrutversuch. Z. Pflanzenern. Bodenk., 146, 243-252.
- Emmerling, Ch. und Liebner, K. (1996): Förderung bodenmikrobiologischer Eigenschaften von Kippenböden durch den Einsatz organischer Reststoffe. Mitt. Deutsche Bodenk. Gesellsch., im Druck.
- Schneider, R., Schröder, D., Weyers, M. (1995): Entwicklung, Verbesserung und Stabilisierung des Bodengefüges rekultivierter Lössböden. -In: Pflug, Rheinbraun (Hrsg.): Braunkohletagebau und Rekultivierung, im Druck.

Mehrfährige Untersuchungen zur Regeneration von Bodenstruktur und Enchytraeiden - Abundanzen nach mechanischer Belastung

von

WIERMANN,C.; LANGMAACK,M.; RÖHRIG,R.; SCHRADER,S.; HORN,R.;
LARINK,O.

Einleitung:

Die Bodenstruktur kennzeichnet die räumliche Anordnung von Bodenpartikeln / -kompartimenten und die sich hieraus ergebenden bodenökologischen Eigenschaften des Standortes. Nach Langmaack et al. (1996) wird die Organismengruppe der Enchytraeidae in ihrer Individuenzahl sehr stark durch die Qualität dieser Eigenschaften beeinflusst. Durch den Eintrag mechanischer Belastungen, die die Eigenstabilität des Bodens überschreiten, werden Porensysteme und somit auch bodenökologische Parameter modifiziert (Wiermann & Horn, 1996). Ob und inwieweit eine Regeneration der durch mechanische Belastung veränderten Standorteigenschaften möglich ist, hängt in erster Linie vom Ausmaß der regenerativ wirksamen Prozesse, wie Quellung / Schrumpfung, Aktivität der Bodenflora und -fauna, Frosteinwirkung und Bodenbearbeitung durch den Landwirt ab.

Die im Folgenden dargestellten Untersuchungen wurden mit dem Ziel durchgeführt, Anhaltspunkte dafür zu erhalten, ob Regeneration mechanischer Belastungen überhaupt möglich und mit welchen Indikatoren sie meßbar ist.

Material und Methoden:

Der Versuchsstandort Großobringen (lößbürtige Schwarzerde über Keuperton, Tu 3) der thüringischen Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) weist mit 550 mm Jahresniederschlag und einer Jahresmitteltemperatur von 8.2°C ein relativ kontinentales Klima auf. Die seit 1990 in zwei Tiefen (12 und 25 cm) mit einer Spatenmaschine als Lockerbodenwirtschaft (LBWtief und LBW flach) bearbeiteten Versuchspartellen wurden im Frühjahr 1995 bei Erreichen der Feldkapazität mit Hilfe von Maschinen (10t und 20t Gesamtgewicht) flächendeckend zu folgenden Varianten belastet: 2 x 2.5t, 2 x 5t und 6 x 5t. Einviertel jeder Bearbeitungsvariante blieb hierbei als 0t Variante unbelastet.

Während der Belastungsfahrten wurden die Vertikal- und Horizontalbewegungen des Bodenmaterials in 10 cm Tiefe mit Hilfe des bei Kühner (1993) beschriebenen "DTS = Displacement - Transducer - System" erfaßt. In den nun folgenden 2 Vegetationsperioden wurden in regelmäßigen Abständen sowohl bodenbiologische als auch bodenphysikalische Parameter auf den Versuchsflächen ermittelt. An vier Terminen wurden jährlich Bohrkern (25 cm Länge, n = 5) aus den 0t, 2 x 2.5t und 6 x 5t Partellen beider Bearbeitungstiefen entnommen. Nach anschließender Naßextraktion (Langmaack et al., 1996) wurden die Enchytraeiden - Abundanzen und ihre Vertikalverteilung bestimmt. Die bodenphysikalischen Parameter wurden durch Stechzylinderentnahme aus 10 und 30 cm Tiefe für die 0t und 2 x 5t Varianten von LBWtief und LBWflach ermittelt. Die Luftkapazität (LK, n = 4) und die Lagerungsdichte (d_b , n = 4) wurden aus der nach Schlichting et al. (1995) bestimmten Wasserretentionskurve abgeleitet. Die Luftpermeabilitätsmessungen (k_a , n = 16) wurden unter stationären Bedingungen bei einer Entwässerung von -60 hPa durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion:

In Abbildung 1 sind die Vertikal- und Horizontalbewegungen der 3 Überfahrten mit 5t Radlast auf der tief (25 cm) bearbeiteten Parzelle dargestellt. Es wird deutlich, daß bereits bei der 1. Überfahrt die Eigenstabilität des Bodens überschritten wird, da es sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung zu plastischen Verformungen des Bodenmaterials in 10 cm Tiefe gekommen ist. Durch die 2. Befahrung (4 x 5t) wird der Boden nochmals um mehr als 10 mm in vertikaler Richtung verformt, die horizontale Komponente wird deutlich kleiner. Bei einer weiteren Belastung (6 x 5t) reagiert der Boden völlig elastisch. Die während der Belastung vertikal nach unten erfolgte Bewegung wird während der Entlastungsphase um den gleichen Betrag nach oben vorgenommen.

* Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, CAU Kiel, Olshausenstr. 40, D - 24118 Kiel

** Zoologisches Institut, TU Braunschweig, Spielmannstr. 8, D - 38092 Braunschweig

Dieses Ergebnis deutet daraufhin, daß es durch 6 - fache dynamische Belastung mit 5t Radlast zu einer völligen Zerstörung der Bodenstruktur und damit des Porensystems gekommen sein muß. Eine weitere Zerstörung ist unter den gegebenen Rahmenbedingungen, wie die 3. Überfahrt zeigt, nicht mehr möglich.

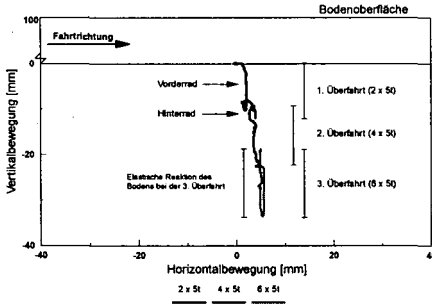


Abb. 1: Vertikal- und Horizontalbewegung [mm] des Bodens in 10 cm Tiefe bei 6 - facher Überrollung mit 5t Radlast auf der tief bearbeiteten Parzelle (LBWtief).

Die in Abbildung 2 (oben) dargestellten Enchytraeiden - Abundanzen zeigen eine Abnahme der Individuenzahl mit zunehmender Belastung auf den Parzellen beider Bearbeitungstiefen. Dieses Ergebnis macht deutlich, daß es durch mechanische Belastung zu einer Veränderung der Porengeometrie gekommen sein muß, wobei insbesondere das Grobporensystem ($> 10\mu\text{m}$ Durchmesser) zerstört worden ist. Dieser direkte Zusammenhang zwischen Grobporensystem und Enchytraeiden - Abundanzen ergibt sich aus der Tatsache, daß diese Lebewesen Poren von 50 - 500 μm Durchmesser besiedeln (Langmaack et al., 1996).

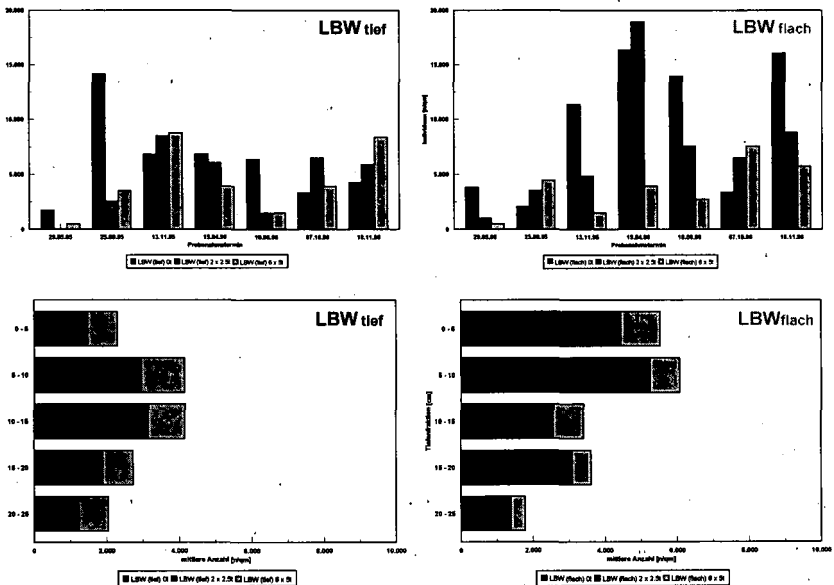


Abb. 2: Oben: Enchytraeiden - Abundanzen [n/qm] der unbelasteten (0t) und den belasteten (2 x 2,5t und 6 x 5t) Parzellen beider Bearbeitungstiefen nach Versuchsbeginn. Unten: Mittlere Vertikalverteilung der Enchytraeiden in den Jahren 1995 - 1996 gemittelt über alle Probenahmetermine.

Der zeitliche Verlauf der Enchytraeiden - Abundanzen innerhalb der nächsten 2 Vegetationsperioden (Abb. 2 oben) verdeutlicht, daß es nach der Reduktion der Individuenzahlen zu einer Regeneration auf beiden Bearbeitungsvarianten kommt. Allerdings werden, über alle Probenahmetermine gemittelt, auf der flach bearbeiteten Variante signifikant mehr Enchytraeiden gefunden, als auf den LBWtief Parzellen. Außerdem ist zu erkennen, daß es zu jahreszeitlichen Schwankungen für die Abundanzen kommt: In den Sommermonaten sinken die Individuenzahlen bis zu einer Probenahmetiefe von 25 cm deutlich ab.

Auffällig ist, daß am Jahresende (November 1995 und 1996) auf der mit 6 x 5t belasteten LBWtief Parzelle höhere Abundanzen ermittelt wurden als auf der entsprechenden 0t Variante. Für die flach bearbeiteten Parzellen wurde hingegen für die gleichen Zeitpunkte mit zunehmender Belastung sinkende Individuenzahlen bestimmt. Dieser Sachverhalt muß auf die vor diesen Probenahmetermine durchgeführte Bodenbearbeitung zurückgeführt werden. Die Auflockerung (= Schaffung von Grobporen) führte dazu, daß Individuen auf der LBWtief Variante aus tieferen Bodenschichten (> 25 cm Tiefe) in die gelockerten Zonen eingedrungen sind. Dieser Effekt war auf den belasteten Varianten am größten, da hier die Individuenzahlen durch die mechanische Belastung am stärksten reduziert wurden. Eine Wiederholung dieser Beobachtungen im November 1996 deutet daraufhin, daß Schrumpfungsvorgänge in den Sommermonaten dazu geführt haben, daß die Bodenmatrix insbesondere auf der 6 x 5t Variante Grobpolyeder bildete, die selbst ein geringes Porenvolumen aufwies. Im Herbst 1996 wurden diese Strukturen durch die Bodenbearbeitung gelockert, so daß wieder für Enchytraeiden adäquate Lebensbedingungen vorlagen. Auf den flach bearbeiteten Parzellen war dieser Prozeß von geringerer Bedeutung, da hier nur bis zu einer Tiefe von 12 cm bearbeitet wurde. Folglich bleiben die Bodenschichten unterhalb der Bearbeitungsgrenze (> 12 cm) zunächst in ihrer verdichteten Form erhalten und Bodenlockerungen können nur durch bodeninterne Mechanismen erfolgen. Eine Bestätigung liefern die Vertikalverteilungen der Individuen (Abb. 2 unten): Während es auf der LBWtief Variante zu einer Konzentration von 54 % der Individuen auf eine Tiefe > 10 cm kommt, sammeln sich auf der LBWflach Variante ca. 57 % der Individuen bis zu einer Tiefe von 10 cm an. Eine Anreicherung der Individuen auf die oberste Bodenschicht ist aber nicht nur auf die dort stattfundene Bearbeitung zurückzuführen, sondern auch auf die Akkumulation der organischen Substanz bis zu dieser Tiefe.

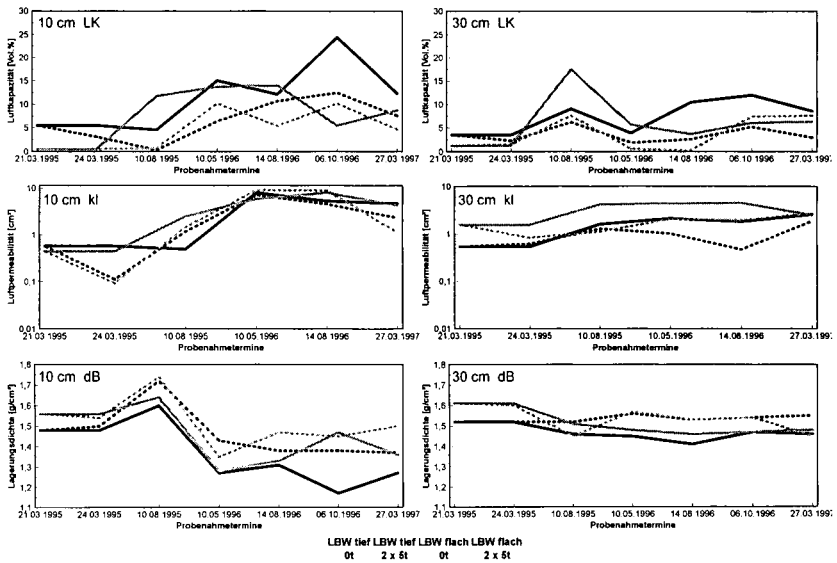


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Luftkapazität (Lk), der Luftpermeabilität (k_p) und der Lagerungsdichte (d_b) nach Versuchsbeginn (14.03.1995) für die unbelastete (0t) und die mit 2 x 5t belasteten Parzellen beider Bearbeitungsvarianten (LBWtief und LBWflach) in 10 und 30 cm Bodentiefe.

Werden die bodenphysikalischen Parameter (Abb. 3) hinsichtlich der festgestellten Regenerationsprozesse untersucht, so zeigt sich, daß unabhängig von der Bearbeitungstiefe und Belastung regenerative Prozesse wirksam waren. Insbesondere in 10 cm Tiefe wurde die Luftkapazität und die Luftpermeabilität ab dem Frühjahr 1996 signifikant erhöht. Als Ursache hierfür kann die Bildung von Grobporensystemen durch die im Herbst 1995 durchgeführte Bodenbearbeitung angeführt werden. Neben dem genannten Einfluß der Bodenbearbeitung dürften aber auch bodeninterne Prozesse wie Quellung und Schrumpfung oder die Frosteinwirkung für die beobachteten Lockerungsprozesse verantwortlich sein. Auch aus dem zeitlichen Verlauf der Lagerungsdichte lassen sich ähnliche Schlüsse ziehen: Im Sommer 1995 kommt es besonders auf den belasteten Parzellen zu Schrumpfungprozessen und damit zur Bildung von kompakten Bodenkompartmenten (Anstieg der d_p). Durch den mechanischen Eingriff der Bodenbearbeitung im Herbst 1995 wird die Lagerungsdichte signifikant abgesenkt.

Schlußfolgerungen:

Mit Hilfe der vorgestellten Ergebnisse wird der Zusammenhang zwischen der ökologischen Funktionalität der Bodenstruktur und der Aktivität der untersuchten Organismengruppe deutlich:

- Durch die Zerstörung des Porensystems bei dynamisch mechanischer Belastung wird die Gruppe der Enchytraeiden direkt (Tod) in ihrer Individuenzahl reduziert. Außerdem werden die Lebensbedingungen durch Abnahme des Grobporenvolumens drastisch verschlechtert.
- Die Population der Enchytraeiden regeneriert sich entsprechend der Bearbeitungstiefen erst, wenn Grobporenvolumen zur Besiedlung vorhanden ist. Allerdings ist eine Regeneration der Enchytraeiden Population bei deutlicher Überschreitung der Eigenstabilität der Bodenmatrix (6 x 5t) nicht zu erkennen.
- Die LBWtiefe Variante weist generell eine geringere Individuenzahl auf als die flach bearbeitete Variante, wo eine Konzentration dieser Organismen auf die oberen 10 cm zu beobachten ist.
- Im Mittelpunkt der regenerativ wirksamen Prozesse scheint an diesem Standort die Bodenbearbeitung zu stehen, aber auch bodeninterne Mechanismen liefern unter den gegebenen Standorteigenschaften (30 % Ton, kontinentales Klima) ihren Beitrag zur Regeneration nach Belastung. Aus diesem Grund sind Lockerungsprozesse der Bodenmatrix bis jetzt nur in den Bearbeitungshorizonten eindeutig nachzuweisen.
- Als Frage bleibt allerdings offen, ob und wie weit sich die gezeigten regenerativen Prozesse von der hier dargestellten makroskopischen auf die mikroskopische Ebene übertragen lassen.

Literatur:

- Kühner, S. (1993):** Eine Methode zur Erfassung von spannungsinduzierten Verformungen im Boden unter fahrenden Traktoren; Mitteilg. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 72, S. 1367-1370.
- Langmaack, M., R. Röhrig & S. Schrader (1996):** Einfluß der Bodenbearbeitung und Bodenverdichtung auf terrestrische Oligochaeten (Enchytraeidae und Lumbricidae) landwirtschaftlicher Nutzflächen; Braunsch. naturkd. Schr., 5, Heft 1, S. 105 - 123.
- Schlichting, E., H.P. Blume & K. Stahr (1995):** Bodenkundliches Praktikum; 2. Auflage, Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin, Wien, Oxford, Edinburgh, Boston, London, Melbourne, Paris, Yokohama.
- Wiermann, C. & R. Horn (1996):** Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf das Bodengefüge; Getreide Magazin 3/96, S. 11 - 13.

BEITRÄGE

der

AG BODENSCHÄTZUNG
und BODENBEWERTUNG

Band 85

Heft III

1997

Bodenbewertung als kommissionsübergreifendes Themen- und Aufgabenfeld in der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft

von

ALTERMANN, M.; PFEIFFER, E.-M.

1. Einleitung

Die Bedeutung des Bodens als Lebensgrundlage und die Notwendigkeit eines umfassenden Bodenschutzes wird in der Öffentlichkeit zunehmend erkannt. Mit fortschreitendem Kenntnisstand über die vielfältigen Bodenfunktionen in Ökosystemen und in der Biosphäre wandeln sich die Wertvorstellungen über Böden, die sich auch in neuen Bewertungsansätzen widerspiegeln sollten. Die Bodenforscher müssen - ihrer Verantwortung zum Schutz der Pedosphäre Rechnung tragend - sich der Aufgabe einer Bodenbewertung stellen.

In Deutschland hat die Bodenschätzung als ein Bewertungsverfahren für landwirtschaftlich nutzbare Böden eine sehr lange Tradition. Sie gewinnt auch aufgrund der großen Datenbestände, die bisher nur ungenügend für andere Bewertungen erschlossen sind, zunehmend an Bedeutung. Auf der Basis von Landes- und Bundesgesetzen - insbesondere mit dem Inkrafttreten des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) - sind Verfahren für die Bewertung von Bodenfunktionen notwendig. Dies erfordert eine gezielte Auseinandersetzung mit der Thematik Bewertung von Böden.

Ein integrierendes wissenschaftliches Diskussions- und Arbeitsforum zu Fragen der Bodenbewertung existiert bisher noch nicht. Deshalb wurde von der DBG die Gründung der **Arbeitsgruppe**

Bodenschätzung und Bodenbewertung

auf der Jahrestagung in Konstanz beschlossen. Dies fand eine breite Resonanz. Mit dieser Arbeitsgruppe wird in unserer Gesellschaft eine geeignete Plattform für den wissenschaftlichen und kommissionsübergreifenden Erfahrungsaustausch und Meinungsstreit entsprechend der DBG-Satzung auf dem Arbeitsgebiet der Bodenschätzung und Bodenbewertung geschaffen. Es wird dabei auf die Einbindung der „Amtlichen Landwirtschaftlichen Sachverständigen“ (ALS, ehemals Bodenschätzer) Wert gelegt, um deren langjährige Schätzungspraxis in einer umfassenden und differenzierten Bodenbewertung wirksam werden zu lassen.

1) Büro für Bodenökologie . Bodenkartierung . Bodenschutz, Lichtenmannsbreite 10, 06118 Halle;

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

2. Grundsätze

2.1 Begriffsbestimmungen

Bodenbewertung wird als die zielgerichtete, standortdifferenzierte Beurteilung von Böden, Bodenfunktionen und Bodenpotentialen definiert.

Die **Bodenschätzung** ist eine wichtige Methode zur Bodenbewertung. Unter Bodenschätzung wird dabei das durch Gesetz (BodSchätzG vom 16.10.1934) geregelte Verfahren zur Bewertung landwirtschaftlich nutzbarer Böden verstanden. Der gesetzlich festgeschriebene Zweck der Bodenschätzung umfaßt neben der Schaffung von Grundlagen für die Besteuerung auch die planvolle Gestaltung der Bodennutzung (§1) und die genaue Kennzeichnung des Bodens nach seiner Beschaffenheit sowie die Festlegung der Ertragsfähigkeit (§2). Über diesen gesetzlichen Rahmen hinaus sollen die Ergebnisse der Bodenschätzung im Sinne von §1 BodSchätzG für andere Bodenbewertungsbelange genutzt werden.

2.2 Zielsetzung der Arbeitsgruppe

Das Ziel der Arbeitsgruppe Bodenschätzung und Bodenbewertung besteht gemäß der Satzung der DBG im wesentlichen darin, die

- wissenschaftliche Arbeit und den Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet der Bodenschätzung und Bodenbewertung zu fördern;
- wissenschaftliche Beziehungen zu den Nachbardisziplinen der Bodenkunde, zum Bundesverband Boden und zur bodenkundlichen Praxis im Sinne der Aufgabenstellung der Arbeitsgruppe zu pflegen sowie neue Beziehungen aufzubauen;
- wissenschaftliche Ergebnisse verschiedenster Disziplinen zur Bodenbewertung zu beurteilen, Methoden zur Anwendung zu empfehlen sowie sich für deren Umsetzung zu engagieren, insbesondere durch Informationen im Rahmen von wissenschaftlichen Veranstaltungen.

Die Arbeitsgruppe arbeitet kommissionsübergreifend, um aus den wissenschaftlichen Ergebnissen der verschiedenen bodenkundlichen Teil- und Nachbardisziplinen die für eine Bodenbewertung relevanten Ergebnisse herauszufiltern, Lösungsansätze zur Bodenbewertung gemäß den politischen Zielsetzungen zu bündeln und im Zusammenwirken mit den Kooperationspartnern Empfehlungen zur praxisorientierten Umsetzung unter Nutzung standortkundlicher Flächendaten herauszuarbeiten. Für ein erfolgreiches Arbeiten ist die breite Mitwirkung einer möglichst großen Zahl von Amtlichen Landwirtschaftlichen Sachverständigen und Bodenkundlern aus Wissenschaft und Praxis erforderlich.

3. Aufgabenfelder

Vielfältige Aufgaben der Bodenbewertung werden von verschiedenen Institutionen (z.B. LABO, BVB) wahrgenommen. Die DBG-Arbeitsgruppe "Bodenschätzung und Bodenbewertung" bietet eine wissenschaftliche Diskussions- und Informationsbasis für den breiten Erfahrungsaustausch durch themenbezogene Veranstaltungen. Ergebnisse dieser Aktivitäten der Arbeitsgruppe können die mit der Bodenbewertung befaßten Gremien nutzen.

Der Meinungsaustausch und das Zusammenwirken mit den Kooperationspartnern sollte u.a. **folgende Arbeitsfelder** zur Bodenbewertung beinhalten:

- Nutzung der Bodenschätzung für nichtsteuerliche Zwecke
- Grundlagen der Boden-/Standortbewertung
- Methoden der Bodenbewertung
 - Zusammenstellung und Bündelung vorhandener Verfahren und Richtlinien
 - Nutzungsabhängige und nutzungsunabhängiger Bewertungsansätze
 - Bewertungsverfahren für Bodenpotentiale und Bodenfunktionen
 - Darstellung der für Bodenbewertung notwendigen Parameter
 - Nutzung von Punkt- und Flächendaten für die Bodenbewertung
 - Rechnergestützte Umsetzung von Methoden und Modellen der Bodenbewertung
- Bewertung anthropogener Bodenveränderungen, Bodenschäden und Bodenbelastungen
- Verkehrswert/Marktwert von Böden auf der Basis von Bodenfunktionen
- Verfahren für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen auf Grundlage von Bodenbewertung
- Erarbeitung von konzeptionellen Vorschlägen zu ausgewählten Methoden der Bodenbewertung und Veröffentlichung der Arbeitsergebnisse in Abstimmung und Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern.

Schwerpunkt der ersten Aktivitäten der Arbeitsgruppe ist die Nutzung der Bodenschätzung für nichtsteuerliche Zwecke.

4. Kooperationen

Die Arbeitsgruppe strebt eine breite Zusammenarbeit, eine fachliche Kooperation und einen Informationsaustausch mit verschiedensten Einrichtungen an wie

- Kommissionen, Arbeitskreisen und Arbeitsgruppen der DBG,
- Finanzverwaltungen,
- Bundesverband Boden (BVB) und seinen Fachgruppen (gemeinsame Veranstaltungen),
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO: AK Bodenbelastung, AK Bodenschutzplanung, AK Recht und Grundsatzfragen),
- wissenschaftlichen Fachgesellschaften (Geologie, Ökologie, Geographie etc.),
- Universitäten und anderen wissenschaftlichen Einrichtungen, Behörden
- Organe der Verwaltungen sowie Ingenieurbüros.

Im Rahmen der laufenden AG-Arbeit sollen bedarfsorientiert Ergänzungen der Aufgabenfelder erfolgen und Prioritäten gesetzt werden. Die Arbeitsergebnisse und Empfehlungen der Arbeitsgruppe sind ein Bindeglied zwischen der bodenkundlichen Forschung und Praxis zur Bodenbewertung.



Die Bodenschätzung aus heutiger Sicht

von

FREUND, K.L.

1. Geschichte der Bodenschätzung

- Spätestens seit dem 18. Jahrhundert fanden in den deutschen Ländern Grundsteuerbonitierungen des Kulturbodens nach Ertragsklassen und verschiedenen Methoden statt. Von besonderer Bedeutung war die sog. „Silbergroschenbonitierung“ für Zwecke der Grundsteuer in Preußen ab 1861 nach F. G. Gauß. Dazu wurden von Veranlagungskommissionen in allen Landkreisen je acht Bonitätsklassen für Acker, Wiesen und Weiden gebildet und mit Grundsteuerreinerträgen zwischen 300 Silbergroschen und 3 Silbergroschen (30 Sgr = 1 Taler) bewertet.
- Nach Aufbau der Reichsfinanzverwaltung waren die alten Bonitierungen überholt und mußten erneuert werden, weil
 - * bodenkundliche und betriebswirtschaftliche Grundlagen veraltet waren,
 - * keine Fortführung vorgesehen war,
 - * keine Anpassung an die Geldwertentwicklung erfolgte und die
 - * Landesbonitierungen untereinander nicht vergleichbar waren.
- Bei Bewertungen nach dem Reichsbewertungsgesetz wurde ab 1925 erstmals ein einheitlicher Schätzungsrahmen durch Walter Rothkegel (Reichsfinanzministerium) angewendet. Dieser Rahmen wurde über mehrere Stufen bis 1934 unter Berücksichtigung neuerer Erkenntnisse der Bodenkunde (Bodenarten, Bodentypen) und der Betriebswirtschaftslehre weiterentwickelt durch Heinrich Herzog. Endstufe dieser Entwicklung war die Bekanntgabe der zwei Schätzungsrahmen für Acker und Grünland vom 11. Februar 1935 auf der Grundlage des BodSchätzG vom 16. Oktober 1934.

- **Hauptmerkmale der neuen Bodenschätzung**
 - * Sie war im Deutschen Reich einheitlich
 - * Sie berücksichtigte neueste Erkenntnisse der Wissenschaft
 - * Sie erlaubte eine Klassifizierung der Ertragsfähigkeit der Böden nach Verhältniszahlen 6 bis 100
 - * Die Nachschätzung und die Überprüfung der Ergebnisse nach §§ 12 und 13 BodSchätzG waren vorgeschrieben
 - * Das Schätzungsverfahren ist bis heute zeitlos und unabhängig von der monetären Entwicklung
- Von 1934 bis 1939 erfolgte die **Durchführung** der Bodenschätzung.
 - * ca. 7.000 bis 8.000 Musterstücke wurden durch den Schätzungsbeirat geschätzt
 - * ca. 65 v.H. der Fläche des Deutschen Reiches wurde von Schätzungsausschüssen geschätzt
 - * im Krieg erfolgte eine Ausdehnung der Schätzungsarbeiten auf besetzte bzw. ange-schlossene Gebiete und Länder (z.B. Österreich)
 - * nach dem Krieg Fortführung der Schätzung in der Bundesrepublik, der DDR und Öster-reich auf der Grundlage der bestehenden Vorschriften.

2. Derzeitiger Stand der Durchführung

- Wesentliche Vorschriften sind
 - das BodSchätzG vom 16. Oktober 1934, ein Steuergesetz i.S. von § 2 Abs. 2 der Abga-benordnung (AO),
 - die BodSchätzDB vom 12. Februar 1935,
 - die Schätzungsrahmen vom 11. Februar 1935.

Diese und alle weiteren Erlasse und Richtlinien werden weiterhin im wesentlichen unverän- dert angewendet. Eine Vereinheitlichung, Straffung, Neuformulierung i.S. heutiger rechts- staatlicher Verhältnisse wäre wünschenswert, ist aber bisher aus grundsätzlichen Erwägun- gen im Zusammenhang mit der Gesetzgebung nicht erfolgt. Die unveränderte Anwendung der bestehenden Vorschriften garantiert die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von 1934 bis heute. Anpassungen des Gesetzeswortlauts an die rechtsstaatlichen Verhältnisse sind bis- her nur durch

- * das BewÄndG 1965
- * die FGO 1965
- * das EinfG zur AO 1976 und
- * das Jahressteuergesetz 1996

erfolgt. Sie waren notwendig, um die Terminologie des Gesetzes und die Vorschriften über die Beschwerde, die Überprüfung der Ergebnisse und die Rechtsverbindlichkeit zu modernisieren.

- Die Flächenschätzungen in Form von Nachschätzungen finden im gesamten Bundesgebiet regelmäßig statt.
- An Schätzungsunterlagen stehen bis 1998 zur Verfügung:
 - * ca. 4.400 Musterstücke mit Schätzungsergebnis, Profilbeschreibung, Bodenanalyse und z.T. bodentypologischer Aufnahme (durch Verordnung bekanntgegeben)
 - * ca. 20 Mio. Vergleichsstücke und bestimmende Grablöcher mit Schätzungsergebnis und Profilbeschreibung
 - * ca. 17 Mio. ha geschätzte Fläche (flächendeckend).

Diese Unterlagen stellen eine unschätzbare und unerschöpfliche Datenquelle für viele Verwendungsmöglichkeiten dar.

3. Derzeitige Verwendung der Bodenschätzungsergebnisse

- In erster Linie Besteuerungsgrundlage (§ 1 BodSchätzG)
 - * für einheitswertabhängige Steuern seit 1996/97 ohne VSt und ErbSt
 - * für Bilanzierung des Grund und Bodens (§ 55 EStG)
- im nichtsteuerlichen Bereich
 - * Maßstab im Bodenverkehr, im Beleihungs- und Entschädigungswesen
 - * Maßstab für agrarpolitische und agrarsoziale Förderungsmaßnahmen
 - * Grundlage für Flurbereinigungs-Wertermittlung und nach der Höfeordnung

- * Bemessung von Beiträgen zu Kammern, Wasser- und Bodenverbänden, Versicherungen
- * Aufbau von Bodendatenbanken, eines Bodeninformationssystems

4. Aussichten für die Zukunft

- Nichtsteuerlicher Bereich wird zunehmend bedeutungsvoller!
- Aus Gründen der Erfahrung und der Verwaltungsökonomie sollte die Bodenschätzung von der Finanzverwaltung als Dienstleistung weiterhin durchgeführt und angeboten werden. Grundlage dafür ist die Erarbeitung und Verwendung eines EDV-gerechten Feldschätzungsbuches als Voraussetzung für die Aufnahme und Speicherung der seit 1995 anfallenden Schätzungsdaten.
- Insbesondere die Verwendung für Bodendatenbanken und für ein Bodeninformationssystem ist zukunftsfruchtig unter der Voraussetzung der Digitalisierung der bereits vorliegenden Bodenschätzungsergebnisse. Die Grundlage für ein Bodeninformationssystem bieten die Beschlüsse der Umweltminister, der Finanzminister und der Innenminister der Länder aus den Jahren 1993/1994, die auf die Ergebnisse der AG „Bodenschätzung“ der Bund/Länder AG Bodenschutz (LABO) von 1993 unter Federführung des Bundesumweltministeriums verweisen.

Die Erhaltung und Fortführung der Bodenschätzung durch die Finanzverwaltung muß weiterhin vom Anwenderbereich außerhalb der Finanzverwaltung, insbesondere von geologischen Landesämtern, wissenschaftlichen Einrichtungen und Umweltbehörden eingefordert werden. Dadurch können die internen Bemühungen der Bodenschätzer in der Finanzverwaltung wirkungsvoll unterstützt werden.

Die Einbindung der praktischen Bodenschätzer in die DBG wird begrüßt, weil sie einen verstärkten Gedankenaustausch mit den Bodenkundlern gewährleistet und für beide Seiten von Vorteil ist.

Vergleichende Standortbeurteilungen als Voraussetzung für Bodenbewertungen

von

THIERE, J.; ALTERMANN, M.

Aus der Sicht der Kartierung und Auswertung der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) der Neuen Bundesländer werden für zurückliegende und aktuelle Aufgabenstellungen thesenhaft methodische Inhalte und Erfahrungen für vergleichende Standortbeurteilungen und -bewertungen mitgeteilt.

1. Das Wesen der Standortbeurteilung besteht in der Gewinnung einer Aussage (A) durch Verknüpfung eines oder mehrerer Standortelemente (E) mit einem Anforderungsfeld (F).
Ein Standortelement ist ein Bestandteil des Standorts, der in einem bestimmten Zusammenhang nicht weiter zerlegt werden kann oder soll.
Ein Anforderungsfeld in der Standortbeurteilung ist die Gesamtheit der standortabhängigen Kriterien bezogen auf ein Beurteilungsziel.
2. Methodische Arbeiten zur Standortbeurteilung und Standortbewertung müssen alle drei Bestandteile des Beurteilungsvorganges - Standortelemente, Anforderungsfelder und Beurteilungsaussagen - zum Gegenstand haben.
3. Die Standortelemente müssen so gefaßt und ausgewählt werden können, daß für Beurteilungen sowohl die Ausprägungsgrade als auch die vertikale und horizontale Variabilität der Merkmale berücksichtigt werden. Dafür hat sich die Anwendung eines Flächentypen-Konzepts bewährt. Flächentypen sind Standortelemente, die nach Elementart und Flächenanteil definiert sind (vgl. Abb. 1).
4. Die Anforderungsfelder ergeben sich aus der Standortabhängigkeit von Verfahren, Formen und Gefährdungen der Standortnutzung. Sie erfordern eine laufende Anpassung und Präzisierung an den Informationsbedarf unterschiedlicher Nutzerebenen und Flächenbezüge (Bewirtschaftungseinheiten, Naturräume und administrative Einheiten).
5. Standortbeurteilungen und -bewertungen erfordern ein Vergleichen nach Standortbedingungen. Der Vergleich von Standortbedingungen setzt Abstraktion voraus (vgl. Abb. 2 und 3).
6. Auf der Grundlage der im Rahmen der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) entwickelten standortkundlichen Einheiten wurde eine Beurteilungs-, Bewertungs- und Vergleichsmethodik erarbeitet nach der die landwirtschaftlichen Nutzflächen beliebiger Landschaftsausschnitte im Gebiet der Neuen Bundesländer nach den abiotischen Komponenten Substrat, Hydromorphie, Hangneigung und Steinigkeit vergleichend beurteilt werden können.

* Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V., Institut für Bodenlandschaftsforschung, Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg

** Büro für Bodenökologie, Bodenkartierung, Bodenschutz; Lichtemannsbreite 10, 06118 Halle

7. Die Mannigfaltigkeit der Kartierungs- und Erfassungsdaten wird vorerst nach den Beurteilungsaspekten Anbaueignung und Bewirtschaftungseignung in jeweils 6 Klassen vorinterpretiert. Die Beurteilungsklassen werden nach zunehmender Ungunst mit den Ziffern 0 bis 5 symbolisiert und als „Vergleichsstufen“ bezeichnet.
Auf der Grundlage der Vergleichsstufen und den dazugehörigen Flächenanteilen werden weitere Vergleichsdaten berechnet. (Dominanz-Tripel mit Dominanzgrad, Vergleichsindex, Indexklassen, Kontrastangaben - Hauptkontrast, Begleitkontrast, Kontrastgruppen - und Flächentypen nach Vergleichsstufen).
8. Mit Hilfe der Vergleichsdaten können größere Gesamtheiten von Flächeneinheiten rationell und variabel beurteilt, verglichen und gruppiert werden.
9. Die Vergleichsmethodik wurde bisher genutzt für Beurteilungen und Vergleiche von Bewirtschaftungsflächen (Schläge, Pärzellen), Landwirtschaftsbetrieben, Gemeinden, Kreisen und Bundesländern sowie für Naturraumareale und Wassereinzugsgebiete.
Für weitere Beurteilungs- und Bewertungsziele ist die Methodik ausbaufähig.

Abb. 1: Standortkundliche Einheiten zur Kennzeichnung landwirtschaftlich genutzter Standorte

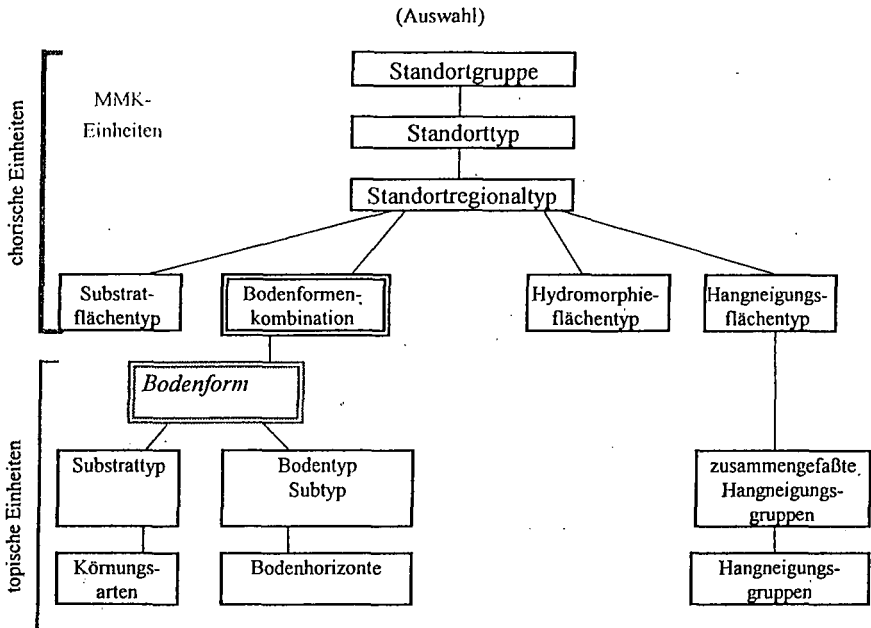


Abb. 2: Realisierung von Standortvergleichen

These: Der Vergleich von Standortbedingungen setzt Abstraktion voraus.

Merkmale elementarer Ausschnitte aus der Standortdecke:

- Elementart
- Flächengrößen
- Flächenform
- Lage (Distanz, Muster, Energieniveau)

Abstraktionsprinzipien zur Ermittlung kennzeichnender Standortdaten für Nutzflächeneinheiten

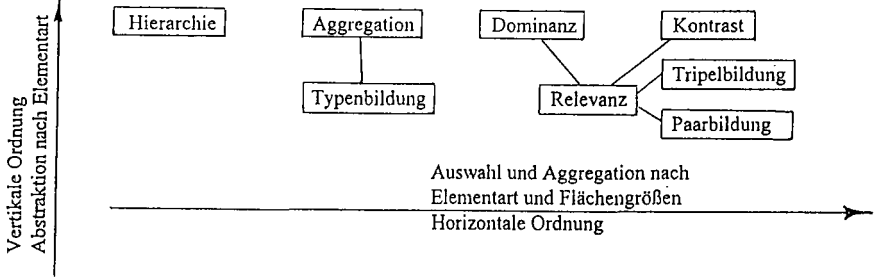


Abb. 3: Ordnungsstufen für Standortelemente aus der Sicht der Überführung in Nutzerbereiche

Integrations- ebenen	Schichten	A U 1 U 2 U 3	0... 3 dm 3... 6 dm 6...10 dm 10 15 dm	Für: - Primärelemente der Erfassungsstufe - aggregierte Primärelemente - 1. Aggregierungsstufe - 2. Aggregierungsstufe - 3. Aggregierungsstufe
	Schicht-Kombinationen	A, U 1 A/ U 1/ U 2 A/ U 1/ U 2/ U 3 U 2/ U 3	0... 6 dm 0...10 dm 0...15 dm 6...15 dm	Gebildet aus: - Primärelementen - Elementen einer Aggregierungsstufe - Elementen unterschiedlicher Aggregierungsstufen Aggregation zu Gruppen von Schichtkombinationen
	Flächentypen			Gebildet für: - Elemente einzelner Schichten - Elemente von Schichtkombinationen - Assoziation von Arealtypen Aggregation zu Gruppen von Flächentypen

Literaturverzeichnis

- ALTERMANN, M., D. KÜHN & J. THIÈRE (1992): Standortkennzeichnung von Ackerschlägen durch Auswertung der Bodenschätzung und ergänzende Erhebungen. Mitt. Dt. Bodenkundl. Gesellsch., **67**: 181 - 184.
- AUTORENKOLLEKTIV (1996): Agraratlas des Landes Sachsen-Anhalt. Die Agrarwirtschaft des Landes in Karten - Texten - Übersichten. Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt.
- DEUMLICH, D., J. THIÈRE (1996): Einschätzung der potentiellen Wassererosionsgefährdung für Gemeinden und Regionen der Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und der Freistaaten Thüringen und Sachsen. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd., **5**: 335-343.
- HIEROLD W., R. SCHMIDT (1997): Kennzeichnung und Bewertung von Böden für eine nachhaltige Landschaftsnutzung. Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V., ZALF-Bericht, **28**.
- MÜLLER, J., P. JÖRN & J. THIÈRE (1995): Erarbeitung einer Karte der pflanzennutzbaren Feldkapazität für die neuen Bundesländer. Mitt. dt. Bodenkundl. Gesellsch., **74**: 141 - 144.
- SCHMIDT, R., R. DIEMANN (1981): Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Bereich Bodenkunde/Fernerkundung Eberswalde.
- THIÈRE, J., M. ALTERMANN, I. LIEBEROTH & D. RAU (1991): Zur Beurteilung landwirtschaftlicher Nutzflächen nach technologischen wirksamen Standortbedingungen. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. Berlin **35** (3) 171 - 183.
- THIÈRE, J. & A. HENDZLIK (1989): Vergleichsmethode Standort (VERMOST) und ihre Anwendung auf Bewirtschaftungs- und Anbaueignung. In: Quantifizierung der Abhängigkeit der Erträge und technologischen Aufwendungen von stabilen Standortbedingungen mit computergerechten Auswertungsalgorithmen (Standortbonitur), FZB Müncheberg d. AdL, Bereich Bodenkunde/Fernerkundung Eberswalde, F/E-Bericht, Anl. 3, 27 S..
- THIÈRE, J. & R. SCHMIDT (1979): Kriterien von Flächentypen bei der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK). Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. Berlin **23** (9): 529 - 537.

BEITRÄGE

des

**AK BODEN IN SCHULE UND
WEITERBILDUNG**

Band 85

Heft III

1997

Hypertext-Hilfe-Dateien als Mittel zur Darstellung von Bodenklassifikationssystemen

von

BAILLY,F.

Einleitung

In Büchern sind Texteinheiten durch Seitenwechsel voneinander getrennt. Eine feste, nicht veränderbare Reihenfolge ist vorgegeben, in der die Themen sachlich und logisch aufeinander aufbauen (sollten). Diese lineare Anordnung kann mit Mühe verlassen werden, indem man Inhaltsverzeichnis oder Index benutzt und mit Lesezeichen, Eselsohren oder zwischen die Seiten geschobenen Fingern versucht, Sprünge zwischen nicht unmittelbar aneinandergrenzenden Themen durchzuführen. - Bei elektronischer Aufbereitung von Informationen in Form von Dateien ist hingegen die Verwendung von Hypertext möglich, d.h. die Darbietung der Informationen in vernetzter, nicht-linearer Form, wozu bei der Erstellung des Programms zwischen einzelnen Texteinheiten Verknüpfungen erstellt werden; die Benutzer können die Verknüpfungen verwenden, sie können aber in ihre vorgegebene Struktur nicht ändernd eingreifen.

Unter MS-Windows ist es auch programmiertechnisch weniger geschulten Benutzern möglich, Hypertext-Programme zu entwickeln. Ursprünglich waren diese Programme dazu bestimmt, anderen Computerprogrammen als Online-Hilfe beigefügt zu werden. Sie können aber auch für weitere Zwecke verwendet werden, obwohl die Bezeichnung "Hilfe-Datei" (Endung *.HLP) leicht zu Mißverständnissen hinsichtlich ihrer sehr viel breiteren Anwendbarkeit führt.

Bereits von Fischer (1995) wurden derartige Dateien mit Erfolg benutzt, um bodenkundliche Lehrprogramme zu entwickeln.

Hilfe-Dateien

Sog. Hilfe-Dateien eignen sich für die Verbreitung von Informationen, die sich nach Erstellung und Speicherung nicht mehr verändern. Neben den genannten Online-Hilfe-Dateien schliesst dies z.B. Verfahrensbeschreibungen, Wörterbücher, Archive, Zeitschriften, usw. ein, wobei in einer einzigen Datei sehr große Datenmengen (bis zu 2 Gigabyte entspr. weit über 1000 Bücher à 500 Seiten) (Engel, 1994) durch Querverweise, Stichwörter usw. aufbereitet werden können, um dann auf CD bzw. auf Diskette verbreitet und unter MS-Windows präsentiert zu werden.

Notwendige Voraussetzungen zur Entwicklung von sog. Hilfe-Dateien sind:

- (1) ein Text-Programm zur Erstellung der Ausgangs-Datei, aus der später die gewünschte sog. Hilfe-Datei entwickelt werden soll. Bei Verwendung eines normalen Text-Editors würde eine sehr mühsame Programmiersprache verwendet werden müssen. Stattdessen wird daher meist einer der zahlreichen, für diese Zwecke speziell entwickelten sog. Hilfe-Editoren verwendet, die im Shareware-Bereich oder auf Universitäts-FTP-Servern gesucht werden können. Mit ihnen wird zunächst die Ausgangs-Datei in einer übersichtlichen Form erstellt und anschliessend in das sog. Rich-Text-Format (Endung *.RTF) konvertiert.

- (2) die Compiler-Programme HC31.EXE oder HCP.EXE. Mit ihrer Hilfe werden die zuvor erstellten RTF-Dateien auf DOS-Ebene in sog. Hilfe-Dateien (Endung *.HLP) umgewandelt. Diese Compiler werden als "MS Help Compiler" (Version 3.10.505) den Programmiersprachen Visual Basic, C, usw. beigelegt, sind aber auch über Buchhandel (Engel, 1994), Mailboxen u.a. erhältlich. Beim Compilieren kann man mithilfe einer steuernden Projektdatei (Endung *.HPJ) in die Gestaltung der sog. Hilfe-Datei noch zusätzlich eingreifen.
- (3) das zur Grundausstattung von MS-Windows gehörende Programm WINHELP.EXE. Es ermöglicht überhaupt erst die Wiedergabe des erstellten Programms (der sog. Hilfe-Datei) auf dem Bildschirm durch Benutzer und Autor/Autorin. Unter Windows 3.x erstellte HLP-Dateien laufen auch unter Windows 95 und Windows NT.

Hypertext-Hilfe-Dateien

Die sog. Hilfe-Dateien lassen sich als Hypertext gestalten. Die Hypertext-Struktur umfasst:

- (a) die Texteinheiten ("Seiten", Themen, Informationseinheiten), die später einzeln auf dem Bildschirm erscheinen;
- (b) die Verknüpfungen zwischen diesen Texteinheiten (den "Seiten") in nicht-linearer, vernetzter Form; sie ermöglichen auf dem Bildschirm das Springen von Thema zu Thema.

Dieses Weiterspringen erfolgt durch Anklicken hervorgehobener Text- oder Graphik-Schaltflächen (Absprungstellen, Anker, Hotspots) mit dem Mauszeiger. Bei *Sprung-Verknüpfungen* wird das bisherige Fenster durch ein neues *ersetzt*. Bei *Popup-Verknüpfungen* erscheint über dem bisherigen Fenster *zusätzlich* ein weiteres Fenster, das bei erneutem Klicken wieder verschwindet.

Die Verknüpfungen bilden ein Netz, den sog. Hyperraum (Hyperspace). Im Gegensatz zum linear aufgebauten Buch gibt es viele Wege durch den Hyperraum. Dies erfordert bei den Benutzern Grundkenntnisse im Umgang mit der Windows-Oberfläche. Aber bereits bei der Erstellung der Datei muß die spätere Navigation durch den Hyperraum wohl bedacht werden. Autoren/innen von sog. Hilfe-Dateien sollten bei der Erstellung von Hypertext-Hilfe-Dateien über den zu bewältigenden arbeitstechnischen Problemen die ergonomischen Fragen nicht vernachlässigen und sich in das mögliche Verhalten späterer Programm-Benutzer versetzen, die evtl. nach ersten Versuchen enttäuscht aufgeben, weil sie sich nicht zurecht finden. Neben Fragen der Verständlichkeit des Textes spielt vor allem die innere Struktur der Verknüpfungen und die Art der Schaltflächen, über welche die Navigation verwirklicht wird, eine wichtige Rolle.

Benutzer von Hypertext-Hilfe-Dateien können die Orientierung verlieren. Beim "Surfen" im Internet beispielsweise gibt man oft der Neugier nach, klickt sich mit der Maus immer weiter, lässt sich von interessanten Themen ablenken, vergißt beim Weiterspringen und -lesen das Ziel und fragt sich schliesslich, was man gesucht hat, wo man ist, wie man dahin gekommen ist, und wie man wieder herauskommt („lost in hyperspace“). Bei der Benutzung von sog. Hilfe-Dateien möchte man sich aber nicht im „Hyperraum“ verirren, sondern mit Ernsthaftigkeit und ohne Zeitverlust arbeiten. Als zusätzliche Orientierungshilfen bietet Microsoft die folgenden Schaltflächen in der oberen Symbolleiste an: Inhalt, Bisher, Zurück, Suchen.

Die Schaltfläche INHALT führt zu einer (oft beim Starten des Programms sich als erstes öffnenden) Seite, die als Inhaltsverzeichnis gestaltet sein kann, aber nicht muß. Sie entspricht in derartigen Fällen dem auch im Internet häufig benutzten Navigations-Prinzip "Zurück zur Homepage" und ist insofern sicher sehr nützlich. Häufig will man aber gar nicht zurück zur zentralen Schaltstelle, sondern zurück auf ein Zwischen-Niveau, von dem aus man eine spezielle Recherche erneut starten kann (s.u.). Dann versagt dieser Schaltfläche.

Die Schaltfläche BISHER zeigt eine Liste der bislang aufgerufenen Seiten; sie wirkt auf viele Benutzer verwirrend und wenig nützlich.

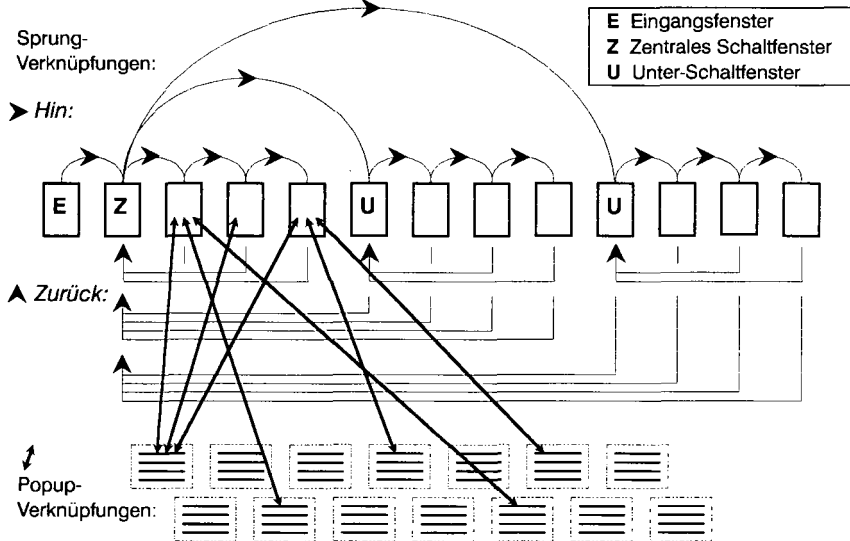
Die Schaltfläche ZURÜCK führt automatisch zum zuletzt besuchten Thema und hat insofern einen beschränkten Nutzen, dient aber selten der allgemeinen Navigation im Hyperraum.

Die Schaltfläche SUCHEN öffnet eine mehr oder weniger umfangreiche Liste mit Stichworten sowie den Texteinheiten ("Seiten"), in welchen sie auftreten. Diese Suche ist nicht selten enttäuschend, weil man völlig davon abhängig ist, welche Stichworte die Autoren/innen berücksichtigt haben. In der Hilfe-Datei zu Winword findet man z.B. Informationen zur Trennung von Wörtern nicht unter "Trennung" oder "Worttrennung", sondern nur unter "Silbentrennung".

Ergonomische Gesichtspunkte

Die Aufteilung des Inhalts einer sog. Hilfe-Datei in Texteinheiten und deren Verknüpfungen beruhen auf Entscheidungen des Autors/der Autorin, die somit hinsichtlich der späteren Akzeptanz des Programms verantwortlich sind. Zwar kann man sich auch in Büchern "verirren", aber sie besitzen wenigstens eine lineare Struktur. Mit Hypertext hingegen lässt sich durchaus Chaos erzeugen, sofern man alles, was das Programm an Möglichkeiten bietet, unkritisch anwendet. Einige Gestaltungsvorschläge könnten lauten:

(a) In Hypertext-Dateien sollten bevorzugt kurze Wege zu entfernteren Texteinheiten führen (s. Abb.). Gedanklich sind lineare Struktur-Abschnitte leichter nachvollziehbar als stark vernetzte.



(b) Man sollte von überall her und auf einfache Weise an den oder an einen geeigneten Ausgangspunkt direkt wieder zurückgeführt werden. Ausgangspunkt muss nicht immer das zentrale Inhaltsverzeichnis (Index) sein, zu dem normalerweise die Schaltfläche INHALT führt (s.o.); es können auch sinnvoll gewählte Seiten sein, die "auf halbem Wege" bereits Zwischenübersichten und Verzweigungen anbieten. Von überall her müssen derartige "Schaltfenster" (s. Abb.) leicht erreichbar sein, um von ihnen aus erneut Vorstöße zu dahinter liegenden Texteinheiten zu unternehmen.

(c) Die benötigten Schaltflächen sollten in leicht identifizierbarer Form in die Textseiten selbst (an immer den gleichen Positionen in den Fenstern) integriert werden, um Benutzern das Gewahren der Navigations-Möglichkeiten und ihre Verwendung zu erleichtern. Angesichts des nur eingeschränkten Nutzens der Standard-Schaltflächen in der Symbolleiste ist dies von Bedeutung.

(d) Pop-up-Verknüpfungen, die nicht in die Irre führen können, sollten bevorzugt werden, während Querverweise in Form von Sprung-Verknüpfungen eher zurückhaltend eingesetzt und auf das Notwendige beschränkt werden sollten, da ihnen die Gefahr des Kontextverlustes innewohnt.

Ein Bodenklassifikationssystem als Hypertext-Hilfe-Datei

Im PC-Programm FAOSOIL.HLP (Bailey, 1996), das auf der Grundlage der Revidierten Legende zur FAO-Unesco Soil Map of the World erstellt wurde, wird der Versuch unternommen, ergonomische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Ein modernes Bodenklassifikationssystem eignet sich als Hypertext-Hilfe-Programm besonders, weil der Bestimmungsschlüssel strikt hierarchisch ist, und da wie bei anderen, dichotom aufgebauten Bestimmungsschlüsseln, z.B. in der Botanik, eine schrittweise Überprüfung von Kriterien zwingend vorgeschrieben ist.

Um die taxonomische Stellung eines gegebenen Bodens zu ermitteln, verfährt man im Prinzip zunächst ebenso wie es bereits in dem als Druckwerk (FAO, 1988) publizierten Original-Text geschieht: Der Schlüssel (*The Key*) führt Schritt für Schritt durch alle 28 *Major Soil Groupings* vom Anfang (*Schritt 1 Histosols*) zum Ende (*Schritt 28 Cambisols*). Nach Erreichen derjenigen Gruppe, deren Definition den in Frage stehenden Boden mit umschließt, verzweigt man in die zu dieser Gruppe gehörenden *Soil Units* und überprüft deren Kriterien wiederum schrittweise, bis man diejenige Unit erreicht hat, die den in Frage stehenden Boden einschließt. Das Programm erlaubt jederzeit ein Springen vom englischen Text in den deutschen Text und zurück.

Gegenüber dem gedruckten Text kann ein großer Vorteil darin gesehen werden, daß sich während des Durchlaufens des Bestimmungsschlüssels die benötigten Definitionen der *Diagnostischen Horizonte* und die der *Diagnostischen Eigenschaften* über Pop-up-Fenster ständig sozusagen "nebenbei" überprüfen lassen. Ebenso leicht lassen sich die zusammenfassenden Beschreibungen der Units (*Descriptions*) während des schrittweisen Gangs durch den Bestimmungsschlüssel en passant über Pop-up-Fenster aufrufen, ohne dabei den Bestimmungsschlüssel selbst zu verlassen.

Neben dem schrittweisen Durchlaufen des gesamten Bestimmungsschlüssels ermöglicht das Programm über Abkürzungswege auch die individuelle Auswahl bestimmter Bodengruppen. Ausserdem sind von der zentralen Schaltstelle des Programms aus auch unabhängig vom Bestimmungsschlüssel die *Diagnostischen Horizonte* und die *Diagnostischen Eigenschaften*, die zusammenfassenden Beschreibungen (*Descriptions*), die etymologischen Wurzeln, die *Phases* und die *Master-Horizonte* direkt und in beiden Sprachen anwählbar.

Es ist zu fragen, ob ein derartiges Programm beim Lernenden das Selbstlernen unterstützen und die Motivation steigern kann, und ob es beim Lehrenden die Effizienz der Lehrstoffvermittlung ergänzen und das Anschaulichmachen komplexer Zusammenhänge verbessern kann. Eine positive Antwort darauf ist vor allem deswegen wichtig, weil der zu leistende Aufwand bei der Erstellung selbst eines derartigen, noch immer relativ einfachen (nicht dialogfähigen) Programms erheblich viel größer ist als etwa die Erstellung schriftlicher Lehrheiten. Das Programm wurde im Wintersemester 1996/97 an der FH Osnabrück erstmals in der Lehre erprobt.

Zusammenfassung

Die technischen Möglichkeiten der Verwendung des Microsoft-Help-Compilers zur Erstellung von elektronisch zugänglichen Informationen sowie die Möglichkeiten, die die damit einhergehende Verwendung von Hypertext bietet, werden dargestellt. Auf ergonomische Gesichtspunkte, die insbesondere für die späteren Benutzer der Programme von Bedeutung sind, wird eingegangen. Die Möglichkeiten werden am Beispiel eines Programms zur Bodenklassifikation erläutert.

Quellen

Bailey, F. (1996): FAOSOIL.HLP. Ein Computer-Programm.

(Näheres über Internet: <http://www.et.fh-osnabrueck.de/fbgb/bowi/faosoil.htm> sowie <ftp://ftp.rz.uni-osnabrueck.de/pub/local/bodenwiss/>)

Engel, R. (1994): Elektronisch publizieren mit dem Help Compiler. Microsoft Press.

Fischer, W.R. (1995): Ein PC-gestütztes Lehrprogramm "Bodenkunde" für unterschiedliche Studiengänge, Mitt. DBG 76, 7-10.

FAO (1988): FAO/Unesco Soil Map of the World, Revised Legend, with corrections. World Resources report 60, FAO, Rome. - Reprint: Technical Paper 20, ISRIC, Wageningen, 1994.

Bodenschutzrecht in der Zweijährigen Fachschule Agrarwirtschaft

von

BENNE, L.

1. Problemstellung der Untersuchung

In der Zweijährigen Fachschule Agrartechnik (Aufbauform) der Justus-von-Liebig-Schule Hannover kann u.a. der Abschluss als Umwelttechniker² erworben werden. Techniker sollen in der Lage sein, mittlere Betriebe oder Abteilungen größerer Betriebe zu leiten. Entsprechendes gilt für den öffentlichen Dienst, z.B. die Betreuung von Naturschutzgebieten.

Für die Bewirtschaftung des Bodens brauchen die Techniker folgende Qualifikation: *Fähigkeit und Bereitschaft, im Rahmen der heutigen Wirtschaftsweise und auf der Grundlage des Rechts die natürlichen Bodeneigenschaften zu erhalten bzw. wiederherzustellen.*

Mit den Ausbildungsinhalten sind viele Rechtsfragen verbunden. Zu deren Lösung werden Grundlagen der Rechtsanwendung und -interpretation, des Verwaltungsrechts und der mit Umweltproblemen befassten Rechtsgebiete vermittelt.

Zunächst wird mit einfachen Fragestellungen in juristische Sprache und Methoden zur Anwendung und Interpretation des Rechts eingeführt, später werden die Fälle und Rechtsgrundlagen komplexer.

Wesentliches Ziel des in der Fachschule angewendeten Lernweges [BENNE (1994), entwickelt aus einem Modell von v. CUBE und HADDING (1978)] ist der Aufbau von Ermessensentscheidungen durch die Interpretation von Rechtsvorschriften:

1. Präsentation eines Falles *(Motivationsphase)*
2. Erschließung der Rechtsfragen *(Planungsphase)*
3. Konstruktion des Lösungswegs durch Anwendung / *(Untersuchungsphase)*
Interpretation der Rechtsgrundlagen
4. Darstellung der Lösung mit verschiedenen Methoden *(Lösungsphase)*
(z.B. Präsentation eines Transparents, Simulation eines Ortstermins, Podiumsdiskussion)
5. Kritik der Lösung und der Rechtsgrundlage *(Beurteilungsphase).*

2. Bodenschutzrecht als Unterrichtsthema

Zur Einführung wurde mit den Schülern (im folgenden „S“) ein Fall (LÖER 1994) bearbeitet: Ein Landwirt, der im Winter wiederholt Gülle ausbringen lassen hatte, musste ein Ordnungsgeld von DM 500 zahlen. Im Mittelpunkt der Bearbeitung stand die Simulation des pflichtgemäßen Ermessens der zuständigen Behörde.

Das Beispiel war gut geeignet, das Problem der nachhaltigen Bodennutzung zu erschließen, für das die angehenden Fachleute durch ihre Berufspraxis in einem Agrarberuf sensibilisiert sind. Aus der Fallanalyse und einem Überblick über die Rechtsvorschriften, die auf Bundesebene den Boden erwähnen (STORM 1995), entwickelte die Klasse Anforderungen an ein neues Bodenschutzgesetz als Grundlage der Landbewirtschaftung.

¹ Justus-von-Liebig-Schule, Heisterbergalle 8, 30453 Hannover

² Die männliche Form schließt zur besseren Lesbarkeit die weibliche ein.

Ein wesentliches Problem des Umweltrechts, das auch hier sichtbar wurde, sind die unbestimmten Rechtsbegriffe. Beispiele sind im BNatSchG³ [(§§ 1 (3) und 8 (7))] das Landwirtschaftsprivileg sowie im PflSchG [§ 6 (1)] die „gute fachliche Praxis“, die mit umfangreichen Erläuterungen konkretisiert werden müssen.

Das geplante Bodenschutzgesetz (BUNDESTAG Drs. 13/6701) setzt diese Praxis fort: In § 3 wird die Landwirtschaft zunächst ausgespart und auf die Fachgesetze verwiesen. Jedoch verlangt § 17 (i.V. mit §§ 4 und 7) wortgleich mit § 6(1) PflSchG die Anwendung der „guten fachlichen Praxis“, ohne in der Aufzählung der angestrebten Handlungsweisen des Landwirts den Pflanzenschutz zu erwähnen. Daraus folgt: Wenn andere Regeln nicht greifen, gilt § 17. Diese „Lex generalis“ kann als übergeordnet angesehen werden, weil Bodenschutz das Hauptziel des neuen Gesetzes ist; in den bisherigen ist er allenfalls Nebenziel.

Das Kernproblem der rechtspolitischen Betrachtung lässt sich so umreißen:

„Welchen Fortschritt bringt das BBodSchG gegenüber der derzeitigen Rechtslage, um das Schutzziel besser als bisher zu erreichen?“

3. Analyse eines fiktiven Falles zum Bodenschutzgesetz

Landwirt B wendet ein Bodenherbizid in Rüben an (z.B. Goltix), das einen unmittelbaren Nachbau von Gräsern nicht zulässt.

Vorher ruft er die Wettervorhersage des agrarmeteorologischen Dienstes ab:

Die Wetterlage ist instabil, zunächst sind bei vorwiegend heiterem Wetter örtlich Schauer zu erwarten. Über Frankreich liegt in einer Südwestströmung eine Front, die dort in mehreren Staffeln Gewitter bringt.

Diese Front nähert sich entgegen der kurzfristigen Voraussage wesentlich schneller. Ein dabei sich entladendes Gewitter mit ergiebigem Regen hat Folgen:

1. *Erosion am Oberhang des Schlages, Rinnenbildung; der Bestand ist so stark ausgedünnt, dass er umzubrechen ist.*
2. *Auftrag am Unterhang (pflanzenschutzmittelhaltiger Boden, Bestand zugedeckt). Deshalb ist ein Nachbau von Futtergras nicht möglich.*

Aufgabe: Aus der Sicht der für den Umweltschutz zuständigen Behörde ist unter Berücksichtigung aller relevanten Vorschriften festzustellen, ob B nach guter fachlicher Praxis (BBodSchG § 17 i.V. m. § 26) gehandelt hat.

Die S entwickelten Rechtsfragen aus dem Fall, die in der Skizze des Lösungswegs (Abb. 1) verknüpft und strukturiert wurden. Die Verkettung der Antworten führte zur Beantwortung der Kernfrage des Falls. Weitere wichtige Fragen waren:

- (1) War B verpflichtet, den agrarmeteorologischen Dienst abzufragen?
- (2) Musste B bei der herrschenden Wetterlage mit nicht vorausgesagten katastrophalen Ereignissen rechnen?

4. Kritische Würdigung des Gesetzentwurfes durch die Schüler

Die Bearbeitung des BBodSchG fiel in die Periode des gesetzgeberischen Verfahrens. Eine in der Ausbildung praktizierte Methode der Darstellung der in schüleraktiven Phasen erzielten Ergebnisse ist die Podiumsdiskussion. In einer Abwandlung dieser Methode hatten die Schüler den Auftrag, einen Teil der gestalterischen Arbeit im Bundestagsausschuss nachzuvollziehen und für eine Anhörung dort eine Stellungnahme eines Verbandes (Deutscher Bauernverband DBV und Naturschutzbund Deutschland NABU) vorzubereiten. Damit sollte auch die in den Diskussionen

³ Abkürzungen im Literaturverzeichnis

mehrfach geäußerte Kritik am Gesetzentwurf strukturiert werden. In die Argumente der Verbände gingen auch auf die Erfahrungen der S mit der Fallbearbeitung ein:

DBV: Die Initiative wird begrüßt, da das BBodSchG die Ressourcen der Landwirtschaft gegenüber anderen Nutzungsinteressen stärken wird. Der Ausnahmeregelung in § 3 wird zugestimmt, da die dort angegebenen Gesetze schon hinreichend klare Rahmenbedingungen schaffen. Die „gute fachliche Praxis“ nach PflSchG § 6 wird hinreichend von der Beratung der Landwirtschaftskammern bzw. -ämter konkretisiert.

NABU: Der Sprecher verlangte die strikte Einhaltung der Grenzwerte nach der Trinkwasserverordnung. Jeder Fall in das Trinkwasser eingetragener Pflanzenschutzmittel ist einer zu viel, deshalb ist die schwammige Formulierung „gute fachliche Praxis“ nicht ausreichend. Das BBodSchG wird als Möglichkeit der präziseren Definition ökologisch sinnvollen Handelns bei der Landbewirtschaftung angesehen.

In der Diskussion mit den „Abgeordneten“ wurden einige Positionen präzisiert:

- Das neue Gesetz präzisiert die Pflicht zur Vorbeugung im Sinne des Bodenschutzes bei der Anwendung von Agrochemikalien.
- Die Anwendung des neuen Gesetzes erfordert eine Weiterqualifikation der Leiter landwirtschaftlicher Betriebe; Initiativen in dieser Hinsicht sind aber weder im Gesetz noch in den Ermächtigungen für Rechtsverordnungen zu finden.
- Der Gesetzestext ist so gestaltet, dass er für die Zielgruppen - Nichtjuristen! - nur schwer verständlich ist.
- Der Fortschritt, den das Gesetz für den Bodenschutz bei der landwirtschaftlichen Nutzung bringt, ist gering; der Vorteil liegt in erster Linie in der Zusammenfassung bisher verstreuter Rechtsquellen.

5. Schlussfolgerungen

Fallbeschreibung und simulierte Anhörung verdeutlichen, dass die Klasse wesentliche Ziele erreicht hat:

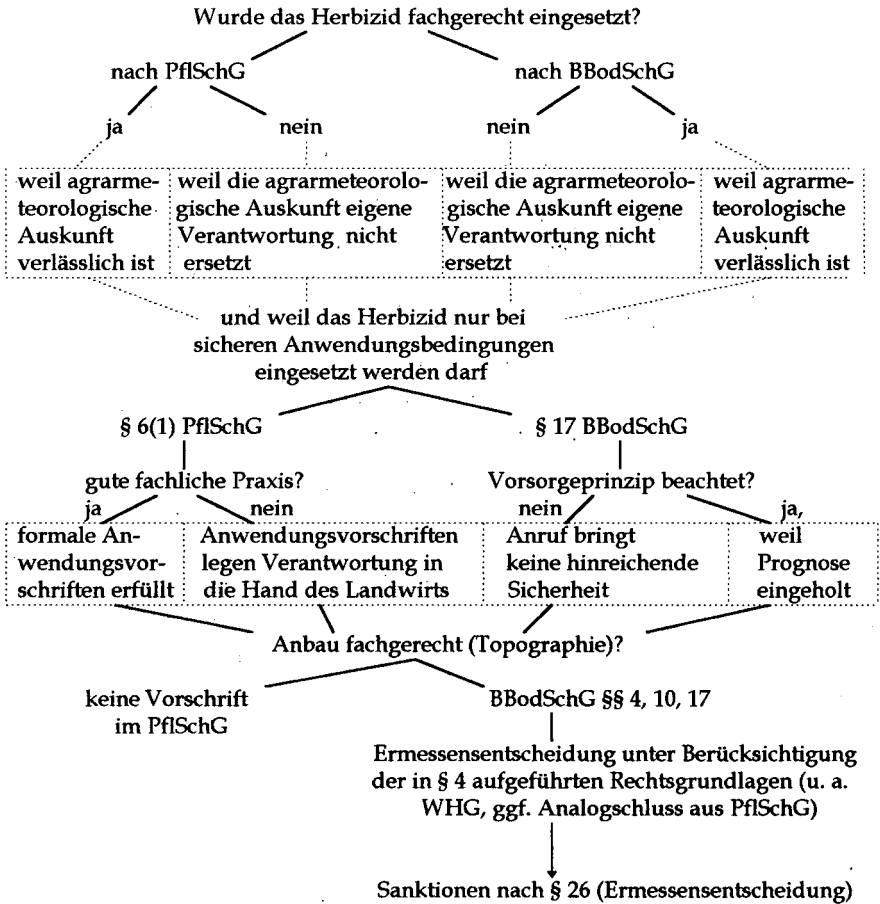
1. Rechtliche Regeln wurden als Folgen politischer Entscheidungen mit kritischer Distanz auf ihre Handhabbarkeit hin bewertet.

2. Die S sind zur Einschätzung fähig, welchen Fortschritt eine neue Ausgestaltung des Umweltrechts für den Schutz des jeweiligen Mediums bringt.

Eine optimale Schutzwirkung wird u.U. besser durch die Zusammenarbeit mit den von den Schutzvorschriften betroffenen Unternehmern, z.B. Landwirten, erreicht als durch eine Konfrontation, wenn Ermessensspielräumen durch enge Auslegung des Rechts nur mangelhaft genutzt werden. Die Umsetzung durch den einzelnen Landwirt und den gesamten Berufsstand muss positive Denkprozesse fördern, was schon das Bodenschutzkonzept (BUNDESREGIERUNG 1985) vorsah: Ökologisch sinnvolles Handeln bietet gerade beim Schutz des Bodens eine ideale Ergänzung zum ökonomisch sinnvollen Handeln.

Die kritische Distanz zum Ergebnis des Gesetzgebungsverfahrens (Stand Januar 1997), die einige Parallelen zu den Standpunkten anderer Parteien (BUNDESTAG-Drs. 13/6715, 13/5203) aufweist, gibt Anlass zur Hoffnung, dass die so ausgebildeten Techniker bei pragmatischer Anwendung der Rechtsgrundlagen optimal für den Schutz des Bodens zu arbeiten in der Lage sind.

Abb.1 Lösungsweg



Literatur:

BENNE, L. (1994): Didaktik und Methodik des Umweltrechts, in: Z. Wirtschaft und Gesellschaft im Beruf, H. 1, S. 37- 43 und H. 2, S. 83 - 92
BUNDESTAG: Drucksachen 13/5203, 13/6701, 13/6715
v. CUBE, F., und W. HADDING (1978): Recht in unserer Gesellschaft, Hannover
LÖER, H. (1994): Artikulation der Fallanalyse ... am Beispiel der Gülleverordnung, Schriftliche Hausarbeit Studienseminar (LbS) Hildesheim 2
STORM, P. (1995): Umweltrecht, Beck-Texte im dtv, München

(Hier und im juristischen Sprachgebrauch verwendete Abkürzungen:

BBodSchG = Bundesbodenschutzgesetz; BNatSchG = Bundesnaturschutzgesetz;
PflSchG = Pflanzenschutzgesetz; WHG = Wasserhaushaltsgesetz)

Der Boden im Biologie- und Chemieunterricht am Gymnasium in Bayern

von

BOCHTER, R.

1. Die Lehrplananalyse

In den folgenden Ausführungen sind für jede Jahrgangsstufe alle Aussagen im Lehrplan des bayerischen Gymnasiums aufgeführt, die eine Beziehung zum Boden erkennen lassen; ihre Besprechung im Unterricht ist verbindlich. Meine Kommentare - aus der Sicht eines Bodenkundlers - schließen sich an. *Lehrplanzitate* sind *kursiv* gesetzt.

1

1.1 Der Boden im Biologieunterricht

5. Klasse: *Lebensgrundlagen der grünen Pflanzen: Licht, Wasser, Kohlenstoffdioxid und Mineralstoffe*. Boden, als Standort und Lebensgrundlage der grünen Pflanze schlechthin, wird nicht erwähnt!

6. Klasse: *Lebensgemeinschaften unter dem Einfluss des Menschen: Wiese, Weiher, Hecke, Trockenstandort*. Obwohl überwiegend terrestrische Ökosysteme als Beispiele heranzuziehen sind, wird der Boden, unabdingbarer Bestandteil jedes terrestrischen Ökosystems, bei der näheren Erläuterung der einzelnen Lebensgemeinschaften im Lehrplan nicht erwähnt.

7. Klasse: *Sicherung der menschlichen Ernährung: Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit (Untersuchung **einer** Bodenart) - Lebensraum Boden (Herausstellen der Bedeutung der Bodenlebewesen; vereinfachte Darstellung des Mineralstoffhaushalts) - landwirtschaftliche Bodennutzung (Ertragssteigerung durch Düngung, Probleme der Überdüngung und des Pestizideinsatzes in Monokulturen)*. In der 7. Jgst. bietet sich ein einziges Mal die Möglichkeit in 4-5 Unterrichtsstunden (lt. Lehrplanvorgabe) Bodenkunde zu treiben. Allerdings wird die Besprechung der Bodengenese nicht gefordert und entfällt damit i.d.R.. Die Rolle der Bodenlebewesen bleibt aufgrund der Lehrplanvorgaben auf die Lockerungstätigkeit der Bodentiere beschränkt; Streuabbau und die Bedeutung der Mikroorganismen werden im Lehrplan nicht erwähnt. Was man mit der Untersuchung **einer einzigen** Bodenart bezwecken soll, bleibt das Geheimnis der Lehrplanmacher. Vermutlich ist der Begriff Bodenart unbekannt.

8. Klasse: *Natürliche und naturnahe Lebensgemeinschaften: Wald (u.a.: Stoffkreislauf: Produzenten, Konsumenten, Pilze und Bakterien als Destruenten; Waldschäden)*. Wieder fehlt das Stichwort Boden im Lehrplan! Waldschäden durch Bodenschäden gibt es nicht?!

Reinhard Bochter, Rottmayr-Gymnasium, Barbarossastr. 16, 83410

Laufen

12. Klasse: Für *Ökologie und Umweltschutz* stehen ca. 30 Unterrichtsstunden zur Verfügung (d.h. 1/3 der Biologie-Unterrichtszeit der 12. Jgst.). Das Stichwort Boden taucht im gesamten Lehrplan-Abschnitt nicht auf. Ausführlich aber ist die Gewässerverschmutzung und sogar die Luftverschmutzung zu behandeln. Als - einziges - Beispiel für ein Ökosystem muss verpflichtend der See gewählt werden, obwohl Menschen weder Flossen noch Kiemen besitzen und uns deshalb terrestrische Ökosysteme von vornherein näher stehen! Auch Vergleiche zwischen Land- und Gewässerökosystemen sind nicht vorgesehen. Wohl aber sollen die Themen *Landwirtschaft und Waldbau (Düngemittel- und Pestizideinsatz, integrierter Pflanzenschutz)* behandelt werden. Es muss im Unterricht also gleichsam das Obergeschoss eines Hauses errichtet werden, ohne Keller und Erdgeschoss!

9. - 11., 13. Klasse: Kein Lehrplanbezug zum Boden

1.2 Der Boden im Chemieunterricht

9. Klasse: *Homogene und heterogene Gemische (Beispiele aus dem Erfahrungsbereich der Schüler), einfache Trennverfahren.* Der Hinweis auf Boden, das wohl heterogenste Gemisch unserer Umwelt, fehlt!

10. Klasse: *Zusammensetzung und Bedeutung von Düngemitteln (Unterscheiden zwischen mineralischem Dünger und Wirtschaftsdünger; Mineralsalzbedarf von Böden bei landwirtschaftlicher Nutzung; Folgeprobleme der Überdüngung für Boden, Oberflächen- und Grundwasser).* Den aufgelisteten Themen sind nur ca. 3-4(!) Unterrichtsstunden zu widmen. Hier bestünde (theoretisch) auch die Chance, die chemischen Vorgänge bei Verwitterung und Bodenbildung und damit elementare Grundlagen der Bodenkunde einzubinden; ohne diese Fundamente lässt sich die Dynamik der Mineraldünger im Boden ohnehin nicht verstehen. Den Begriff Ionenaustausch beispielsweise sucht man auch in Lehrbüchern vergeblich. Ohne das Einräumen zusätzlicher Unterrichtszeit ist eine adäquate Behandlung dieser Themen nicht möglich!

11. Klasse: *Komplexverbindungen in Natur, Alltag und Technik (speziell: Umweltgefährdung durch Schwermetalle)* Auch hier ließe sich auf Funktionen des Bodens eingehen, doch fehlt ein Hinweis im Lehrplan. *Puffersysteme (Bedeutung in biologischen Systemen und im Boden)* Erst neuerdings wurde der Begriff Boden mitaufgenommen. Allerdings wird die Thematik in den Lehrbüchern noch kaum aufgegriffen, experimentelle Bodenchemie wird nicht betrieben.

12. Klasse: Kein Bezug zum Boden im Lehrplan

13. Klasse: *Erhaltung der Lebensgrundlagen: u.a.: Pflanzenproduktion in der Landwirtschaft (Einsatz von Agrarchemikalien zur Ertragssteigerung und -sicherung; konventioneller und ökologischer Landbau), Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlentwicklungen (Überwachung und Eindämmung der Belastung von Boden und Wasser (Überdüngung, Pestizideinsatz), Lebensmittelzusatzstoffe).* Für die Bewältigung dieser Thematik ist die zur Verfügung stehende Zeit (ca. 4 Unterrichtsstd.) viel zu knapp bemessen. Bodenkundliche Grundlagen sind so gut wie nicht bekannt und können hier auch nicht vermittelt werden. Die Diskussion muss an der Oberfläche bleiben, es können nur die Phänomene aufgezeigt werden!

Wichtiger Hinweis: Vorgelegte Analyse des Chemie-Lehrplans bezieht sich ausschließlich auf

den mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasialzweig. Er wird jedoch nur von etwa der Hälfte der bayerischen Gymnasiasten gewählt. In den übrigen Zweigen gibt es lediglich in der 11. Jahrgangsstufe für 2 Wochenstunden Chemieunterricht. Das Stichwort Boden sucht man im entsprechenden Lehrplan vergeblich. Im Kurssystem der Kollegstufe (12. und 13. Klasse) kann Chemie zwar gewählt werden (bei gleichem Lehrplan wie im mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig), es besteht hierzu jedoch keine Verpflichtung. Ein Großteil der bayerischen Abiturienten kann sich am Gymnasium also nur eine ungenügende chemische Grundbildung aneignen.

1.3 Ergebnis der Lehrplananalyse

Genese, Ökologie und Bedeutung des Bodens sind Lehrplanmachern und auch Lehrern der Fächer Biologie und Chemie weitgehend unbekannt. Boden wird nicht als unabdingbarer Bestandteil eines (terrestrischen) Ökosystems angesehen.

2. Gründe für den geringen Stellenwert der Bodenkunde im Schulunterricht, Schlussfolgerungen

Im Gegensatz zu Wasser und Luft, deren Bedeutung und Schutzbedürftigkeit unmittelbar - mit jedem Atemzug - erlebt werden, nimmt kaum jemand den Boden mitsamt seinen Wohlfahrtswirkungen bewusst wahr. Mehr noch, in der Alltagssprache ist Boden mit negativen Assoziationen[1] verbunden: Er wird mit Füßen getreten. Fasst man ihn an, macht man sich schmutzig. Für fast alle in Handwerk, Industrie und im Dienstleistungssektor Beschäftigten (d.h. nahezu 100% unserer Erwerbstätigen!) und für die stetig wachsende Stadtbevölkerung hat der Boden jegliche direkte Bedeutung im täglichen Leben verloren. Warum sollte man sich auch um ihn kümmern? Hunger gibt es bei uns seit Jahrzehnten nicht mehr. Die Regale in den Lebensmittelläden quellen über, Lebensmittel sind spottbillig - soweit in der Geschichte zurückzuverfolgen, musste noch nie ein so geringer Anteil des verfügbaren Einkommens für die Nahrungsmittelversorgung aufgewendet werden.

Die geringe Wertschätzung des Umweltfaktors Boden in der Öffentlichkeit (vgl. auch [1]) gilt uneingeschränkt auch für den Schulunterricht, für Schüler, Lehrer und Lehrplanmacher. Darüberhinaus müssen für den Gymnasialbereich aber einige besondere Ursachen bzw. Probleme aufgeführt werden:

Die bewährte Fächerverbindung Chemie+Biologie+Geographie braucht für das Gymnasiallehramt in Bayern (und m.W. auch bundesweit) nicht mehr gewählt zu werden. So gibt es seit etwa 1970 praktisch nur mehr Lehrer mit der Fächerverbindung Biologie+Chemie. Das Fach Geographie kann in Bayern de facto nur mehr mit nichtnaturwissenschaftlichen Fächern verknüpft werden. Die Konsequenzen für die Schulgeographie sind meiner Ansicht nach katastrophal (vgl. auch [1]). Aber auch für Schulbiologie und Schulchemie, die ich hier betrachten will, entstehen gewaltige Defizite. Denn mit ökologischen Fragestellungen beschäftigen sich außer den Naturwissenschaften auch die Geowissenschaften. Biologie+Chemie-Lehrern fehlen aber die elementaren geowissenschaftlichen Grundlagen für die Behandlung der Ökologie. Der für Biologie und Chemie an bayerischen Gymnasien gültige Lehrplan liefert dafür Musterbeispiele!

Wie sich auf vielen Fortbildungsveranstaltungen für Lehrer aller Schularten zeigte, die ich an der Bayerischen Akademie für Lehrerfortbildung durchführte, ist Boden für die meisten Kollegen "ein Buch mit sieben Siegeln". Referate, Demonstrationsexperimente und Praktikas

(vgl. [2]) zum Thema Boden werden zwar sehr positiv aufgenommen, doch können solche Veranstaltungen letztlich nur Anregungen liefern, niemals aber die fehlende intensive Erarbeitung des Themas Boden im Studium ersetzen. Geochemische und ökochemische Fragestellungen kommen vor allem im Studium der Chemielehrer überhaupt nicht vor oder viel zu kurz.

So wundert es nicht, dass die Behandlung ökologischer - und damit auch bodenkundlicher - Fragen im Biologie- und Chemieunterricht gegenüber anderen Themen sehr in den Hintergrund tritt. Übergehörliche Berücksichtigung finden im Oberstufenlehrplan Biologie Genetik und Gentechnik (mehr als die Hälfte der in der 12. Jgst. zur Verfügung stehenden Zeit!), aber auch Physiologie und Ethologie.

Die Schulchemie versteht sich leider noch kaum als Basisfach des Umweltschutzes, obwohl gerade ihr m.E. die tragende Rolle zukäme. Anwendungsaspekte im täglichen Leben und zur Sicherung unserer Lebensgrundlagen kommen im Chemieunterricht viel zu kurz. Geo- und ökochemische - und damit auch bodenkundliche - Fragestellungen werden im Lehrplan und auch im Unterricht praktisch nicht berücksichtigt; das gilt auch für Experimente mit Proben, die unmittelbar vor der Schultür zu ziehen sind, obwohl sich Bodenuntersuchungen beispielsweise im Unterricht aller Jahrgangsstufen mit sehr geringem Aufwand durchführen lassen [2].

Bereitschaft zur Sicherung der Lebensgrundlagen, Einsicht in die Notwendigkeit von Natur- und Umweltschutz sind Lernziele, die in keinem Lehrplan fehlen und in praktisch allen Schulfächern (einschließlich der Geisteswissenschaften!) "auf dem Papier stehen". Gerade in den Natur- und Geowissenschaften bestünde jedoch die Möglichkeit, nicht nur mit erhobenem Zeigefinger, sondern rational, basierend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen zu argumentieren, sowie konkrete Handlungsempfehlungen abzuleiten, die dann von den Schülern auch eingesehen werden - eine unabdingbare Voraussetzung für persönliche Konsequenzen im Erwachsenenalter. Aufgrund der derzeit gültigen Lehrpläne und Ausbildungsrichtlinien für Lehrer in den Fächern Chemie und Biologie (sowie der Geographie) besteht begründeter Zweifel, dass diese hohen Ziele zu erreichen sind.

Literatur

- [1] *Wolfgang Hassenpflug*, Der Boden - Seine Bildungsbedeutsamkeit aus Sicht der geographischen Fachdidaktik, Terra nostra, Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung 96/10, 1996
- [2] *Reinhard Bochter*, Boden und Bodenuntersuchungen für den Unterricht in Chemie, Biologie und Geographie. Praxis Schriftenreihe Chemie Bd. 53, Aulis Verlag, Köln 1995

Bodenschutz und angewandte Bodenkunde in der beruflichen Weiterbildung und Qualifikation - Erfahrungsbericht

von

FILIPINSKI, M.; KLÜVER, K.

Einleitung

Im Bereich des Natur- und Umweltschutzes werden Personen aus den unterschiedlichsten Fachdisziplinen mit Aufgaben der Raum- und Landschaftsplanung, der Durchführung von Umweltverträglichkeitsprüfungen und der Erstellung von Gutachten beauftragt sowie mit Entscheidungsbefugnissen im Rahmen von Eingriffen in den Naturhaushalt betraut. Trotz noch fehlender eigen-gesetzlicher Regelungen in Form von Bodenschutzgesetzen und den dazugehörigen untergesetzlichen Regelwerken sind bereits in zahlreichen anderen Gesetzen Vorschriften zum Schutz des Bodens enthalten, die bei der Erfüllung und Durchführung der o. g. Aufgaben im Natur- und Umweltschutz zu beachten und umzusetzen sind. Hieraus leitet sich ein Bedarf an berufsbezogener Vermittlung von Wissen für den Bereich des Bodenschutzes und der angewandten Bodenkunde ab. Die Möglichkeiten der Gestaltung beruflicher Weiterbildung für den Bereich des Bodenschutzes durch Bodenkundler und andere Geowissenschaftler sollen als Beispiel für Schleswig-Holstein vorgestellt werden.

Seminarplanung

Mit Einrichtung der Akademie für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, einer nachgeordneten Dienststelle des Ministeriums für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein zur Förderung der Fort- und Weiterbildung im Umweltbereich, haben Landesbehörden, Vereine, Verbände und wissenschaftliche Organisationen seit 1993 in verstärktem Maße die Möglichkeit, Veranstaltungen zu Umweltthemen durchzuführen. Hierzu werden die vom Beirat und vom Vorstand der Umweltakademie angenommenen Seminar- und Exkursionsvorschläge in einem jährlichen Veranstaltungsprogramm publiziert; Räumlichkeiten für die Seminare werden dort zur Verfügung gestellt oder können andernorts organisiert werden.

Die für einige Seminare beantragte Anerkennung nach dem Bildungsfreistellungs- und Qualifizierungsgesetz Schleswig-Holstein (BFQG) wurde aufgrund der fachbezogenen Thematik vom zuständigen Ministerium bewilligt.

Mit den nachstehenden Veranstaltungen zum Bodenschutz und der angewandten Bodenkunde werden vor allem Mitarbeiter im Bereich der Umwelt- und Naturschutzbehörden und -verbände, der Raum- und Landschaftsplanung und Ingenieurbüros aus Schleswig-Holstein und Hamburg angesprochen.

Die Teilnehmer der Seminare und Exkursionen (s. Abb. 1) suchten die Veranstaltungen im wesentlichen aus beruflichen Gründen auf. Beweggrund war der Wunsch nach Vermittlung von Grundlagen und Methoden der Bodenkunde und des Bodenschutzes mit dem expliziten Anspruch, diese Inhalte in der Praxis umsetzen zu können.

*) Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Abt. Geologie/Boden, Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek

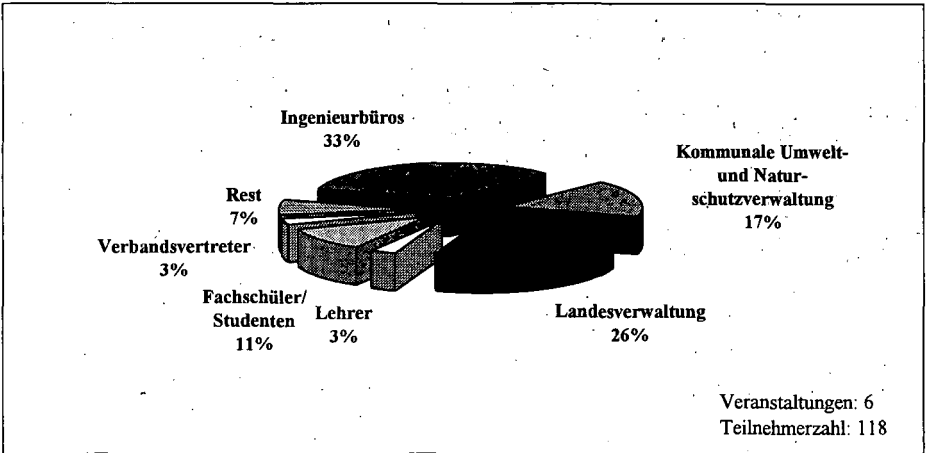


Abb. 1: Teilnehmerzusammensetzung der Seminare/Exkursionen

Seminarinhalte

Die Vorträge der Seminare werden von Referenten unterschiedlichster Fachdisziplinen bzw. Institutionen gehalten: Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Abteilung Geologie/Boden des Landesamtes für Natur und Umwelt, der Christian-Albrechts Universität zu Kiel, des Ökologie-Zentrums der Universität Kiel, von Ingenieurbüros, Forstämtern und des Umweltministeriums.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wurden bzw. werden zum Thema Bodenschutz/angewandte Bodenkunde sieben Seminare angeboten und durchgeführt:

1. Abschätzung des Gefährdungspotentials unterschiedlicher Böden durch Schadstoffe,
2. Bodenschutz durch standortgerechte Bodennutzung,
3. Bodenstandards in Planung und Vollzug,
4. Bodenschutz in der Raum- und Landschaftsplanung,
5. Wald- und Bodenlehrpfade in Schleswig-Holstein (Geländeveranstaltung),
6. Nitratsituation in Schleswig-Holstein - Belastungssituation, Maßnahmen zur Reduzierung und ihre Auswirkungen (in 1997) sowie
7. Stadtböden urban/industriell überprägter Gebiete - Erfassung, Beprobung, Beurteilung und Gefährdungsabschätzung (in 1997).

Schwerpunktmäßig umfassen die o. g. Veranstaltungen folgende Inhalte:

- Bewertungsverfahren (u. a. Gefährdungsabschätzungen für z. B. Schwermetalle und Nitrate),
- Informationsgrundlagen zum Bodenschutz,
- Gesetzliche Aspekte des Bodenschutzes (u. a. Anwendbarkeit und rechtliche Verbindlichkeit von z. B. Richt- und Grenzwerten),
- Maßnahmen zum Bodenschutz und
- Vorstellung der Vergesellschaftung von Böden unter regionalem Schwerpunkt Schleswig-Holstein.

Als Ergänzung zu den o. g. Seminaren werden Exkursionen entweder in Kombination mit Seminarvorträgen als Halbtagesexkursion oder als Ganztagsveranstaltung angeboten. Bei den Exkursionen können die Inhalte der Seminare, wie z. B. Bewertungsverfahren für Schadstoffe, anschaulich am Profil erläutert werden.

Die Durchführung dieser Exkursionen wird durch die 1996 in drei Waldgebieten Schleswig-Holsteins eingerichteten Bodenlehrpfade entscheidend erleichtert [1].

Im Rahmen von Ganztagssexkursionen werden charakteristische Böden des Landesgebietes vorgestellt, auf ihre Entstehung, Entwicklung und Verbreitung sowie auf die potentielle natürliche und die nutzungsbedingte Vegetation eingegangen und Probleme des Geotop-, Boden- und Ökosystem-schutzes angesprochen.

Seminargestaltung

Die einzelnen Seminare und wenn möglich auch die Exkursionen werden aus Gründen der Effizienz auf 20 bis max. 30 Personen beschränkt.

Nach einer allgemeinen Begrüßung durch den Seminarleiter erfolgt eine mündliche wie auch schriftliche Vorstellung der Teilnehmer, so daß die Beweggründe für eine Teilnahme an diesem Seminar, aber auch die Ansprüche an die Veranstaltung deutlich werden. Gleichzeitig wird versucht, hierdurch eine persönliche Hemmschwelle zu durchdringen, um eine spätere Diskussion sowie auch Erfahrungsaustausch zu ermöglichen.

Für die Referate wird i. d. R. schriftliches Begleitmaterial in Form kopierter Vortragsfolien an die Teilnehmer weitergereicht.

Zur weiteren Information wird allgemeine bodenkundliche Literatur, Lehrbücher sowie themenbezogene Literatur ausgelegt und vom Seminarleiter und/oder von den Referenten vorgestellt und im Hinblick auf die Ansprüche der Teilnehmer beurteilt. Eine Subjektivität der Beurteilung kann hier nicht ausgeschlossen werden.

Ein wesentlicher Bestandteil der Veranstaltungen sind die Vorstellung von z. B. Bodenkarten und daraus abgeleiteten thematischen Karten [2] sowie vor allem Erläuterungen zu deren Inhalten als Voraussetzung für eine fachgerechte Benutzung der Karteninformationen. Anhand der Bodenkarten wird diesbezüglich insbesondere auf den Maßstab im Hinblick auf die Auswertung für spezielle Fragestellungen und räumliche Betrachtungen/Planungen eingegangen. Gegebenenfalls werden auch Veränderungen in der Kartendarstellung, z. B. der Legenden, angesprochen.

Ergänzend kann bei reinen Vortragsveranstaltungen die bodenkundliche Feldarbeit vorgeführt werden. Hierbei wird die Gerätschaft sowie der Aufwand der bodenkundlichen Kartierung vorgestellt. Damit werden auch die Gründe für die entsprechende Dauer zur Erstellung der Bodenkarten und weiterer thematischer Karten verdeutlicht.

Die Literaturvorstellung sowie die Vorstellung der Feldaufnahmen dienen i. d. R. zur Auflockerung der Vortragsreihe und können entsprechend flexibel eingesetzt werden.

Am Ende der Veranstaltung wird das Thema abschließend diskutiert und zusammengefaßt.

Jeder Teilnehmer gibt zudem auf Bewertungsbögen der Umweltakademie eine Seminarbeurteilung ab, ggf. mit Wünschen zu weiteren Seminarthemen im Bereich Bodenkunde/Bodenschutz. Hierdurch haben der Seminarleiter sowie die Referenten die Möglichkeit, Erfahrungen zu sammeln und in weiteren Veranstaltungen umzusetzen.

Ausblick

Da sich bereits in einigen Seminaren und Exkursionen abzeichnete, daß mehr Interessenten als Teilnehmerplätze vorhanden waren, werden Wiederholungen dieser Veranstaltungen in gleicher oder ähnlicher Weise, jedoch in deutlichen Zeitabständen, folgen.

Die hier vorgestellten Veranstaltungen zur beruflichen Weiterbildung verdeutlichen, daß man verstärkt bemüht sein muß, auf die praktischen Belange der Teilnehmer einzugehen sowie bereits vorhandene Kenntnisse für anwendungsbezogene Fragestellungen im Planungs- wie Vollzugsbereich des Umweltschutzes umzusetzen.

Mit der anstehenden Bodenschutzgesetzgebung ist mit einem verstärkten Interesse an beruflicher Weiterbildung/Qualifikation zu rechnen.

Literatur

- [1] Janetzko, P., Aydin, C. T., Filipinski, M., Salzbrenner, C. (1996): Bodenlehrpfade in Schleswig-Holsteins Wäldern, Nr. 1 (Radesforder Berg - Sandige Geest), Nr. 2 (Bredenhoper Gehölz bei Mörel), Nr. 3 (Dodau - Sandig-lehmige Jungmoräne). Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein und AG „Böden in Schleswig-Holstein“ der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Kiel.
- [2] Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (1997): Schriften- und Kartenliste, Flintbek.

**Bodenkundliche Themen in den Lehrplänen (am Beispiel Baden-Württembergs)
und in visuellen Unterrichtsmedien**

von

GIANI, L.

In den Bildungsaufträgen aller Schulformen (Grund-, Haupt-, Realschule, Gymnasien) Baden-Württembergs sind Leitziele formuliert, die die ökologische Verantwortung betonen. Schüler sollen Zusammenhänge in Biotopen, Zusammenwirken raumprägender Faktoren und Prozesse und natürliche Kreisläufe kennen lernen. Es soll Interesse und Aufgeschlossenheit für raumbezogene Zusammenhänge und Gefährdung und Schutz von Lebensräumen geweckt werden. Damit rechtfertigen, eröffnen und fordern die Bildungsaufträge bodenkundliche Themen im Unterricht.

In den Bildungsplänen, in denen die Bildungsaufträge in konkrete Lehreinheiten umgesetzt sind, sind allerdings große Defizite bezüglich bodenkundlicher Themen vorhanden. In den Plänen der Grund- und Hauptschule ist der Begriff Boden überhaupt nicht auszumachen, in der Grundschule nicht einmal Begriffe, die eine gewisse Nähe zum Boden ausdrücken. Andererseits gibt es aber den Fall, daß ein bodenkundlicher Begriff (Bodenart) verwandt wird, aber nicht gemeint sein kann.

Entsprechend gibt es für die Grund- und Hauptschule keine Lehreinheiten mit dominierend bodenkundlicher Ausrichtung. Für die Realschule ist eine vorgesehen (Luft, Wasser und Boden als unersetzbare Grundlagen des Bodens), wobei allerdings auffällt, daß der Boden zwar im Titel aber nicht in den weiteren Ausführungen aufgeführt wird. Für das Gymnasium gibt es drei Einheiten (Böden - Verwitterung und Bodenbildung; Belastung und Schutz des Bodens; Vegetationsgürtel und Bodenzonen), jedoch erst für die Oberstufe, z. T. nur für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig bzw. als Leistungskurs.

Zusätzlich existieren Lehreinheiten, in denen neben anderen auch bodenkundliche Aspekte behandelt werden sollen. Dies sind die Themen zur Landnutzung, die landwirtschaftlich orientiert sind und somit den Produktionsfaktor Boden behandeln, aber auch daraus resultierende Probleme wie Versatzung, Erosion, Verdichtung, sowie Themen zur Landschaftsanalyse unter grundsätzlicher naturräumlicher Betrachtung, in denen der Boden als Geofaktor und in zonaler Verbreitung behandelt wird. Dieses Spektrum entspricht der klassischen Ausrichtung innerhalb der Agrargeographie und allgemeinen physischen Geographie.

Im Gegensatz zu dieser defizitären Situation, nehmen die Naturgüter Wasser und Luft einen wesentlich größeren Stellenwert ein. Dies mag darin begründet sein, daß Wasser und Luft als gefährdete und schutzbedürftige Allgemeingüter wesentlich eher erkannt wurden. Mit einem gewissen Hysteresiseffekt gilt dies allerdings jetzt auch für den Boden. Diese Maxime muß sich in den Lehrplänen widerspiegeln.

Es müssen neue Lehreinheiten konzipiert werden, die dem Ziel, den Boden als eines der kostbarsten Güter der Menschheit (Bodencharta des Europarates) zu erkennen, Rechnung tragen. Dafür sollte für die Grundschule zumindest eine bodenkundliche Elementar-Lehreinheit vorgesehen werden, die z. B. unter dem Thema „Boden ist kein Dreck“ stehen könnte; für den Sekundar I-Bereich der anderen Schulformen eine bodenkundliche Basis-Lehreinheit z. B. zum Thema „Boden als unersetzbare Grundlage des Lebens“. Darüber hinaus sollten weiterführende Einheiten, z. B. zu den Themen „Funktionen von Böden“, „Bodenkontamination - Bodensanierung“, „Bodenbewertung - Bodenschutz“ mit aufgenommen werden sowie bereits bestehende Lehreinheiten dahingehend überprüft werden, ob bodenkundliche Aspekte ausreichend berücksichtigt sind. Ergänzende Korrekturen sind z. T. notwendig, z. B. in der zonalen Betrachtung der Erde.

Mit dieser Revision der Lehrpläne ist auch eine Modernisierung und Erweiterung von Medien unabdingbar. Für die klassischen Bereiche stehen zwar Medien zur Verfügung, sie sind jedoch z. T. zu speziell. So hat das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, drei Filme zur Bodenstrukturbildung durch Frost (Versuche) produziert. Oder die Medien sind veraltet, wie es z. B. die eine existierende Dia-Reihe mit Bodenprofilen zeigt, die von 1963 stammt und der Medienkatalog des Instituts für den Wissenschaftlichen Film, der 80% aller produzierten Filme mit bodenkundlichen Inhalten als älter als 30 Jahre ausweist. Neben einer Modernisierung muß auch eine Medien-Neuentwicklung erfolgen, die den modernen Stellenwert des Bodens als eines der kostbarsten Güter der Menschheit Rechnung trägt. Zu denken ist da an eine Analogie zu den Naturgütern Wasser und Luft, für die hervorragende grundlegende Filme zur Verfügung stehen (Das große Gleichgewicht; Das Beste aber ist das Wasser; Kein Leben ohne Luft). Zusätzlich bedarf es einer Schaffung neuer Medien zu weiterführenden, speziellen, wie z. B. Themen „Funktionen von Böden“, „Bodenkontamination - „Bodensanierung“ und „Bodenbewertung - Bodenschutz“.

Durch Erziehung zum Bodenschutz sollte das Grundwissen über die Böden, wie auch die Einsicht in die Notwendigkeit des Bodenschutzes, bereits an allgemeinbildenden Schulen auf eine breite Basis gestellt werden. Dafür müssen gute Unterrichtskonzepte und Unterrichtsmedien konzipiert werden. Nur dann werden die vorbeugenden Maßnahmen und gesetzlichen Regelungen von einem möglichst gesellschaftlichen Konsens getragen.

**Inhaltliche, didaktische und medientechnische Konzeption eines
„Erlebnisbereiches Boden“ als ein Beitrag der Region Osnabrück zur Weltaus-
stellung EXPO 2000**

von

KLUTTIG, T.; MUELLER, K.

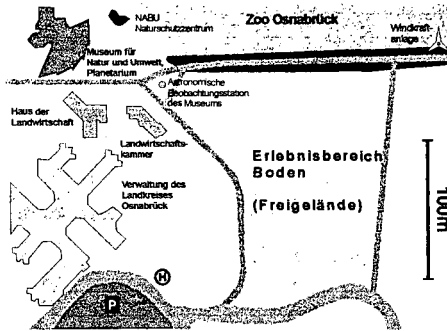
Fragestellung

Im Rahmen des dezentralen Projektes "Boden - gesund ernähren - gesund leben" der Weltausstellung EXPO 2000 in Hannover soll in Osnabrück bis zum Jahre 1999 ein "Erlebnisbereich Boden" entstehen, der in Verbindung mit verschiedenen Einzelprojekten wie z.B. Sanierungs-, Renaturierungs- und archäologischen Ausgrabungsvorhaben (Siehe hierzu auch den Beitrag "Das Projekt Boden: ein regionaler Beitrag..." von P. Mersinger) einer weitgefaßten Zielgruppe das Thema Boden näherbringt. Im Erlebnisbereich sollen insbesondere dem Laien bodenkundliche Inhalte anschaulich und spielerisch vermittelt werden.

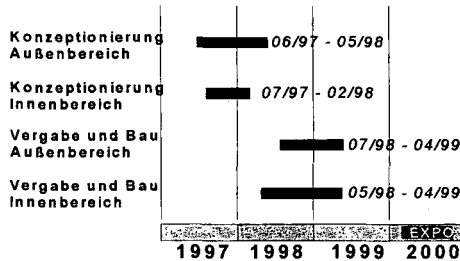
Der Erlebnisbereich wird aus einem Innen- und einem Außenbereich bestehen. Der Landkreis Osnabrück hat Anfang 1997 die Trägerschaft für den Außenbereich übernommen und das Amt für Naturschutz mit der Konzeption desselben beauftragt. Die konkrete Aufgabe besteht also darin, auf einer definierten Fläche eine Anlage zu konzipieren, die unterschiedlichen Zielgruppen, vor allem aber dem Laien, bodenkundliche Inhalte leicht verständlich vermittelt und so einen Beitrag dazu leistet, in der Bevölkerung ein neues Bewußtsein für den Boden zu schaffen.

Situation vor Ort / Planungsvorgaben

Die Fläche, auf der das Freigelände entstehen soll, hat eine Größe von ca. 1 ha und befindet sich in unmittelbarer Nähe zum naturwissenschaftlichen Museum Osnabrück, welches voraussichtlich den Innenbereich der Ausstellung sowie ein Informationszentrum zum Naturpark "Nördlicher Teutoburger Wald/Wiehengebirge" beherbergen wird. Angesichts der ebenfalls in der Nähe befindlichen Einrichtungen des Zoos und des NABU (Naturschutzbund - zum BUND gehörend) fügt sich das geplante Objekt gut in die räumlichen Gegebenheiten ein. Die Fläche wird zur Zeit als Grünland genutzt.



Die Planung sieht vor, daß das Konzept für den Außenbereich im Mai 1989 fertiggestellt wird. Für die Ausschreibung des Projektes wird der Juni angestrebt, so daß im Juli mit der Umsetzung begonnen werden kann. Planungsziel ist die Fertigstellung und Eröffnung bereits im Mai 1999, um bereits ein Jahr vor der EXPO erste Erfahrungen sammeln und gegebenenfalls Verbesserungen vornehmen zu können.



Inhaltliche Vorüberlegungen

Der Besucher des Erlebnisbereiches soll eine neue Grundeinstellung zum Boden als Teil seiner natürlichen bzw. anthropogen überformten Umwelt bekommen. Dazu muß der Boden als äußerst komplexes, vor allem aber als belebtes **Ökosystem** erkannt und in Teilen verstanden werden. Daneben muß deutlich werden, daß der Boden die Grundlage der **Nahrungsmittelproduktion** darstellt und daher besonders effektiver **Schutzbemühungen** bedarf. Nicht zuletzt sollte deutlich werden, daß der Mensch gerade in unserem Raum bereits seit Jahrhunderten die Entwicklung der Böden nachhaltig beeinflusst, und daß sehr große Flächen bereits irreversibel degradiert wurden. Wichtig für eine sinnvolle Konzeption ist die richtige Aufteilung der Ausstellungsthemen zwischen Innen- und Außenbereich. Während sich das Freigelände für Themen mit flächenintensiver Darstellung wie z.B. **Böden als Landschaftsbestandteile** eignet, sollte der Innenbereich Themen wie der

Bodenbiologie und der **Bodenökologie** vorbehalten bleiben. Ungeachtet der Tatsache, daß es sich um ein Projekt der Weltausstellung handelt, sollte durchaus ein regionaler Bezug zum Raum Osnabrück hergestellt werden.

Didaktische Vorüberlegungen

Bei einer öffentlichkeitswirksamen Präsentation des Themas "Boden" kann sicherlich nicht von vornherein von einem großen Interesse seitens der anvisierten Zielgruppe ausgegangen werden. Die didaktische Aufbereitung der Inhalte muß daher besonders darauf abzielen, durch eine klar gegliederte, aber möglichst ungewöhnliche Darstellung das bodenkundliche Wissen zu vermitteln. Dem Besucher sollte möglichst früh die oft vorhandene Distanz zum Thema Boden genommen werden - häufig wird der Begriff Boden zunächst eher mit unangenehmen Dingen assoziiert.

Vorüberlegungen zu Medien

Bei der Vermittlung so komplexer Themen wie der Bodenkunde kommt der Auswahl geeigneter Medien eine besonders wichtige Rolle zu. Dementsprechend sollten die einzelnen Ausstellungselemente möglichst alle Sinne des Besuchers in den Lernprozeß mit einbeziehen. Gleichzeitig sollte dem Besucher die Möglichkeit gegeben werden, durch eigenes Mitwirken das Gelernte zu vertiefen. So kann durch eine Mischung aus "education and entertainment" auch einem Laien das System Boden verständlich gemacht werden.

Stand der Planung

Die Inhalte, die nach dertzeitigem Stand im Außenbereich vermittelt werden sollen, lassen sich grundsätzlich durch die drei folgenden Fragen benennen:

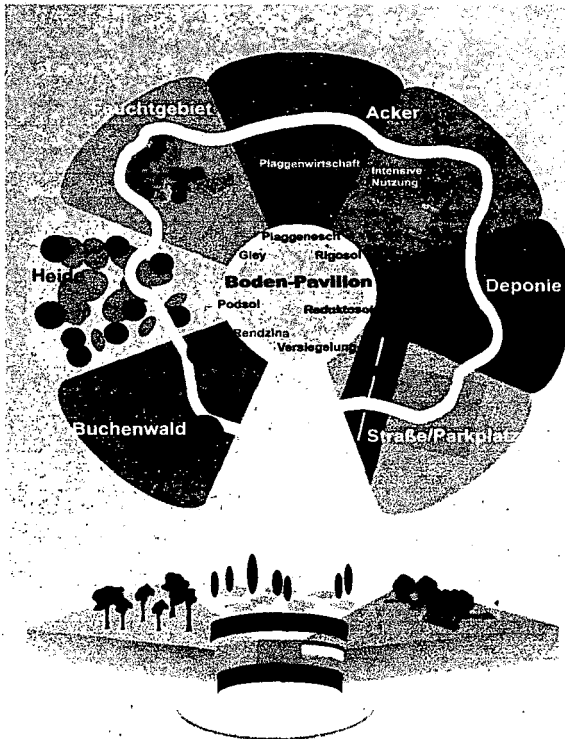
- 1. Welche Gesteine kommen in unserem Raum als Ausgangsmaterial für Bodenbildungen in Frage und welche geologischen Bedingungen führen zu der bestehenden räumlichen Verteilung dieser Gesteine an der Oberfläche?**
- 2. Welche Natur-/Kulturlandschaften haben sich auf diesem Verteilungsmuster entwickelt und worin liegen die wichtigsten Unterschiede?**
- 3. Worin unterscheiden sich die Böden dieser Landschaften und in welchem Maße hat der Mensch durch seine Nutzung die Eigenschaften dieser Böden beeinflußt?**

Frage 1 wird in einem Ausstellungselement thematisiert, das einem Steinbruch nachempfunden ist. Entlang einer künstlich geschaffenen Steinbruchwand wird ein geologischer Schnitt durch das Osnabrücker Land im Maßstab 1: 1000 angelegt, so daß zusammen mit einer oberhalb der Wand stilisiert angelegten Modelllandschaft ein **geologisches Blockbild** der Region entsteht.

Im Steinbruchbereich hat der Besucher die Möglichkeit, die unterschiedlichen Gesteine genauer kennenzulernen.

Die Fragen 2 und 3 sind Thema eines weiteren Ausstellungsbereiches, der voraussichtlich aus einem zentral angeordneten **Boden-Pavillon** und sieben künstlich angeordneten **Landschaftssegmenten** bestehen wird (Abb. unten). Hier lernt der Besucher auf einem Rundweg zunächst eine Reihe charakteristischer Landschaften kennen, um anschließend zu erkennen, daß jeder dieser Landschaften ein bestimmter Bodentyp mit entsprechenden Unterschieden in den Bodeneigenschaften zugeordnet werden kann. Dabei sollen neben natürlichen und landwirtschaftlich genutzten Flächen auch Extremformen der der anthropogenen Überformung wie Deponienutzung und Versiegelung durch Straßenbau gezeigt werden.

Das dritte Element des Erlebnisbereiches wird ein kindgerecht gestalteter **Abenteuerspielfeld** sein, der den Boden als Erlebnisraum integriert, den spielerischen Umgang mit unterschiedlichen Bodenbestandteilen ermöglicht und Raum für pädagogische Programme bietet.



Studiengang Bodenwissenschaften an der FH Osnabrück: Ergebnisse einer Befragung in der Wirtschaft zum Anforderungsprofil von Absolventen der Vertiefungsrichtung Bodensanierung

von

LANGHEINE, W.; MUELLER, K.

Böden sind die komplexesten Ökosysteme, die die Wissenschaft kennt. Große Teile ihrer Wirkungsgefüge sind bis heute nicht oder nur unzureichend bekannt. Böden unterliegen vielfältigen Nutzungen durch den Menschen, die verschiedenartigste Gefährdungen und nicht selten irreparable Schädigungen nach sich ziehen.

Zunehmend werden Fachkräfte in Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft benötigt, die in der Lage sind, Böden als äußerst komplexe Ökosysteme zu verstehen und zu bewerten, Schutzziele auszuweisen und Verfahren zur Sanierung, Renaturierung oder Rekultivierung festzulegen, durchzuführen und zu überwachen.

Die Fachhochschule Osnabrück hat daher zum 01.03.1996 einen Diplomstudiengang „Bodenwissenschaften“ (FH) eingerichtet, der das oben genannte Ausbildungsspektrum vermittelt. Die achtsemestrige Regelstudienzeit untergliedert sich in ein Grund-, Haupt- und Vertiefungsstudium. Als Vertiefungsrichtungen stehen die „Allgemeine Bodenkunde“, die „Boden- und Umweltanalytik“ sowie die „Bodensanierung“ zur Wahl.

Anforderungsprofile an „Bodensanierer“ sind bisher nicht erstellt worden. Um eine arbeitsmarkt-orientierte Ausbildung sicherzustellen, wurde daher im Frühjahr 1995 im Rahmen einer Diplomarbeit (Langeheine 1995) eine entsprechende Befragung der Mitglieder des „Ingenieurtechnischen Verbandes Altlasten e.V.“ (ITVA) durchgeführt. Über die diesbezüglich wichtigsten Ergebnisse wird im folgenden berichtet.

2. Durchführung und Randbedingungen

Aufgrund der komplexen Thematik wurde der eigentlichen postalischen Befragung der ITVA-Mitglieder eine Expertenbefragung und ein Pretest vorangestellt. Die Auswertung dieses Pretestes führte zur endgültigen Fragebogenversion, die an 450 Verbandsmitglieder verschickt wurde. Es gingen innerhalb des Untersuchungszeitraumes (08.03. - 20.04.1995) 172 Fragebögen an der FH Osnabrück ein. Mit fast 40 % wurde damit eine vergleichsweise hohe Rücklaufquote erreicht, was für das allgemeine Interesse an der befragten Thematik spricht.

Über 90 % der Fragebögen wurden von Männern ausgefüllt. Das Alter der Antwortenden bewegte sich hauptsächlich im Bereich zwischen 31 bis 40 Jahren. Ein Großteil der Antworten stammt von Hochschulabsolventen der verschiedensten Studienrichtungen. Überwiegend haben Abteilungsleiter, Projektleiter und geschäftsführende Eigentümer den Fragebogen beantwortet. Der Hauptanteil (über 80 %) der Befragten ist in privatwirtschaftlichen Unternehmen tätig, die neben der Beratung und Projektvorbereitung die unterschiedlichsten Sicherungs- und Sanierungstechniken anbieten.

3. Akzeptanz des Studienganges aus Sicht der Befragten

Von besonderer Bedeutung war die Frage nach der Notwendigkeit und Akzeptanz einer Vertiefungsrichtung „Bodensanierung“ im Rahmen eines Studienganges „Bodenwissenschaften“. Abbildung 1 faßt die wesentlichen Antworten der Befragten zusammen.

Tab. 1: Beurteilung der Einrichtung des Studienganges „Bodenwissenschaften“ mit Vertiefungsrichtung „Bodensanierung“ (n = 165)

Beurteilung	%
notwendig und wichtig	53,9
ganz nett	32,7
absolut unnötig	6,1
weiß nicht	7,3

Fast 54 % halten die Einrichtung für absolut notwendig und wichtig. Als positiv kann auch das Urteil „ganz nett“ bewertet werden, zumal ein vergleichbarer Studiengang noch nicht existiert und die Befragten eine andere Ausbildung genossen haben, der sie unter Umständen unbewußt den Vorzug gegeben haben können. Nur gut 13 % erachten eine Vertiefungsrichtung „Bodensanierung“ als nicht notwendig oder geben diesbezüglich kein eindeutiges Votum ab. Eine Reihe von Anmerkungen zeigen, daß die Einrichtung des geplanten Studienganges an einer Fachhochschule begrüßt wird. Die dafür maßgeblichen Gründe sind vielschichtig, vor allem aber kann die bekanntermaßen praxisnahe Ausbildung an einer FH als ausschlaggebend angesehen werden.

4. Anforderungen an Absolventen

Ein ganz wesentlicher Schwerpunkt der Befragung war es, die Anforderungen aus der Praxis an einen Absolventen eines Studiums der „Bodenwissenschaften“ mit Vertiefungsrichtung „Bodensanierung“ zu ermitteln und daraus ableitend Studieninhalte zu optimieren. Die Ergebnisse dieser Fragenkomplexe werden durch Abbildung 1 verdeutlicht, das stark generalisiert die Auswertungen der entsprechenden Fragen zum Inhalt hat. Die Anzahl der Antworten und die Struktur der Fragen lassen sehr genaue und weitreichende Analysen zu. Diese betreffen nicht nur die Inhalte einzelner Fächer, die Organisation der Praktika oder weitere Anforderungen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, sondern erlauben beispielsweise auch Zuordnungen zu den einzelnen beantwortenden Personengruppen. Im folgenden soll auf diese speziellen Auswertungen aber nicht näher eingegangen werden. In erster Linie waren die Fragen nach den Grundlagenkenntnissen (Fächer des Grundstudiums) und den zu vertiefenden Kenntnissen bedeutsam. Die Fächerausrichtung durch die Befragten zeigt, daß nicht die Ausbildung eines Spezialisten, sondern die eines Generalisten gefordert wird, der vielfältige Probleme lösen kann. Während des Grund- und Hauptstudium sollen natur- und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen vermittelt werden. Das Vertiefungsstudium dient der Vorbereitung auf das angestrebte Berufsfeld. Da Sanierungsprojekte sehr umfangreich und komplex sind, ist auch hier die Fächerwahl durch die Befragten nicht einseitig. Auffallend ist der Stellenwert, der den gesetzlichen Grundlagen beimessen wird. Dies mag u.a. auch auf die Einführung des zu erwartenden Bundesbodenschutzgesetzes zurückzuführen sein. Nahezu alle Befragten befürworten ausdrücklich die Durchführung studienbegleitender Praktika. Jeweils halbjährliche Aufenthalte in Praxisbetrieben nach Abschluß des Hauptstudiums und zum Ende der Vertiefung werden als außerordentlich sinnvoll und wünschenswert erachtet. Erfreulich ist, daß sich über 67 % der Befragten einen sinnvollen Einsatz von Praktikanten in ihrem Tätigkeitsbereich vorstellen können oder dies begrüßen würden. Auslandsaufenthalte der Studenten werden aus fachlicher Sicht nur in geringem Maße als wichtig angesehen. Allerdings befürworten knapp 30 % einen Auslandsaufenthalt während des Studiums, vor allem um die Fremdsprachenkenntnisse zu verbessern und die eigene Persönlichkeit fortzubilden.

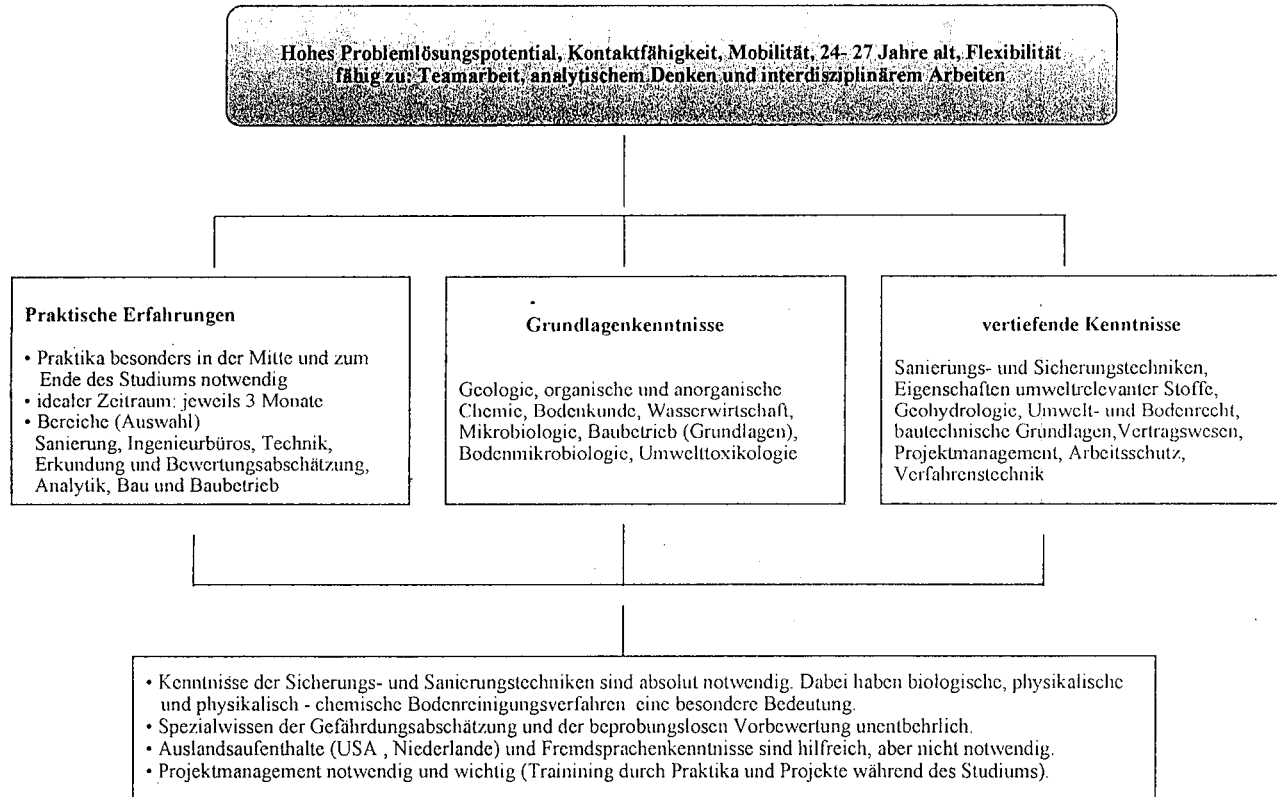


Abb. 1: Anforderungsprofil an Absolventen der Vertiefungsrichtung „Bodensanierung“ aus der Sicht der Wirtschaft

5. Berufseinstiegsmöglichkeiten der Absolventen

Zukünftige Berufseinstiegsmöglichkeiten sind von eminenter Bedeutung bei der Einführung neuer Ausbildungsrichtungen. Im Fragebogen wurde diesem Problemkreis daher besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Die entsprechenden Fragen waren in verschiedene Bereiche (Vorbereitung, Sicherung und Dekontamination) und Zeiträume (kurz-, mittel- und langfristig) unterteilt.

Tabelle 2 zeigt eine Zusammenfassung der Aussagen zu den verschiedenen Bereichen und bezieht sich daher nur auf die angesprochenen Zeiträume.

Tab. 2: Berufseinstiegsmöglichkeiten der Absolventen

Zeiträume Beurteilung	kurzfr. (< 1 J.)	mittelfr. (1 - 5 J.)	langfr. (> 5 J.)	über alle Zeiträume
sehr gering	16,7 %	3,6 %	4,1 %	8,1 %
gering	30,0 %	17,1 %	15,2 %	20,8 %
mittel	30,2 %	42,0 %	30,7 %	34,3 %
gut	16,2 %	27,3 %	26,2 %	23,2 %
sehr gut	2,6 %	4,9 %	7,7 %	5,1 %
weiß nicht	4,3 %	5,1 %	16,1 %	8,5 %

Stand: Juli 1995

Zusammengefaßt wurden von den Befragten mittlere Berufseinstiegsmöglichkeiten der Abgänger der Vertiefungsrichtung Bodensanierung gesehen, wobei sich die Einschätzungen im Hinblick auf die Zukunft verbesserten.

Die mit knapp 28 % als gering und sehr gering bewerteten Berufseinstiegschancen lassen sich größtenteils, dies lassen die Verbalantworten recht deutlich erkennen, aus den derzeit nicht zufriedenstellenden gesetzlichen Rahmenbedingungen zum Bodenschutz und zur Bodensanierung erklären.

Eine Analyse nach Beschäftigungsgruppen zeigte keine wesentlichen Unterschiede in der Beurteilung. Inhaber bzw. Eigentümer und Geschäftsführer beurteilten die Einstiegsmöglichkeiten in ähnlicher Weise wie beispielsweise Beschäftigte des öffentlichen Dienstes.

6. Literaturverzeichnis

LANGHEINE, W.: Untersuchungen zu Bedarf und Anforderungen an Absolventen der Vertiefungsrichtung Bodensanierung eines Studienganges Bodenwissenschaften an der Fachhochschule Osnabrück. Diplomarbeit an der FH OS, Fachbereich Landwirtschaft, 1995

**Das Projekt „Boden - gesund ernähren - gesund leben“: ein regionaler Beitrag
aus dem westlichen Niedersachsen (OBE-Region) zur Weltausstellung
EXPO 2000 in Hannover**

von

MERSINGER,P.; MUELLER,K.

Einleitung

Viele Vorträge und Arbeitsgruppensitzungen im Rahmen der Jahrestagung haben die Frage aufgegriffen, wie die Böden nachhaltig geschützt bzw. entwickelt werden können? Dabei wurden folgende Schwerpunkte für die zukünftige Entwicklung gefordert:

1. Bewußtseinsbildung bei der Bevölkerung
2. Lernen aus den Fehlern/Problemen der Vergangenheit und Gegenwart
3. Lösungsorientierte Diskussion zwischen Wissenschaft und Praxis

Genau diese drei Ansätze werden von der OBE-Region im Rahmen des regionalen Projektes „Boden-gesund ernähren-gesund leben“ zur Weltausstellung aufgegriffen, mit dem Ziel einen wesentlichen Beitrag zu folgender zentralen Zukunftsfrage der Menschheit zu geben:

**Wie kann der Mensch durch seinen Umgang mit dem Boden
seine eigene Lebensqualität positiv beeinflussen und
seiner Verantwortung gegenüber nachfolgenden Generationen gerecht werden?**

Dabei wird der Zusammenhang zwischen technischem Fortschritt und gesellschaftlicher Verantwortung nicht idealisiert, sondern zeitkritisch hinterfragt und durch eine Mischung aus education and entertainment vermittelt.

Die Weltausstellung EXPO 2000

Im Jahr 2000 findet in Hannover die Weltausstellung unter dem Motto „Mensch - Natur - Technik“ statt. Die Besucher der EXPO 2000 können neben dem Messegelände in Hannover auch sog. dezentrale Standorte besuchen. Diese zeigen Projekte, die nur vor Ort erlebbar sind, d.h. nicht auf einer Messe darstellbar sind.

Die OBE-Region

OBE ist die Abkürzung (**O**snabrück - **B**entheim - **E**msland) für den regionalen Zusammenschluß der Landkreise' Osnabrück, Grafschaft Bentheim, Emsland und Vechta sowie der Stadt Osnabrück in der sog. OBE-Initiative.

Zur Ideenfindung eines regionalen Beitrages zur EXPO 2000 wurde 1992 unter Federführung der Stadt Osnabrück ein regionaler Arbeitskreis mit Vertretern der OBE sowie verschiedener Organisationen/Institutionen (u.a. IHK, Handwerkskammer, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Hochschulen, Fremdenverkehrsverband, Landschaftsverband) gegründet. In diesem Gremium wurde das OBE-Projekt konzipiert.

Mit Erfolg hat die Region 1995 an dem Wettbewerb „Stadt und Region als Exponat“ in Niedersachsen teilgenommen. Im Mai 1997 erfolgte die offizielle Anerkennung durch die EXPO 2000 Hannover GmbH (registriertes Projekt der Weltausstellung).

Für das Projektmanagement des regionalen Projektes mit unterschiedlichen Trägern der Untervorhaben wurde von der OBE-Initiative am 23.09.96 die OBE 2000 GmbH gegründet.

Das OBE-Projekt

Intention des Projektes ist es, den BODEN als eines der wesentlichen Medien im Beziehungsgeflecht *Mensch - Natur - Technik* in seiner multidimensionalen Bedeutung für die Lebensqualität des Menschen auf vielfältige Art anschaulich zu präsentieren.

Anhand mehrerer Beispiele, die in der Region räumlich und funktional vernetzt sind, wird die Bedeutung des Umgangs mit dem Boden für die Lebensqualität des Menschen anschaulich dargestellt sowie unterschiedliche Probleme und Problemlösungsansätze thematisiert.

Die Region ist kompetent, sich diesem Thema anzunehmen: Zum einen ist sie die am besten untersuchte Bodenregion Niedersachsens. Zum anderen können die verschiedenen Ansprüche an den Boden beispielsweise durch die Landwirtschaft, die Industrie, den Verkehr, die Erholung und private Nutzungen hier anschaulich dargestellt, Entwicklungen im Umgang mit dem Boden nachvollzogen werden. Außerdem wurde im Sommersemester 1996 an der Fachhochschule Osnabrück der erste Bodenstudiengang in Deutschland eingeführt.

Das Aufzeigen der Rückkopplungseffekte, die durch die anthropogene Nutzung des Bodens ausgelöst werden sowie die Förderung des bewußten Umgangs mit dem Boden stehen im Vordergrund der Projektidee. Eine Vielzahl von Aktivitäten soll den Boden sowohl dem "normalen" EXPO-Besucher anschaulich und spielerisch vermitteln, als auch eine interdisziplinäre, zeitkritische und lösungsorientierte Diskussion des Fachpublikums fördern, mit dem Ziel zukunftsweisend Impulse für den Umgang mit dem Medium Boden im neuen Jahrtausend zu geben.

Das Projekt steht auf drei Säulen (Abb. 1).

Die sog. **Beispiele vor Ort (1. Säule)** zeigen konkrete Probleme im Umgang mit dem Boden sowie Lösungsansätze und Vorsorgemaßnahmen zum Bodenschutz.

- **Kalkriese**
Ausgrabungsmethoden und die Bedeutung des Bodens für die Fundstücke (Schadstoffeintrag), archäologischer Erlebnispark mit rekonstruierter Landschaft, sanfter Tourismus
- **Naturschutz und Umweltbildung (Artland)**
eine noch intakte Kulturlandschaft/Revitalisierungsmaßnahmen, Möglichkeiten des Erhalts der naturräumlichen Gegebenheiten

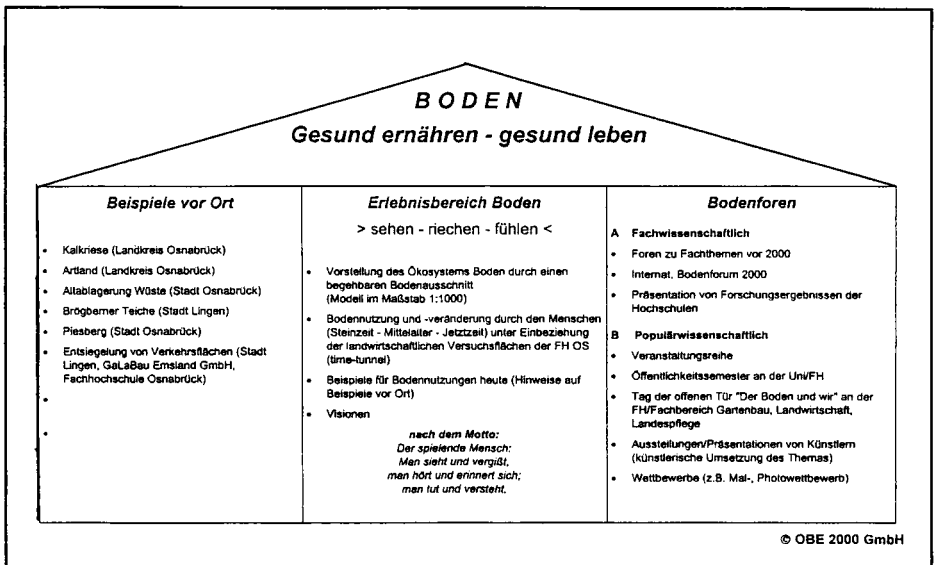
- **Brögberner Teiche**
ökologisch orientierter Rückbau eines Naturraumes
- **Entsiegelung von Verkehrsflächen**
Verbesserung des Wasserhaushaltes im Boden
- **Altablagerung Osnabrück-Wüste**
Altlastenerkundung im überbauten innerstädtischen Bereich, Optimierung der Kommunikation
- **Piesberg**
Wandels eines Naturraumes durch unterschiedliche anthropogene Nutzungsansprüche

Im **Erlebnisbereich Boden (2. Säule)** erfahren Nichtfachleute den Boden im spielerischen Umgang. In einem überdimensionalen begehbaren Bodenausschnitt, mit begehbaren Bodenprofilen sowie durch die Darstellung verschiedener anthropogener Nutzungen im Wandel der Zeit (time-tunnel). Der Erlebnisbereich regt zum Denken und Mitmachen an.

siehe hierzu den Beitrag von Kluttig, T. und Mueller, K.

Bodenforen (3. Säule) dienen als globales Forum für innovative Lösungsansätze und Zukunftsstrategien, die Ökonomie und Ökologie in Einklang bringen. Im September 2000 wird in Osnabrück das Internationale Bodenforum 2000 stattfinden. Populärwissenschaftliche Foren runden das Programm ab.

Abb. 1: Konzeption des OBE-Projektes

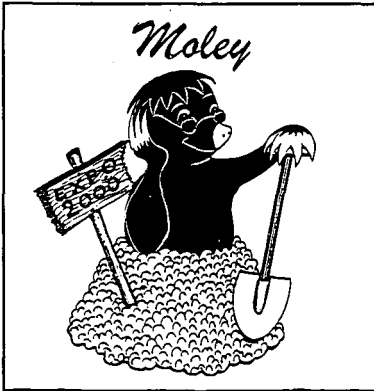


Außerdem werden durch die Region verschiedene **Bodenrouten (Exkursionen, Lehrpfade)** geplant, die die Besonderheiten der regionalen Böden vermitteln sollen. Dabei wird zwischen fachwissenschaftlichen Exkursionsrouten und populärwissenschaftlichen Lehrpfaden differenziert.

Zu den Routen werden auf die Zielgruppen fokussierte Führer erstellt. Außerdem werden während der EXPO-Monate Führungen organisiert.

Da der Boden in seiner Vielfalt und seiner Funktion dem Laien, insbesondere Kindern und Jugendlichen, eher schwer zu vermitteln ist und oft Negativassoziationen mit dem Boden verbunden (Dreck an den Füßen, Beerdigungen etc.) werden, hat die OBE ihrem Projekt ein **Maskottchen** gegeben: Der kleine Maulwurf „Moley“ (Abb. 2) soll auf spielerische und lustige Art Bodenprozesse, -entwicklung und -lebewelt vermitteln sowie auf Aktionen in der OBE hinweisen.

Abb. 2: Das Maskottchen des OBE-Projektes



Das Projekt wird von der Deutschen und der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG, IBG) unterstützt. Des weiteren unterstützen das Nds. Landesamt für Bodenforschung (NLFb), die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) sowie die Deutsche Bundesstiftung Umwelt und terre des hommes das Projekt.

Möglichkeiten der Beteiligung

Das Projekt wurde basierend auf bereits vorhandenen regionalen Entwicklungsansätzen konzipiert. Die Projektentwicklung wird von den Trägern als **offener Prozeß** verstanden.

Eine weitere Einbindung von konkreten Bodenprojekten sowie die Beteiligung von weiteren Organisationen, Institutionen, Verbänden etc. ist ausdrücklich gewünscht.

Insbesondere erhoffen sich die Organisatoren eine aktive Mitarbeit der Bodenkundlichen an den Bodenforen, die mit Projektpartnern zu fachspezifischen Bodenthemen durchgeführt werden sollen, sowie dem Internationalen Bodenforum 2000.

Erwachsenenbildung im Bereich Bodenkunde/Bodenschutz. Erfahrungen aus Fortbildungsveranstaltungen für kommunale Mitarbeiter/innen beim Naturschutzzentrum Hessen

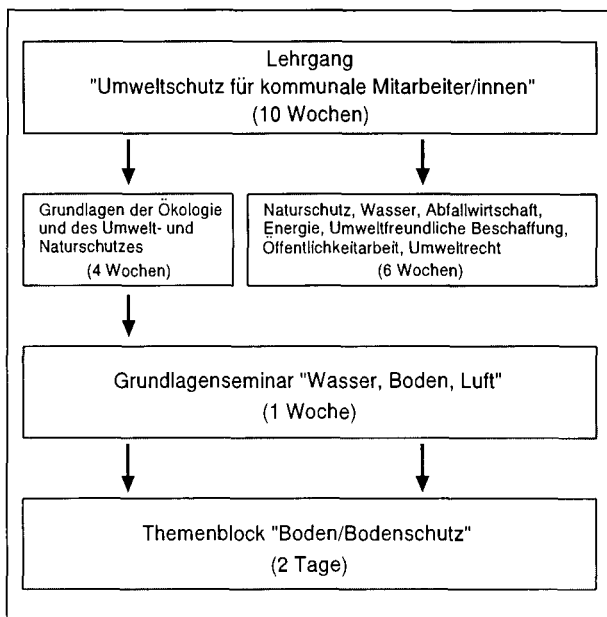
von

SAUER,S.; PETER,M.; NEUGIRG,B.

1 Naturschutz-Zentrum Hessen

Das Naturschutz-Zentrum Hessen ist eine landesweit tätige Fortbildungseinrichtung im Bereich des Natur- und Umweltschutzes mit Sitz in Wetzlar. Es wird von 34 Mitgliedern getragen, darunter sind Verbände des Natur- und Umweltschutzes, der Landnutzung und das für Naturschutz zuständige Ministerium. Das Bildungsprogramm des NZH umfaßt sowohl Fachtagungen, Praktikerseminare und Fortbildungsveranstaltungen als auch Angebote im Bereich der Umwelterziehung für Kindergärten und Schulen. Die Arbeitsfelder sind in die Sachbereiche Naturschutzarbeit, Öffentlichkeitsarbeit, Umwelterziehung und Fortbildung aufgeteilt.

Seit 1990 wird für kommunale Verwaltungsangestellte ein zehnwöchiger Lehrgang "Umweltschutz für kommunale Mitarbeiter/innen" angeboten, in den ein zweitägiger Kurs "Boden/ Bodenschutz" integriert ist (Übersicht 1). Ziel ist, die aus der Verwaltung kommenden und zukünftig mit Umweltaufgaben betrauten Personen für ihre neue Tätigkeiten zu qualifizieren.



Übersicht 1: Stellung des Themenblockes "Boden/Bodenschutz" innerhalb des Lehrganges "Umweltschutz für Kommunale Mitarbeiter/innen"

* Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus-Liebig-Universität Gießen, Wiesenstraße 3-5, 35590 Gießen

** Ingenieurbüro Schnittstelle Boden, Belsgasse 13, 61239 Ober-Mörlen

*** Naturschutz-Zentrum Hessen, Friedenstraße 38, 35578 Wetzlar

2 Fortbildungsveranstaltung "Boden/Bodenschutz"

2.1 Zielgruppe

Die Zielgruppe besteht zum überwiegenden Teil aus Verwaltungsbeamten und -angestellten, die über keine naturwissenschaftliche Ausbildung verfügen. Von 1990 bis 1995 wurden insgesamt sechs Lehrgänge durchgeführt, die nach den ersten beiden Jahren nicht mehr komplett belegt werden mußten, sondern im Baukastenprinzip angeboten wurden. Dadurch erklärt sich, daß das Grundlagenseminar "Wasser, Boden, Luft" 1994 nicht zustandekam. Zunehmender "Sättigungsgrad" hessischer Kommunen (Abb. 1) sowie Probleme der kommunalen Finanzierung führten nach den letzten Zertifikatsabschlüssen zur Beendigung des Lehrganges. Die Gesamtteilnehmerzahl aller Bausteine betrug 164, den kompletten Lehrgang und somit auch die Veranstaltungen zum Thema "Boden" besuchten 64 Teilnehmer/innen.

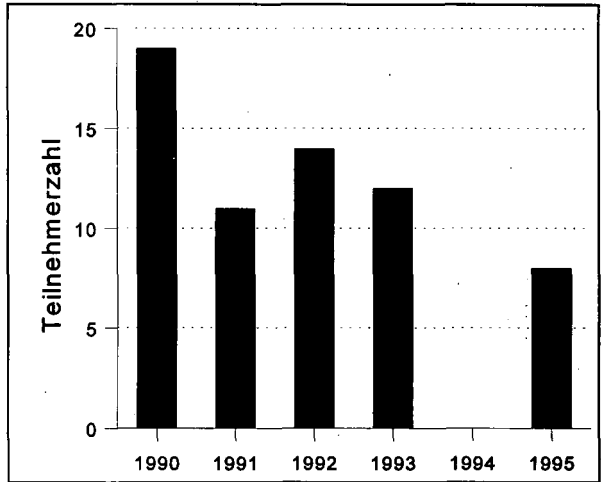
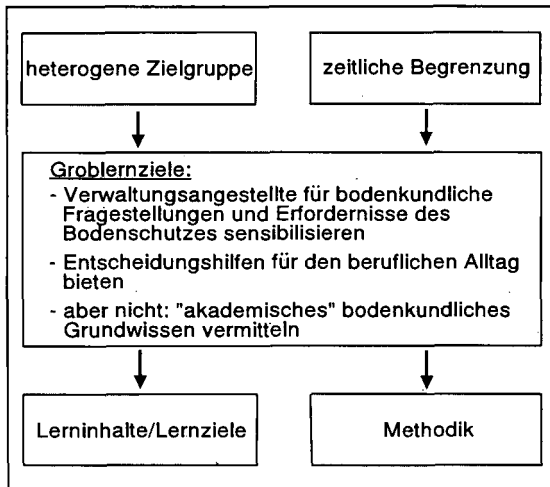


Abb. 1: Entwicklung der Teilnehmerzahl des Themenblockes Boden/Bodenschutz von 1990 bis 1995

2.2 Lernziele und Lerninhalte



Übersicht 2: Ableitung der Groblernziele des Themenblockes Boden/Bodenschutz

Die heterogene Zielgruppe und die starke zeitliche Begrenzung schränken den Stoffumfang ein und führen im Anschluß an die Analyse der Zielgruppe (Anzahl der Teilnehmer, Kenntnisstand, Motivation) zur Formulierung der in Übersicht 2 aufgeführten Groblernziele der Fortbildungsveranstaltung. Die Verwirklichung der Grobziele erfolgt einerseits durch die Festlegung der Lerninhalte mit der Zuordnung bestimmter Feinlernziele, andererseits durch die Auswahl der Methoden und Medien.

Die in Tabelle 1 aufgeführten Lerninhalte und Feinlernziele - die Reihenfolge der Lerninhalte entspricht der Gliederung des Kurses - bilden das inhaltliche Gerüst des Bodenkurses. Dieses ist

in der Abfolge aufgebaut aus dem grundlegenden Erfassen des Mediums Boden und seiner im Verlauf des Seminars näher vorgestellten Eigenschaften sowie darauf aufbauend vertiefenden Sequenzen zur Anwendung. Der aktuelle Anwendungsbezug wird durch das Vorstellen der in Hessen am häufigsten auftretenden Böden sowie den zum Themenkomplex Bodengefährdungen und Bodenschutz zugeordneten Praxis- und Anwendungsbeispielen hergestellt.

Tab. 1: Lerninhalte und Feinlernziele

Lerninhalt	Feinlernziel
1 Was ist Boden?	Boden als konkretes Medium erfassen und in Umwelt einordnen können
2 Bodenbestandteile (mineralische, organische, Bodenwasser, Bodenluft)	Erkennen, daß der Boden keine homogene Masse, sondern aus vielen Bestandteilen aufgebaut ist
3 Bodentypen (Definition, Beispiele)	Erkennen, daß der Boden keine homogene Masse, sondern aus unterschiedlichen Horizonten mit unterschiedlichen Merkmalen aufgebaut ist
4 Bodeneigenschaften (pH-Wert, Kalkgehalt, Nährstoffe, Poren, Wasserhaushalt)	Exemplarische Bodeneigenschaften nennen können; beim Vergleich derselben Bodeneigenschaft zweier Bodentypen/zweier Horizonte eines Bodentypes Unterschiede feststellen
5 Böden Hessens	Erkennen, daß unterschiedliche Naturräume unterschiedliche Böden aufweisen
6 Bodenschutz (Bodenfunktionen, Bodengefährdungen, rechtliche Grundlagen, Bodenschutzmaßnahmen)	Die besondere Bedeutung des Bodenschutzes erklären; Bodenschutzmaßnahmen nennen

2.3 Methodik

Zur Motivationsförderung und zur Erhaltung von Aufnahmefähigkeit und Mitarbeit der Seminarteilnehmer wird eine breite Palette verschiedener Arbeitsformen eingesetzt (Übersicht 3). In jeder der sechs Kurssequenzen sollte ein praktisches Element der Kursgestaltung dominieren (Demonstration, Aktion oder Planspiel). Mit Ausnahme der Kurseinführung wird in jeder Phase zumindest ein kurzer Vortragsteil mit Unterstützung von Dias und Overheadfolien eingearbeitet. Zeit für Diskussion wird für jede Kurssequenz eingeplant.

Übersicht 3: Matrix der in den einzelnen Kurssequenzen eingesetzten Arbeitsformen

	Vortrag	Demonstration	Aktion	Planspiel	Diskussion
1 Was ist Boden?		✓	+		(✓)
2 -bestandteile	✓		+		(✓)
3 -typen	✓	+			(✓)
4 -eigenschaften	✓	✓	+		✓
5 Böden Hessens	+	✓			✓
6 -schutz	✓	✓	✓	+	✓

- ✓ Arbeitsform wird im jeweiligen Kursabschnitt eingesetzt
- + Die im jeweiligen Kursabschnitt dominierende Arbeitsform
- (✓) Arbeitsform wird im jeweiligen Kursabschnitt nur bei Bedarf eingesetzt

Als weiteres Element zur Erzeugung und Erhaltung von Aufmerksamkeit, aber auch zur informativen und abwechslungsreichen Seminargestaltung, kommen unterschiedliche Medien zum Einsatz. Eine Zusammenstellung der wichtigsten verwendeten Medien gibt Übersicht 4.

Übersicht 4: Eingesetzte Medien in Reihenfolge abnehmender Bedeutung

Medium	Beispiele
Demonstrationsmaterial	Bodenarten, Profilsprache, einfache Versuche (z.B. Säulenversuch zur nFK, pH-Wert-Bestimmung)
Overhead	Vorbereitete Folien für Vortragelemente
Flipchart, Wandtafel	Herleitung des Nährstoffkreislaufes, Allgemeine Erläuterungen zu Fragen der Kursteilnehmer, Planspiel
Dias	Bodentypen, Gesteine, Bodengefährdungen
Metaplan	Kurseinführung, Bodenbestandteile, Gesteine

3 Erfahrungen

Der vorgestellte Kurs ist das Beispiel einer Fortbildung für eine Zielgruppe ohne naturwissenschaftliche Ausbildung. Die wichtigsten Erfahrungen aus und für die Praxis lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Reduzierung des stofflichen Umfangs auf ein Minimum verhindert die fachliche Überforderung der Kursteilnehmer.
- Der Frontalunterricht ist auf ein Minimum zu reduzieren. Stattdessen sollten zum Einbeziehen der Seminarteilnehmer bevorzugt praktische Elemente (kleinere Analysen und Planspiele in Gruppenarbeit, Exkursionen usw.) in den Unterrichtsablauf eingebaut werden. Gerade hier bietet das Fachgebiet der Bodenkunde viele Möglichkeiten!
- Der fachliche Schwerpunkt der Fortbildungsveranstaltung sollte weniger in der Vermittlung bodenkundlichen Grundwissens, als vielmehr in der Vermittlung der ökologischen Relevanz bodenkundlicher Phänomene liegen. Auf diese Weise fällt der wichtige Schritt zum Bodenschutz und zur täglichen Vollzugspraxis leichter.
- Die Referenten sollten bei Bedarf bereit sein, Stoff wegfällen zu lassen, um während des Kurses anfallende Fragen (in der Regel Beispiele aus der täglichen Praxis von Umweltbehörden und somit von besonderer Bedeutung für die Kursteilnehmer) zu klären und Diskussionen zu ermöglichen.
- Die hierzu erforderliche Flexibilität bedingt ein großes Maß an fachlicher Kompetenz bei den Seminarleitern. Aus diesem Grund sollten entsprechende Kurse von Bodenkundlern durchgeführt werden. Nur so kann der Komplexizität des Themas "Boden/Bodenschutz" und daraus resultierender Fragestellungen Rechnung getragen werden.

Wichtigste Empfehlungen für die didaktische Ausgestaltung von Fortbildungsveranstaltungen sind demnach didaktische Reduktion, Handlungs- und Teilnehmerorientierung sowie Praxisrelevanz.

Der Boden als Unterrichtsobjekt in der Primarstufe

von

SAUERBORN,P.; KUROWSKI,E.

1. Umweltbildung und pedologische Sachverhalte in der öffentlichen Diskussion

Mit der Zunahme der öffentlichen Umweltdiskussion in den vergangenen Jahren hat sich auch die Frage nach der Realisierung einer sinnvollen und praktikablen Umweltbildung in der Schule erheblich intensiviert. Der Integration von bodenkundlichen Sachverhalten kommt hierbei, im Vergleich zu den Elementen Wärme, Luft und Wasser, nur eine geringe Rolle zu. Erst mit einiger Verzögerung erschienen Publikationen, die einer breiten Öffentlichkeit den Zugang zu pedologischen Fragestellungen ermöglichten. Dementsprechend sind in Bezug auf den Boden die Erlebnisse und Erfahrungen, die Kenntnisse und Deutungsversuche, mit denen die Kinder aus ihrer Lebenswirklichkeit in den Sachunterricht kommen, gering. Schon ihre physiognomischen Vorstellungen sind problematisch, denn die Kinder erleben heute ihre natürliche Umwelt zumeist nicht mehr direkt. So wird in jüngerer Zeit die primäre Naturerfahrung zunehmend allgemeinbildend im Sachunterricht gefordert. Auch der Boden stellt hierfür ein praktikables und lohnendes Objekt dar. Neben der direkten Erkundung ist das Beachten des Menschen in seinen Wechselwirkungen mit der natürlichen Umwelt wichtig - z.B. im Rahmen von „Außerschulischem Lernen“. Ziel eines zukunftsorientierten Sachunterrichts sollte daher nicht nur das Vermitteln von Sachwissen sein, sondern auch das Anbahnen von Bereitschaft für verantwortungsbewußtes Umgehen mit Natur.

Der Beitrag behandelt Möglichkeiten der Berücksichtigung bodenkundlicher Fragestellungen im Sachunterricht der Primarstufe in Nordrhein-Westfalen; er stellt eine Einleitung in diesen komplexen Themenbereich dar. Es werden Ansätze für die stärkere Berücksichtigung des Bodens im Zusammenhang mit anderen natürlichen Voraussetzungen im Sachunterricht aufgezeigt, und zwar gemäß den gültigen Richtlinien und Lehrplänen für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen (RL/NW, LP/NW).

2. Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen

2.1 Allgemeine Forderungen in den Richtlinien

Bereits in der Präambel der Richtlinien, wird gefordert: „Die Jugend soll erzogen werden im Geiste ... der Verantwortung für die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen“. Da sich „Kinder ihre Wirklichkeit heute aber weniger als früher durch Eigentätigkeit ... erschließen“, muß sich der Unterricht der Grundschule „verstärkt darum bemühen, vielfältige Möglichkeiten zu Eigentätigkeit und zwischenmenschlichem Umgang zu schaffen“, um „unmittelbare Erfahrungen“ machen zu können (RL/NW, Seite 9).

2.2 Lehrplan Sachunterricht in Bezug auf pedologische Sachverhalte

„Der Sachunterricht hat die Aufgabe, den Kindern Hilfe bei der Erschließung ihrer Lebenswirklichkeit zu geben“ und „sie zu befähigen, sich u.a. mit natürlichen Phänomenen und den Beziehungen zwischen ihnen auseinanderzusetzen“ (LP/NW, Seite 21). Folgerichtig werden handlungsorientiertes und zugleich wissenschaftsorientiertes Lernen - insbesondere in den „entdeckenden Formen“ („durch Spielen, durch Beobachten, durch Erkunden von Objekten und Räumen, durch Auswerten von Informationsquellen, durch Finden und Lösen von Problemen ...“) als Grundlagen des Lernens begründet (LP/NW, Seite 25), und vor allem im Zusammenhang mit: „außerschulischem Lernen“ (LP/NW, Seite 25) sowie gezielt

ausgewählten „Aufgabenschwerpunkten“ und den zugehörigen Lernzielen (die die „verbindlichen inhaltlichen Vorgaben für den Sachunterricht „ergeben“; LP/NW, Seite 27). Denn im „Sachunterricht haben konkrete Anschauungen, unmittelbares Erleben und handelnder Umgang grundlegende Bedeutung für den Lernprozeß. An Lernorten außerhalb der Schule lassen sich besonders klare Vorstellungen und Einsichten, Vergleichsmaßstäbe und Einblicke in Zusammenhänge gewinnen.“ (LP/NW, Seite 27).

Zu den verbindlichen inhaltlichen Vorgaben des Lehrplans gehören u.a. folgende Aufgabenschwerpunkte und zugehörige Lernziele, die den Sachverhalt Boden betreffen:

- **Pflanzen und Tiere (in den Klassen 1 und 2)** -
zugehörige Lernziele - u.a.:
 - . Lebensbedingungen von Pflanzen und Tieren kennen und bei der Versorgung beachten
 - . die Bedeutung der Pflanzen und Tiere für Menschen einschätzen
- **Natürliche und gestaltete Umwelt (in den Klassen 3 und 4)** -
zugehörige Lernziele - u.a.:
 - . die Abhängigkeit des Menschen, der Tiere und Pflanzen von Umweltbedingungen (Wasser, Boden, Wärme, Licht, Luft) erkennen
 - . Eingriffe in die Umwelt auf mögliche Folgen für Menschen ... bedenken; sich umweltbewußt verhalten
- **Luft, Wasser und Wärme (in den Klassen 3 und 4)** -
zugehöriges Lernziel - u.a.:
 - . die Bedeutung von Luft, Wasser und Wärme für das Leben von Menschen, Tieren und Pflanzen einschätzen
- **Wetter und Jahreszeiten (in den Klassen 3 und 4)** -
zugehörige Lernziele - u.a.:
 - . Wetterfaktoren und Erscheinungen (z.B. Temperatur ...) und Beziehungen zwischen ihnen wahrnehmen
 - . Auswirkungen des Wetters auf die Natur erkennen

Die folgende Abbildung stellt die für pedologische Fragestellung relevanten Vorgaben dar (Abb. 1).

Abb. 1: Aufgabenschwerpunkte mit Relevanz für pedologische Fragestellungen
(nach: LP/NW, RL/NW)

<u>„Aufgabenschwerpunkte“ mit Relevanz für pedologische Fragestellungen</u>	
Klasse 1 und 2	Klasse 3 und 4
- „Pflanzen und Tiere“	- „Natürliche und gestaltete Umwelt“
- „Zeiteinteilung und Zeitablauf“ (Wachstumsbedingungen von Pflanzen)	- Abhängigkeit des Menschen, der Tiere und Pflanzen von Umweltbedingungen (Wasser, Boden, Wärme, Licht, Luft)
	- Möglichkeiten und Grenzen der Anpassung von Pflanzen und Tieren an Lebensraum
	- Eingriffe in die Umwelt: mögliche Folgen/ Ziel: umweltbewußtes Handeln
	- „Luft, Wasser und Wärme“
	- „Wetter und Jahreszeiten“
Zu den Aufgabenschwerpunkten zugehörige Lernformen:	
- handlungsorientiertes und wissenschaftsorientiertes Lernen	- handlungsorientiertes und wissenschaftsorientiertes Lernen
- entdeckendes Lernen	
- Erfahrungen sammeln	- Beziehungen zwischen den natürlichen, technischen und sozialen Phänomene der Lebenswirklichkeit erkennen
- sachbezogenes Tun und Probieren	- gezieltes Herausarbeiten umfassender Zusammenhänge

Die Aufgabenschwerpunkte sind für die Entwicklung der Handlungs- und Sozialkompetenz der Kinder bedeutend. Sie erlauben es, allgemeine Zusammenhänge am Beispiel sichtbar zu machen. Sie ermöglichen aber den Einbezug fachlicher Vorgehensweisen nur dann, wenn erste

Erfahrungen mit den für die Wissenschaften spezifischen Formen der Wirklichkeitserschließung nötig sind. Bedeutsame Sachverhalte und aktuelle Probleme können in den Unterricht einbezogen werden. Der Sachunterricht unterstützt den Prozeß der Wissenschaftsorientierung, indem die Lerninhalte kindgerecht auf einfache, grundlegende, beispielhafte Vorgänge, Beziehungen und Begriffe reduziert werden (Abb. 2).

Abb. 2: Kindliche Lernbedürfnisse und ihre Realisierung im Sachunterricht
(nach: RL/NW, LP/NW)

KIND	→	SACHUNTERRICHT
subjektive Vermutungen ...		Überführung zu stimmigen, mitteilbaren und überprüf-
spontane Einschätzungen, Deutungen, Meinungen	→	baren Lernergebnissen (Erkenntnisse, Einsichten und Verfahren)
Interesse an Lebenswirklichkeit		Befähigung zur Auseinandersetzung mit Lebenswirklichkeit (fächerübergreifend)
Handlungs- und wissenschaftsorientiertes Lernen an Naturerscheinungen	→	Schaffen von Erfahrungsgrundlagen für verantwortungsbewußten Umgang mit Umwelt
Sachverhalte der gestalteten Umwelt deuten	→	Auswirkungen menschlichen Handelns auf Umwelt sichtbar machen

Die Richtlinien bilden die Grundlage zur Erfüllung des Bildungs- und Erziehungsauftrages der Grundschule, indem sie u.a. Aufgaben, Ziele und Instrumente des Unterrichts festlegt (Abb. 3).

3. Ausblick

Dem **Boden** kommt als Unterrichtsobjekt in der Primarstufe des Landes Nordrhein-Westfalen eine große Bedeutung zu. Im Sachunterricht haben, gemäß Lehrplan, konkrete Anschauung, unmittelbares Erleben und handelnder Umgang grundlegende Bedeutung für den Lernprozeß. Es werden daher Empfehlungen für eine planvolle Ausgestaltung des Unterrichts gegeben (Abb. 4).

Abb. 4: Pedologisch relevante Empfehlungen für eine planvolle Ausgestaltung des Unterrichts
(nach: RL/NW, LP/NW)

SCHULE	
→	Anregungen: Erproben von Materialien und Geräten; Beobachten von Sachen, Abläufen und Ereignissen; Schülerexperimente, Lesen von Karten, Tabellen, Zeitleisten und Schautafeln
→	Lernmittel: Nachschlagewerke/Sachbücher, Spielzeuge/Lernspiele, Materialien /Werkzeuge, Meßinstrumente, Versuchs-/Baukästen
→	Sammlungen von Schülerarbeiten, thematische Lernecken mit Unterrichtsergebnissen

Außerschulisches Lernen	
→	Unterrichtsgänge, Lehrwanderungen, Schullandheimaufenthalte

Die Erfahrung, daß die Schule sich mit dem Leben außerhalb der Schule auseinandersetzt, steigert die Lernfreude der Kinder. Der **Boden** bietet durch leichte Zugänglichkeit und einfache Versuche die Möglichkeit zum handlungsorientierten Lernen. Es existieren heute bereits zahlreiche Schriften, die den Unterricht unterstützen (z.B. MURL o.J.) und über einen Einsatz moderner Medien vielgestaltig werden lassen können (vgl. AID 1995). Eine frühe Umwelterziehung schafft eine bedeutende Grundlage für ein Umweltbewußtsein, das Akzeptanz und Respekt vor der Umwelt fördert und für das Ziel einer Nachhaltigkeit im

Umgang mit der Natur unumgänglich ist. In diesem Sinne sollte die Möglichkeit früher pedogogischer Studien unbedingt wahrgenommen werden.

4. **Literaturliste**

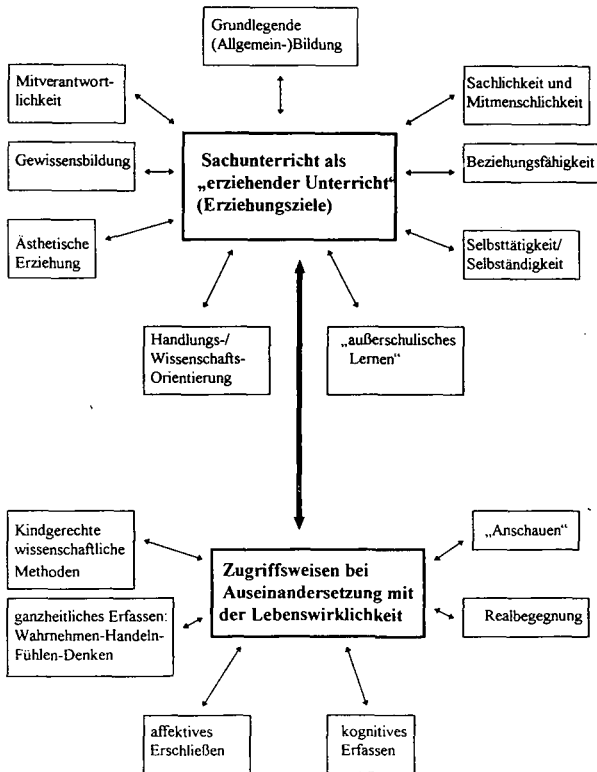
AID (AUSWERTUNGS- UND INFORMATIONSDIENST FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN E.V.) (Hrsg.) (1995): Bodenschutz - ein interaktives Lern- und Informationssystem (Arbeits- und Begleitheft). - In: AID-Informationsmaterial, H. 3322

KUROWSKI, E. et al. (1986): Kommentar zum Lehrplan Sachunterricht; Heinsberg

MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.) (1985): Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen. - In: Schule in Nordrhein-Westfalen, Schriftenreihe des Kultusministeriums, H. 2002 (zitiert als RL/NW bzw. LP/NW)

MURL (MINISTERIUM FÜR UMWELT; LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN NRW) (Hrsg.) (o.J.): Wir erkunden den Boden. - Düsseldorf

Abb. 3: Pedologisch relevante Instrumente und Ziele im Sachunterricht (nach: RL/NW, LP/NW)



**Untersuchungen zu bodenkundlichen Vorkenntnissen von Studienanfängern
der Landwirtschaft, des Gartenbaus und der Landschaftsarchitektur an der
Fachhochschule Osnabrück**

von

SCHÖN,H.; MUELLER,K.

1. Fragestellung:

Studienanfänger der Studiengänge Bodenwissenschaften und Landwirtschaft im Fachbereich Agrarwissenschaften und des Studiengangs Landschaftsentwicklung im Fachbereich Landschaftsarchitektur haben auf unterschiedlichen Wegen die Fachhochschulzugangsberechtigung erlangt. Die vorgestellte Befragung sollte die bodenkundlichen Vorkenntnisse aufzeigen und Rückschlüsse auf die Bedeutung bodenkundlicher Fragestellungen im Sekundarschulbereich zulassen.

2. Material und Methoden:

Die Studienanfänger der Studiengänge Landwirtschaft, Gartenbau und Landschaftsentwicklung wurden im Rahmen von Lehrveranstaltungen zu Beginn des Sommersemesters 1997 gebeten, den nachfolgend aufgeführten Fragebogen zu beantworten. Die Studierenden sollten nichts ankreuzen, wenn Sie die Frage nicht beantworten konnten. Die Antworten wurden anschließend in eine ACCESS-Datei übertragen und mit den EDV-Programmen SPSS und EXCEL ausgewertet.

3. Ergebnisse:

Es ergaben sich insgesamt 103 beantwortete Fragebögen (36 Bodenwissenschaften, 11 Landschaftsentwicklungen und 56 Landwirtschaft). 73 % der Studienanfänger hatten eine abgeschlossene Lehre. Aufgegliedert nach Studiengängen ergab sich dabei folgendes Bild (Studierende mit abgeschlossener Lehre): Landwirtschaft 86 %, Bodenwissenschaften 56 % und Landschaftsentwicklung 64 %. Bei den Landwirtschaftsstudierenden dominierte der Ausbildungsberuf Landwirt, bei den beiden anderen Studiengängen lag eine Vielzahl von unterschiedlichen Ausbildungsberufen vor, die nur zum Teil mit den gewählten Studiengängen in Beziehung standen.

78 % der Studienanfänger waren männlich. Aufgegliedert nach Studiengängen ergab sich folgendes Bild (männliche Studierende): Landwirtschaft 87,5 %, Bodenwissenschaften 72 % und Landschaftsentwicklung 45,5 %.

59 % der Studienanfänger hatten Abitur oder Fachabitur. Weitere 30 % verfügten über einen Schulabschluß, der ein Fachhochschulstudium ermöglicht. Das Durchschnittsalter lag bei 23,5 Jahren mit einer Standardabweichung von 3,74.

70 % der Befragten hatten während ihrer bisherigen Ausbildung bereits Berührung mit Böden oder bodenkundlichen Themen. Nur 21 % gaben an, in der rein schulischen Ausbildung mit Bodenkunde in Kontakt gekommen zu sein. 19,6 % der Abiturienten bzw. Fachabiturienten, aber immerhin 26 % der Studienanfänger mit Fachhochschulreife erhielten Bodenkundeunterricht. Dies geschah bei den Abiturienten faßt ausschließlich im Fach Erdkunde.

Der überwiegende Teil der Berührung mit bodenkundlichen Themen erfolgte während der Lehre und in Praktika. Auf die Frage, ob Bodenkunde in der schulischen Ausbildung eine größere Rolle spielen sollte, antworteten 75 % der Befragten mit „JA“.

Auf die Frage, in welchem Ausmaß ihrer Meinung nach die Böden bei uns geschädigt seien, antworteten 64 % mit „STARK“ und 27 % mit „WENIG“.

95 % aller Befragten sehen den Schutz des Bodens als ebenso bedeutend an wie den Schutz von Gewässern, der Erdatmosphäre und der Biodiversität.

In bezug auf den speziellen Teil des Fragebogens ergab sich folgendes Bild: Die Fragen der Komplexe A (Wesen der Böden) und F (Bodenbiologie) wurden fast ausschließlich richtig beantwortet. Die Fragen zu den Komplexen B (Stoffbestand von Böden), C (Bodenchemie), D (Bodenphysik), E (Bodensystematik) und G (Bodenschutz) wurden in größerem Umfang oder mehrheitlich nicht oder falsch beantwortet.

In der Tabelle 1 finden sich die Ergebnisse im Detail.

Tabelle 1: Beantwortung der Fragen zu einzelnen Stoffkomplexen (je 12 Fragen pro Stoffkomplex, Angaben in %, N = 103)

Stoffkomplex	Richtig	Falsch	Keine Antwort/ weiß nicht
A: Wesen von Böden	87 - 97	3 - 13	0
B: Stoffbestand von Böden	21 - 67	29 - 75	4 - 5
C: Bodenchemie	59 - 92	5 - 42	3 - 18
D. Bodenphysik	13 - 40	33 - 51	10 - 46
E. Bodensystematik	44 - 55	20 - 31	14 - 25
F. Bodenbiologie	86 - 92	5 - 7	3 - 9
G. Bodenschutz	73 - 92	3 - 14	3 - 13

4. **Schlußfolgerungen:**

Ein Großteil der Befragten hatte im Verlauf der Ausbildung vor Beginn des Fachhochschulstudiums Berührung mit bodenkundlichen Themen. Offensichtlich geschah dies aber überwiegend während der Lehre (Praxis/Berufsschule) oder in Vorpraktika. Nur eine Minderheit der Befragten wurde während der rein schulischen Ausbildung mit bodenkundlichen Themen konfrontiert. In den allgemeinbildenden Schulen erfolgte dies fast ausschließlich im Erdkundeunterricht.

Bei dem speziellen Teil des Fragebogens fiel auf, daß die Fragen des Komplexes A (Wesen der Böden), und F (Bodenbiologie) sowie Teile der Fragen zum Bodenschutz fast ausschließlich richtig beantwortet wurden. Offensichtlich wurden diese Bereiche in besonderem Maß in der vorhergehenden Ausbildung angesprochen. Dagegen fällt auf, daß bei den Fragenkomplexen B (Stoffbestand von Böden), D (Bodenphysik), E (Bodensystematik) und zum Teil C (Bodenchemie) bei vielen Studienanfängern erhebliche bis starke Schwächen festzustellen sind. Anscheinend wurden die gestellten Fragen auch in der Berufsausbildung nur gestreift.

Der überwiegende Teil der Befragten ist der Meinung, daß die Bodenkunde in der schulischen Ausbildung eine größere Rolle spielen sollte. Hierbei ist zu beachten, daß es sich bei den Befragten sicherlich um einen Personenkreis handelt, der dem Thema Boden allein schon durch die Studienwahl besonderes Interesse entgegenbringt.

Angesichts der Bedeutung des bisher zu wenig beachteten Umweltmediums Boden erscheint es notwendig, die bestehenden Curricula der allgemeinbildenden und berufsbildenden Schulen mit dem Ziel zu überprüfen, der Bodenkunde einen deutlich höheren Stellenwert einzuräumen.

Anschauliche Experimente zur Ökologie der Regenwürmer

von

SCHRADER, St.; LARINK, O.

1. Einführung und Unterrichtskonzept

Der Boden ist ein Lebensraum, der trotz seiner immensen Bedeutung im Schulunterricht eine untergeordnete Rolle spielt. Aus der Fülle der Organismen, die im Erdreich leben, werden im folgenden die Regenwürmer herausgegriffen, weil sie einerseits eine wichtige Funktion innerhalb der Bodenprozesse ausüben, andererseits aber auch, weil sie einfach zu beschaffen und leicht handhabbar sind.

Primär dient der Boden den Regenwürmern als Substrat, in dem sie ihr Gangsystem anlegen, wobei sie einen Teil des Bodens fressen. Die Gänge bieten Schutz vor Feinden und vor schädlicher UV-Strahlung, und sie sind Ort der Fortpflanzung. Sekundär sorgen Regenwürmer für eine sorgfältige Durchmischung des Bodens mit seinen mineralischen und organischen Bestandteilen, begünstigen den Luftaustausch und wirken regulierend auf den Wasserhaushalt und die gelösten Stoffe, fördern das Pflanzenwachstum und schaffen durch ihre Gänge anderen Bodentieren Lebensraum. Die hier vorgestellten fünf Experimente verdeutlichen einige dieser Mechanismen. Für den Schulunterricht bietet sich die Möglichkeit, den Schülern mit Hilfe der Regenwürmer das Verständnis für die ökologische Bedeutung des Bodens als Lebensraum und Pflanzenstandort zu vermitteln. Einfache Experimente mit Regenwürmern können dazu dienen, Schülern interessante und lehrreiche Einblicke in einen Lebensraum zu geben, den wir täglich "mit Füßen treten".

Die Experimente sind sehr anschaulich und erfordern nur einen geringen technischen und finanziellen Aufwand, weshalb sie für den Schulunterricht besonders geeignet sind.

Die Konstruktion der Versuchsgefäße basiert auf dem Grundkonzept, das Gangsystem der Regenwürmer in seiner Gesamtheit erfassen zu können. Das erfordert den Einsatz von Planküvetten aus Glas als zentrale Versuchseinheit, wodurch das Bodenvolumen auf näherungsweise zwei Dimensionen reduziert wird. Jede Küvette besteht aus zwei parallel sich gegenüberstehenden Glasscheiben, die seitlich durch zwei Holzleisten auseinandergehalten werden. Beide Seiten werden mit einem Maßstab (cm Skalierung) markiert. Abstand und Größe der Scheiben richten sich nach Art und Dichte des Regenwurmbesatzes. Die Tiefgräber besitzen den größten Körperdurchmesser.

Deshalb beträgt in diesem Fall der Scheibenabstand 6 bis 8 mm im Gegensatz zu 4 bis 6 mm bei den Mineralbodenformen und Streuarten. Damit liegt der Abstand jeweils 2 bis 3 mm über dem Körperdurchmesser. Die Abmessung der Glasscheiben sollte für Tiefgräber mindestens 30 x 30 cm beim Einsatz von 2 Individuen betragen. Im Fall der Mineralbodenformen ist diese Abmessung für 5 Individuen geeignet. Für Streubewohner reichen 20 x 30 cm (Höhe x Breite) bei 8 Individuen. Als Substrat dient Boden der obersten 30 cm eines Gartens oder Laubwaldes. Boden unter Nadelwald ist zu sauer. Der Boden sollte grob gesiebt sein, damit er sich besser in die Küvetten füllen läßt. Die Küvette sollte nicht randvoll sein, sondern es sollten oben noch ca. 4 cm frei bleiben für zu ergänzendes Futter und die Kotablage der Tiere. Während die Tiere sich langsam eingraben, wird die Küvette mit feiner Gaze oder einem Stück dünnen Baumwollstoff verschlossen, damit die Tiere nicht entweichen können. Die Gaze bzw. der Stoff wird mit einem kräftigen Gummiring gehalten. Die Küvette wird in einem dunklen, kühlen Raum (z.B. Keller, ca. 12°C) senkrecht aufgestellt, mit der Öffnung nach oben.

Im Folgenden werden fünf Experimente vorgestellt, die Schülern am Beispiel der Regenwürmer unterrichtsbegleitend einige Grundphänomene der Bodenökologie praktisch vor Augen führt. Die Experimente können in kleinen Gruppen zu je 2 bis 4 Schülern durchgeführt werden. In einer Doppelstunde werden die Experimente theoretisch vom Lehrer vorbereitet. In der zweiten Doppelstunde bauen die Schüler die Küvetten und setzen die Experimente an. Während der gesamten Versuchsdauer (s.u.) werden die Küvetten von den Schülern und vom Lehrer alle 2 bis 3 Tage kontrolliert. Die unten bei den einzelnen Experimenten angegebenen Zeiten beziehen sich auf diese Versuchsdauer, während der die Küvetten im Keller stehen. Es sind ungefähre Zeitangaben, die je nach Aktivität der Tiere schwanken. Deshalb ist eine regelmäßige Kontrolle wichtig. Am Schluß der Experimente werden diese in einer Doppelstunde ausgewertet. Die Ergebnisse werden als Hausaufgabe in einem gemeinsamen Protokoll der einzelnen Schülergruppen zusammengefaßt und in einer letzten Doppelstunde der Klasse in Form eines Referates vorgetragen. Für Schüler, die Interesse an der Fotografie haben, lohnt es, die Frontseiten der Küvetten bei Versuchsbeginn und -ende, eventuell auch zwischendurch zu fotografieren. Die Fotos können das Protokoll sinnvoll ergänzen.

Experiment 1: Durchmischung des Bodens

Unterrichtsziel: Anhand zweier verschieden gefärbter Böden (z.B. Lehm- und Sandboden), die in der Küvette übereinander geschichtet sind, soll die mischende Tätigkeit der Regenwürmer demonstriert und nachgewiesen werden. Die Schüler sollen durch Kontrolle in einem wöchentlichen Rhythmus feststellen, wann die Grenze zwischen den beiden Bodenschichten aufgehoben ist.

Dauer: 4 bis 6 Wochen

Auswertung: Nach kurzer Zeit sieht man neben einem ausgedehnten Gangsystem Bodenmaterial in Form des Kotes farblich abgesetzt in beiden Bodenschichten. Dies ist der Nachweis für den Bodentransport zwischen den Schichten, wodurch es zu einer intensiven Durchmischung kommt.

Der ungefähre Zeitpunkt, an dem die Grenze zwischen den Bodenschichten aufgelöst ist, wird bestimmt und grob die transportierte Bodenmenge abgeschätzt.

Experiment 2: Vergleich der Gangsysteme

Unterrichtsziel: Die drei ökologischen Gruppen der Streubewohner, der Mineralbodenformen und der Tiefgräber legen charakteristische, unterschiedlich gestaltete Gangsysteme an. Diese Gangsysteme sollen vermessen und die Werte verglichen und interpretiert werden.

Dauer: 4 Wochen

Auswertung: Nach spätestens 4 Wochen werden die Küvetten hingelegt, um mit Hilfe eines Folienschreibers die Gangsysteme direkt auf Transparentfolie zu übertragen. Für jede ökologische Gruppe läßt sich jetzt das Gangsystem vermessen und die Grableistung bestimmen. Bindfadenstücke werden exakt auf die gezeichneten Gänge gelegt. Im gestreckten Zustand läßt sich die Länge der Bindfäden ermitteln. Die Summe ergibt die Gesamtlänge der einzelnen Gangsysteme. Die Grableistung der 3 ökologischen Regenwurmgruppen wird errechnet, indem man die Gesamtlänge der Gangsysteme auf die pro Küvette eingesetzte Gesamtbioasse bezieht.

Experiment 3: Einarbeitung von Pflanzenmaterial

Unterrichtsziel: Hier wird gezeigt, in welcher Form Regenwürmer zum Abbau des Pflanzenmaterials beitragen, das sich auf der Bodenoberfläche ansammelt. Nach einer Woche wird kontrolliert, wie tief das Pflanzenmaterial eingearbeitet worden ist und wie hoch der Anteil in Bezug zur vorher eingewogenen Menge ist.

Dauer: 1 Woche bis 2 Wochen

Auswertung: Eine Küvette wird mit Tiefgräbern besetzt. Nach dem Eingraben wird eine genau eingewogene Menge getrockneter und grob zerrissener Blattstücke (5 g oder mehr) auf die Bodenoberfläche gelegt. Nach 1 oder 2 Wochen wird der Rest der Blätter von der Bodenoberfläche wieder abgesammelt, getrocknet und gewogen. Außerdem wird abgemessen, wie tief die Blattmasse eingearbeitet worden ist.

Experiment 4: Beziehungen zu anderen Bodentieren

Unterrichtsziel: Verlassene Regenwurmgänge stellen ein wertvolles Refugium für eine Reihe anderer Bodentiere dar (z.B. Asseln, Fliegen- und Käferlarven, Hundertfüßer, Tausendfüßer, kleine Landschnecken), die selbst kaum oder gar nicht graben. Die Schüler sollen feststellen, wie weit die verschiedenen Tiere den Regenwurmhängen in die Tiefe folgen, wie sie das alte Gangsystem verändern und welche Tiere auch außerhalb der Gänge versuchen, den Boden zu durchdringen.

Dauer: 3 bis 4 Wochen für die Regenwürmer, danach zusätzlich 2 Wochen für die anderen Bodenwirbellosen

Auswertung: Wenn ein gut ausgeprägtes Gangsystem entstanden ist, wird die untere Leiste der Küvetten entfernt. Die Küvetten werden dann in einen Behälter mit Boden gestellt, so daß die Regenwürmer in den nächsten 1 bis 2 Tagen nach unten aus den Küvetten in den Behälter wandern können. Jetzt werden die Küvetten wieder unten mit einer Leiste verschlossen und mit anderen

Bodenwirbellosen besetzt. Als Fundorte eignen sich am besten Stellen mit verrottendem Holz, das man beiseite schiebt. Die Zusammensetzung dieser Tiere kann wahllos sein. Zum Schluß wird noch eine Schicht Blattstücke auf die Bodenoberfläche gelegt. Nach ca. 2 Wochen wird protokolliert, welche Bodentiere die Regenwurmgänge angenommen haben, und wie tief sie in diese vorgedrungen sind (Kotspuren als Indikator). Einige Tiere werden auch in der Streuschicht bleiben.

Experiment 5: Einfluß auf das Pflanzenwachstum

Unterrichtsziel: Die Gänge und Ausscheidungen der Regenwürmer sind sehr förderlich für das Pflanzenwachstum. In den Gängen können die Wurzeln leichter in die Tiefe dringen. Außerdem finden sie wertvolle Nährstoffe entlang der Gangwände in den Schleim- und Kotausscheidungen, die die sogenannte Tapete bilden. Die grüne Pflanzenmasse wird mit der Wurzelmasse verglichen. Beide Werte wiederum werden zwischen Küvetten mit und ohne Regenwurmgingen verglichen.

Dauer: 3 bis 4 Wochen für die Regenwürmer, danach zusätzlich 3 Wochen für das Pflanzenwachstum

Auswertung: Wenn ein gut ausgeprägtes Gangsystem entstanden ist, werden die Regenwürmer aus den Küvetten entfernt (s. Exper. 4). Pro Küvette wird eine Pflanzenart eingesät (z.B. Bohnen, Mais, Hafer, Weidelgras). Zur Kontrolle wird für jede Pflanzenart auch eine Küvette angesetzt, in der vorher keine Regenwürmer gegraben haben. Die Küvetten werden jetzt oben nicht mehr abgedeckt. Nach 3 Wochen werden folgende Parameter im Vergleich zwischen Küvetten mit und ohne Regenwurmgingen bestimmt: 1) Verlauf der Wurzeln im Boden; 2) Höhe der Pflanzen über der Bodenoberfläche; 3) Das grüne Pflanzenmaterial über der Bodenoberfläche wird abgeschnitten und gewogen; 4) Die Wurzeln werden in einer Schüssel mit Leitungswasser vorsichtig freigespült, auf einem Tuch abgetupft und ebenfalls gewogen.

Die vorgestellten Experimente lassen sich beliebig variieren und erweitern. So würde es sich z.B. anbieten, bei den Küvetten aus Experiment 2 den Kot abzusammeln, zu trocknen und zu wiegen. Das Kotgewicht wird dann ins Verhältnis zur eingesetzten Wurmbiomasse gesetzt. Dadurch läßt sich die Bodenumsatzleistung der ökologischen Gruppen bestimmen. Anhand von Küvetten mit verlassenen Regenwurmgingen lassen sich auch Experimente zum Bodenwasserhaushalt durchführen. Hierbei wird auf die Bodenoberfläche Wasser gegeben, das bevorzugt entlang der Regenwurmginge in die Tiefe perkolieren wird.

Um Anregungen für weitere Experimente aus dem Gebiet der Bodenökologie zu bekommen, sei auf folgende Literatur hingewiesen: Brucker und Kalusche (1990), Joger (1989). Graff (1983) schrieb ein kleines Lexikon über Regenwürmer.

Literatur:

Brucker, G. & D. Kalusche: Boden und Umwelt - Bodenökologisches Praktikum. 2. Aufl. Quelle und Meyer Verlag Heidelberg (1990)
Graff, O.: Unsere Regenwürmer - Lexikon für Freunde der Bodenbiologie. M.u.H. Schaper Hannover (1983)
Joger, U. (Hrsg.), W. Matthey, E. Della Santa, C. Wannemacher. Praktische Ökologie. Diesterweg Frankfurt/M; Sauerländer Aarau (1989)

BEITRÄGE

des

WORKSHOPS

**„DIGITALE GEOWISSENSCHAFTLICHE
DATEN - BEDARF, NUTZUNG -
ADMINISTRATIVE REGELUNGEN -„**

Band 85

Heft III

1997



Fachliche Aspekte des Bedarfs an bodenschutzrelevanten Daten auf Bundes- ebene im Hinblick auf § 19 Bundes-Bodenschutzgesetz

von

UTERMANN, J.; GLANTE, F.; JOHANNSEN, U.

Zur räumlich differenzierten Darstellung der Eigenschaften von Böden, deren potentieller Belastbarkeit sowie zur Dokumentation aktueller Bodenbelastungen und daraus resultierende Veränderungen der Bodeneigenschaften werden auf Bundes- und Länderebene Bodeninformationssysteme aufgebaut. Das Bodeninformationssystem des Bundes ist dabei als fachliche Ergänzung zu den Informationssystemen der Länder für bundesländerübergreifende Fragestellungen auf nationaler und internationaler Ebene anzusehen. Die auf Bundesebene benötigten bodenschutzrelevanten Daten sollen gemäß § 19 BBodschG-E von den Ländern an den Bund übergeben werden. Die Datenübermittlung soll im Rahmen der Bund-Länder-Verwaltungsvereinbarung zum Datenaustausch im Umweltbereich geregelt werden. In einem vom UBA geförderten F&E Vorhaben (UFOPLAN 107 06 001/15) wurden von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Zusammenarbeit mit dem Landesumweltamt Brandenburg und dem Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF e.V.) v.a. fachliche Aspekte der bodenschutzrelevanten Datenhaltung auf Bundesebene bearbeitet (UTERMANN et al. 1997, HIEROLD et al. 1996).

Aus fachlicher Sicht sind insbesondere Art, Umfang und erforderliche Qualität der Daten von Bedeutung. Zur Ermittlung der zur Zeit wichtigsten bodenschutzrelevanten Fragestellungen wurde im o.g. F&E-Vorhaben u. a. eine ressortübergreifende Befragung auf Bundesebene durchgeführt. Die Auswertung der Umfrage sowie die weitergehende Analyse der fachlichen Aspekte des Datenbedarfs auf Bundesebene orientiert sich dabei an der nachfolgend skizzierten Chronologie der Abarbeitung bodenschutzrelevanter Fragestellungen auf Bundes- und EU-Ebene:

1. Darstellung der geogenen/pedogenen Grundausrüstung der Böden und deren räumlicher Verbreitung

(Erstellung von Bodenkarten, Klassifikation und Aggregation von Bodeneinheiten, Ableitung repräsentativer Profile, Erfassung der räumlichen Variabilität)

2. Ermittlung & Darstellung von Bodenfunktionen und potentiellen Gefährungsgraden

(Einsatz von validierten Auswerteverfahren zur flächenhaften Ausweisung der Leistungsfähigkeit und Empfindlichkeit von Böden unter Nutzung von Basisdaten in Bodeninformationssystemen)

3. Ermittlung & Darstellung aktueller Belastungszustände der Böden

(Darstellung stofflicher und nichtstofflicher Bodenbelastungen unter Berücksichtigung der horizontalen und vertikalen Bodenvariabilität)

4. Darstellung & Bewertung aktueller Gefährungsgrade auf Grundlage der Punkte 1-3

(Pfad- und schutzgutbezogene Bewertung stofflicher und nichtstofflicher Bodenbelastungen)

1. Darstellung der pedogenen / geogenen Grundausrüstung der Böden und deren räumlicher Verbreitung

Für flächenhafte Übersichtsdarstellungen auf Bundesebene besteht Einvernehmen bezüglich des Arbeitsmaßstabes $\leq 1:200.000$. Mit der Bodenübersichtskarte 1:1.000.000 (BÜK 1000) (HARTWICH et al. 1995) liegt erstmals ein digitales, flächendeckendes bodenkundliches Kartenwerk für die BRD vor. Darüberhinaus ist für die Maßstabebene 1:200.000 die Erstellung einer länderübergreifenden, harmonisierten Datenbasis auf der Grundlage einer zwischen der BGR und den Geologischen Landesämtern abgestimmten Konzeption (vgl. ECKELMANN 1996) in Angriff genommen worden. Damit wird in Zukunft eine ausreichende Grundlage für länderübergreifende Übersichtsdarstellungen der pedogenen und geogenen Grundausrüstung der Böden vorhanden sein. Defizite bestehen vor allem bei der Hinterlegung der Legendeneinheiten mit repräsentativen Profildaten. Insbesondere die Darstellung der räumlichen Variabilität wichtiger Bodenmerkmale ist bisher nicht im erforderlichen Maße möglich.

2. Ermittlung und Darstellung von Bodenfunktionen und potentiellen Gefährdungsgraden

In Bodeninformationssystemen werden Aussagen zu Bodenfunktionen und potentiellen Gefährdungsgraden durch die Anwendung standardisierter Auswertungsmethoden aus den vorhandenen Grundlageninformationen abgeleitet. Aus Art und Umfang der benötigten Eingangsparameter ergibt sich für jede Auswertungsmethode ein spezifischer Datenbedarf. Die einzelnen Eingangsparameter bestimmen das Auswertungsergebnis in unterschiedlichem Maße (Eingangsparametersensitivität). Die Anforderungen an die Datenqualität steigen dabei mit zunehmender Sensitivität der Eingangsparameter. Die Qualität der Auswertungen wird im wesentlichen durch das Zusammenwirken zweier Faktoren bestimmt:

- Der Sensitivität der Methodeneingangsparameter (methodenspezifische Eigenschaft) und
- deren räumlicher Variabilität sowie ihrer maßstabsabhängigen Darstellbarkeit.

Die bisher verfügbaren Auswertungsmethoden in Bodeninformationssystemen beruhen überwiegend auf einer Verknüpfung ordinal- und nominalskaliertener Eingangsparameter.

Die methodenseitigen Anforderungen an die Datenqualität können durch Sensitivitätsanalysen ermittelt werden (UTERMANN et al. 1997, MALESSA et al. 1995 & 1997). Dabei wird anhand künstlicher Datensätze die Auswirkung definierter Parametervariationen auf das Auswertungsergebnis untersucht. Für ordinal / nominalskalierte Auswertungsmethoden sind vor allem zwei methodische Ansätze anwendbar:

- **Die einfache Sensitivitätsanalyse** (schrittweise Variation eines Parameters bei Festhalten der übrigen Parameter auf Referenzwerten) zeigt den absoluten Parametereinfluß und ermöglicht die Identifizierung besonders sensibler Wertebereiche.
- **Die multiple Sensitivitätsanalyse** (gleichzeitige Variation aller Parameter in zwei Stufen (+/- Level)) ermöglicht Aussagen über die relativen Bedeutung der Parameter und über Interaktionseffekte.

In den **Abbildungen 1&2** sind beispielhaft Ergebnisse von multiplen Sensitivitätsanalysen in Form von Haupteffekten für zwei ausgewählte Auswertungsmethoden dargestellt. Die abgestufte Bedeutung der Parameter ist aus der Höhe der Balken unmittelbar erkennbar.

Der pH-Wert ist in beiden Methoden ein sensibler Eingangsparameter. An seinem Beispiel läßt sich zeigen, daß die derzeit flächenhaft realisierbare Qualität an Eingangsparametern mitunter nicht

Abb. 1:
Haupteffekte der Gefährdung des Grundwassers durch Austrag von Cadmium aus dem GW-Freien Bodenraum

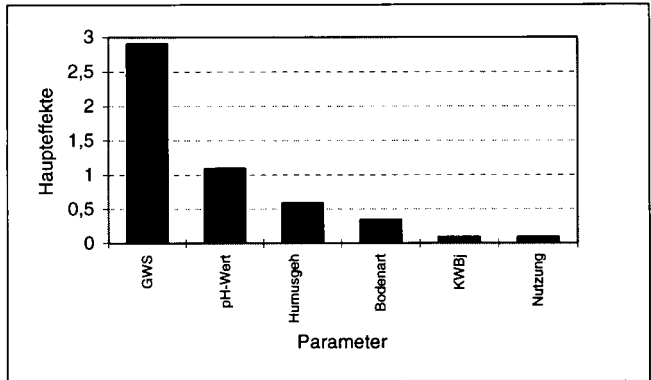


Abb. 2:
Haupteffekte der potentiellen Versauerungsgefährdung von Waldböden

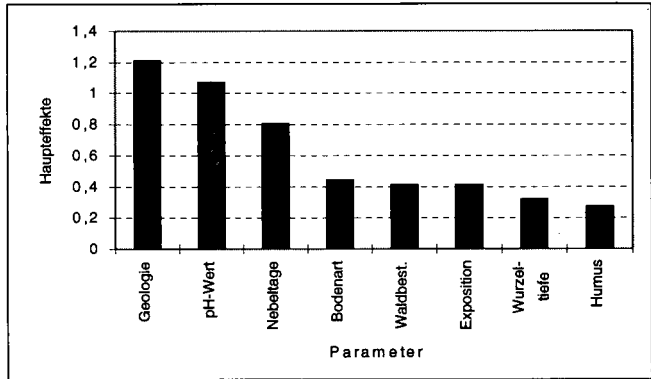
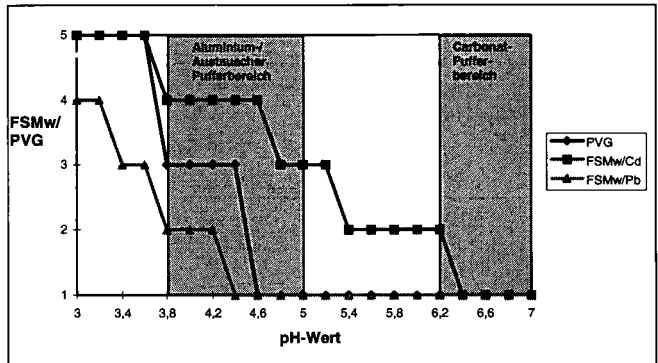


Abb. 3:
Die Schwermetall-Auswaschungsgefährdung (FSMw) und die potentielle Versauerungsgefährdung (PVG) in Abhängigkeit vom pH-Wert



den methodenseitigen Qualitätsanforderungen genügen. **Abbildung 3** zeigt die potentielle Schwermetallaustragsgefährdung (FSMw) und die potentielle Versauerungsgefährdung (PVG) als Funktion des pH-Wertes. Grau hinterlegt sind die Pufferbereiche, für die eine pH- Abschätzung unter Forstböden aufgrund pedologischer Parameter möglich ist (MALESSA 1994). Es zeigt sich, daß die bisher verfügbaren Möglichkeiten zur flächenhaften Abschätzung der pH-Werte unter forstlicher

Nutzung aufgrund der erheblichen Ergebnisvariation innerhalb der schätzbaren Pufferbereiche nicht den Anforderungen an die Datenqualität der getesteten Methoden genügen.

Die Auswirkungen der räumlichen Variabilität von Bodenkennwerten auf Übersichtsdarstellungen potentieller Gefährdungsgrade wurden exemplarisch an einem Vergleich der Auswertungsergebnisse im Maßstab 1:10.000 und 1:200.000 im Landkreis Oberhavel (Brandenburg) untersucht. Dabei zeigte sich, daß die großräumigen Muster im gesamten Kreisgebiet und in den dominierenden naturräumlichen Einheiten auf kleiner Maßstabsebene überwiegend sehr gut (statistisch absicherbar) mit den großmaßstäbigen Ergebnissen übereinstimmen. Auch der Vergleich auf der Basis der kleinmaßstäbigen Legendeneinheiten belegt eine gute Übereinstimmung der mittleren bzw. flächendominanten Gefährdungsgrade. Abstriche sind vor allem bei der Darstellbarkeit der räumlichen Variabilität innerhalb der Legendeneinheiten auf kleiner Maßstabsebene zu machen. Insgesamt läßt sich aus den Ergebnissen der Maßstabsvergleiche schlußfolgern, daß kleinmaßstäbige Bodenkarten für großräumige Übersichtsdarstellungen von potentiellen Gefährdungsgraden eine ausreichende Genauigkeit aufweisen. Für kleinräumige Fragestellungen, z.B. in Planungsverfahren sind sie hingegen nicht geeignet.

Im Hinblick auf den Aufbau eines länderübergreifenden Bodeninformationssystems erscheint es insbesondere notwendig, die Qualität von bodenschutzrelevanten Auswertungen zu verbessern. Hierbei stehen folgende Punkte im Vordergrund:

- Verbesserung der Datengrundlage kleinmaßstäbiger Bodenkarten durch die Ableitung repräsentativer Schätzprofile zur Hinterlegung der Legendeneinheiten, besonders im Hinblick auf die räumliche Variabilität wichtiger Bodenmerkmale;
- Prüfung vorhandener Auswertungsmethoden zum Leistungsvermögen und zur Empfindlichkeit von Böden auf Sensitivität der Eingangsparameter und Entwicklung von geeigneten Auswertungsmethoden für kleine Maßstabsebenen.

Literatur:

- ECKELMANN, W. (1996) : Geowissenschaftliche Grundlagen, Bodeninformationssysteme bei Bund und Ländern. In: FORTBILDUNGSZENTRUM GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ (Hrsg.) Stand und Perspektiven des Bundes-Bodenschutzgesetzes, künftige Rahmenbedingungen zur Altlastensanierung. 111-128, Berlin.
- HARTWICH, R., BEHRENS, J., ECKELMANN, W., HAASE, G., RICHTER, A., ROESCHMANN, G., SCHMIDT, R. (1995) : Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000). Karte, Erläuterungen und Textlegende. Bundeanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- HIEROLD, W., LORENZ, S., SCHULTZ-STERNBERG, R., STANELLE, S., WYSUJACK, R. (1996) : Erstellung eines Konzeptes zur Durchführung der §19 „Datenübermittlung an den Bund“ in der Fassung vom 22.03.1996 - Bericht zum Teilvorhaben „Brandenburg“ im Forschungsvorhaben 107 06 001/15 (UFOPLAN- Bodenschutz). Berlin.
- MALESSA, V. (1994) : Entwicklung forstlicher Auswertungsmethoden im Rahmen des Fachinformationssystems Boden des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). Hannover. [unveröff.]
- MALESSA, V., KIESERLING, U., MÜLLER, U., SBRESNY, J., UTERMANN, J. (1997) : Sensitivitätsanalysen bodenkundlicher Auswertungsmethoden in Fachinformationssystemen. Methodische Grundlagen - Geol. Jb. , Hannover. [im Druck]
- MALESSA, V., MÜLLER, U. (1995) : Sensitivitätsanalyse der im Fachinformationssystem Boden des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) II (Potentielle Bindungsstärke von Böden für Schwermetalle und potentielle Grundwassergefährdung durch Schwermetalle). - Zeitschrift f. Agrar-informatik, 2. S.31-36.
- UTERMANN, J., JOHANNSEN, U., HÖCKESFELD, M. (1997) : Realisationskonzept für die bodenschutzrelevante Datenhaltung auf Bundesebene - Inhaltliche Vorschläge und fachliche Vorstellungen zur Datenerfassung und Auswertung. Endbericht UBA-F&E-Vorhaben 107 06 001/15, Hannover.

Benutzung des amtlichen Geobasisinformationssystems für raumbezogene Fachinformationssysteme

von

BEUL,D.

1. Geobasisinformationssystem

Gegenstand der Geowissenschaften ist der Planet Erde mit seiner Größe, Gestalt, Beschaffenheit und Aufbau seines Körpers, Gliederung, Form und Struktur der dreidimensionalen Erdoberfläche sowie Zustand, Geschehen und Veränderung des Lebensraumes.

Hiervon behandelt die Geodäsie diejenigen Bereiche des Erdkörpers, der Erdoberfläche und des Lebensraumes der Erde, bei denen die geometrischen Aspekte im Vordergrund der Betrachtungen stehen. Aus globaler, territorialer, lokaler bis hin zu objektbezogener Sicht der Erde, gliedern sich die Hauptaufgabenbereiche der Geodäsie in Erdmessung (Größe und Gestalt der Erde), Landesvermessung (räumliche Struktur der Erdoberfläche), Liegenschaftsvermessung (Erfassung und Führung der geometrischen Anteile von Eigentum an Grund und Boden) sowie der Ingenieurvermessung (Geometrie baulicher Objekte).

Erst die Lösung dieser Aufgaben und damit die Ergebnisse - insbesondere der Landesvermessung - ermöglichen es allen anderen Fachbereichen, qualitative Informationen und Sachverhalte eindeutig zu lokalisieren, d.h., die räumliche Zuordnung zu einem Gebiet oder Objekt konkret zu beschreiben bzw. ihre gegenseitigen geometrischen Relationen darzustellen.

Diese Funktion der Ergebnisse der Landesvermessung und der Liegenschaftsvermessungen, nämlich Raumbezugs**grundlage** für andere, raumbezogene Informationen (Fachinformationen) zu sein, legitimiert für sie den Begriff „Geobasisinformationen“ und deren systematischer Zusammenhang und die systematische Führung den Begriff „Geobasisinformationssystem“.

2. Bedarf und Aufgabenzuweisung

Der Bedarf an Geobasisinformationen und -informationssystemen ist nicht so neu wie mancher glauben mag. Längst untergegangene Kulturen haben sich bereits vor vielen Jahrhunderten mit diesen Problemen beschäftigt, sei es um Informationen und Karten für die Seefahrt bzw. ihres Einfluß- und Machtbereiches oder Informationen über den Grundbesitz für steuerliche Zwecke zu erhalten. Durch die Entwicklung der Erkenntnisse, Technik und Technologie haben sich nur die Ausprägung sowie die Mittel und Methoden der Erfassung, der Verarbeitung und Speicherung der Geobasisinformationen, natürlich im Zusammenhang mit den Erfordernissen der Benutzer, geändert, denn auch eine analoge Darstellung z.B. in Karten (analoge Speicherung) ändert nichts daran, daß es sich um eine räumliche Information über Lage und ggf. Höhe eines Objektes der Erdoberfläche handelt.

* Ministerium des Inneren des Landes Sachsen-Anhalt, Halberstädter Str. 2, 39112 Magdeburg

Die Inhalte des Bedarfs haben sich mit der Entwicklung der Gesellschaft im Laufe der Zeit ebenfalls weiterentwickelt. In der heutigen Zeit sind solche Problemstellungen wie z.B. Grundstücks- und Rechtsverkehr, Eigentumssicherung, Boden- und Umweltschutz, Landes- und Bauleitplanung, Bodenordnung, Wirtschaft, Verwaltung, Wissenschaft, Ver- und Entsorgung sowie nach wie vor Landesverteidigung für einen Staat von existentieller Bedeutung.

Vordergründig für seine eigenen Zwecke (Militär, Steuern) hat sich frühzeitig in der Geschichte der Staat der Aufgaben der Landesvermessung und des Liegenschaftskatasters angenommen. Die Bereitstellung eines amtlichen Geobasisinformationssystems für die genannten aktuellen Aufgabenstellungen ist gerade heute ein existentiell wichtiger Bereich der Daseinsvorsorge des Staates, dessen er sich in Form von gesetzlich vorgegebenen Aufgaben, in der föderalen Struktur der Bundesrepublik als Ländergesetze, annimmt.

3. Das amtliche Geobasisinformationssystem

Das Land Sachsen-Anhalt weist mit seinem Vermessungs- und Katastergesetz (VermKatG LSA) die Wahrnehmung von Aufgaben der Landesvermessung und der Führung des Liegenschaftskatasters und damit die Schaffung und Bereitstellung eines Geobasisinformationssystems den Vermessungs- und Katasterbehörden des Landes zu und präzisiert in den verschiedenen Paragraphen diese Aufgaben inhaltlich.

Die Landesvermessung umfaßt die Grundlagenvermessungen, die Topographische Landesaufnahme (TopLA) sowie die Führung und Herausgabe der Topographischen Landeskartenwerke (TopLKW).

3.1 Bezugssysteme und Festpunktfelder

Durch die Grundlagenvermessungen sind einheitliche geodätische Bezugssysteme für alle anderen öffentlichen Vermessungen zu schaffen [Amtliche Bezugssysteme], die jedoch auch und sinnvollerweise für nichtöffentliche Vermessungen oder sonstige Positionierungsaufgaben anzuwenden sind. Die Bezugssysteme für die Lage und die Höhe sind die unabdingbare Voraussetzung für jeglichen Raumbezug von Informationen, stehen also am Anfang, sind selbst als grundlegende Information Inhalt des Geobasisinformationssystems und zugleich Bestandteil der anderen Inhalte des Geobasisinformationssystems der Vermessungs- und Katasterverwaltung (VuKV). Für die Anwendung und Nutzung werden diese Bezugssysteme bisher durch vermarkte Festpunkte und deren Daten dem Benutzer bereitgestellt. Neue satellitengestützte Verfahren, im Zusammenwirken mit ausgewählten und technisch besonders ausgestatteten Festpunkten der VuKV sowie unter Zuhilfenahme moderner Kommunikationsmittel und -methoden gestatten uns, ganz neue Wege zu gehen. Solche neuen Verfahren der Bereitstellung des Raumbezugssystems stehen im Land Sachsen-Anhalt mit den sogenannten Satelliten-Referenzstationen (permanent empfangende GPS-Satelliteneempfänger auf ausgewählten Festpunkten) flächendeckend und einheitlich zur Verfügung. Sie gestatten den Nutzern mit satellitengestützten Anwenderverfahren schnell und effektiv den Raumbezug von konkreten Objekten und Fachinformationen herzustellen.

Die Bereitstellung des Raumbezugssystems durch GPS-Referenzstationen ist ein bundesweit einheitliches, mit sämtlichen Vermessungs- und Katasterverwaltungen der Länder abgestimmtes Projekt (Projekt „**SAPOS**“).

Seit Ende 1995 sind in Sachsen-Anhalt bereits 18 GPS-Referenzstationen in Betrieb, die die Fläche des Landes für verschiedene Genauigkeitsbereiche multifunktional abdecken.

3.2 TopLA und TopLKW

Die Topographische Landesaufnahme hat das Landesgebiet mit seinen topographischen Gegenständen zeitnah zu erfassen und nachzuweisen. Die Ergebnisse der TopLA werden in Topographischen Landeskartenwerken in unterschiedlichen Maßstäben dargestellt. Auch diese sind Inhalt des amtlichen Geobasisinformationssystems, nur in analoger Form bereitgestellt.

Im Laufe der Zeit, insbesondere der letzten Jahre, haben sich Mittel und Methoden der Aufnahme und auch der Führung der Ergebnisse stark verändert. Ebenfalls verändert haben sich die Verfahren auf der Nutzerseite und damit auch die Anforderungen an die Verarbeitbarkeit und Haltung mit moderner Datenverarbeitungstechnik. Die Aufgabe bleibt, die Methoden und Verfahren mußten den neuen Anforderungen gerecht werden. So stellen die Vermessungsverwaltungen diese Inhalte des Geobasisinformationssystems heute einheitlich in digitaler Form im Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) für die vielfältigsten Anwendungen bereit.

Für das Land Sachsen-Anhalt liegt das Digitale Situationsmodell (DSM) des ATKIS seit Herbst 1996 in einer ersten Ausbaustufe flächendeckend vor. Die zweite Ausbaustufe wurde begonnen. Das Digitale Geländemodell (DGM) ist zu großen Teilen ebenfalls bereits fertiggestellt.

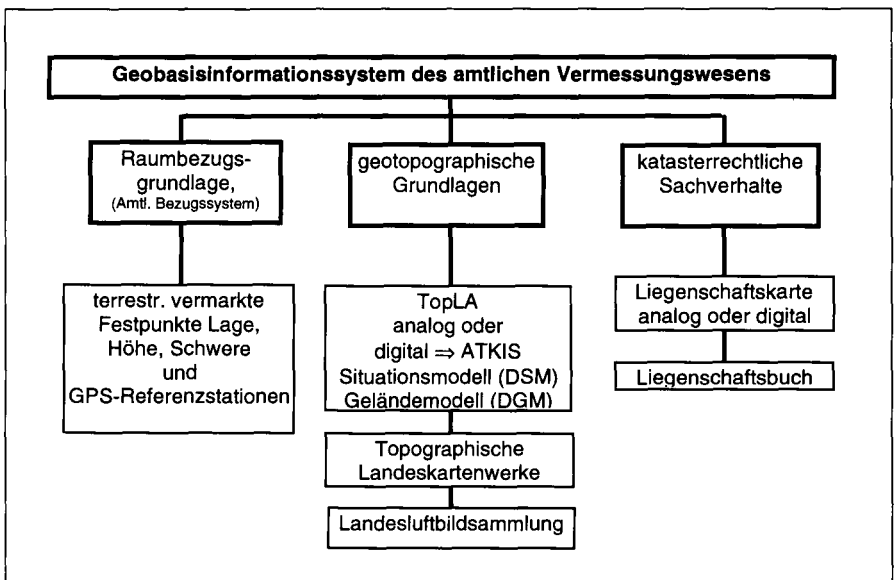


Abb. 1: Inhalte des amtlichen Geobasisinformationssystems der Vermessungs- und Katasterverwaltung

3.3 Liegenschaftskataster

Das Liegenschaftskataster dient der Sicherung des Grundeigentums, dem Grundstücksverkehr, der Ordnung von Grund und Boden. Es weist für das Landesgebiet **alle** Liegenschaften (Flurstücke und Gebäude) nach.

Auch das Liegenschaftskataster ist, insbesondere für öffentliche Zwecke, eine raumbezogene Grundinformation und somit Bestandteil des amtlichen Geobasisinformationssystems. Anzumerken ist auch hier, daß sich Mittel und Methoden sowohl den eigenen Erfordernissen der VuKV einer effektiven Führung als auch den Anforderungen der Benutzer anpassen müssen.

So wird in Sachsen-Anhalt das Liegenschaftsbuch bereits seit mehreren Jahren automatisiert (sprich: digital) geführt; Anfang 1997 wurde begonnen, die Liegenschaftskarte auf eine automatisierte Führung im Verfahren ALK umzustellen.

4. Benutzung des amtlichen Geobasisinformationssystems

Zusammenfassend sei die Feststellung nochmals herausgestellt, daß die Bereitstellung von Auszügen aus dem Geobasisinformationssystem die Erfassung, Bereitstellung und Nutzung von Geofachinformationen überhaupt erst möglich macht. Um über diesen einheitlichen Raumbezug auch die räumliche Verknüpfbarkeit von gleichen oder verschiedenen Geofachdaten zu erzielen bzw. zu erhalten, ergibt sich ein allgemeines Benutzungsgebot.

Das VermKatG LSA (§10) schreibt für das Land Sachsen-Anhalt darüber hinaus vor, ausschließlich und einheitlich das Geobasisinformationssystem der VuKV LSA als Grundlage für raumbezogene Informationssysteme zu verwenden.

Hinzu kommen Gesichtspunkte, die für alle Benutzer ein großes Gewicht haben sollten und auch bereits haben, das **amtliche** Geobasisinformationssystem zu benutzen. Amtlich heißt: vertrauenswürdig und einheitlich nach Inhalt und Qualität, wertfrei und interessenneutral, flächendeckend für den Lebensraum der Gesellschaft. Die Verfügbarkeit, Aktualität und Authentizität der Inhalte eines Geobasisinformationssystems als Grundlageinformationen sind entscheidende Faktoren für die Wirtschaftlichkeit von Geo(fach)informationssystemen.

5. Benutzungsbedingungen

Die Benutzung des Geobasisinformationssystems unterliegt - natürlicherweise - einigen Regeln, die in Gesetzen und präzisierend auch in Verwaltungsvorschriften vorgegeben sind. Die Benutzungsbedingungen und die Bedingungen der Vervielfältigung und Weitergabe für die Auszüge aus den Nachweisen der Grundlagenvermessung und der Topographischen Landesaufnahme sowie der Topographischen Landkartenwerke werden durch die Vermessungs- und Katastergesetze (im Land Sachsen-Anhalt durch das VermKatG LSA im §10), das Urheberrechtsgesetz, eine EU-Richtlinie zum Schutz von Datenbanken (bis zu deren Umsetzung in nationales Recht) sowie durch Benutzungs Erlasse geregelt. Wegen des Schutzes von Persönlichkeitsrechten und Interessen von Grundstückseigentümern wird die Benutzung des Liegenschaftskatasters in den Vermessungs- und Katastergesetzen gesondert geregelt und zusätzlich durch die Regelungen der Datenschutzgesetzgebungen der Länder beeinflusst (für Sachsen-Anhalt VermKatG LSA, §13 und DSGVO LSA).

Dennoch stellen diese Benutzungsregeln in keinem Fall ein Hindernis für eine lautere Benutzung des amtlichen Geobasisinformationssystems dar, weil sie nämlich im Sinne der Daseinsvorsorge und einer breiten Nutzung angelegt wurden. Diese Regeln schützen das Geobasisinformationssystem lediglich vor einer Benutzung mit unlauteren Absichten.

Generelle Einschränkungen durch das Vermessungs- und Katastergesetz gibt es nur insofern, wenn der Benutzungsfall einem öffentlichen Interesse entgegensteht oder eine sachgerechte Verwendung nicht gewährleistet wird. Dabei zielt der

Begriff der „sachgerechten Verwendung“ unbedingt auch auf den beabsichtigten Zweck der Benutzung. Für das Liegenschaftskataster gibt es wegen der bereits genannten Schutzbedürftigkeit von Persönlichkeitsrechten und Eigentümerinteressen noch zusätzlich die Bedingung des „berechtigten Interesses“, das in jedem Einzelfall plausibel nachzuweisen ist.

Weitere Regeln, insbesondere in bezug auf Vervielfältigung und Verbreitung, ergeben sich aus dem Urheberrechtsgesetz (UrhG 65) und der bereits angeführten EU-Richtlinie (EU-RiLi 96/9/EG).

Einer Vervielfältigung und Verbreitung von Auszügen aus dem Geobasisinformationssystem der Vermessungs- und Katasterverwaltung steht jedoch nichts im Wege, wenn vorher eine entsprechende **Erlaubnis** bei der **zuständigen** Vermessungs- und Katasterbehörde beantragt und diese erteilt wurde.

Die Erhebung von Gebühren (auch ggf. Gebührenbefreiungen) regelt das Verwaltungskostengesetz des Landes und deren Höhe für die einzelnen Benutzungsarten die Kostenordnung für das amtliche Vermessungswesen (für Sachsen-Anhalt: VwKostG LSA und KOVerm LSA).

6. Zusammenfassung

Die Bereitstellung eines amtlichen Geobasisinformationssystems für den Bürger, die Wirtschaft, die Verwaltung und die Landesverteidigung ist gesetzlich zugewiesene hoheitliche Aufgabe der Vermessungs- und Katasterbehörden des Landes. Das amtliche Geobasisinformationssystem umfaßt die Nachweise und die Ergebnisse der Landesvermessung und des Liegenschaftskatasters.

Die Benutzung des amtlichen Geobasisinformationssystems wird insbesondere durch das Vermessungs- und Katastergesetz sowie durch das Urheberrechtsgesetz und die EU-Richtlinie EU 96/9/EG geregelt, gleichzeitig werden sie durch die genannten Vorschriften vor einer mißbräuchlichen Benutzung (auch Vervielfältigung und Verbreitung) geschützt.

Die Erhebung von Gebühren und deren Höhe werden durch das Verwaltungskostengesetz bzw. die Kostenordnung für das amtliche Vermessungswesen geregelt.

7. Literatur

- Barwinski, Klaus:** Grußwort zum 3. AdV-Symposium ATKIS, 10/96 in Koblenz, veröff. Tagungsband, Herausg. LVA Rheinland-Pfalz, Koblenz
- Harbeck, Rolf:** Überblick über Konzeption, Aufbau und Datenangebot des Geoinformationssystems ATKIS, Vortrag a.d. 1. AdV-Symposium ATKIS, 06/94 in Bonn-Bad Godesberg, veröff. im Tagungsband, Herausg. LVA NRW, 53170 Bonn
- Kummer, Klaus:** Vortragsskript, Anwenderseminar „Geobasisinformationen für Sachsen-Anhalt“, am 19.06.1997, unveröffentlicht
- VermKatG LSA:** Vermessungs- und Katastergesetz des Landes Sachsen-Anhalt vom 22. Mai 1992, veröff. im GVbl. LSA S. 362
- Vetter, Hans:** Grußwort zum 3. AdV-Symposium ATKIS, 10/96 in Koblenz, veröff. Tagungsband, Herausg. LVA Rheinland-Pfalz, Koblenz



GIS-Management und die Einbindung des UDK

von

LESSING,R.; KÖTHER,B.

1 Einleitung

Das Umweltinformationssystem des Landes Sachsen-Anhalt (UIS) wird seit 1992 aufgebaut, koordiniert durch das Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt (MRLU) des Landes Sachsen-Anhalt. Das UIS setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen, den sogenannten Basiskomponenten, den Fachinformationssystemen und den übergreifenden Informationssystemen (siehe Abbildung 1). Der Aufbau des UIS vollzieht sich stufenweise nach einem festgelegten Zeitplan [1]. Die Basiskomponenten haben die Aufgabe, übergreifende Daten, Informationen und Funktionalitäten zur Verfügung zu stellen, die innerhalb der Fachinformationssysteme und der übergreifenden Informationssysteme benötigt werden. Dazu gehören u.a. der Umweltdatenkatalog (UDK), das Informationsmanagement und das Geoinformationssystem. Im Rahmen der Umsetzung der Fachinformationssysteme werden Datenbestände und Systeme aufgebaut, die den jeweiligen gesetzlichen Vollzug unterstützen sollen, wie zum Beispiel das Fachinformationssystem Naturschutz. Die übergreifenden Informationssysteme (wie z.B. das Öffentlichkeitsinformationssystem oder das Führungsinformationssystem) haben die Aufgabe, die in den Basiskomponenten und den Fachinformationssystemen aufgebauten Daten- und Informationsbestände in aufbereiteter Form Führungskräften sowie für Berichte in analoger oder digitaler Form zur Verfügung zu stellen.

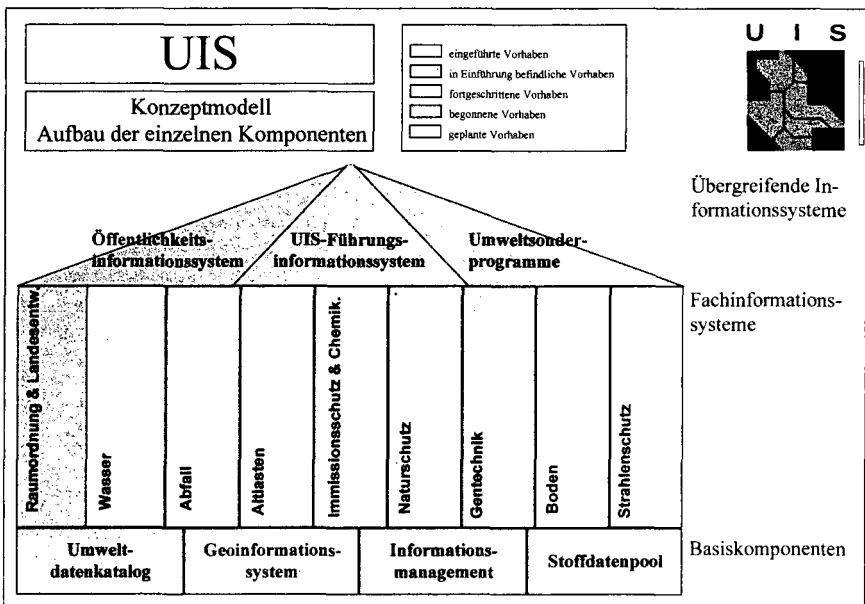


Abb. 1: Grobstruktur des Umweltinformationssystems

Die Umsetzung der einzelnen Bausteine ist unterschiedlich weit fortgeschritten und wird auch künftig mit der Zunahme der technischen Möglichkeiten sowie mit den organisatorischen Änderungen Veränderungen unterworfen sein.

2 Organisation der Datenbestände

Der Datenbestand eines Fachinformationssystems setzt sich aus Geo- und Sachdaten zusammen. Unter Geodaten werden die digitalen Vektor-, Punkt- oder Rasterinformationen in den Datenmodellen verstanden, die den eindeutigen Bezug zum Raum herstellen. Sie stellen bezüglich der technischen Anforderungen an Speicherbedarf und Rechnerleistung die höchsten Ansprüche. Die Sachdaten beinhalten die attributive Ausprägung der Rauminformation und sind in der Regel direkt assoziiert mit der Rauminformation.

Bei den Geodaten werden Geobasisdaten und Fachdaten unterschieden. Zu den Geobasisdaten zählen alle die von der Vermessungs- und Katasterverwaltung zur Verfügung gestellten Datenbestände. Sie werden im überwiegenden Maß als Hintergrundinformation zur Präsentation der Fachdaten genutzt, zum Teil auch schon für die Erhebung von Fachinformationen.

Die Formate, in denen die Geodaten im Geschäftsbereich des MRLU vorgehalten werden, orientieren sich in der Hauptsache daran, daß zu Beginn des Aufbaus des UIS festgelegt wurde, daß Arc/Info und ArcView als GIS-Komponenten eingesetzt werden sollen. Damit wurde ein Quasi-Standard bei der Datenhaltung eingeführt. Sofern andere GIS-Systeme zum Einsatz kommen, muß gewährleistet sein, daß eine verlustfreie Übernahme der Daten erfolgt. Im Geschäftsbereich des MRLU werden Applikationen genutzt, die auf Arc/Info, ArcView und TRIAS aufsetzen.

2.1 Geobasisdaten

Im Geschäftsbereich des MRLU werden die in der folgenden Tabelle aufgeführten Geobasisinformationen genutzt.

Thema	Herkunft / Urheber	Datentyp
Digitale Verwaltungsgrenzen	LVerMD	Vektor
TK25 (Standardausgabe N) in einzelnen Ebenen	LVerMD	Raster
TK50 (Standardausgabe N)	LVerMD	Raster
TK100 (Standardausgabe N)	LVerMD	Raster
TÜK200 (Standardausgabe N)	LVerMD	Raster
TÜK300	LVerMD	Raster
ATKIS DLM 25/1	LVerMD	Vektor
Digitales Höhenmodell	IFAG	Raster, Vektor
Realnutzung 1990 (Landsat TM)	MRLU	Raster, Vektor
Realnutzung 1994 (Landsat TM)	MRLU	Raster, Vektor
CORINE LandCover	MRLU	Vektor

Die Geobasisinformationen sind auch für den Umweltbereich ein unverzichtbarer Datenbestand. Sowohl die Topographischen Kartenwerke als auch die ATKIS-Daten nehmen einen Umfang ein, der ein koordiniertes Verwalten der Daten erforderlich macht. Aus diesem Grund wurde für den Geschäftsbereich des MRLU festgelegt, daß der Datenaustausch über eine zentrale Stelle im Landesamt für Umweltschutz (LAU) erfolgt.

Die Topographischen Kartenwerke liegen z.T. georeferenziert in einzelnen Ebenen vor. Um die Integration der Topographischen Kartenwerke sowohl unter Arc/Info als auch unter ArcView zu erleichtern, werden zur Zeit Visualisierungshilfen entwickelt, die eine Schwarz/Weiß-Darstellung, eine Grau-Darstellung sowie eine farbige Darstellung der einzelnen Ebenen erlauben.

Da die ATKIS-Daten nach der Umsetzung in das Arc/Info-Format einen Umfang von ca. 4 GB ausmachen, der mit einem Visualisierungstool wie ArcView nicht mehr zu bearbeiten ist, wurden im Rahmen der Umsetzung der ATKIS-Daten ein Verfahren sowie zwei Instrumente zur Unterstützung des einzelnen GIS-Anwenders entwickelt. Mit Hilfe eines Requesters kann der Anwender die von ihm benötigten ATKIS-Daten räumlich sowie inhaltlich definieren. Mit Hilfe dieser Definition werden die Daten mit AKIS [2] an der zentralen Stelle im LAU aufbereitet und die zusammengestellten Daten an den Anwender übertragen. Gleichzeitig können dem Anwender auch Visualisierungshilfen zur Verfügung gestellt werden.

Das digitale Höhenmodell besitzt eine Rasterweite von 50m. Eine Übernahme des Datenbestandes des digitalen Höhenmodells der LVerMD ist geplant.

Die Realnutzungen aus den Jahren 1990 und 1994 wurden im Rahmen eines Projektes zur Bilanzierung der Hauptnutzungsarten (10 Klassen) für Sachsen-Anhalt erstellt. CORINE LandCover ist ein europaweites Projekt, das die Flächen-

nutzung mit einem Schlüssel von 44 Klassen ausweist. Basis der Erhebung sind Satellitendaten (Landsat TM) aus den Jahren 1989 bis 1992.

2.2 Fachdaten

Die in den einzelnen Fachinformationssystemen verwalteten Datenbestände sind sehr umfangreich. Im Rahmen des Aufbaus der einzelnen Komponenten ist ein enger Datenaustausch mit den nachgeordneten Behörden (Regierungspräsidien, Staatliche Umweltämter, Landkreise) vorgesehen. In der nachfolgenden Tabelle sind die Hauptthemen aufgeführt. Im einzelnen liegen weitere Differenzierungen vor (z.B. Naturschutz: Schutzgebiete = Landschaftschutz- und Naturschutzgebiete).

Thema	Herkunft / Urheber	Datentyp
<i>Naturschutz</i>		
Schutzgebiete	LAU	Vektor
Naturparke	LAU	Vektor
Naturdenkmäler	LAU	Punkt, Vektor
Biotoptypenkataster (CIR-Luftbilder)	LAU	Vektor
Artenkataster - Fauna Sachsen-Anhalts	LAU	Punkt, Vektor
Eingriffs- und Kompensationskataster	LAU	Vektor
Waldgebiete	LAU	Vektor
<i>Wasser</i>		
Wasserschutzgebiete	LAU	Vektor
Vorrang- und Vorsorgegebiete Wassergewinnung	LAU	Vektor
Gewässernetz, -einzugsgebiete	LAU	Vektor
Gewässergüte	LAU	Punkt, Vektor
Überflutungsgebiete	LAU	Vektor
Grundwasserlandschaften	LAU	Vektor
Grundwasserregionen	LAU	Vektor
Einleitungskataster / Anlagen	LAU	Punkt
<i>Boden</i>		
Geologie	GLA	Vektor
Bodendauerbeobachtung	LAU	Punkt
Bodenkontaminationen	LAU	Punkt, Vektor
Altlastenverdachtsflächen	LAU	Punkt, Vektor
<i>Luft</i>		
Emissions-, Immissions-, Wirkungs-kataster	LAU	Punkt, Vektor
Lufthygienisches Überwachungssystem	LAU	Punkt
Kataster der Emittenten	LAU	Punkt
Luftreinhaltepläne	LAU	Vektor
<i>Energie</i>		
Gas- und Stromversorgungsgebiete	MRLU	Vektor
Energieanlagen	MRLU	Punkt
Leitungen	MRLU	Vektor
Windpotentialflächen	MRLU	Vektor
<i>Raumordnung</i>		
Denkmäler/Altertümer		Punkt
Bergbau		Punkt, Vektor
Versorgung, Freizeit, Erholung	MRLU	Punkt
Bauleitplanung (ausschnittsweise)	Reg.Präs., MRLU	Vektor
Regionale Entwicklungsprogramme	MRLU	Punkt, Vektor
<i>Statistik</i>		
Bevölkerung	Stat. Landesamt	Vektor

Die Fachdatenbestände werden ständig fortgeführt, somit ist eine Aussage bezüglich des Standes oder der Aktualität an dieser Stelle nicht sinnvoll. Zudem können noch weitere Fachdatenbestände hinzukommen, die zum Zeitpunkt der Zu-

sammenstellung noch nicht vorlagen. Im Rahmen des Aufbaus des GIS-Managements ist vorgesehen, daß an einer zentralen Stelle über Intranet / Internet - Technologien die Aktualität zu den einzelnen Fachdatenbeständen eingesehen werden kann.

Ein Teil der Datenbestände werden zuständigkeitshalber nicht innerhalb des Geschäftsbereiches des MRLU gepflegt. Diese besitzen jedoch auch umweltrelevanten Charakter (z.B. Bevölkerungsstatistik) und werden für bestimmte Fragestellungen koordiniert aufbereitet. Einzelne Darstellungen eines Teils der verfügbaren Datenbestände sind im Landesentwicklungsbericht 1996 [3] dokumentiert.

Wie bei den Geobasisdaten ist auch bei den Fachdaten beabsichtigt, mit diesen Visualisierungshilfen mit zur Verfügung zu stellen. Zum Teil werden auch Instrumente auf Basis von Arc/Info oder ArcView entwickelt, die die Visualisierung und Abfragen der Fachinformation unterstützen können. Diese werden in der Regel zusammen mit den Fachinformationen angeboten.

3 Metainformationen / Bezug der Informationen

Ein wesentlicher Baustein des UIS ist der Umweltdatenkatalog (UDK). Die Aufgabe dieses Moduls ist es, die vorhandenen Datenbestände zu katalogisieren und Interessenten für eine Recherche zur Verfügung zu stellen. Dieser ist zur Zeit im Intranet (Landesdatennetz) als WWW-Version verfügbar und soll künftig auch im Internet angeboten werden.

Die Abbildung 2 verdeutlicht, daß über die Recherche-Funktionen des UDK im Intranet direkt auf die Erläuterungen der einzelnen Fachbereiche verwiesen werden kann. Dieses können Textdokumente, Veröffentlichungen oder - wie in diesem Fall - der Verweis auf eine vorgefertigte Grafik sein. Im Rahmen des GIS-Managements ist beabsichtigt, den Zugriff auf die Geodaten direkt über Recherchefunktionen vornehmen zu können. Der Interessent kann sich die Daten dann über vorgefertigte und bereitgestellte Funktionen in seine Anwendung laden.

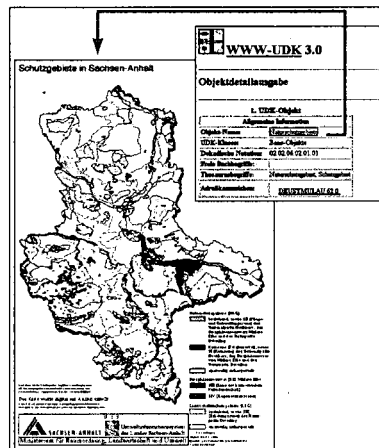


Abb. 2: UDK-Recherche im Intranet

Die Erhebung und Pflege der einzelnen Informationen ist sehr umfangreich und aufwendig. Aus diesem Grund unterstützt die Koordinierungsstelle des Umweltinformationssystems insbesondere Bestrebungen, die darauf abzielen, schon vorhandene Datenbestände zu nutzen (Nachnutzung). Um dieses Verfahren zu optimieren, wird zur Zeit ein sogenannter Info-Pool für den Geschäftsbereich des MRLU konzipiert und realisiert. Ziel ist es, daß die einzelnen Fachinformationssysteme ihre Datenbestände in definierter und dokumentierter-Form in diesen InfoPool zur Verfügung stellen. Eine Stelle, die spezielle Informationen ‚nachnutzen‘ möchte, kann sich der Daten und eventuell bereitstehender Visualisierungstechniken des InfoPools bedienen. Die Koordinierungsstelle unterstützt dieses Bestreben mit unterschiedlichen Instrumenten.

ihre Datenbestände in definierter und dokumentierter-Form in diesen InfoPool zur Verfügung stellen. Eine Stelle, die spezielle Informationen ‚nachnutzen‘ möchte, kann sich der Daten und eventuell bereitstehender Visualisierungstechniken des InfoPools bedienen. Die Koordinierungsstelle unterstützt dieses Bestreben mit unterschiedlichen Instrumenten.

Literatur

- [1] Dornier, 1992: Grobkonzept Ressortübergreifendes Umweltinformationssystem, Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz des Landes Sachsen-Anhalt
- [2] Gesellschaft für Informationstechnologie mbH, 1997: AKIS --- ATKIS Konformes Integrations-System, Auftrag des Ministeriums für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt
- [3] Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt, 1996: Landesentwicklungsbericht 1996

Die interministerielle Arbeitsgruppe Bodeninformationssysteme (IMAG BIS) im Land Sachsen-Anhalt - Zusammenarbeit von Institutionen der Bodenkunde, Bodennutzung und des Bodenschutzes

von

FELDHAUS,D.; GUTTECK,U.; SCHRÖDER,M.

Die interministerielle Arbeitsgruppe Bodeninformationssysteme (IMAG BIS) im Land Sachsen-Anhalt wurde begründet, um die Erarbeitung aussagefähiger Datengrundlagen für die nachhaltige Bodennutzung und den effektive Bodenschutz zu koordinieren. In der IMAG BIS sind Vertreter aller Ministerien und Behörden vertreten, die sich mit der Bodennutzung und dem Bodenschutz befassen bzw. deren Daten oder Methoden für den Aufbau der Bodeninformationssysteme des Landes erforderlich sind. Weiterhin werden Forschungsinstitutionen einbezogen, die Bodendaten innerhalb bestimmter Programme erarbeiten.

Vorbemerkung

Die nachhaltige Bodennutzung und der effektive Bodenschutz erfordern aussagefähige Datengrundlagen. Während die Einführung der bundeseinheitlichen Planungs- und Kontrollalgorithmen sowie der Aufbau entsprechender Verwaltungen in den neuen Ländern zügig durchgeführt werden konnten, ist die Erstellung der für die Entscheidungsfindung unabdingbaren Datengrundlagen ein aufwendiger Prozeß, für dessen effektive Bearbeitung das abgestimmte Wirken von Institutionen mit unterschiedlicher Sachkompetenz erforderlich ist.

Mit der interministeriellen Arbeitsgruppe "Bodeninformationssysteme" (IMAG BIS) wurde im Jahre 1992 ein solches Abstimmungsgremium der nachfolgend aufgeführten Behörden und Forschungseinrichtungen: unter Federführung des Umweltministeriums gebildet. Organisatorische Mitglieder der IMAG sind Vertreter folgender Einrichtungen :

- Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt,
- Ministerium des Innern des Landes Sachsen-Anhalt,
- Oberfinanzdirektion Magdeburg,
- Geologisches Landesamt,
- Landesamt für Umweltschutz,
- Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt des Landes Sachsen-Anhalt,
- Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt,
- Deutscher Wetterdienst,

Im weitesten Sinne gehören diesem Kreis die Martin-Luther-Universität und das UFZ Leipzig - Halle an.

* Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

** Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Reideburger Str. 47, 06 Halle (Saale)

*** Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Sachsen-Anhalt, Schiepziger Str. 29, 06120 Halle (Saale)

Das Gremium trifft sich halbjährlich zu Beratungen. Inhalte der Beratungen sind :

- Abrechnung von Vorhaben, die durch Behörden oder beauftragte Dritte realisiert wurden,
- Information über geplante Vorhaben und Abstimmung zu deren Inhalten sowie
- Information über Bearbeitungsstände laufender Vorhaben und Abstimmung zu deren Weiterführung.

Des Weiteren werden durch die IMAG BIS Informationsmaterialien herausgegeben.

Informationsgrundlagen

Informationsgrundlagen sind Bodendaten aus den FIS der beteiligten Ämter. Als Wesentliche können die folgenden genannt werden:

FIS Boden (GLA)

- Flächendaten (Bodenkarten BK400, 200, 50, MMK, ...)
- Punktdaten (Boden-Dauerbeobachtungs-, Profil-, Labordatenbank)

FIS Bodennutzung (LUFÄ)

- Analysendatenbank
- Klärschlammkataster

FIS Bodenschutz (LAU)

- Kataster großräumiger Bodenkontaminationen
- Analysendatenbank aus öffentlich geförderten Projekten

Weitere wichtige Bodendatenbestände sind :

- die Forstliche Standortserkundung (Forstlichen Landesanstalt Sachsen-Anhalt)
- Daten aus Untersuchungsprogrammen zur Bodenzustandskennzeichnung, (Forstlichen Landesanstalt Sachsen-Anhalt)
- die Daten der Bodenschätzung (OFD).

Für den Datenaustausch zwischen den Institutionen wurde bisher bewußt eine praktikable Lösung auf relativ niedrigem Niveau gewählt, da für den Aufbau eines komplexen Systems kein aktuelles Erfordernis besteht. Weiterhin existieren durch fachspezifische bundesweite Abstimmungen in den verschiedenen Ressorts Randbedingungen für den Aufbau von Datenbeständen, Fachinformationssystemen und Metadatenbanken, die einer zentralen Datenhaltung entgegen stehen.

Es wurde abgestimmt, daß die beteiligten Behörden einerseits ihre Datenbestände dezentral pflegen, andererseits aber auch ständig aktualisierte Metainformationen erstellen, die zentral gehalten werden. Für Auswertungen werden die erforderlichen Datenbestände in der jeweils aktuellsten Form zusammengeführt. In verschiedenen Aktivitäten entwickelte Auswertungsmethoden werden nach einheitlichen Regeln dokumentiert und in der Metadatenbank verfügbar gemacht, um sie für räumlich oder zeitlich versetzte Bearbeitungen nutzbar zu haben.

Arbeits- und Abstimmungsaktivitäten

Ein wichtiges Vorhaben, mit dem die Arbeiten der IMAG BIS begannen und das bis heute einen wesentlichen Schwerpunkt bildet, ist das **Boden-Dauerbeobachtungsprogramm** des Landes Sachsen-Anhalt. Dieses

Programm erfordert in hohem Maße die Verknüpfung der Kompetenzen verschiedener Behörden und Forschungseinrichtungen und veranschaulicht die erreichbaren Synergieeffekte bei einer entsprechenden organisatorischen Lösung (STRING & WELLER 1995).

Boden-Dauerbeobachtung erfordert zuerst eine Auswahl von Untersuchungspunkten mit Repräsentanz für Boden, Nutzung, Klima und Belastung, damit typische Bodenzustände in ihren Eigenschaften und Parametern gekennzeichnet und zeitliche Veränderungen dieser Eigenschaften aufgrund anthropogener Einwirkungen im weitesten Sinne (diffuse Einträge, Abbau von Belastungen, Klimaänderung, ...) nachgewiesen werden können.

Das Datenmodell solcher Untersuchungen ist von beträchtlicher Komplexität und erfordert eine Abstimmung und Arbeitsteilung von Spezialisten auf hohem Niveau (STRING & WELLER, 1995).

Mit dem **Kataster großräumiger Bodenkontaminationen** sollen Grundlagen für Planungen bereitgestellt werden. Die Anforderungen ergeben sich aus dem Informationsbedarf für Landschaftsrahmenpläne, UVP's und UVU's und ähnliche Planungsunterlagen.

Durch die Zusammenstellung und Auswertung vorhandener Informationen zum Boden (Bodenkarten und Analysendaten) und zu Bodenbelastungen aus Industrie, Verkehr und Landwirtschaft wird eine beprobungslose Risikokennzeichnung durchgeführt und nach Bewertung der Daten der aktuelle Untersuchungsbedarf formuliert.

Die Erarbeitung und Überprüfung der Methodik erfolgte in mehreren Stufen (AUTORENKOLLEKTIV 1996). Es wurden bisher Regionen mit besonderen Umweltbelastungen wie die Landkreise Mansfelder Land, Merseburg und Bitterfeld bearbeitet. Weiterhin wurden die Trassen von Großprojekten des Verkehrswegebbaus wie Autobahntrassen und Kanal-Ausbaustrecken bearbeitet. In einem angepaßten Maßstab liegt eine Landesübersicht vor.

Bei den o. g. Aktivitäten bildet u. a. die Auswertung vorhandener Unterlagen eine wesentliche Grundlage für die Formulierung von Ergebnissen. Dabei trat häufig das Problem der unzureichenden Kompatibilität und Vollständigkeit von verfügbaren Daten auf, wodurch Sekundärauswertungen verhindert oder in ihrer Aussagefähigkeit beschränkt werden. Im Ergebnis dieser Feststellung, wurde die **Abstimmung eines einheitlichen Mindestbodendatensatz** in Angriff genommen.

Ziel ist, daß bei allen öffentlich veranlaßten oder geförderten Datenerhebungen zum Boden ein Mindestdatensatz aufgenommen wird, der eine effektive und sichere Sekundärauswertung möglich macht.

Zu den verbindlich zu dokumentierenden Angaben gehören :

- Titeldaten wie Titel des Vorhabens, Auftraggeber, Auftragnehmer, ...
- Beschreibung des Untersuchungsraumes und der Untersuchungspunkte mit Lagekoordinaten
- Dokumentation der Bodenbedingungen in den Untersuchungspunkten, d. h. Bodenansprache nach KA4
- Planung und Dokumentation der Probenahme sowie des Probenverkehrs und der Probenlagerung
- Dokumentation der im Rahmen der Analytik verwendeten Methoden

Schlußfolgerungen und Ausblick

Die Datensammlung, -aufbereitung, -aggregation und -bereitstellung für verschiedenen Anforderungen ist mit großem personellen, intellektuellen und technischen Aufwand verbunden. Aufgrund der Komplexität der zu bearbeitenden Inhalte und der rechtlichen Grundlagen ihrer Erhebung und Verwendung existiert keine Alternative zu einer dezentralen Bearbeitung von Teilkomplexen der erforderlichen Informationen. Mit der Bearbeitung der o. g. Vorhaben durch die IMAG BIS wurden bedeutende Fortschritte bei der abgestimmten Haltung, Erweiterung und Nutzung von Datenbeständen zum Boden erreicht.

Zusammengefaßt können als Effekte genannt werden:

- eine Verbesserung der Zusammenarbeit mit den Schwerpunkten
 - Verbesserung der gegenseitigen Information zu vorhandenen und erforderlichen Daten
 - Abgleich von Informationsgrundlagen
 - Aufbau gemeinsamer Informationsgrundlagen
 - Abstimmungszwang bei der Entwicklung von Datenbeständen, Auswertungsmethoden und Entscheidungsalgorithmen
- gemeinsame Planung, Betreuung und Überführung von Vorhaben mit den Schwerpunkten
 - Prioritätenfestlegung und Koordinierung von finanziellen Ressourcen
 - abgestimmte Anfertigung oder Beschaffung von Unterlagen
 - abgestimmte Ergebnisbewertung und Überführung
- Erreichung eines höheren fachliches Niveaus und eines besseren Umsetzungsgrades der Ergebnisse durch
 - Bündelung von Sachverstand
 - präzisere Aufgabenstellungen für relevante Vorhaben
 - vielfältigere Verwendung der erarbeiteten Ergebnisse

Neben der bereits angedeuteten Vielzahl von kontinuierlich zu bearbeitenden Aspekten der Datenbeschaffung und Aufbereitung ergeben sich neue Schwerpunkte aus Anforderungen, die sich aus der Umsetzung von Vorschriften und Gesetzen ergeben. Dazu gehören in erster Linie

- die hinreichende Sicherheit in der räumlichen Auflösung bodenbezogener Daten, d. h. die Bereitstellung parzellenscharfer Bodeninformationen und ihre planungs- bzw. entscheidungsrelevante Bewertungen, sowie
- die Laufendhaltung, Zusammenführung, fachliche Kontrolle und Bereitstellung, von Datenbeständen aus behördlichen Untersuchungsergebnissen in behördeninternen und/oder öffentlichen Informationssystemen

Literatur

- AUTORENKOLLEKTIV (1996): Methodendokumentation zum Kataster großräumiger Bodenkontaminationen im Land Sachsen-Anhalt.- unveröff. Bericht, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle
- STRING, P. & M. WELLER (1995): Die Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Sachsen-Anhalt.- Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt, Halle, 1, S.115-127

Geowissenschaftlicher Datenbedarf der mittleren Verwaltungsebene als Grundlage zur Planung und Vorhabensdurchführung

von

KUSSMANN, St.; KLOSS, P.; PFÜTZNER, B.

Die *Staatlichen Ämter für Umweltschutz* (STAU) sind in Sachsen-Anhalt im Bereich des Gewässerschutzes technische Fachbehörden für die Oberen und Unteren Wasserbehörden. Gleichzeitig sind sie in Ihrer Funktion als *Gewässerkundlicher Landesdienst* entsprechend § 54 des Wassergesetzes für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA) zur "...Ermittlung, Aufbereitung und Sammlung hydrologischer Daten, die für die wasserwirtschaftlichen oder sich auf den Wasserhaushalt auswirkenden Planungen, Entscheidungen und sonstigen Maßnahmen erforderlich sind,..." verpflichtet (1). Diese Daten sind neben den genannten Vollzugsbehörden einem breiten Nutzerkreis (Körperschaften öff. Rechts, Ingenieurbüros, andere Landesbehörden,...etc.) zur Verfügung zu stellen. Andererseits sind insbesondere für Fragen der Grundlagenerarbeitung wasserwirtschaftlicher Pläne in der Zuständigkeit der Staatlichen Ämter (Abwasserbeseitigungsplanung - § 153 WG LSA, Bewirtschaftungspläne - § 186 WG LSA) ergänzende geowissenschaftliche Daten anderer Fachdisziplinen erforderlich. Im folgenden soll an *zwei Beispielen* auf den *Datenbedarf* aus dem Bereich *bodenkundlicher Informationen* eingegangen und aktuelle Erfahrungen geschildert werden.

1. Handlungsempfehlung zur Bestimmung von Abbauraten und Versickerungsleistungen vorbehandelten Abwassers in der ungesättigten Bodenzone für die Verhältnisse des Mitteldeutschen Trockengebietes (Regierungsbezirk Halle) im Rahmen der Abwasserbeseitigungsplanung gemäß § 153 WG LSA

Die Abwasserbeseitigung ist in Sachsen-Anhalt, wie auch in anderen Bundesländern, eine Pflichtaufgabe der Gemeinden bzw. der - von mehreren Gemeinden gebildeten - Abwasserzweckverbände (= Abwasserbeseitigungspflichtige). In den *Abwasserleitlinien des Landes* sind die Grundsätze der Abwasserentsorgung formuliert. Technische und insbesondere finanzielle Probleme bei der flächendeckenden Umsetzung dieser Leitlinien bilden den Hintergrund für

* Staatliches Amt für Umweltschutz Halle (Saale), Abteilung Gewässerschutz, PF 113, 06118 Halle (Saale)
** Regierungspräsidium Halle, Obere Wasserbehörde, PF 20 00 56, 06108 Halle (Saale)
*** Büro für Angewandte Hydrologie (BAH), Wollankstr. 17, 13187 Berlin

Ausnahmeregelungen und Übergangsbestimmungen - insbesondere für Randgebiete und Einzelgrundstücke, die bei einem zentralen Anschluß überdurchschnittlich kostenintensive Erschließungen erfordern würden. Entsprechend einer Studie des Umweltbundesamtes ist sogar damit zu rechnen, daß bezogen auf das Bundesgebiet auf lange Sicht mit einem Gesamtanschlußgrad von nur etwa 92 % zu rechnen ist. Die restlichen 8 % (ca. 5 Mio. EW) müssen Ihre Abwässer auf Dauer über Kleinkläranlagen ableiten (2). Dies erscheint insbesondere deshalb von Bedeutung, da bundesweit - wie auch im Land Sachsen-Anhalt - ca. 60-70 % des Trinkwassers aus dem Grundwasser gewonnen werden. Der Gesetzgeber sieht für derartige Fälle der dezentralen Abwasserbeseitigung sogenannte "Freistellungen von der Abwasserbeseitigungspflicht" vor, die in Sachsen-Anhalt bei Kleinkläranlagen max. bis zu 15 Jahren befristet werden (3). Diese Befreiung kann von den Abwasserbeseitigungspflichtigen beim Landkreis beantragt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Nichtbeeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit,
- unverhältnismäßig hoher Aufwand des Anschlusses an eine zentrale Kläranlage,
- technische Schwierigkeiten beim Anschluß (untergeordnet).

Der erstgenannte Punkt beinhaltet, daß eine Beschaffenheitsbeeinträchtigung des Grundwassers entsprechend § 138 WG LSA nicht zu besorgen ist. Bei dieser Einschätzung durch die jeweilige Untere Wasserbehörde, ist das Staatliche Amt für Umweltschutz als technischen Fachbehörde generell einbezogen. Auf Grund der Tatsache, daß im Rahmen der flächendeckenden Überarbeitung der Abwasserbeseitigungskonzepte im Regierungsbezirk Halle in den Jahren 1995/96 eine kaum zu bewältigende Vielzahl von Einzelfällen kurzfristig bearbeitet werden mußte, wurde durch Mitarbeiter des STAU die Idee der Erarbeitung eines Algorithmus in Form einer Handlungsempfehlung, einschließlich flächendeckendem Kartenwerk geboren. Die Problematik bestand neben dem zeitlichen Aspekt inhaltlich darin, daß sowohl zur hydraulischen als auch zur Gewässergütekomponente bundesweit für die örtlich interessierenden Bodenformen keine konkreten Untersuchungen/ Erfahrungen vorlagen. Dementsprechend wurde im Rahmen eines Teilnahmewettbewerbes mehrere Forschungseinrichtungen und Ingenieurfirmen angeschrieben. Die zur Bearbeitung ausgewählte Firma konnte auf Grund der Unterstützung durch das Geologische Landesamt auf das *digital vorliegende Kartenwerk der mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK)* zurückgreifen, was eine wesentliche Beschleunigung der Erstellung des Kartenwerkes im Maßstab 1 : 25.000 zum Gutachten mit sich brachte. Auf diese Art und Weise gelang es, die Handlungsempfehlung einschl. Feldversuchen, Modellierung und Kartenwerk innerhalb eines halben Jahres fertigzustellen. Sie stellt nunmehr für die Behörde eine geeignete

Grundlage mit hinreichenden Bewertungskriterien dar, um aus fachlicher Sicht erste Aussagen hinsichtlich der Möglichkeiten der befristeten Befreiung einzelner Ortsteile bzw. Gemeinden von der Abwasserbeseitigungspflicht zu treffen (4). Damit kann im Vorfeld einer Freistellung unter Vermeidung eines aufwendigen Einzelgutachtens durch die zuständige Behörde eine relativ kurzfristige Entscheidung getroffen werden, im Interesse des beantragenden Bürgers.

2. Erarbeitung flächendifferenzierter hydrologischer Grundlagen für das Flußeinzugsgebiet der Salza im Rahmen der Grundlagenerarbeitung eines Bewirtschaftungsplanes gemäß § 186 WG LSA

Niederschlags-/Abfluß-Modelle stellen in der modernen Hydrologie eine - insbesondere für flächendeckend-detaillierte Aussagen - wichtige Ergänzung hydrologischer Messungen dar. Auf Grund einer komplexer gewordenen Datenbasis sowie steigender Anforderungen an die Hydrologie, ist der Einsatz von N/A-Modellen für zahlreiche umweltbezogene Fragestellungen seit einigen Jahren zunehmend zur Praxis geworden. Folgende *Anforderungen stehen an die Bereitstellung von Bodendaten für Niederschlags-/Abflußmodelle (Wasserbilanzmodelle)*:

- Die Modellentwicklung und -anwendung wurde durch den Einsatz von GIS wesentlich erleichtert, dennoch ist das Aufwand-Nutzen-Verhältnis entscheidend für die Nutzung dieses Werkzeuges.
- Die Effizienz der Ergebnisse steigt bei der Erweiterung des Anwendungsspektrums des Modells, d.h. die Auswahl/Erstellung der Datenbasis für das Modell sollte so erfolgen, daß ein Minimum an Kosten/Aufwand und ein Maximum von Fragestellungen durch das Modell beantwortet werden können.
- Im Rahmen der raumbezogenen Basisinformationen für das projektspezifisch zu erstellende GIS bildet die Bodenformenkarte eine wichtige Größe.

Folgende Kriterien sollten bei der Datenerfassung berücksichtigt werden:

1. Möglichkeiten der Zuweisung von hydrologisch relevanten Parametern zu den Daten
2. räumliche Auflösung, Maßstab der Daten
3. digitale Verfügbarkeit der Daten
4. Datenformat (Vektor- oder Rasterdaten)
5. Möglichkeiten der Klassifizierung/Typisierung der Daten
6. Aktualität (zeitlicher Aspekt) der Daten (untergeordnet)
7. Kosten für 1. - 6.

- Je nach Fragestellung bilden Bodendaten ein mehr oder weniger zu untersetzendes Element im Rahmen des hydrologischen Modells, ihre Gewichtung gegenüber den übrigen raumbezogenen Basisinformationen (Morphologie, Landnutzung, Gewässernetz,...) ist jedoch nahezu ausnahmslos hoch (Beispiele: Erosionsmodelle, Stadthydrologie).

Dies gilt nach zahlreichen Erfahrungen insbesondere im Bereich der naturräumlichen Verhältnisse des östlichen Harzvorlandes (Regierungsbezirk Halle). Hier erwies sich die Komponente Boden innerhalb verschiedener N/A-Modelle als jeweils entscheidender Faktor bei der modelltechnischen Beschreibung des Gebietswasserhaushaltes.

Im Rahmen einer intensiven Zusammenarbeit zwischen dem STAU, dem Geologischen Landesamt und dem jeweiligen Modellbearbeiter konnte an verschiedenen Beispielen die modelladäquate Bereitstellung und Verwendung von Bodendaten erfolgreich praktiziert werden. Auf Grund des räumlichen Zuständigkeitsbereiches des STAU Halle(S.) besteht *insbesondere Bedarf an mittelmaßstäbigen Bodenformenkarten (M 1 : 25.000, M 1 : 50.000) für ausgewählte hydrologische Teileinzugsgebiete (i. d. R. ca. 150 - 500 m² Flächengröße)*. Leider konnten diese in der Vergangenheit durch das GLA noch nicht in digitaler Form bereitgestellt werden, so daß eine nachträgliche Digitalisierung erforderlich war - ein Zustand der künftig verbessert werden wird, um die Effektivität der Modellanwendung zu steigern. Am Beispiel der hydrologischen Grundlagenbearbeitung für den nach § 186 WG LSA aufzustellenden Bewirtschaftungsplan Salza kann aufgezeigt werden, in welcher Form digitale geowissenschaftliche Daten innerhalb dieser Bearbeitung Verwendung finden (5).

Literatur

- (1) Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA) in: GVBl. Nr. 38 v. 07.09.93, S. 477 ff.
- (2) Vogel, M. und E. Tillmann (1990): Untersuchungen zur Boden- und Grundwasserkontamination durch Abwasserversickerung nach Kleinkläranlagen; TU München in: Texte des Umweltbundesamtes 35/90
- (3) Vollzug des § 151 Abs. 4 und 5 WG LSA - Freistellung von der Abwasserbeseitigungspflicht - RdErl. des MRLU S.-A. v. 14.11.96 in: MBl. LSA Nr. 9/1997, S. 538 ff.
- (4) Gesellschaft für Ingenieur-, Umwelt- und Hydrogeologie mBH (1995): Methodik zur Bestimmung von Abbauraten und Versickerungsleistungen vorbehandelten Abwassers in der ungesättigten Bodenzone für die Verhältnisse des Mitteldeutschen Trockengebietes; Bericht im Auftrag des STAU Halle (unveröffentlicht)
- (5) Pfützner, B. und W. Pagenkopf (1996): Hydrologische Grundlagenuntersuchungen im Einzugsgebiet der Salza; Teilprojekt im Rahmen der Grundlagenerarbeitung zum Bewirtschaftungsplan Salza; Bericht im Auftrag des STAU Halle (unveröffentlicht)

Datenbedarf aus Sicht von Ingenieurbüros

von

KNAB,G.; STEPHAN,J.

Seit Gründung der IHU - Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH im April 1990 setzt unser Büro bei der Realisierung der unterschiedlichsten Aufgabenstellungen auf innovative Konzepte. Von Beginn an wurde auf eine möglichst durchgängige rechnergestützte Bearbeitung der zu bearbeitenden Projekte orientiert.

Gerade in den ersten Jahren unserer Tätigkeit waren hierbei etliche Probleme zu bewältigen, welche unter anderen in der noch nicht ausgebauten Organisationsstruktur der verschiedensten Behörden und auch in den, noch nicht Vorhandensein von digitalen Daten (insbesondere Vektor- und Rasterdaten) zu sehen war. So mußten wir bis in die Jahre 1994/95 die ersten Vektordaten durch abdigitalisieren der wichtigsten topographischen Karteninhalte selbst erzeugen. Diese so erstellte digitale Kartengrundlage war z. B. eine wichtige Voraussetzung für die durch unsere Firma flächendeckend für das Land Sachsen - Anhalt durchgeführte Standortsuche für eine obertägige Sonderabfalldeponie. Die hier erstellten thematischen Karten zur Infrastruktur, Wasserwirtschaft, Natur- und Landschaftsschutz und nicht zuletzt zur Geologie und Hydrogeologie wurden so aufbereitet, daß sie vom Landesamt für Umweltschutz Sachsen - Anhalt in das hier sich zum damaligen Zeitpunkt noch im Aufbau befindliche unter ArcInfo laufende UIS eingebunden werden konnte.

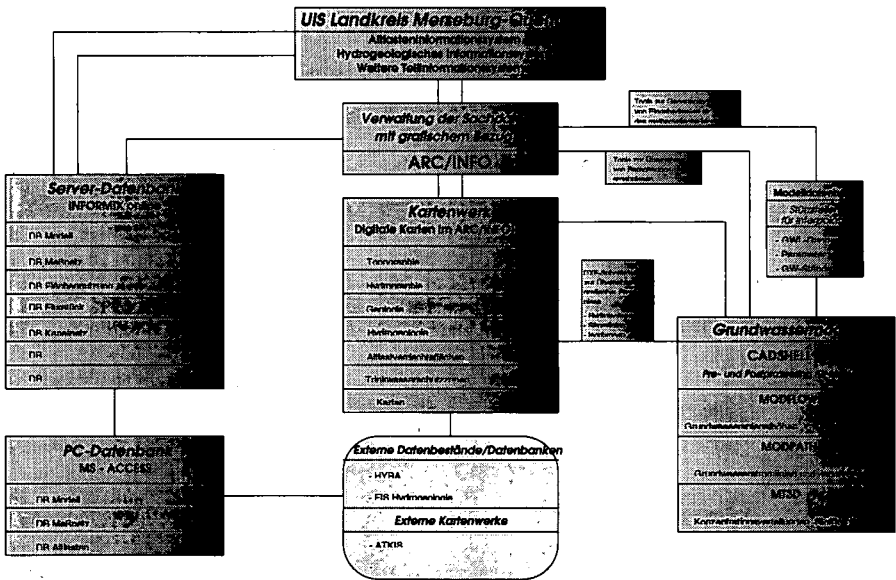
Ein weiteres Beispiel für den Bedarf an digitalen Daten wird am Beispiel des Umweltinformationssystems für den Landkreis Merseburg-Querfurt deutlich. Hier wurde im Rahmen bzw. als Bestandteil des Umweltinformationssystems ein mathematisches Modell der Grundwasserströmung und des Stofftransports im Grundwasser aufgebaut. Die Bereitstellung der für den Modellaufbau relevanten Daten sowie deren weitere Nutzung im Modell erfolgte in Form einer Datenbank, die so konzipiert wurde, daß die enthaltenen Daten gleichzeitig für modellunabhängige Analysen innerhalb des Umweltinformationssystems genutzt werden können. Das Datenbankdesign wurde von der IHU-GmbH realisiert und trägt entsprechend der Zielstellung insbesondere den Anforderungen des mathematischen Modells Rechnung. In der Datenbank sind aufschlußbezogene Daten zu folgenden Sachgebieten enthalten:

* IHU-GmbH, Am Sportplatz 1, 99735 Nordhausen

** IHU GmbH, Niederlassung Halle, Buchsbaumweg 26, 06118 Halle (Saale)

- Gesteinsbeschreibung
- Stratigraphie
- Geohydraulische Parameter
- Technische Daten der Bohrung (Hinterfüllung, Verrohrung, Durchmesser)
- Grundwasserstände
- Hydrochemie

Das Prinzipschema in Abbildung 1 verdeutlicht den Datenfluß zwischen einzelnen Komponenten des Umweltinformationssystems, insbesondere zwischen der Modelldatenbank und dem Grundwassermodell.



Ab. 1 : Datenflüsse innerhalb des Umweltinformationssystems, - Kopplung mit dem Grundwassermodell des Landkreises

In der Phase der Projektplanung wurde die Möglichkeit erwogen, externe Datenbestände in maschinenlesbarer Form in die Datenbanken des UIS zu übernehmen und damit zumindest einen Teil der außerordentlich aufwendigen Datenerfassungsarbeiten zu begrenzen. Eine derartige Verfahrensweise erwies sich aber nur für die beim Staatlichen Amt für Umweltschutz Halle/Saale geführte Datenbank zum staatlichen Grundwassermeßnetz

als praktikabel. Die Übernahme anderer potentieller Datenquellen scheiterte an administrativen, insbesondere urheberrechtlichen Problemen. So blieb in der Konsequenz nur die aufwendige Neuerfassung der Daten. Die gemachten Erfahrungen legen den Schluß nahe, daß bei der Planung bzw. Konzipierung von GIS-Projekten mit geowissenschaftlichem Hintergrund keine verlässliche Aussage zur Verfügbarkeit von maschinenlesbaren Datenbeständen möglich ist, d. h., es muß mit den umfangreichen Aufwendungen für eine Primärdatenerfassung gerechnet werden. Zur Lösung des Problems wäre ein verbindliches Prozedere??? für die Datenübernahme wünschenswert, das dem Projektbearbeiter deutlich und verlässlich aufzeigt, auf welche Datenbestände er verbindlich zu welchen Konditionen zurückgreifen kann.

Ein Beispiel, wie durch die Bereitstellung von digitalen Daten durch die Behörden (GLA SA und STAU Halle/S.) eine Aufgabenstellung sehr effizient abgearbeitet werden kann, zeigt die durch unsere Firma im Auftrag des RP Halle erarbeitete Handlungsempfehlung zur Bestimmung von Abbauraten und Versickerungsleistungen von vorbehandeltem Abwasser in der ungesättigten Bodenzone für die Verhältnisse des Mitteldeutschen Trockengebietes. Für die Bearbeitung dieses Themas war es zwingend erforderlich, auf die „*Mittelmaßstäbliche landwirtschaftliche Nutzflächenkartierung (MMK)*“ sowie auf die ausgewiesenen Trinkwasserschutzzonen zurückzugreifen. Bedingt durch den sehr knapp vorgegebenen Zeitrahmen, konnte diese Arbeit nur durch die konsequente Nutzung von digitalen Daten erfüllt werden. Hierzu wurden durch das GLA SA die Daten der MMK sehr kurzfristig in digitaler Form zur Verfügung gestellt, so das für das o. g. Vorhaben die bodenkundlichen Informationen (vom Substrat über die Hangneigung bis hin zum Bodenwasserhaushalt) rechnergestützt recherchiert und als thematische Karte vektororientiert abgespeichert werden. Dies trifft auch auf die Trinkwasserschutzzonen zu, welche uns ebenfalls als Vektordaten vom STAU-Halle/S. zur Verfügung gestellt wurden. Dadurch war es uns möglich, sowohl Übersichtskarten (Kreiskarten) als auch die für die Antragsbearbeitung erforderlichen thematische Karten im Maßstab 1 : 25.000 (Normalblattschnitt) zu erstellen.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, daß durch die Bereitstellung von digitalen Daten den Ingenieurbüros ein effizientes Werkzeug zur Verfügung gestellt wird, welches sich sowohl in den Kosten als auch in der Aussagefähigkeit und der Nachnutzung in den UIS auszeichnet.

Hierbei sollten schnellstens Möglichkeiten gesucht und geschaffen werden, die die Anwendung von digitalen Daten nicht nur auf die Nutzung der in digitaler Form vorliegenden MMK beschränken. Es sollten Möglichkeiten zur Nachnutzung der im GLA SA vorhandenen geologischen, ingenieurgeologischen und hydrogeologischen Daten durch Ingenieurbüros und Institutionen geschaffen werden.

Bereitstellungsmöglichkeiten geowissenschaftlicher Daten für in- und externe Nutzer - das Ebenenkonzept des Geologischen Landesamtes Sachsen-Anhalt

von

THOMAE, M.; NEIDT, R.

Zusammenfassung

Ein thematisches geologisches Kartenwerk mit hohem Aktualitätsbezug und einer bedarfsgerechten Fortschreibungsmöglichkeit erfordert den umfassenden Einsatz von moderner grafikfähiger Hard- und Software (Geoinformationssysteme). Diesen Erfordernissen wird als Ergänzung zur klassischen gedruckten geologischen Karte ein digitales Kartenkonzept in Form von Hauptebenen und Ebenen gerecht. Topographische Grundlage bilden die ATKIS-Daten des Landesvermessungsamtes Sachsen-Anhalt. Mit Hilfe des im Geologischen Landesamt entwickelten ATKIS-TOOL besteht die Möglichkeit, topographische Informationen nach individuellen Bedürfnissen zu selektieren, zusammenzufassen und neu zu speichern.

Die geowissenschaftliche Datengrundlage aller thematischen Karten bildet die Landesbohrdatenbank des GLA Sachsen-Anhalt. Sie ist nach den Vorgaben der Länderarbeitsgruppe FIS Geologie aufgebaut und wird ständig erweitert und gepflegt. Ende 1996 befanden sich bereits 62 000 Bohrungen mit ihren Schichtdaten im Datenspeicher, das entspricht nahezu einem Drittel der Aufschlüsse Sachsens-Anhalts.

Die Weitergabe graphischer Daten und von Sachdaten kann entsprechend den rechtlichen Bestimmungen auf klassischen Medien (Papier o.ä.) oder auf elektronischen Datenträgern erfolgen. Im Jahre 1996 wurde im GLA Sachsen-Anhalt versuchsweise eine CD-ROM (GEOMEDIA) mit Beispielen digitaler geologischer Karten hergestellt.

1. Einleitung

Als GUTENBERG den Buchdruck erfand, stellten gedruckte Bücher eine revolutionäre Neuerung dar. Das Buch wurde bald darauf für Jedermann zugänglich. Das gedruckte GUTENBERG'sche Buch war aber nicht Konkurrenz sondern Ergänzung der alten Handschriften und sorgte für eine bessere Bildung weiter Kreise der Bevölkerung. Ähnlich verhält es sich gegenwärtig mit gedruckten und rechentechnisch hergestellten Karten. Besonders geologische Karten erfordern in der klassischen Drucktechnik einen hohen Aufwand. So vergehen mehrere Jahre von der Kartierung bis zur fertigen Karte. Mit der Entwicklung der Computertechnik und zugehöriger benutzerfreundlicher Graphik- und Datenbanksoftware ist uns ein Hilfsmittel in die Hand gegeben, das die Aktualität der Geologischen Karte wesentlich verbessert, auch wenn wir gegenwärtig noch Abstriche gegenüber der Darstellungskomplexität der klassischen Druckkarte machen müssen, denn insbesondere Flächenfarbe, Tonwertvariationen und Signaturen

2. Bedeutung der digitalen geologischen Karte

Gegenwärtig geht der Trend von der komplexen immer mehr zur thematischen geologischen Karte. Diese soll über bestimmte raumbezogene Themen informieren (z.B. geologische Strukturen) und sie soll aktuell sein. Bei der schnell wachsenden Informationsflut kann die klassische gedruckte Karte diese fortlaufende Aktualität nicht leisten.

Die digitale Karte ist auf Grund ihrer Konzeption nach relativ zeitaufwendiger Grundbearbeitung wohl in der Lage ein hohes Maß an Aktualität zu gewährleisten, da sie mit elektronischen Sachdatenbanken direkt verbunden ist. Sie spiegelt so auch die Qualität dieser Sachdatenbanken wieder.

* Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06448 Halle (Saale)

Der ständig zunehmende Kenntniszuwachs in den geologischen Wissenschaften führt zu einer fortschreitenden Spezialisierung. Sie verlangt Zusammenarbeit und gerade diese Zusammenarbeit ist die unverzichtbare Grundlage der digitalen geologischen Karte. Das angestrebte Ebenenkonzept im GLA Sachsen-Anhalt basiert deshalb auf einer abteilungs- und referatsübergreifenden Zusammenarbeit. Ein derartiges Konzept ist nicht neu, wie die folgenden beiden Beispiele zeigen:

Beispiel 1 ist die „VORLÄUFIGE GEOLOGISCHE KARTE“ 1:25000 von Baden-Württemberg (AUTORENKOLLEKTIV 1993). Sie basiert auf dem Prinzip von „Informationsebenen“. Durch Synthese der Informationsebenen erhält man eine geologische Karte, die der klassischen Druckkarte sehr nahe kommt. Vorteilhaft ist hier die relativ problemlose Einarbeitung von Änderungen. Es ist deutlich erkennbar, wie sich die Kartenebenen an den Druckvorlagen orientieren, aber auch bereits erste eigenständige thematische Ebenen, z.B. Stratigraphie, sichtbar werden.

Beispiel 2 ist der Aufbau eines Altlasteninformationssystems für den Raum Halle an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durch GLÄSZER et al (1993). Hierbei werden Datenbanken und Graphiklayer zusammengeführt und damit die Qualität eines GIS erreicht.

3. Grundlagen digitaler Kartenbearbeitung im GLA Sachsen-Anhalt

Um ein möglichst offenes und damit anpassungsfähiges GIS des GLA zu schaffen, wird von zwei tragenden Säulen, die die Grundinformationen enthalten, ausgegangen. Die erste grundlegende Säule ist die Topographie. Die aufwendige digitale Bearbeitung von raumbezogenen Daten verlangt eine einheitliche und genaue topographische Bezugsbasis. Eine solche topographische Grundlage ist das AMTLICHE TOPOGRAPHISCH - KARTOGRAPHISCHE INFORMATIONSSYSTEM (ATKIS), ein bundesweit einheitliches Basisinformationssystem der Landesvermessungsämter. Für ATKIS wurde für den Datenaustausch die Benutzung der Einheitlichen Datenbankschnittstelle EDBS verbindlich festgelegt. Die am intern entwickelten Technologie zur nutzerfreundlichen Umsetzung der ATKIS-Rohdaten ist wegen des großen Datenumfanges sehr rechenzeitintensiv. Mit AML-Prozeduren werden die aufbereiteten ATKIS-Daten jeder Objektart zu einem ARC INFO-Cover verknüpft, wobei jedes Cover alle über ATKIS entsprechend Objektartenkatalog definierten Attribute enthält. Diese ARC INFO-internen Dateien mit allen in den ATKIS-Rohdaten enthaltenen topographischen Informationen stehen jedem Nutzer im GLA für weitere Auswertungen zur Verfügung. Diese sind mit einem selbst entwickelten nutzerfreundlichen menügesteuerten „ATKIS-TOOI“ möglich. Dabei kann wahlweise blattschnittbezogen oder in einem frei wählbaren Ausschnitt gearbeitet werden.

Die zweite Säule des Systems bilden die geologischen Sachdaten. Geologische Aufschlüsse Sie sind in der Regel Punktdaten, durch Hochwert, Rechtswert und Z-Wert eindeutig räumlich fixiert. Die Landesbohrdatenbank des Fachinformationssystems (FIS) Geologie bildet zentralen Sachdatenfundus. Um sie herum sind die Sachdatenbanken der übrigen Fachinformationssysteme (FIS Hydrogeologie, FIS Ingenieurgeologie, FIS Rohstoffe, FIS Geochemie, FIS Geophysik, FIS Umweltgeologie und FIS Boden) gruppiert. Ihre Kompatibilität, z.B. der eindeutige Raumbezug zum Einzelaufschluß, wird über die gemeinsame Datenbank SABIS (Sachsen-Anhaltinisches Bodeninformationssystem) gewährleistet.

4. Ebenenkonzept, erste Interpretationsstufe geowissenschaftlicher Daten

Das Ebenenkonzept wird gegenwärtig im GLA erarbeitet, diskutiert und an einer Pilotkarte „Umweltgeologie/Strukturgeologie Raum Halle-Merseburg 1: 50 000“ getestet. Aus der Hauptkartenebene „Aufschlüsse“ und der Hauptkartenebene „Topographie“, den beiden Säulen, die auch die Basisinformationen des GIS bilden und deshalb gemeinsam zentral verwaltet und gepflegt werden, lassen sich weitere Hauptkartenebenen ableiten. Sie stellen aber alle bereits geologische Interpretationen dar und spiegeln das qualitative Niveau der Daten und des Bearbeiters wider.

Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, zwischen Hüllstockwerk und Deckgebirge- bzw. Gundgebirge zu trennen. Es werden deshalb die Hauptkartenebenen „Lockergestein“ und „Festgestein“ unterschieden. Diese Trennung des geologischen Körpers ist aus jedem Schichtenverzeichnis problemlos ablesbar. Die linearen geologischen Elemente, die neben anderen geologischen Formen durch die Tektonik beschrieben werden bilden die Hauptkartenebene „Tektonik“. Hierzu gehören auch die geophysikalisch lokalisierten Indikationen. Zur Darstellung umweltgeologischer Belange, wie z.B. Altlastenstandorte, wird die Hauptkartenebene „Anthropogene Einflüsse“ genutzt. Ein geologischer Körper wird im allgemeinen durch

seine Geometrie, also den Raum, das Material, den Stoff und durch die Zeit beschrieben. Deshalb beinhalten die Hauptkartenebenen Locker- und Festgestein weitere Kartenebenen.

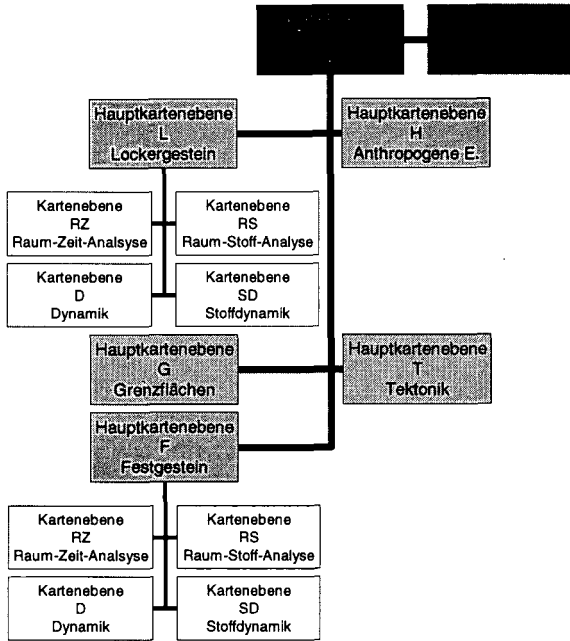


Abb. 1: Ebenenkonzept des GLA Sachsen-Anhalt (Diskussionsentwurf)

Die Raum-Zeit-Kartenebene erfaßt die geometrische Ausdehnung stratigraphischer Einheiten. Sie sind im allgemeinen gekennzeichnet durch Hangend- und Liegendfläche. Es können zunächst stratigraphische Großenheiten dargestellt werden, die mit wachsendem Kenntnisstand zu untergliedern sind, wobei die Berandung im wesentlichen fixiert ist. RZ-Karten sind die klassischen geologischen Strukturkarten.

Die Raum-Stoff-Karte erfaßt neben der geometrischen Ausdehnung den Stoffbestand der stratigraphischen Einheit. Es ist der geometrische Raum für einen definierten Stoffbestand zu kartieren. Die Referenzfläche wird neben dem dreidimensionalen Lagebezug durch Lithologie, Fazies, petrographische und hydrogeologische Parameter bestimmt. Es wird primär nach lithofaziellen Einheiten gegliedert. Der eindeutige Lagebezug ermöglicht es, lithofazielle Einheiten ohne Rücksicht auf ihre Stratigraphie zu kombinieren. Dieser Umstand ist für hydrogeologische und umweltgeologische Fragestellungen wichtig.

Die Kartenebene „Hydrodynamik“ enthält die Grundwasserdynamik verschiedener Grundwasserleiter und muß zwingend aus der Kartenebene „Raum-Stoff“ abgeleitet werden. Durch die Darstellung der Druckverhältnisse der einzelnen Grundwasserleiter sind vertikale Austauschprozesse darstellbar.

„Zukunftsmusik“ ist die Kartenebene „Stoffliche Dynamik“. In dieser Kartenebene werden im wesentlichen geochemische Parameter, vorwiegend des Grundwassers, und anthropogener Einflüsse erfaßt. Grundsätzlich setzt diese Kartenebene das FIS Hydrogeologie voraus.

An diesen Beispielen wird exemplarisch deutlich, wie die Erzeugung digitaler thematischer Ebenen erfolgt. Jede dieser Ebenen kann von einem Spezialbearbeiter erarbeitet werden, wobei die parallele Bearbeitung von Ebenen möglich ist. Die aufwendige digitale Ersterarbeitung von Karten, denn elektronische Datenverarbeitung ist keine Garantie für „schnellere Erarbeitung“ wie irrtümlich oftmals angenommen wird, ist nur gerechtfertigt, wenn die digitalen geologischen Daten kontinuierlich gepflegt und vorauszusehen ist, daß sie für weitere thematische Bearbeitungen genutzt werden.

Es gibt eine Reihe von digitalen Karten, die auf unzureichender topographischer Grundlage basieren. Viele dieser Karten sind bedauerlicherweise „Datenschrott“. Hier zeigt sich ein gravierendes methodisches Problem. Häufig wird intensiv über zu nutzende Software gestritten und die Philosophie der Datengrundlage und der Datenablage vernachlässigt.

Die Erfahrung des Umganges mit graphischen Daten zeigt, nicht die Software ist entscheidend, da sie sich rasant entwickelt, sondern die Daten sind der wesentliche Bestandteil eines GIS. Datenerhebung, Datenprüfung und vor allem Datenablage werden in Zukunft eine wesentlich größere Rolle spielen als gegenwärtig.

Auf Grund des hohen Aufwandes dürfen Daten nur einmal erhoben und gepflegt werden. Das Ebenkonzept geht von einer transparenten Datenablage und einer arbeitsteiligen Datenpflege aus. Die Hauptkartenebenen „Aufschlüsse“ (Landesbohrdatenbank) und „Topographie“ (ATKIS-Topographie) werden zentral im Bereich EDV des GLA verwaltet und gepflegt. Die weiteren genannten Kartenebenen werden dezentral durch die Fachreferate gepflegt, aber ab einem gewissen endgültigen Bearbeitungsstand zentral verwaltet. Bestimmte grundlegende Themen werden zukünftig in periodischen Abständen auf Datenträgern (z.B. CD-ROM) veröffentlicht. Eine erste CD-ROM mit verschiedenen Beispielkarten wurde Ende 1996 versuchsweise als Unikat gebrannt. GEOMEDIA, so der Name des Projektes, ist deshalb aus Sicht des GLA eine akzeptable Möglichkeit der Weitergabe geologischer Informationen.

In diesem Zusammenhang ist deshalb auch insbesondere auf die Bedeutung der Landesbohrdatenbank des GLA hinzuweisen. Sie wird nach ihrer Fertigstellung der umfangreichste Fundus geologischer Aufschlüsse des Landes sein und jede Bohrung die nicht durch den Verursacher eingeliefert wird, führt zur Verschlechterung der amtlichen geologischen Karten, die letztlich jeder Geologe braucht, um ein „vernünftiges“ Vorprofil herstellen zu können.

Mit anderen Worten, Ingenieurbüros als externe Nutzer und Geologisches Landesamt als interner Nutzer und Sachwalter geologischer Daten sind von einander abhängig. Der Eine erzeugt vor Ort geologische Daten, die der Andere zu Übersichtsdarstellungen verallgemeinert, die Ersterer wiederum für eine qualifizierte Projektierung benötigt.

5. Literatur

- AUTORENKOLLEKTIV (1989): Vorschlag für die Einrichtung eines länderübergreifenden Bodeninformationssystems - Sonderarbeitsgruppe „Informationsgrundlagen Bodenschutz“ der Umweltnisterkonferenz, Niedersächsisches Umweltministerium, Referat für Umweltberichterstattung und Öffentlichkeitsarbeit, EXPERT, Hannover.
- AUTORENKOLLEKTIV (1993): Das Niedersächsische Bodeninformationssystem NIBIS - Geologisches Jahrbuch, F, 27, Hannover.
- GLÄSZER, C. et al. (1993): Aufbau eines Altlasteninformationssystems für den Raum Halle -BMFT-Projekt, Halle
- LORENZ, D., DÖGE, H. & G. GÜNTHER (1993, 1994, 1996): Konzeption der Bohrdatenbank Sachsen-Anhalt - Unveröff. Bericht, GLA, Halle.
- SAWATZKI, G. & M. GEYER (1994): Die digitale Vorläufige Geologische Karte 1:25 000 im Fachinformationssystem Geologie Baden Württemberg - Z. dt. geol. Ges., 145, 106 - 115, 6 Abb., 1 Tab., Hannover.

Das Umweltinformationssystem des Kreises Merseburg-Querfurt

von

ANDERS, V.

1. Entwicklung des Umweltinformationssystems (UIS) der Kreisverwaltung Merseburg-Querfurt

Empfehlungen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Zusammenhang mit der Erarbeitung des „Ökologischen Sanierungs- und Entwicklungskonzeptes Leipzig/ Bitterfeld/ Halle/ Merseburg“ führten 1990 zur Planung eines Umweltinformationssystems (UIS) für den damaligen Landkreis Merseburg. Der Aufbau des UIS wurde ab 1992 durch das Ministerium für Umwelt und Naturschutz LSA gefördert.

Die Basiskonfiguration des UIS besteht aus dem Geographischen Informationssystem (GIS) ARC/INFO auf einer Workstation unter UNIX (HP-UX), ergänzt durch ein A0-Digitalisiertablett sowie einen A3-Farbdrucker.

Schwerpunkt der Tätigkeit in den ersten Jahre bildete die Übernahme der Topographie in den Maßstabebenen 1:50.000, 1:25.000 und für ausgewählte Inhalte, z.B. die Biotoptypen-kartierung, in 1:10.000. Daraus resultiert die Erstellung kreisbezogener thematischer Karten. Erfasst wurden die Schutzgüter Boden, Wasser, Klima sowie geologische Verhältnisse, Altlasten und Schutzgebiete. Den Schwerpunkt der Erfassung stellen die Arten und Lebensgemeinschaften in Form einer flächendeckenden Biotoptypen- und einer selektiven Biotopkartierung im Maßstab 1:10.000 dar.

Zur Anwendung kamen hauptsächlich die GIS-Funktionalitäten wie Ebenenkonzept und Attributdateien. Die Datenübernahme erfolgte durch Digitalisierung (Vektordaten).

Die technische Basis wurde im Laufe der Tätigkeit ergänzt durch zwei weitere HP-Workstation, drei A1-Digitalisierarbeitsplätze unter AUTOCAD auf Intel-PC, einen A0-Scanner (s/w) sowie einen Elektrostatdrucker.

Derzeit bearbeiten die Mitarbeiter des UIS Aufgaben der KGSt-Aufgabengruppe 62 „Kartographie und Kataster“ mit überwiegend fachlichen Aufgaben und einem kleineren Teil DV-Organisation.

Zu diesem Teil gehören Datenerfassung/ -archivierung („ökologische Kataster“), Digitalisierung, GIS-Nutzung, Datenbankadministration und Systembetreuung.

Ab 1993 konnte die digitale Datengrundlage für komplexere Aufgaben genutzt werden, z.B. Erstellung des Umweltberichtes 1992/93 sowie die Landschaftsrahmenplanung. Vorgesehen ist eine engere Verbindung zu den Verwaltungsgemeinschaften und Gemeinden als unterste kommunale Planungsebene.

2. Aktuelle Vorhaben des UIS

Als Folge der Kreisgebietsreform müssen zahlreiche Daten des Landkreises Querfurt in die digitale Datenbasis des neuen Landkreises Merseburg-Querfurt übernommen werden.

Entsprechend Landesvermessungsgesetz werden ATKIS-Daten (1:25.000) als Grundtopographie eingeführt, wobei die Orientierung der Anwender stärker auf die Maßstabsebene 1:10.000 und Flurstücksgenauigkeit gerichtet ist. Die Auslieferung von ALB- und ALK-Daten wird als unzureichend eingeschätzt, sodaß an Zwischenlösungen bis zur endgültigen Verfügbarkeit dieser Daten gearbeitet werden muß.

Zunehmend kommen auch Rasterdaten bis hin zu gescannten Luftbildern zum Einsatz.

Hinsichtlich der Naturschutzdaten entwickelt sich eine datenbankorientierte Zusammenarbeit mit der Fachbehörde LAU Halle im Zuge der Umsetzung des entsprechenden Feinkonzeptes des Landesumweltinformationssystems.

In den letzten Monaten kam es weiterhin zu einer Abstimmung mit dem Regierungspräsidium Halle hinsichtlich der Führung und Nutzung digitaler Daten der Raumordnung (ROK) und Bauleitplanung.

Ein Ausbau des UIS erfolgt seit 1995 durch "Ressortübergreifende Umweltdatenbanken" mit dem Ziel, speziell den Bereichen Bau, Planung und Wirtschaftsförderung den Zugang zu Umweltdaten zu erleichtern. Ziel ist ein stärker anwenderorientiertes und anwenderfreundliches UIS.

In dieser Ausbauphase bereitet das Fehlen geeigneter Auswertinstrumente zur Bereitstellung von Planungs- und Führungsinformationen Schwierigkeiten.

Zur Auswertung des Datenbestandes wurde 1995 bis 1996 ein erstes Werkzeug der Modellebene, das „Grundwassermodell Landkreis Merseburg-Querfurt“ entwickelt und implementiert.

Im Rahmen dieses Förderprojektes erfolgte neben der Implementierung von Software zur Grundwassermodellierung auch die Weiterentwicklung der zugehörigen Datenbanken und die

Anbindung an das GIS. Derzeit wird in ähnlicher Form das Projekt „Kataster Bodenkontaminationen (KatBo)“ bearbeitet.

3. Zukünftige Entwicklungsschwerpunkte des UIS

Mittelfristig ist die Verfügbarkeit von Umweltdaten für Sachbearbeiter mit entsprechenden Aufgaben in allen Ämtern der Kreisverwaltung zu gewährleisten. Dies setzt die schon in Einzelprojekten erprobte enge Verbindung von GIS und Umweltdatenbank sowie die programmtechnische Anbindung der unterschiedlichen Nutzer voraus, entsprechende Client-Server-Lösungen für das GIS und die Datenbank müssen eingeführt werden.

Die meisten der in den einzelnen Fachbereichen benötigten oder vorgehaltenen Informationen besitzen einen mehr oder weniger starken Raumbezug (Gauß-Krüger-Koordinaten, Adressen, Flurstücke usw.). Diese raumbezogenen Informationen werden z.T. fachübergreifend benötigt und müssen bei Bedarf zusammengeführt und ausgewertet werden können. Ausgehend von dieser Erkenntnis schlägt die Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (KGSt) vor, daß die Raumbezogene Informationsverarbeitung (RIV) nach für die Gesamtverwaltung einheitlichen Grundsätzen, auf einheitlicher Raumbezugsbasis und auf der Grundlage eines fachbereichsübergreifenden, verwaltungsweiten Informationsmodells erfolgen sollte.

Eines der hauptsächlichen Anwendungsgebiete technikunterstützter Raumbezogener Informationsverarbeitung bleibt der Umweltbereich. Hier steht die RIV in starker Verbindung zum Verwaltungsvollzug

Dringend notwendig erscheint deshalb der Ausbau der in der Kreisverwaltung sogenannten „ressortübergreifenden“ Lösungen. Diese ermöglichen den ämterübergreifenden Austausch aller notwendigen Umweltinformationen, die zur Aufgabenerledigung in den einzelnen Fachämtern benötigt werden.

Daten, auf die mehrere Nutzer zugreifen müssen, sollen nur an einer Stelle erhoben, fortgeführt und gespeichert werden.

Von zentraler Bedeutung für das UIS bleibt neben den Fachdatenbanken ein Geographisches Informationssysteme (GIS), da nahezu alle Fachdaten einen immanenten Raumbezug aufweisen. Mit dem Ausbau des UIS als offenes System (Client-Server-Architektur) lassen sich verteilte Datenbestände zusammenführen.

Schnell und effektiv muß ein solches System Routinearbeiten des Verwaltungsvollzugs, Planungsentscheidungen im Umweltbereich, die Beobachtung, Analyse, Bewertung, Simulation und Prognose von Umweltzuständen, die Erfüllung von Berichts- und Informationspflichten, die Bereitstellung aufbereiteter Informationen für Entscheidungsträger sowie die allgemeine und konkrete Bürgerinformation unterstützen.

4. Ausgewählte Probleme

Die Umsetzung der genannten Entwicklungslinien setzt die Bewältigung zahlreicher Detailprobleme voraus. Einige wichtige Probleme im Zusammenhang mit geowissenschaftlichen Daten sollen als Abschluß aufgelistet werden:

Die Arbeitsteilung hinsichtlich Erfassung und Pflege digitaler geowissenschaftlicher Daten zwischen Fachbehörden, Mittelbehörden und kommunaler Ebene ist genauer zu bestimmen.

Die Verfügbarkeit und Nutzung digitaler Daten innerhalb der Landes- und Kommunalverwaltung sollte einfach und einheitlich geregelt sein und nicht durch Gebührenordnungen behindert werden.

Die Offenlegung geowissenschaftlicher Daten der Wirtschaft für Verwaltungszwecke ist zu diskutieren.

Wünschenswert wäre schließlich die stärkere Unterstützung der Kommunalverwaltungen durch die Fachbehörden bei der Methodik der Erfassung und Bewertung geowissenschaftlicher Daten, um eine einheitliche Qualität der Grundlagendaten zu gewährleisten.

Ebene finden zur Eingabe, Bearbeitung und Auswertung anwenderfreundliche Systeme wie EXCEL oder ACCESS sowie zur graphischen Bearbeitung VIEWER, beispielsweise WINKAT, Verwendung (Abb. 1). Standardprodukte und definierte Schnittstellen dienen zur in- und externen Datenbereitstellung.

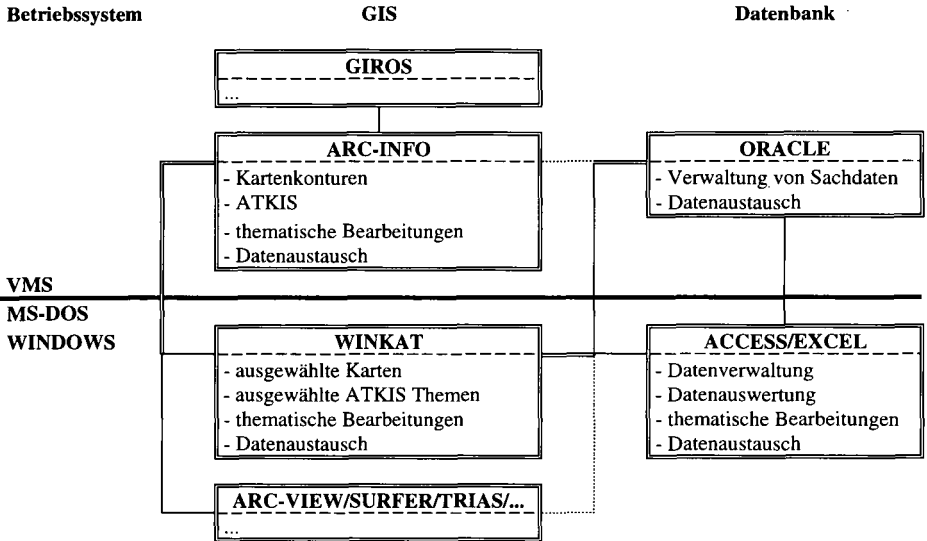


Abb. 1 : DV-Struktur am GLA Sachsen-Anhalt (stark vereinfacht)

Der konkrete Verlauf einer thematischen Bearbeitung mittels der im FIS-Boden verfügbaren Werkzeuge läßt sich schematisch in mehrere Schritte unterteilen :

1. Festlegen eines Bearbeitungsgebietes. Dieses kann aus einer vollständigen Karte, einer oder mehreren TK-25, Landkreisen oder frei definierten Vierecken bestehen.
2. Übernahme der, den ausgewählten Flächen zuzuordnenden Informationen mittels der Legendenummer in das Programm EXCEL. Für die MMK-Daten sind alternativ SQL-Abfragen in WINKAT möglich.
3. Selektion der benötigten Informationen in EXCEL.
4. Thematische Bearbeitung der Informationen in EXCEL und Erstellung einer WINKAT-Legende.
5. Bereitstellung der Ergebnisse in WINKAT oder ARC-INFO sowie bei Bedarf Ausdruck einer Karte.

3. Beispiele thematischer Bearbeitungen

a) Bereitstellung und Darstellung bodenkundlicher Parameter auf Basis der BÜK 200

Die Legendeneinheiten der BÜK 200 setzen sich, entsprechend der Bodenform nach TGL 24300 (ANONYM 1976-85), aus substrat- und bodensystematischen Einheiten zusammen. Durch Zuordnung und Auswertung vorhandener Profildaten lassen sich für die Substrateinheiten Bodenarteninteralle ableiten, die das Spektrum

Bereitstellung digitaler und analoger Bodeninformationen mittels des FIS Boden in Sachsen-Anhalt - Verfahrensweise und Bearbeitungsbeispiele

von

HARTMANN, K.-J.

1. Einleitung

Der Bedarf an geowissenschaftlichen und bodenkundlichen Informationen ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Im Zuge der Entwicklungen und Möglichkeiten der EDV konzentriert sich die Nachfrage zunehmend auf digitale Daten. Auf Basis digitaler geowissenschaftlicher Basisdaten können durch Methoden- und Modellanwendungen thematische Auswertungskarten erstellt werden. Für die in Sachsen-Anhalt vorliegenden Karten (Tab. 1) sind zahlreiche Beispiele aus Expertenschätzungen, Aufschlüsselung komplexer Legendeninformationen, Anwendung von Algorithmen und Methoden sowie Darstellung originärer Informationen verfügbar. Dateien zur Bereitstellung von Bodenparametern befinden sich im Aufbau.

Tab. 1 : In Sachsen-Anhalt analog und digital verfügbare Bodenkarten

Karte	Maßstab	Verfügbarkeit	thematische Bearbeitungen
Bodenübersichtskarte (BÜK 500)	1 : 500.000	Farbkopie/digital	- verschiedene Potentiale
Bodenübersichtskarte (BÜK 400)	1 : 400.000	gedruckt/digital	- verschiedene Potentiale
Bodenlandlandschaften	1 : 400.000	Plot/digital	z. Z. nein
	1 : 200.000	Plot/digital	z. Z. nein
Bodenübersichtskarte (BÜK 200)	1 : 200.000	gedruckt Reg.-bezirke digital	- Ableitung von Parametern - Klärschlammeignung
Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK)	1 : 100.000	gedruckt/digital	- Ableitung von Parametern - Ackerzahlen
Bodenkarte Halle u. Umgebung	1 : 50.000	gedruckt/digital	- Ableitung von Parametern - Biotopentwicklungspotential - Acker-/Grünlandeignung
nicht gedruckte Karten	1 : 25/50.000	Kopie/z. T. digital	z. Z. nein
Karten der Bodenschätzung	1 : 10.000	Kopie/z. T. digital	z. Z. nein

2. DV-technische Voraussetzungen am GLA Sachsen-Anhalt

Die digitale Datenverwaltung, -bereitstellung und -bearbeitung erfolgt mittels des FIS Boden (FachInformationssystem), das ein Bestandteil des BIS (BodenInformationssystem) am GLA ist. Das FIS-Boden gliedert sich zur Zeit in eine Profil- und eine Flächendatenbank (HARTMANN et al. 1996). Auf VMS-Ebene dienen die Systeme ORACLE zur Verwaltung der Profildaten, GIROS und ARC-INFO zur Digitalisierung, Bereitstellung von Flächendaten und Datenaustausch mit Dritten. Auf DOS- und WINDOWS-

der in der Substrateinheit auftretenden Bodenarten beschreiben. In der KA4 (AD-HOC AG 1994) liegen für verschiedene Bodenparameter, z. B. LK, nFK, FK, KAK, Werte und Klassifizierungen auf Basis der Bodenart vor. Diese sind über die Bodenart dem Substrat zuordbar (Tab. 2). Aufgrund des Maßstabes sollte nicht die konkreten Werten, sondern die Klassen Verwendung finden. Grundsätzlich ist diese Verfahrensweise auf Karten größerer Maßstäbe übertragbar.

Tab. 2 : Einordnung bodenkundlicher Kennwerte nach KA4 in Substrate der TGL 24300

Substrat TGL 24300	LK* Vol.-%	nFK* Vol.-%	FK* Vol.-%	kf-Wert* cm/d	kf-Wert** cm/d
Kies	hoch	gering	gering	sehr hoch	sehr hoch
Kiessand	hoch	gering	gering	sehr hoch	sehr hoch
Sand	hoch	gering	gering	sehr hoch	sehr hoch
Salm	hoch	mittel	gering	hoch	hoch
Sandlöß	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Löß	mittel	hoch	mittel	gering	mittel
Decklöß	mittel	hoch	mittel	gering	mittel
Lößkerf	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Decklehm	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Ton	mittel	mittel	hoch	gering	gering
Berglöß	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Berglehm	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Bergton	mittel	mittel	hoch	gering	gering
Lehm	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Schluff	mittel	hoch	mittel	gering	mittel
Auenschluff	mittel	hoch	mittel	gering	mittel
Auenlehm	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Auenton	mittel	mittel	hoch	mittel	mittel
Kolluvialsand	hoch	gering	mittel	sehr hoch	sehr hoch
Kolluvialsalm	hoch	mittel	mittel	hoch	hoch
Koluviallehm	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Kolluviallöß	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel

* : bezogen auf die mittlere effektive Lagerungsdichte, Ld 3

** : Gesamtmittel, unabhängig von pt und Ld

Die Legendennummern der einzelnen Polygone der BÜK 200 werden aus WINKAT nach EXCEL kopiert. Jedes Polygon bildet in der EXCEL-Datei eine Zeile. In verschiedenen Spalten weiterer EXCEL-Dateien liegen die originären Informationen zu den Legendeneinheiten, wie auch die auf Basis der Bodenart abgeleiteten Parameter, vor. Die Zuordnung der einzelnen Informationen zu den Konturen findet mittels einfacher EXCEL-Befehle statt. Durch Zuweisung einer Werkzeugnummer erfolgt die Bildung der Legende. Das Ergebnis wird zurück nach WINKAT kopiert und dort dargestellt.

b) Karte der Ackerzahlen in Sachsen-Anhalt auf Basis der MMK

Die MMK basiert u. a. auf der Auswertung der Bodenschätzung (SCHMIDT 1987). In die Bildung der Einheit Standorttyp (StT) gingen die "natürlichen Standorteinheiten des Ackerlandes" (SCHILLING et al. 1965) ein, die als methodische Hilfsmittel einen direkten Bezug zu den Ackerzahlen der Bodenschätzung aufweisen.

Unter Berücksichtigung der den Standorteinheiten zugeordneten Ackerzahlen erfolgte die Legendenbildung und Darstellung in der Karte (Tab. 1). Als Zuordnungskriterium für die Klassenbildung wurden die auf SCHILLING et al. (1965) zurückgehenden Ordnungsziffern berücksichtigt. Diese Verfahrensweise wurde, mit Ausnahme der AI-Standorte, angewendet. Die Einordnung der Auenstandorte erfolgte nach der verbalen Beschreibung (SCHILLING et al. 1965) und dem Ackerschätzungsrahmen der Bodenschätzung. Eine Differenzierung in Acker- und Grünlandnutzung ist nicht möglich.

Tab. 1 : Ableitung der Ackerzahlen auf Basis der MMK (leicht verändert nach SCHILLING et al. 1965)

Legendeneinheit	1	2	3	4	5	6
Bodenzahl	< 27	28 - 34	35 - 44	45 - 54	55 - 75	75 <
MMK-Standorttyp	D1/2 V 7/8/9	D 3 V 3/5	D 4 V 2/4	D 5 Lö 5/6	D 6 V 1 Lö 2/3/4 AI 1/3	Lö 1

Die Bearbeitung und kartographische Darstellung diente der VIEWER WINKAT. Hierfür war die Formulierung von sechs SQL-Abfragen, also einer pro Legendeneinheit, zur Selektion der entsprechenden Daten und Geometrien erforderlich. Im Anschluß erfolgte die Auswahl und Zuweisung der Legendenfarben sowie der Ausdruck einer Karte.

4. Zusammenfassung

Durch das GLA Sachsen-Anhalt veröffentlichte bodenkundliche Daten und Karten liegen im FIS-Boden digital vor. Thematische Bearbeitungen, Methodenanwendungen und die Bereitstellung von Parametern sind auf einem wenig automatisierten Niveau digital realisiert. Die Priorität liegt in der einfachen Handhabbarkeit des Systems, so daß die Nutzung mit durchschnittlichen DV-Kenntnissen möglich ist. Die in- und externe Kommunikation erfolgt mittels Standardsoftware und definierten Schnittstellen.

Literatur

- AD-HOC Arbeitsgruppe Boden (1994) : Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl., Hannover
- ANONYM (1976-85) : TGL 24300, Fachbereichsstandart : Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Böden, Hrsg : Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR
- HARTMANN, K.-J., KAINZ, W., MÖBES, A. (1996) : Zum Aufbau des Fachinformationssystems Boden am GLA Sachsen-Anhalt (FIS-Boden), Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt, 2, 180 - 192
- SCHILLING, D., BANNORTH, H., SCHLICHT, H. (1965) : Natürliche Standorteinheiten der landwirtschaftlichen Produktion in der DDR, Landwirtschaftsrat der DDR (ed.)
- SCHMIDT, R. (1987) : Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung, Martin-Luther-Universität Halle, Wissenschaftliche Beiträge 1987/9