

MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT



Band 84

1997

ISSN - 0343- 107X

Schriftleitung: P. Hugenroth, Oldenburg

unredigierte Mitgliederinformationsschrift

**Beiträge in ausschließlich wissenschaftlicher Verantwortung der
jeweiligen Autoren**

MITTEILUNGEN

der

**DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT**

Band 84

1997

MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT

Referate

Sitzung des Arbeitskreises Urbane Böden
"Bergbauböden"
mit Exkursionsführer
06. und 07. Juni 1996
FREIBERG / SACHSEN
- verspätet eingegangene Manuskripte -

Referate

Sitzung des Arbeitskreises Urbane Böden
"Stadtböden"
mit Exkursionsführer
07. und 08. März 1997
ROSTOCK
- verspätet eingegangene Manuskripte -

Referate

Sitzung der Arbeitsgruppe Böden in Schleswig-Holstein
"Bodenschutz und landwirtschaftliche Bodennutzung"
24. April 1997
RENSBURG

Referate

Gemeinsame Sitzung der Deutschen und der Polnischen Bodenkundlichen Gesellschaft
"Soil Classification in Germany and Poland"
Symposium und Exkursion
05. bis 07. Mai 1997
MÜNCHENBERG und SZCZECIN

Referate

Sitzung der Kommission IV
"Dauerfeldversuch Thyrow"
10. und 11. Juni 1997
BERLIN

Band 84

1997

INHALT

Band 84

<u>BERGBAUBÖDEN</u>		Seite
Burghardt, W.:	Bergbauböden - Rohböden	3
Abo-Rady, M., A. Weise und S. Seiffert:	Substratverbreitung auf den Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaus in Sachsen und ihre Bedeutung	7
Fuhrmann, L., E. Heitkemper, D. Meier und H. Meuser:	Schadstoffgehalte bauschutt- und aschehaltiger Böden in Dresden und Essen im Vergleich	15
Hiller, D. A.:	Allgemeine Merkmale sowie Säureneutralisationsvermögen, Sorptionspotential und Nährstoffstatus von Böden aus Aufträgen mit Bergbausubstraten - dargestellt am Beispiel von Profilen auf Kokerei- und Steinkohlenzechenstandorten des Ruhrgebietes	19
Hoffrogge, E. H. und W. Burghardt:	Bodenbildung und chemische Eigenschaften des Kalksteinbruches Hofermühle-Süd bei Heiligenhaus	23
Katzur, J. und M. Haubold-Rosar:	Zum Kulturwert der Deckgebirgsschichten und zur Bodentypenentwicklung auf den Kippenstandorten der Lausitz	27
Ludwig, B., R. Balkenhol und J. Prenzel:	Chemische Eigenschaften eines Braunkohletagebau- Haldensediments nach der Pyritoxidation: Untersuchungen und thermodynamische Modellierungen	29
Neumann, T.:	Gezielter Umgang mit kulturfähigen Substraten als Basis der Pedogenese in der Bergbaufolgelandschaft	33
Neumann, C., T. Heinkele und R. F. Hüttl:	Zur Pedogenese und Klassifikation von Kippenböden einer Chronosequenz auf primär schwefelhaltigen Kippkohlelehmsanden im Lausitzer Braunkohlerevier	37
Niggemeyer, M. und W. Burghardt:	Physikalische Merkmale der Bodenvarianten des Steinkohlenbergelhaldenversuchs Waltrop	41
Rumpel, C., I. Kögel-Knabner und R. F. Hüttl:	Organischer Kohlenstoff in forstlich rekultivierten Kippenböden des Niederlausitzer Braunkohlenreviers	45

	Seite
Schmidt, J., A. Bräuning und S. Engelhardt:	49
Schmidt, A. und H. Meuser:	53
Schneider, R. und D. Schröder:	57
Schwerdtfeger, G.:	61
Tenholtern, R.:	65
Vogler, E., M. Wünsche und F. Vogler:	69
Weller, M. und A. Möbes:	73
Weise, A., M. Abo-Rady, et al.:	77
 <u>Stadtböden</u>	
Arbeitskreis Stadtböden (AKS) der DBG:	117
Beyer, L.:	123
Burghardt, W.:	127
Burghardt, W., A. Berthold-Kraiczky, N. Kraiczky, M. Rehbein und K. Thiel:	131
Coburger, E. und H. Kretschmer:	135
Frankenberger, G.:	139

		Seite
Gerth, S. B. und T. Mansfeldt:	(Locker-) Syrosem....., Technolith....., Intrusol....? Kriterien zur Typisierung von Stadtböden - getestet an einem Kokerei- Altstandort	143
Hiller, D. A. und W. Burghardt:	Klassifizierung urban-industriell veränderter Böden als Pflanzenstandort	147
Kahle, P. und M. Sokoll:	Sorptionseigenschaften ausgewählter Skelettbestandteile von Stadtböden	151
Kahle, P. und B. Piltz:	Methodische Untersuchungen zur Anwendbarkeit des Methylenblauverfahrens bei Stadtböden	155
Kocher, B. und D. Prinz:	Herleitung von Kenngrößen zur Schadstoffbelastung des Schutzgutes Boden durch den Straßenverkehr	159
Mekiffer, B. und M. Renger:	Schlacken und Aschen in anthropogenen Stadtböden	163
Lewandowski, P., W. Burghardt und P. Ilnicki:	Zur Kennzeichnung der Schwermetallgehalte und ihrer Herkünfte - dargestellt am Beispiel der Stadt Poznan	167
Tietböhl, P., H. Kretschmer und R. Mulsow:	Auswertung von Bohrungen in der Altstadt von Rostock	171
Pluquet, E. und H. Lenz:	Erfassung und Dokumentation des Stoffbestands der Böden im Land Bremen	175
Pohlmann, M. und H. Kretschmer:	Batch- und Durchbruchuntersuchungen von Schwermetallen an Bauschutt	179
Qinglan Wu, H.-P. Blume, U. Schluß und M. Striehl:	Eine einfache Feldmethode zur Abschätzung des Sorptionsvermögens von Böden technogener Substrate mittels Methylenblau	183
Schluß, U., H.-K. Siem und H.-P. Blume:	Untersuchungen zur Verbreitung anthropogener Substrate und der sich daraus entwickelnden Böden im Stadtgebiet von Eckernförde	187
Coburger, E. und H. Kretschmer:	Exkursionsführer zur Tagung des AK Stadtböden am 7./8. März 1997 in Rostock	191

	Seite
<u>Bodenschutz und landwirtschaftliche Bodennutzung</u>	
Filipinski, M., E. Cordsen und H.-S. Grunwaldt:	Bodennutzung und Nutzungswandel in Schleswig-Holstein 211
Schimming, C.-G. und H. Wetzel:	Umsetzung von Stoffen in Böden 215
Steinmann, F.:	Nährstoffausträge aus Böden - Ergebnisse des Trendmeßnetzes in Schleswig-Holstein 219
Taube, F.:	Nährstoffbilanzen landwirtschaftlicher Betriebe in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Betriebstyp 223
Laue, H.-J.:	Möglichkeiten der Tierernährung zur Senkung der Nährstoffgehalte von Gülle 227
Schlüter, K.:	Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Böden 231
Baumgartl, T.:	Die Bedeutung von Bodenverdichtungen in Schleswig-Holstein 235
Voßhenrich, H.-H.:	Bodenschutz durch angepaßte Bodenbearbeitung 239
Loges, R. und F. Taube:	Versorgung des Bodens mit organischer Substanz und Stickstoff in ökologisch orientierten Landnutzungssystemen 243
<u>Soil Classification in Germany and Poland</u>	
Sklodowski, P. und H.-P. Blume:	Preface 249
Wittmann, O.:	Soil Classification of the Federal Republic of Germany 253
Marcinek, J.:	Principles of the Polish Soil Classification System 277
Kowalkowski, A. und M. Filipinski:	Comparison of the Polish and German Soil Classifications 305
Dalchow, C. und H.-R. Bork:	Guide - book of excursions in Germany Landscapes of Northeastern Germany 317
Bork, H.-R., C. Dalchow, et al.:	The Soil and Sediment Profile "Bäckerweg" in the Natural Reserve "Märkische Schweiz", East-Brandenburg, Germany 327
Kühn, D., U. Razke und W. Schmidt:	Representative Soils of North-Eastern Germany 331

		Seite
Borowiec, S., A. Kocmit, et al.:	Guide - book of excursions in Poland 1. The itinerary in Poland	345
Marcinek, J., J. Komisarek, et al.:	2. Description of Soils in the Field and Applied Analytical Methods	355
 <u>Dauerfeldversuch Thyrow</u>		
	Für den Erhalt und die umfassende Nutzung der europäischen Dauerfeldversuche Memorandum der Internationalen Konferenz "Dauerfeldversuche als Forschungsbasis für nachhaltige Landwirtschaft"	377
Grimm, J.:	Zur Stabilität der mikrobiellen Biomasse des 1923 von OPITZ in Berlin-Dahlem angelegten Statischen Versuches Bodennutzung	381
Rühlmann, J., S. Ruppel, B. Geyer und Y. Kuzyakow:	Untersuchungen zu ausgewählten Aspekten nachhaltiger Bodennutzung im Gemüsebau	385
Hülsbergen, K.-J., S. Biermann, W.-D. Kalk und W. Diepenbrock:	Untersuchungen zur Langzeitwirkung von Stallmist- und Mineralstickstoff auf die Erträge und den Stickstoffhaushalt im Düngungskombinationsversuch Seehausen	389
Ellmer, F., T. Lettau und M. Baumecker:	Der Statische Bodenfruchtbarkeitsversuch Thyrow - Ergebnisse nach langjährig differenzierter Düngung	393
Ellmer, F., M. Baumecker und E. Schnieder:	Langfristige Entwicklung des Humusgehaltes in Dauerfeldversuchen am Standort Thyrow	397
Orlovius, K.:	Verlauf von Erträgen und Kaligehalt im Boden im langjährigen Kali-Düngungsversuch Niestetal	401
Jancke, G.:	Veränderung der Komplexität des antiphytopathogenen Pilzspektrums im Boden unter dem Einfluß langjährig differenzierter Bewirtschaftung	405
Debreczeni, K., T. Kismányoky und I. Ragasits:	Einheitliche Dauerdüngungs-Feldversuche in Ungarn	409
Bosak, V.:	Einfluß der Dauerdüngeranwendung in der Fruchtfolge auf die Nährungsregime des Bodens	413

		Seite
Schulz, E. und K. Heinrich:	Untersuchungen zur Pflanzenverfügbarkeit organischer Umweltschadstoffe aus einer Tieflehm-Fahlerde und einer Löß- Schwarzerde	415
Becker, C., H. Miller und H.-J. Koch:	Zuckerrüben in dauerhaft pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen - Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großparzellen	419
Schulzke, D. und A. Hillmann:	Die Wirkung der ökologischen Rahmenbedingungen auf die Ertragsbildung der Wintergetreidearten am Beispiel Winterroggen in Brandenburg	423
Ellerbrock, R., A. Höhn, J. Rogasik und G. Kühn:	Charakterisierung der organischen Bodensubstanz anhand von Feldexperimenten in Nordost Brandenburg	427
Kuntzsch, E. und W. Diepenbrock:	Einfluß unterschiedlicher Fruchtfolgen auf die Population mit <i>Heterodera avenae</i> Wollenweber 1924 und den Getreideertrag - Ergebnisse aus dem Getreidefruchtfolgeversuch auf dem Löß- Schwarzerde-Standort Etdorf 1984-1992	431
Pfefferkorn, A.:	Die Internationalen Organischen Stickstoffdauerdüngungsversuche (IOSDV) Europas	433
Weigel, A., U. Waldschmidt, et al.:	Wechselwirkungen zwischen physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften in Abhängigkeit von der Düngung untersucht an 3 Dauerversuchen an 2 unterschiedlichen Standorten	437
Bachinger, J. und J. Raupp:	C-Dynamik der Böden sowie Ertragsentwicklung im Rahmen eines 17-jährigen Düngungsvergleiches	441
Loch, J., S. Kiss, I. Jászberényi und I. Vágó:	Der Nährstoffzustand des Thyrower Versuchsbodens aufgrund von Boden- und Pflanzenanalysen	445

MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT

Referate

Sitzung des Arbeitskreises Urbane Böden

**"Bergbauböden"
mit Exkursionsführer**

06. und 07. Juni 1996

FREIBERG / SACHSEN
- verspätet eingegangene Manuskripte -

Band 84

1997

Bergbauböden - Rohböden

von

Burghardt, W.*

1. Einleitung- zum Thema Bergbauböden

Mit dem Bergbau greift der Mensch in seine Umwelt ein. Dabei tritt die Frage auf, was er damit bewirkt und verändert, wie sich dies äußert und was die Folgen sind. Die Frage kann gestellt werden im Hinblick auf die Umweltbelange, wie sie heute anthropozentrisch in Form von Wohlstands-, Wohlbefindens- und Überlebensstrategien verfolgt werden, oder im Hinblick auf systemare Veränderungen, wie es die Einordnung der bergbaulichen Maßnahmen in das Ökosystem erforderlich macht. Beides ist eng verknüpft, da sich Systemkenntnisse auf ein Schutzobjekt oder Schutzziel hin bewerten lassen und damit dem Umweltschutz dienen.

Die Beeinträchtigung der Umwelt durch Bergbau wurde in den letzten Jahren für den Braunkohletagebau der Öffentlichkeit umfangreich über Tagungen und Medien dargestellt. Staatlich geförderte Programme der Sanierung und Rekultivierung versuchen entsprechend die erkannten Gefahren für den Menschen und für die belebte Natur zu beseitigen oder zu verhindern. Dem wird somit bereits Aufmerksamkeit zu Teil. Dies ist daher kein Schwerpunkt der Tagung Bergbauböden in Freiberg.

Die Existenz der Bergbaufolgelandschaften des Braunkohletagebaues führt zur Frage nach den Einflüssen der übrigen Bergbauformen, wie auch darüber hinaus allgemeiner der Gewinnung mineralischer Rohstoffe. Die Tagung schließt daher bewußt den Abbau von Steinen und Erden mit ein.

Der Arbeitskreis Stadtböden ist Teil der Kommission V der DBG, die Bodengenetik, Klassifikation und Kartierung fachlich vertritt. Die Intention des Arbeitskreises Stadtböden ist daher, mit dieser Tagung die zerstreut vorliegenden Forschungsergebnisse zur Kennzeichnung der Eigenschaften, der Entwicklung und systematischen Stellung der Bergbauböden zu erfassen und gemeinsam vorzustellen. Dabei ist zu beachten, daß nicht nur der Bergbau selbst, sondern auch Maßnahmen der Sanierung, Rekultivierung und Nutzung Eigenschaften und Ausgangsbedingungen einer Bodenbildung bestimmen. Die Bestandsaufnahme der durch den Bergbau, die Sanierung, Rekultivierung und Nutzung bedingten Bodeneigenschaften ist daher ein wesentlicher Beitrag zu dieser Tagung.

Böden sind flächige Bestandteile von Landschaften. Die Entwicklung von Böden ist eng an die Ausstattung mit Elementen und damit an die Eigenschaften der jeweiligen Landschaft gebunden. Böden können daher nicht ohne Kenntnis der Landschaft verstanden werden. Bergbauböden werden als neue Elemente in Landschaften eingefügt. Sie verdrängen dabei andere Böden. Es entstehen neue Formen der Bodenvergesellschaftung und von Bodenlandschaften. Bei der Behandlung von Bergbauböden muß dies Berücksichtigung finden. Dies war jedoch bisher kaum Gegenstand bodenkundlicher Forschung und stand daher mehr als Forderung und kaum mit inhaltlicher Ausfüllung durch Beiträge im Programm der Tagung an der Bergakademie Freiberg.

Die weiteren Ausführungen dieses Beitrages sollen der Vertiefung des Themas Bergbauböden durch ökosystemare Kriterien dienen.

* Universität-GH Essen, FB 9 - Angewandte Bodenkunde, Universitätsstr. 5, 45147 Essen
Tel.-Nr. 0201/183-3754 / Fax-Nr. 0201/183-2390

2. Merkmale von Rohböden

Von den vielen Problemen, die sich um Bergbauböden ranken, möchte ich hier gezielt Rohböden in den Vordergrund stellen, um so mehr, als wir auch außerhalb der Bergbaugebiete dabei sind, durch gewaltige Erdmassenbewegungen Kulturlandschaften in Rohlandschaften umzuwandeln. Die starke Beachtung, die heute das biotische Potential erfährt, läßt zwar neue kunstvolle Vegetationsdecken und gestaltete Areale für Faunen entstehen. Die wesentlichen Merkmale entwickelter Landschaften können jedoch auf diese Weise nicht hergestellt werden. Diese Merkmale sind, dargestellt am Beispiel naturnaher Böden,

- Einmaligkeit, d.h. die Individualität des Pedons
- Ähnlichkeitsbeziehungen benachbarter Böden
- prozessuale Verknüpfung mit der Umgebung
- Anpassung an die Umgebung und vor allem
- Informationen über
 - * Ausstattung
 - * Entwicklung
 - * Entwicklungspotentiale von Landschaften.

Es ist erstaunlich, daß eine Gesellschaft, die

- ihre Stärke, ihre Hoffnungen auf Fortschritt und Konkurrenzfähigkeit aus der Individualität des Einzelnen bezieht und
- sich als Informationsgesellschaft versteht

diese grundlegenden Merkmale von Ökosystemen bisher weitgehend übersieht und mit der sie umgebenden Landschaft destruktiv und entgegen ihrer geistigen Grundeinstellung umgeht.

Die Bodenkunde hat in der Kausalkette der Pedogenese-Faktoren (Landschaftsausgestaltung), Prozesse und Merkmale die Möglichkeit, den Entwicklungszustand landschaftlicher Ökosysteme nach den oben genannten Kriterien zu kennzeichnen. Somit kann die Bodenkunde zum Umgang mit Landschaften einen erheblichen Beitrag leisten.

Was sind nun Rohböden? Sie sind nicht gleichzusetzen mit nicht entwickelten, d.h. hinsichtlich ihrer Merkmale durch eine Pedogenese nicht differenzierten Böden. Dies ergibt sich daraus, daß in vielen Landschaften die wirkenden Kräfte nicht ausreichen, um eine schnelle Differenzierung von Merkmalen zu bewirken bzw. die Gesteine der Bodenbildung den Prozessen der Differenzierung starke Widerstände entgegenzusetzen oder nicht veränderbar sind.

Unter roh möchte ich im Sinne von Rohling etwas unfertiges verstehen. Die Übertragung dieses oben technisch verstandenen Begriffes auf Gegenstände des Naturhaushaltes kennzeichnen somit Objekte, die erst noch durch die in der Natur wirksamen Kräfte gestaltet werden.

Dies bedeutet jedoch nicht, daß die Merkmale von Rohböden beliebig sind. So sind die Merkmale von Bergbauböden

- bestimmt durch die normative Wirkung von technischen, planerischen, administrativen und gesetzlichen Vorgaben
- beschränkt auf Beziehungen von Gestein/Tiefengestein zur umgebenden Landschaft
- Informationsträger von technischen und sozioökonomischen Entwicklungen.

Durch die Kausalkette der Pedogenese erfahren die Bergbauböden eine entwicklungs- und damit auch altersabhängige Annäherung bzw. Einfügung in die umgebende Landschaft, die eine Natur-, Kultur- oder Rohlandschaft sein kann.

3. Kennzeichnung von Bergbauböden

Die Anwendung der Bodenkunde, z.B. im Umweltschutz oder zur Darstellung von Landschaftsteilen durch Böden, macht es erforderlich, daß Böden flächendeckend ausgewiesen werden können. Dazu muß eine Taxonomie vorliegen, die die Darstellung auch solcher Böden ermöglicht, die noch keiner pedogenetischen Entwicklung ermöglicht. Es stellt sich dabei die Frage, ob man sich dazu ganz auf eine Taxonomie auf der Grundlage einer Substratklassifikation (Ausgangsgestein) zurückzieht oder in die bestehende Bodensystematik eine Gruppe der „Nichtböden“ im Sinne einer fehlenden Differenzierung nach den für Rohböden genannten Kriterien

einfügt. Diese Böden wären dann als Lithosole auszuweisen und einer eigenen Klasse zuzuordnen. Dazu wurde bereits der Vorschlag unterbreitet, Autolith, Allolith und Technolith zu unterscheiden (Burghardt, 1994).

Bergbauböden lassen sich dazu durch ihre Entstehungsweise und ihre Substrat- oder Faziesmerkmale kennzeichnen. Diese sind in Tabelle 1 und 2 näher dargestellt. In der Absicht, nach erfolgter Bodenentwicklung Bergbauböden in das bestehende morphogenetische System einzuordnen, ist die Kennzeichnung anhand von Merkmalen vorzunehmen, die einen engen Zusammenhang mit einer späteren Bodenentwicklung hinsichtlich Art und Intensität aufweisen.

Tabelle 1: Entstehung von Bergbauböden unter Einschluß der Gewinnung von Steinen, Erden und Torfen

- Umlagerung von bestehenden Böden bei Tagebau und Gewinnung von Steinen und Erden, Torfen
- Freilegung natürlicher Fest- und Lockergesteine durch Abtrag bestehender Böden
- Förderung und Ablagerung nicht erz-, kohle-, salzführender Gesteine durch Tagebau und Tiefbau
- Ablagerung von bearbeiteten Gesteinen, z.B. nach Abtrennung von Erzen, Kohle etc.
- Ablagerung von Reststoffen der Verhüttung wie Schlacken und Aschen
- Ölinfiltration und Ablagerung von Bohrhilfsstoffen (Bentonit) und Bohrgut bei der Ölgewinnung

Tabelle 2: Substratmerkmale mit Einfluß auf die Bodenentwicklung

- Pedogenetische Vorprägung
- Textur, unter besonderer Beachtung des Grobbodengehaltes
- Stoffliche Zusammensetzung
- Ablagerungsart und
- Modifikation, z.B. durch Zerkleinerung, Sortierung, Anreicherung (Humus), Hitzebehandlung.

Tabelle 3: Vorschlag zur Gliederung von Bergbauböden

<u>Prozess der Bodenbildung, Bodenmerkmale</u>	<u>Bodentyp</u>
Bodenbildung wie in der freien Landschaft	u.a. Syrosole, Regosole, Braunerde, Gleye, Pseudogleye (AK Bodensystematik, 1985)
Entwickelte Böden nach Umlagerung	Phänotypen, z.B. Phänobraunerde
Entwickelte Böden nach Änderung der Faktoren der Bodenbildung	relikte Böden
Natürliche und technogene Fest- und Lockergesteinssubstrate ohne schon sichtbare Neubildung von Humus, jedoch belebt	Lithosole
- aus Unterboden abgetragener Böden	- Autolith
- aus umgelagertem natürlichem Substrat	- Allolith
- aus umgelagertem technogenem Substrat	- Technolith
- aus Gemenge umgelagerter technogener und natürlicher Substrate	- Phylolith
- aus melioriertem Substrat	- Meliolith
Böden mit hohem Grobboden (Skelett-)gehalt	Leptosole
Durch Verwehung aufgetragene Böden	Aerolith
Reduktion durch Sauerstoffzehrung (Blume, 1989) durch Gasbildung	Reductosole/Reductolithe
Carbonatisierung von Alkali- und Erdalkalioxiden	Carbonatosole
Eintrag von Stoffen in Böden (nach Schraps, 1988 ergänzt)	Intrusole/Intrulithe
- organische Flüssigkeiten, z.B. Öle	- Flüssigkeitsintrusole
- Partikel, z.B. Staub	- Partikelintrusole/-intrulithe
Versauerung durch Sulfidoxidation	Sulfosole oder schwefelsaure Böden

Nach Entstehung von Rohböden durch die Bergbauaktivitäten treten Veränderungen der Böden durch pedogenetische Prozesse der Stoffumwandlung, -freisetzung oder -festlegung, des Stofftransportes und der Stoffablagerung im Bodenprofil auf. Bei der Frage des Entwicklungszustandes von Bergbauböden und damit der Zuordnung zu Lithosolen oder entwickelten Böden besteht nun die Schwierigkeit, daß sie in einigen Fällen gleiche Merkmalskomplexe aufweisen können. So kann die Auffüllung von Hohlräumen in Schotter und Gesteinsblöcken mit Partikeln aus dem verwitterten Gestein oder aus dem Eintrag an der Oberfläche, z.B. als Stäube, erfolgen. Damit wären Intrusole und Intrulithe zu unterscheiden. Ebenso können sich reduzierende Gase im Boden nach Ablagerung leicht zersetzbarer organische Substanzen bilden oder aus dem Tiefengestein, z.B. aus kohlehaltigen Flözen und aus Gasleitungen in die Böden eindringen. Entsprechend wären Reductosole und Reductolithe zu unterscheiden.

Eine Zusammenstellung von Bergbauböden enthält Tabelle 3. Bergbauböden nehmen jedoch keine Sonderstellung ein. Vielmehr sind die aufgeführten Bodenbildungen auch anderenorts in Industrie- und Siedlungsgebieten zu finden.

Unter den in Tabelle 3 angeführten Böden weisen die grobbodenreichen und die sulfidhaltigen Böden Besonderheiten auf, die großräumig von Bedeutung sind. Bei den grobbodenreichen Böden konzentrieren sich ökologische Standortmerkmale und Prozesse auf ein verringertes Feinbodenvolumen, was sich auf die Intensität der Bodenbeanspruchung und Bodenbildung auswirken muß (Burghardt, 1993). Eine Auseinandersetzung mit Leptosolen und Partikelintrusolen ist dabei dringend erforderlich. Sulfide oxidieren, was zu extremer Bodenversauerung und damit zu Schäden führt. Beispiele aus vielen Bergbaugebieten der Erde zeigen, daß eine detaillierte Kennzeichnung sulfidhaltiger und schwefelsaurer Böden für ein besseres Management dieser Böden erforderlich ist.

Literatur:

- ARBEITSKREIS BODENSYSTEMATIK (1985): Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Mitteilg. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 44, 1-90.
- BURGHARDT, W. (1993): Boden auf Altstandorten. In: Alfred-Wegener-Stiftung (Hrsg.): Die benutzte Erde. Ernst, Berlin, 217-229.
- BURGHARDT, W. (1994): Soils in urban and industrial environments. Zeitschrift. f. Pflanzenernährung und Bodenkunde, 157, 205-214.
- BLUME, H.-P. (1989): Classification of soils in urban agglomerations. Catena 16, 269-275.
- SCHRAPS, W.G. (1989): Zur Systematik anthropogener Böden im Ruhrgebiet. Mitteilg. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 59, 981-982.

Substratverbreitung auf den Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaus in Sachsen und ihre Bedeutung

von

Abo-Rady, M., A. Weise und S. Seiffert*

Einleitung

Frisch hergestellte Kippen- und Haldenflächen in den Braunkohlerevieren Mitteldeutschlands und der Lausitz wurden im Zeitraum zwischen 1956 und 1994 nach dem DDR Fachbereichsstandards TGL 24 300 kartiert. Die Arbeitsrichtlinie Bodengeologie 1979 [4] und die Kippbodenklassifikation von WÜNSCHE et al. [8] führen zu einheitlicher Kippenbegutachtung. Seit 1995 werden die Richtlinien der Bodenkundlichen Kartieranleitung 3. und danach 4. Auflage [3] benutzt. Die gesammelten Ergebnisse auf sächsischen Flächen gehen im LfUG in das Fachinformationssystem Boden ein. Kippsubstrat- und Kippbodenkarten i. M. 1 : 10 000 werden flächendeckend mit ArcInfo hergestellt. Aggregation der Ergebnisse und deren Einbau in die BK 50 werden vollzogen. Eine zusammenfassende Auswertung der bis 1993 in Westsachsen und Ostsachsen kartierten Flächen (Tab. 1) wird vorgestellt. Umfangreiches Auswertungsmaterial kann bei den Autoren angefordert werden.

Auswertungsmethode

Als Grundlage für die Auswertung dienen die flächendeckenden Kippsubstratkarten [1]. Eine detaillierte Auswertung erfolgte zunächst tagebauweise für 14 Tagebaue in Westsachsen und 18 Tagebaue in Ostsachsen (Beispiel in Tabelle 2), dann revierweise und anschließend für Gesamtsachsen (Tab. 3, exemplarischer Ausschnitt). Bei Substratschichtung (Tab. 3, lfd. Nr. 5a) wurde das an der Oberfläche auftretende Substrat berücksichtigt. Die Substratansprache nach KA 4 im Vergleich zu TGL ist in [2] aufgezeigt. Eine herkunftsbezogene Auswertung erfolgte in Tabelle 4. Abschließend wurden die Bodenarten zusammengefaßt (Tabelle 5).

* Landesamt für Umwelt und Geologie, Halsbrücker Str. 31a, 09599 Freiberg

Ergebnisse

Aus Tabelle 2 sind am Beispiel von zwei Tagebauen die vertretenen Substratarten und deren Verbreitung ersichtlich. In Spalte 2 ist auch die geologische Herkunft angegeben (tertiär, quartär etc.). Die dominierende Substratart im Tagebau Peres ist quartärer Kipp-Kalksandlehm (74 %). Im Tagebau Laubusch sind quartärer Kipp-Reinsand (39 %), tertiärer kohleführender Kipp-Lehmsand mit quartärem Kipp-Reinsand (20 %) und quartärer Kipp-Lehmsand (15 %) vorherrschend beteiligt. Die Tagebaue unterscheiden sich individuell voneinander.

Tabelle 3 besitzt einen Umfang von 11 Seiten und gibt detaillierte Informationen zu den Bodenarten, substratsystematischen Kartiereinheiten und Flächenbilanzen der verschiedenen Substrate. Aus der Tabelle wird ersichtlich, daß viele Substrateinheiten nur mit geringen Flächenanteilen (<1 ha) vorkommen.

Die herkunftsbezogenen Substratanteile (Tab. 4) zeigen, daß in Ostsachsen zu 49 % und in Westsachsen zu 59 % "reine" quartäre Substrate als Abschlußschichten aufgebracht wurden. "Reine" tertiäre Substrate sind mit 18 % in Ostsachsen und mit 12 % in Westsachsen vertreten. Gemengeformen nehmen in Sachsen 20 % der kartierten Kippfläche ein. Vergesellschaftungen in Form von kleinflächigem Wechsel haben einen Flächenanteil von 11 %.

Aus Tabelle 5 wird ersichtlich, daß die Bodenartenhauptgruppe Sand in Ostsachsen 88 % und in Westsachsen 20 % umfaßt. Dabei haben die Lehmsande einen Anteil von 58 % in Ostsachsen und 15 % in Westsachsen.

Der Flächenanteil der Hauptgruppe Lehm beträgt in Ostsachsen <3 % und in Westsachsen 59 %. Ebenso sind Schluffe in Ostsachsen nur mit <1 % und in Westsachsen noch mit <5 % vertreten. Tone haben in beiden Revieren nur Flächenanteile <1 %. Kohle, Industrierückstände und Aschen sind ebenfalls verbreitungsmäßig unbedeutend beteiligt.

Bedeutung

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Kippsubstrate sind von Bedeutung für

- Nutzungsseignung und Ertragspotential,
- technologische Bearbeitbarkeit,
- Meliorationsmaßnahmen,
- zukünftige Bodenentwicklung und
- Bodenschutz (z. B. Belastbarkeit, Reststoff- und Abfallverwertung).

Diesbezüglich ist mit der vorliegenden Flächenstatistik die Möglichkeit zu einem breiten Auswertungsspektrum gegeben. Damit werden die bisherigen nutzungsbezogenen Auswertungen und Aggregationen fortgesetzt [5, 6, 7]. Weitere ergänzende Auswertungen sind zusammen mit dem verfügbaren Bestand an Analysendaten in Vorbereitung.

Literatur

- [1] ABO-RADY, M. und WEISE, A. (Redakt.): Kippsubstratkarten von Neulandböden in den Braunkohlenrevieren Sachsens i. M. 1 : 10.000, 98 Blätter, 1994.
- [2] ABO-RADY, M. et al.: Substratansprache auf Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaus. Braunkohle 1996 - in Druck.
- [3] AG Boden: Bodenkundliche Kartieranleitung, KA 4, 4. Auflage, 392 S., 1994.
- [4] Arbeitsrichtlinie Bodengeologie: VEB Kombinat Geol. Forschung und Erkundung Halle 1979.
- [5] GEILIG, S. und SCHWANECKE, W.: Besonderheiten des Verfahrens der forstlichen Standortserkundung für Kippen und Halden (Kippenstandorte) des Braunkohlenbergbaus im Bereich des Hügellandes der DDR.- VEB Forstprojektion Potsdam, 1989.
- [6] KOPP, D. und RUHNAU, U.: Richtlinien zur forstlichen-standortkundlichen Kartierung von Kippenstandorten.- VEB Forstprojektion Potsdam, BT Dresden, 1980.
- [7] VOGLER, E.: Die Behandlungseinheiten der Kippenböden und ihre standortsspezifische landwirtschaftliche Rekultivierung.- Zeitschr. Neue Bergbautechnik, H. 10, S. 676-679, 1980.
- [8] WÜNSCHE, M.; OEHME, W.-D.; HAUBOLD, W.; KNAUF, C.; SCHMIDT, K.-E.; FROBENIUS, A.; ALTERMANN, M.: Die Klassifikation der Böden auf Kippen und Halden in den Braunkohlenrevieren der DDR. - Neue Bergbautechnik, H. 1, S. 42-48, 1981.

Tab. 1: Flächenübersicht Braunkohlenbergbau in Sachsen

	Westsachsen (ha)	Ostsachsen (ha)	Gesamt (ha)
Landinanspruchnahme	21.300	26.500	47.800
Zu erwartende Restlochseefläche	7.400	10.700	18.100
Kartierte Kippenlandfläche	9.543	10.902	20.445
Derzeitige Bergbaubetriebsfläche und unkartierte alte Kippenlandfläche	4.357	4.898	9.255

Tab. 2: Kippsubstrate der Tagebaue Peres (West Sachsen) und Laubusch (Ost Sachsen), Stand 1993

Substratsystematische Kartiereinheit nach KA 4		Kartiereinheit, gebildet nach TGL 24 300		Häufigkeit (Anzahl)	Flächengröße			Anteil (%)
Benennung	Symbol	Benennung	Symbol		Summe (ha)	Minimum (ha)	Maximum (ha)	
Tagebau Peres								
Kipp-Kohlelehmsand	oj-xls (t)	Kipp-Kohleanlehmsand	xSI-Kp	1	1,5	1,5	1,5	0,31
Kohleführender Kipp-Schluffsand	oj-(x) us (t)	Kipp-Kohlelehmsand, schwach kohlehaltig	x'IS-Kp	3	0,8	0,2	0,5	0,17
Kipp-Kohlenormallehm	oj-xll (t)	Kipp-Kohlelehm	xL-Kp	2	1,9	0,4	1,5	0,37
Kalkführender Kipp-Lehmsand	oj-(c) ls (q)	Kipp-Kalklehmsand	clS-Kp	5	36,0	0,5	29,5	7,20
Kipp-Kalksandlehm	oj-csl (q)	Kipp-Kalksandlehm	csL-Kp	5	368,1	0,2	264,0	73,65
Kipp-Kalknormallehm mit Kipp- Kohlereinsand	oj-(xss) cll (tq)	Kipp-Gemengekalklehm	Gcl-Kp	2	91,5	0,9	90,5	18,30
			Summe	18	499,7			100,00
Tagebau Laubusch								
Kipp-Reinsand	oj-ss (q)	Kipp-Mittelgrobsand	mgS-Kp	9	302,8	2,9	71,3	38,72
Kipp-Lehmsand	oj-ls (q)	Kipp-Anlehmmittelsand	mSI-Kp	20	114,3	0,2	32,6	14,62
Kipp-Lehmsand	oj-ls (q)	Kipp-Lehmsand	lS-Kp	4	10,8	0,5	8,3	1,38
Kohleführender Kipp-Reinsand in kleinflächigem Wechsel mit Kipp- Reinsand	oj-(x) ss (t) <> oj-ss (q)	Kipp-Kohlesand, schwach kohlehaltig in kleinflächigem Wechsel mit Kipp-Mittelgrobsand	x'S-Kp<>mgS-Kp	2	8,6	2,0	6,6	1,10
Kohleführender Kipp-Lehmsand	oj-(x) ls (t)	Kipp-Kohleanlehmsand, schwach kohlehaltig	x'SI-Kp	3	48,0	2,2	31,2	6,13
Kipp-Reinsand mit kohleführendem Kipp-Reinsand	oj-(x) ss ss (tq)	Kipp-Gemengekohlesand, schwach kohlehaltig	Gx'S-Kp	8	82,0	0,0	27,8	10,49
Kohleführender Kipp-Lehmsand mit Kipp-Reinsand	oj-(ss) (x) ls (qt)	Kipp-Gemengekohleanlehmsand, schwach kohlehaltig	Gx'SI-Kp	3	157,0	8,8	113,1	20,07
Kohleführender Kipp-Lehmsand mit Kipp-Reinsand in kleinflächigem Wechsel mit Kipp-Reinsand mit kohleführendem Kipp-Reinsand	oj-(ss) (x) ls (qt) <> oj-(x) ss ss (tq)	Kipp-Gemengekohleanlehmsand, schwach kohlehaltig in kleinflächigem Wechsel mit Kipp- Gemengekohlesand, schwach kohlehaltig	Gx'SI-Kp<>Gx'S- Kp	1	11,0	11,0	11,0	1,41
Kipp-Kohleschluffsand	oj-xus (t)	Kipp-Kohlelehmsand	xIS-Kp	1	1,5	1,5	1,5	0,20
Kohleführender Kipp-Schluffsand mit Kipp-Reinsand und Sandlehm-, Tonlehmbrocken	oj-(ss+sl, t) (x) us (qt)	Kipp-Gemengekohlelehmsand, schwach kohlehaltig	Gx'IS-Kp	4	8,3	0,4	5,1	1,06
Kipp-Kalksandlehm	oj-csl (q)	Kipp-Kalksandlehm	csL-Kp	5	37,8	0,1	13,5	4,83
			Summe	60	782,0			100,00

Tab. 3: Substratverteilung auf den Kippen und Halden des Braunkohlebergbaus in Sachsen (Auswertung der bis 1993 kartierten Kippfläche),
- exemplarischer Ausschnitt -

Ifd. Nr.	Bodenarten-hauptgruppe nach KA 4	Bodenarten-gruppe nach KA 4	Substratsystematische Kartiereinheit nach KA 4		Bodenartenuntergruppe des Feinbodens, ergänzt um Grobbodenfraktion und zusätzliche Merkmale, nach KA 4		Kartiereinheit, gebildet nach TGL 24 300		Verbreitung									
			Benennung	Symbol	Benennung	Symbol	Benennung	Symbol	Ostsachsen			Westsachsen			Sachsen			
									Häufigkeit	Flächen-größe	Anteil	Häufigkeit	Flächen-größe	Anteil	Häufigkeit	Flächen-größe	Anteil	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Sand		Rein-sand																
1	s	ss	Kipp-Reinsand	oj-ss (t)	Reinsand	Ss	Kipp-Sand	S-Kp	1	0,3	0,00	4	13,1	0,14	5	13,5	0,07	
2	s	ss	Kipp-Reinsand	oj-ss (t)	Mittelsand	mS	Kipp-Mittelsand	mS-Kp	1	55,2	0,51				1	55,2	0,27	
3	s	ss	Kipp-Reinsand	oj-ss (q)	Grobsandiger Mittelsand	mSgs	Kipp-Mittelgrobsand	mgS-Kp	88	1532,2	14,05				88	1532,2	7,49	
4	s	ss	Kipp-Reinsand	oj-ss (t)	Feinsand	fS	Kipp-Feinsand	fS-Kp	1	0,8	0,01				1	0,8	0,00	
									Summe	91	1588,5	14,57	4	13,1	0,14	95	1601,6	7,83
5	s	ss	Kipp-Kiesreinsand	oj-kss (q)	Reinsand, stark kiesig	Ss, G 4	Kipp-Sandkies	sK-Kp				5	18,3	0,19	5	18,3	0,09	
5a	s	ss	Kipp-Kiesreinsand	oj-kss (q)	Reinsand, stark kiesig	Ss, G 4	Kipp-Sandkies	sK-Kp/ lx1S-Kp				5	9,4	0,10	5	9,4	0,05	
6	s	ss	Kiesführender Kipp-Reinsand	oj-(k) ss (q)	Grobsandiger Mittelsand, kiesig	mSgs, G 3	Kipp-Kiessand	kS-Kp	9	56,6	0,52	4	25,3	0,26	13	81,9	0,40	
									Summe	9	56,6	0,52	14	53,0	0,55	23	109,6	0,54
7	s	ss	Kohleführender Kipp-Reinsand	oj-(x) ss (t)	Reinsand, schwach kohlehaltig	Ss, k 2	Kipp-Kohlesand, schwach kohlehaltig	x'S-Kp	1	19,3	0,18				1	19,3	0,09	
8	s	ss	Kipp-Kohlereinsand	oj-xss (t)	Mittelsand, kohlehaltig	mS, k 3	Kipp-Kohlesand	xS-Kp	1	2,4	0,02				1	2,4	0,01	
									Summe	2	21,7	0,20	0	0,0	0,00	2	21,7	0,11

Tab. 4: Herkunftsbezogene Substratanteile

Stratigraphische Substratherkunft	Verbreitung								
	Ostsachsen			Westsachsen			Sachsen		
	Häufig- keit	Flächen- größe	Anteil	Häufig- keit	Flächen- größe	Anteil	Häufig- keit	Flächen- größe	Anteil
	Anzahl	ha	%	Anzahl	ha	%	Anzahl	ha	%
tertiär (t)	332	1933	18	125	1127	12	457	3061	15
quartär(q)	625	5358	49	273	5634	59	898	10992	54
quartär, untergeordnet tertiär (tg)	172	995	9	72	801	8	244	1796	9
tertiär, untergeordnet quartär (qt)	344	1722	16	24	235	2	368	1957	10
quartär und terciär (q+t)	21	57	1	11	174	2	32	231	1
industrierückstände (oy-Yi)	1	35,6	0,33	2	34,9	0,37	3	70,5	0,34
Aschen (oy-Yab)	6	6	0	17	138	1	23	144	1
Vergesellschaftungen (Substrate in kleinflä- chigem Wechsel)	150	795	7	45	1399	15	195	2195	11
Summe	1651	10902	100	569	9544	100	2220	20446	100

Schadstoffgehalte bauschutt- und aschehaltiger Böden in Dresden und Essen im Vergleich

von

Fuhrmann, L.*, E. Heitkemper**, D. Meier** und H. Meuser***

1. Einleitung

Bei den Böden der urban-industriellen Verdichtungsräume treten besonders die anthropogenen Auftragsböden (Deposole) flächenmäßig hervor (BLUME 1992). Außer natürlichen Fest- und Lockergesteinen werden vor allem feste technogene Substrate der Hauptkomponentengruppen Bauschutt und Aschen abgelagert (MEUSER 1991). In Abhängigkeit von der Substratzusammensetzung der meist in Gemengeformen vorkommenden Ablagerungen ergeben sich unterschiedliche Schadstoffgehalte im Boden. Dabei lassen sich den einzelnen Substraten bestimmte Schadstoffkonzentrationen zuordnen (MEUSER 1996). Inwieweit dabei auch regionale Aspekte zu berücksichtigen sind, soll im folgenden an Hand eines Vergleiches von bauschutt- und aschehaltigen Böden in Dresden und Essen dargestellt werden.

2. Untersuchungsmethoden

Im Rahmen von Bodenuntersuchungen auf städtischen Freiflächen wurden nutzungstypenabhängig Standorte von Dresden und Essen kartiert und beprobt. Bei der in beiden Fällen von den gleichen Personen durchgeführten Feldarbeit wurde besonderer Wert auf die Ansprache und Quantifizierung technogener Substrate im Boden gelegt. Die methodische Vorgehensweise der Feldarbeit findet sich bei MEUSER 1996.

Die Analyse der Schwermetalle und von Arsen erfolgte nach DIN 38414-T7 (Königswasseraufschluß, Messung mit AAS-Flammen- und Graphitrohrtechnik bzw. ICP-AES). Die Leitsubstanz der Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe, Benzo(a)pyren, wurde nach Soxhlet-Extraktion mit Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) bestimmt.

3. Untersuchungsgebiet

Die beiden Großstädte verfügen über eine Gesamtfläche von 226 km² (DD) bzw. 210 km² (E) bei einer Einwohnerdichte von 2086/km² (DD) bzw. 2971/km² (E). Die anthropogen stark überprägten Flächenanteile der jeweiligen Stadtgebiete betragen 37.0 % (DD) bzw. 35.1 % (E) bebaute Flächen, 4.9 % (DD) bzw. 9.6 % (E) Verkehrsflächen, 14.4 % (DD) bzw. 17.9 % (E) Erholungs- und Grünflächen und 3.0 % (DD) bzw. 6.3 % (E) Brachflächen (LHS DRESDEN 1995, STADT ESSEN 1990).

4. Ergebnisse

Hintergrundwerte (Tab. 1)

Das geogene Schadstoffpotential der sandig-kiesig (DD) bzw. sandig-schluffig (E) ausgebildeten Niederterrassen von Elbe (DD) und Emscher (E) ist wie beim flächenhaft hervortretenden Lößlehm

* Landeshauptstadt Dresden, Amt für Umweltschutz

** Fa. AGUS, Bochum / Dresden

*** Stadt Essen, Chemisches und Geowissenschaftliches Institut

in beiden Fällen vergleichbar. Ap-Horizonte von Löß-Ackerflächen ohne technogene Beimengungen weisen in der Tendenz höhere Werte für Cu und Pb in Dresden und für Zn in Essen auf.

Abgelagerte Bauschuttgemenge (Tab. 1 und Abb. 1)

Der Vergleich der in Böden aufgefundenen reinen Bauschuttablagerungen (vornehmlich aus Ziegel, Mörtel und Beton) von Dresden und Essen ergab, daß der Essener Bauschutt deutlich höhere Werte für As, Cd, Cu und Ni, jedoch niedrigere für Pb aufweist.

Abgelagerte Rostaschen (Tab. 1, Abb.2 und 3)

Vergleicht man die Rostaschenlagen, deren Herkunft steinkohlenbürtig ist, ergeben sich für As, Cd, Ni und Zn niedrigere und für Cu höhere Werte bei den Rostaschen aus Essen. Im Dresdener Stadtgebiet finden sich außer Rostaschen auf Steinkohlenbasis auch braunkohlenbürtige. Sie weisen bei As, Cu, Ni und Zn niedrigere und bei Cd höhere Werte auf als die Steinkohlenrostaschen.

Abgelagerte Bauschutt-Rostaschen-Gemenge (Abb.4)

Handelt es sich um Ablagerungen aus Bauschutt und Rostaschen (der Steinkohlenkraftwerke), liegen die Schadstoffwerte bei Cd, Cu und Ni auf einem vergleichbaren Niveau zwischen Dresden und Essen. Die bauschuttbedingten höheren Gehalte von Cd und Ni der Essener Standorte gleichen bei diesen Elementen die niedrigeren Gehalte der Essener Aschen aus.

5. Interpretation der Ergebnisse an Hand von Fallbeispielen (Tab. 2)

Die substratbedingten Erhöhungen der Schadstoffgehalte lassen sich in den Bodenproben horizontweise nachvollziehen. Das aus Abb. 1 herleitbare hohe Pb-Niveau des Dresdener Bauschutts (Mittelwert: 495 mg/kg) findet sich im Profil DD-Gostritz mit 385 mg/kg wieder. Auch die Cu-Erhöhung im yC1 läßt sich gut mit dem Einbau steinkohlenbürtiger Rostaschen erklären. Das Profil DD-Stetzsch zeigt im jyC, daß Gemenge aus Bauschutt und Aschen für einige Elemente (As, Cu, Zn) eine hohe Schadstoffakkumulation induzieren können. Die hohen Benzo(a)pyrengehalte sind vor allem auf die Beimengung von Teerpappenresten zurückzuführen. Wie das Beispiel E-Kray zeigt, lassen sich erhöhte Benzo(a)pyrenwerte jedoch auch auf die Beimengung (unvollständig verbrannter) Rostaschen zurückführen (1.3 mg/kg im jyC). Bodenhorizonte, die beide technologischen Komponenten aufweisen, zeigen auch in Essen deutliche Anreicherungen, vor allem durch Cd, Pb und Zn (Bsp. E-Altenessen-Süd).

6. Fazit

- Bei stadtbodenkundlichen Schadstoffuntersuchungen kommt der Ansprache und Quantifizierung technogener Substrate im Boden große Bedeutung zu.
- Bei bauschutt- oder aschehaltigen Ablagerungen ist davon auszugehen, daß nicht nur substratspezifische, sondern auch regionalspezifische Unterschiede in den Schadstoffgehalten existieren:
 - bauschutthaltige Horizonte in Dresden sind geringer mit As, Cd, Cu und Ni, aber höher mit Pb belastet
 - rostaschenhaltige Horizonte weisen in Dresden höhere As-, Cd-, Ni- und Zn-, aber niedrigere Cu-Werte auf als in Essen; große Unterschiede bestehen auch innerhalb eines Gebietes (DD), wenn zwischen Aschen auf Stein- und Braunkohlenbasis differenziert wird.

Literatur: 1) BLUME, H.-P. (Hrsg.) (1992): Handbuch des Bodenschutz. Ecomed-Verlag. / 2) LHS DRESDEN (1995): Dresden in Zahlen / 3) MEUSER, H. (1991): Verteilung unterschiedlicher technogener Bodensubstrate in Essener Stadtböden. Mitt. DBG, 66, S. 819 - 822. / 4) MEUSER, H. (1996): Technologene Substrate als Ausgangsgestein der Böden urban-industrieller Verdichtungsräume. Habilitationsschrift Universität Kiel. / 5) STADT ESSEN (1990): Flächennutzungskartierung des KVR 1988.

Tab.1: Schadstoffgehalte von geogenen Unterböden, Ap-Horizonten und technogenen Substraten im Dresdener und Essener Stadtgebiet (Mittelwerte); Angaben in mg/kg

nn = nicht nachweisbar

-- = keine ausreichende Datenbasis

	As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Benzo(a)pyren
Niederterrasse (Elbe)	5	0.1	5	7	6	20	nn
Niederterrasse (Emscher)	5	0.1	5	4	6	23	nn
Lößlehm (DD)	9	0.2	14	12	30	60	nn
Lößlehm (E)	7	0.2	9	14	15	55	nn
Ap-Horizonte (DD)	--	0.8	27	--	76	124	--
Ap-Horizonte (E)	9	0.9	15	18	51	187	nn
Bauschuttgemenge (DD)	13	0.8	22	9	495	--	--
Bauschuttgemenge (E)	15	1.5	40	21	168	610	2.7
Rostaschen (Steinkohle) (DD)	33	0.9	70	61	55	170	nn
Rostaschen (Steinkohle) (E)	12	0.6	97	54	57	150	0.3

Tab. 2: Schadstoffgesamtgehalte typischer bauschutt- und aschehaltiger Standorte im Dresdener und Essener Stadtgebiet

Bap = Benzo(a)pyren

Tiefe (cm)	Horizont	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Bap (mg/kg)	Technogener Substratanteil
Standort: Dresden-Gostritz		Nutzung: Wassergebundene Decke							
0 - 3	jC/Ai	15	0.1	3	3	6	17	< 0.1	--
3 - 9	yC1	12	0.2	65	52	53	131	--	Rostasche (> 85%)
9 - 25	yC2	8	0.1	9	7	385	--	--	Bauschutt (> 85%)
> 25	jC	11	0.5	10	10	41	--	--	--
Standort: Dresden-Stetzsch		Nutzung: Gemüsebeet							
0 - 45	jAh	23	2.2	88	20	210	408	3.7	Bauschutt (< 2%)
45 - 145	yyC	57	1.3	153	40	160	400	4.4	Braunkohlenasche (30%), Bauschutt(25%), Teerpappe
145 - 160	yC	14	1.2	72	18	21	84	--	Ziegel (> 85%)
Standort: Essen-Kray		Nutzung: Rasenfläche							
0 - 20	jAh	7	0.7	29	21	66	189	0.5	--
20 - 55	yyC	14	1.2	47	105	114	331	1.3	Rostasche (50-85%)
55 - 100	jC	12	0.4	31	29	49	149	0.3	Bauschutt (< 2%)
Standort: Essen-Altencessen-Süd		Nutzung: Gartenbrache							
0 - 30	yyAh	19	2.3	55	25	361	583	0.8	Bauschutt (15%), Rostasche (10%)
30 - 65	yyC	25	4.8	71	24	662	1074	1.1	Bauschutt (30%), Rostasche (15%)
65 - 100	IIBy	6	0.4	18	12	47	104	0.2	--

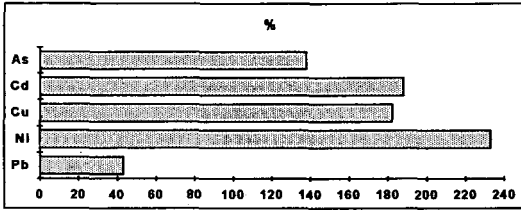


Abb.1: Schadstoffgesamtgehalte (rel.) von Schichten aus Bauschuttgemengen in Essen im Vergleich zu Dresden (= 100 %)

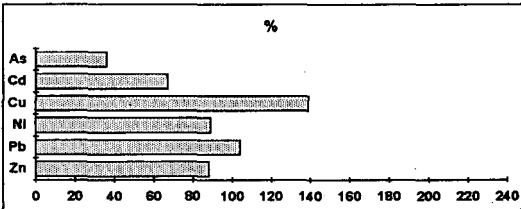


Abb. 2: Schadstoffgesamtgehalte (rel.) von Schichten aus Rostaschen (Steinkohle) in Essen im Vergleich zu Dresden (= 100 %)

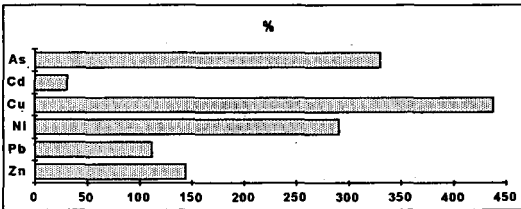


Abb. 3: Schadstoffgesamtgehalte (rel.) von Schichten aus steinkohlenbürtigen Rostaschen im Vergleich zu braunkohlenbürtigen Rostaschen in Dresden (= 100 %)

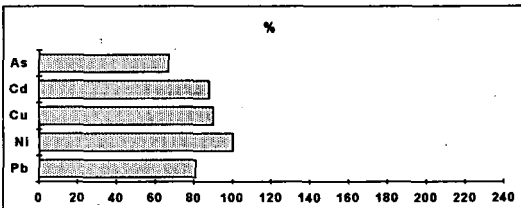


Abb. 4: Schadstoffgesamtgehalte (rel.) von Schichten aus Bauschutt-Rostaschen (Steinkohle)-Gemengen in Essen im Vergleich zu Dresden (= 100 %)

Allgemeine Merkmale sowie Säureneutralisationsvermögen, Sorptionspotential und Nährstoffstatus von Böden aus Aufträgen mit Bergbausubstraten - dargestellt am Beispiel von Profilen auf Kokerei- und Steinkohlenzechenstandorten des Ruhrgebietes

von

Hiller, D. A.

In dem seit 150 Jahren stark industriell überformten Ruhrgebiet liegen heute als Folge der Umstrukturierung und Neuorientierung der Bergbau- und Stahlindustrie große Flächen an Zechenbrachen vor. Diese Areale weichen von den Böden der sie umgebenden freien Landschaft meist stark ab. Die Böden der Zechenbrachen sind vorwiegend aus bis zu mehreren Metern mächtig aufgeschütteten Ausgangsmaterialien entstanden. Dabei wurden zumeist Schichten unterschiedlicher Mächtigkeit von technologischen Substraten - vornehmlich Bergematerial, Aschen und Bauschutt - als Monosubstrate oder im Gemenge auch mit Natursubstraten aufgebracht. Nachfolgend werden Eigenschaften und Merkmale von 5 anthropogen veränderten Zechenböden sowie eines naturnah verbliebenen Vergleichsprofils dargestellt (Tab. 1).

Tab. 1: Böden von Kokerei- und Steinkohlenzechenstandorten des Ruhrgebietes

Profil-Nr.	Bodenentwicklung	Bodenform	Nutzung z.Zt. d. Beprobung
P1	naturnah	Braunerde-Pseudogley aus Löß (Zeche Rheinelbe, GE)	Parkanlage
P2	ca. 30-60 Jahre	Braunerde aus flacher Lößabdeckung über Kohle, Koks, Bergematerial und Lößlehm sowie Bauschutt (Zeche Rheinelbe, GE)	Zechenbrache
P3	ca. 60 Jahre	Pararendzina aus Aschen und Bergematerial über tiefem Löß (Zeche Rheinelbe, GE)	Kokerei-Zechenbrache
P4	ca. 30-60 Jahre	Pseudogley-Braunerde aus Lößlehmabdeckung über Aschen, Bauschutt, Bergematerial und sandig, lehmigem Natursubstrat (Zeche Rheinelbe, GE)	Zechenbrache
P5	ca. 30 Jahre	Regosol aus Aschen über tiefem Löß (Zeche Dahlbusch, GE)	Kokerei-Zechenbrache
P6	ca. 30 Jahre	Regosol aus Aschen, Schlacken, Bergematerial über Parabraunerde aus Löß (Zeche Mont-Cenis, Herne-Sodingen)	Kokerei-Zechenbrache

Auffällig ist bei den Profilen aus Aufträgen (P2-P6) eine deutliche Verschiebung der Textur. Ständen ursprünglich auf allen drei Zechenstandorten als Substrat der Bodenbildung Lößlehme an, deren dominante Korngröße die Schluff-Fraktion darstellte, kommt es in den Schichten mit anthropogenen Sub-

straten in der Feinerdematrix zu einer Abnahme des Schluff- und Tonanteils und zu einer Zunahme der Sandfraktion. Gleichzeitig steigt der Skelettgehalt von <1 Gew.-% in den Lößlehmhorizonten auf z.T. bis >90 Gew.-% in den Auftragungsschichten (Abb. 1).

Um die Sorptions- und Nährstoffverhältnisse in den verschiedenen Profilen vergleichen zu können, sind nachfolgend die Ergebnisse unter Berücksichtigung der Lagerungsdichte und des Skelettanteils auf die Feinerderaumasse der jeweiligen Schichten des Pedons mit einer Oberfläche von 1 m² bezogen (Tab. 2).

Tab. 2: PH-Wert, Säureneutralisationskapazität (SNK_{CO3}), Kationenaustauschkapazität (KAK) und Nährstoffmengen in der Feinerderaumasse von 5 Profilen aus Substrat aufträgen (P2-P6) von Zechen- und Kokereistandorten sowie eines Vergleichsprofil (P1)

	Tiefe in dm	pH CaCl ₂	SNK _{CO3} mol _e /m ²	KAK	PDL	KDL g/m ²	MgCaCl ₂
P1) Braunerde-Pseudogley aus Löß (naturnahes Vergleichsprofil)	0-3	3,3-3,4	0	17,6	12,5	26,1	9,1
	>3-10	3,2-3,8	0	38,6	36,2	72,1	23,0
P2) Braunerde aus flacher Lößabdeckung über Kohle, Koks, Bergematerial und Lößlehm sowie Bauschutt	0-3	4,0-4,2	0	13,6	16,1	14,0	16,6
	>3-10	4,0-6,9	728	27,0	31,6	45,1	33,9
P3) Pararendzina aus Aschen und Bergematerial über tiefem Löß	0-3	7,5-8,0	46	1,9	7,5	7,7	4,1
	>3-10	6,9-7,8	175	21,0	109	69,4	47,9
P4) Pseudogley-Braunerde aus Löß- lehmabdeckung über Aschen, Bauschutt, Bergematerial, Natursubstrat	0-3	5,5-5,7	0	7,7	19,1	24,5	25,3
	>3-10	5,5-7,3	452	21,7	62,1	38,7	34,8
P5) Regosol aus Aschen über tiefem Löß	0-3	5,7-6,0	0	20,7	3,2	11,5	7,7
	>3-10	6,0-6,1	0	42,8	11,9	20,3	9,1
P6) Regosol aus Aschen, Schlacken, Bergematerial über Parabraunerde	0-3	3,3-4,0	0	24,8	6,9	9,9	3,8
	>3-10	3,2-3,4	0	67,6	13,5	46,9	12,6

Die stärkste Versauerung zeigen der naturnah erhalten gebliebene Braunerde-Pseudogley aus Löß (P1) aus dem ehemaligen Park der Zeche Rheinelbe sowie der Regosol aus Aschen, Schlacken, Bergematerial über Parabraunerde aus Löß (P6) in Herne-Sodingen. In beiden Profilen ist auch der mechanisch ungestört vorliegende Lößlehm im obersten Meter sogar bis auf pH_{CaCl2}-Werte von 3,2 versauert. Die Bodenreaktion des Regosols aus flacher Lößabdeckung über Kohle, Koks, Bergematerial und Lößlehm sowie Bauschutt (P2) variiert in den Schichten ohne Bauschuttbeimengungen zwischen 4,2-5,0. In 6-10 dm Tiefe steigt die Bodenreaktion auf einen pH_{CaCl2}-Wert von 6,9 an. Das dominierende Substrat in dieser Schicht ist ein Gemenge aus mörtelreichem Bauschutt und einem lehmig, schluffigen Natursubstrat.

Den Bodenprofilen wurden über die technogenen Substratbeimengungen (v.a. dem Bauschutt) Carbonate zugeführt. Dies bedingt auch, daß in den obersten Schichten von P3 noch eine mittlere Säureneutralisationskapazität vorhanden ist. Die Bereiche von >3-10 dm Tiefe der Profile P2 und P4,

wo ebenfalls Bauschutt vorliegt, sind durch eine als mittel bis hoch einzustufende Säureneutralisationskapazität des Carbonatpufferbereichs (SNK_{CO_3}) gekennzeichnet.

Die KAK_{pot} der Feinerdefraktion liegt in den Schichten der Substrataufträge, als auch in den Mineralbodenhorizonten des Liegenden, in der Regel nur auf einem geringen Niveau ($<80 \text{ mmol}_\ell/\text{kg}$). Die Austauscher in den Profilen P1, P2 und P6 sind darüberhinaus durch eine weitgehend vollständige Belegung mit $\text{H}+\text{Al}$ -Ionen gekennzeichnet. Diese Standorte wären aufgrund der zu erwartenden Al -Toxizität für eine Aufforstung mit Waldbäumen im derzeitigen Zustand nicht geeignet. Bilanziert man die KAK_{pot} -Gehalte der verschiedenen Schichten auf die Feinerderaummasse der Bodenprofile, so ergeben sich ausnahmslos sehr geringe bis geringe Kationenaustauschpotentiale. Gegenüber dem bereits als gering einzustufenden Kationenaustauschpotential der naturnahen Braunerde-Pseudogleys (P1), ist die bilanzierte KAK_{pot} für die Böden aus Aufträgen der Zeche Rheinelbe noch deutlich weiter erniedrigt (vgl. Tab. 2). Im Oberboden betragen die Verluste des Kationenaustauschpotentials zwischen 58% und 82%, bzw. in der $>3\text{-}10 \text{ dm}$ Zone 11-71%.

Bezogen auf die Empfehlungen für die Düngung von Acker- und Grünland nach Bodenuntersuchung der VDLUFA (1983) ist die durch den Doppellactat-Extrakt (DL) ermittelte Phosphormenge in den Böden aus Substrataufträgen der Steinkohlenzechen im Oberboden vorwiegend dann gering ($<10 \text{ g P}_{\text{DL}}/(\text{m}^2 \text{ und } 3 \text{ dm Tiefe})$) wenn keine Lößlehmabdeckung vorliegt und das Skelett berücksichtigt wird. Der überwiegend aus Natursubstrat bestehende Oberbodenbereich von P2 und P4 enthält eine dem mittleren Versorgungsbereich ($10\text{-}26 \text{ g P}_{\text{DL}}/(\text{m}^2 \text{ und } 3 \text{ dm Tiefe})$) zuordenbare Phosphormenge. Nach Bilanzierung des DL -extrahierbaren Kaliums zeigt sich, daß der Vegetation auf den Zechenstandorten nur ein geringer potentiell pflanzenverfügbarer K -Vorrat zur Verfügung steht. Mit weniger als $75 \text{ g K}_{\text{DL}}/(\text{m}^2 \text{ und } 10 \text{ dm Tiefe})$ in der Feinerderaummasse besitzen die Böden aus Aufträgen mit technologischen Substraten (P2-P6) weniger potentiell verfügbares Kalium als der naturnah verbliebene Braunerde-Pseudogley (P1) im Zechenpark, der mit nahezu $100 \text{ g K}_{\text{DL}}/(\text{m}^2 \text{ und } 10 \text{ dm Tiefe})$ eine mittlere Versorgungsstufe hat. Auch die auf das Bodenvolumen bezogenen, potentiell pflanzenverfügbaren (CaCl_2 -Extrakt) Mg -Mengen sind in den Böden (außer P4), als gering einzustufen.

Bezogen auf die bis 1 m Tiefe bilanzierten, potentiell pflanzenverfügbaren P -, K - und Mg -Nährstoffmengen in der Feinerderaummasse der Profile ist zusammenfassend festzustellen, daß die Steinkohlenzechenareale nach Produktionseinstellung vorwiegend mesotrophe, z.T. oligotrophe Standorte darstellen. Zu berücksichtigen ist aber die Tatsache, daß - im Gegensatz zum Nutzpflanzenaufwuchs in der Landwirtschaft - an eine Begrünung von Zechenarealen keine besonderen Ertragserwartungen gestellt werden müssen. Eine weitere Nährstoffzufuhr in die Böden nach oder durch Sanierungsarbeiten bzw. landschaftspflegerischer Überarbeitungen des Geländes sollte unterbleiben. Eine Aufkalkung der stark

versauerten Bereiche wäre aber zur Erhaltung des niedrigen Kationenaustauschpotentials sowie zur Reduzierung einer Al-Toxizität und Schwermetallmobilität unabdingbar.

Literatur:

VDLUFA (1983): Richtwerte für die Düngung nach Bodenuntersuchungsergebnissen. Landwirtschaftskammer Rheinland, Weberstr. 59-61, D-53113 Bonn.

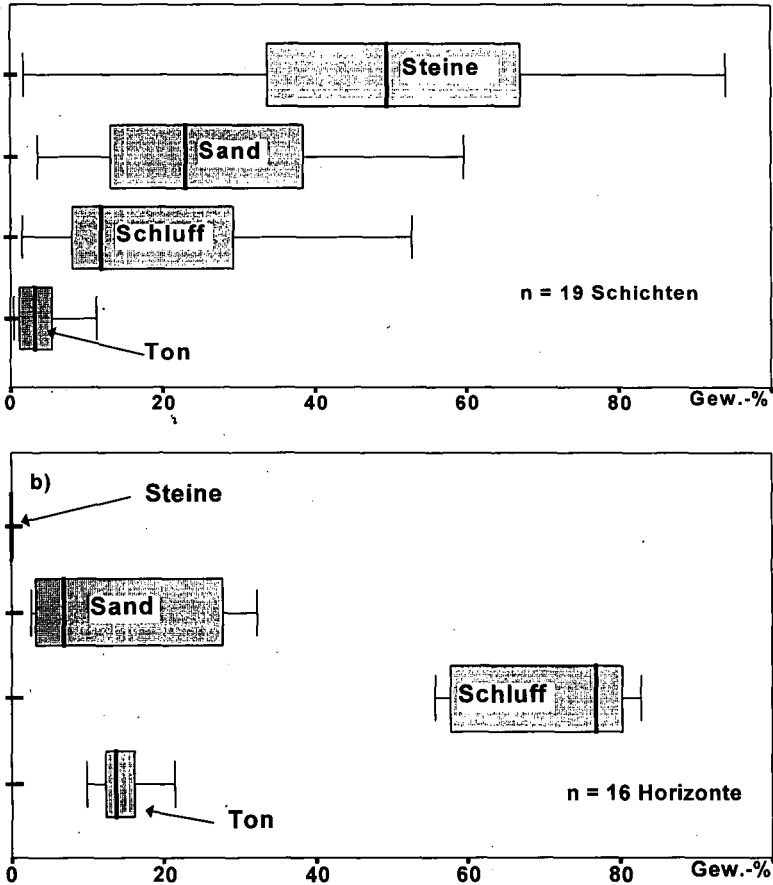


Abb. 1: Zusammensetzung der Korngrößenfraktionen (in Gew.-%) aus den Schichten anthropogener Aufträge (a) und in den Horizonten nicht veränderter Bereiche (b) von 6 Profilen ehemaliger Zechestandorte des Ruhrgebietes

Box-Plot: Minimum, 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil, Maximum)

Bodenbildung und chemische Eigenschaften des Kalksteinbruches Hofermühle-Süd bei Heiligenhaus

von

Hoffrogge, E. H. und W. Burghardt*

1 Geschichte des Steinbruchs Hofermühle-Süd

Das Untersuchungsgebiet, gelegen im südlichen Ruhrgebiet, wurde im Jahre 1906 als Steinbruch erschlossen.

2 Umgebende Landschaft und Klima

Der Steinbruch Hofermühle-Süd bietet einen Aufschluß der Massenkalksteine des Velberter Sattels, des nördlichsten Großsattels des Rheinischen Schiefergebirges. Die umgebende Landschaft bildet die Mettmanner Lößterasse mit tiefgründigen Parabraunerden.

950 mm Niederschlag im langjährigen Mittel (Deutscher Wetterdienst, 1960) und eine recht hohe Jahresmitteltemperatur von 9 °C sind wichtige Voraussetzungen für eine Lösungsverwitterung sowie für einen größeren Wassereinfluß bei der weiteren Bodenbildung im Untersuchungsgebiet.

3 Morphologie

Der Steinbruch (ca. 8 ha) wird begrenzt durch die durch eine Berme gestufte Abbauwand im Südosten und im Nordwesten zum Angerbachtal hin durch zwei langgestreckte Abraumhalden. Die Morphologie des Steinbruchs und seine Exposition bedingen deutliche kleinklimatische Unterschiede. Während die süd-östlich exponierten Flanken der Abraumhalden und vor allem der Nordbereich der Grubensohle stark besonnt werden, liegen die nach Nord-Westen exponierte Steilwand mit der Berme sowie der südliche Teil der Sohle deutlich länger im Schatten.

4 Substrate

Die Lösung des Gesteins durch Sprengung hinterläßt eine sehr raue unebene Oberfläche. Diese wurde auf der Grubensohle und auf der Berme offenbar mit Kalksteinschotter eingeebnet. In Verbindung mit abgelagertem Staub und Feinmaterial, das durch mechanische Beanspruchung an der Oberfläche abgerieben wurde, ist so über dem Festgestein eine bis zu 40 cm mächtige Lockergesteinsdecke mit wechselnden Anteilen von Feinmaterial, Grus und Steinen entstanden.

Sowohl auf der Grubensohle als auch auf der Berme hat sich am Fuß der Steilhänge Hangschutt in Form von Blöcken, Steinen und Grus angesammelt. In einigen Abschnitten der Berme hingegen wurde Löß und Lößlehm abgelagert, der aus der im Osten angrenzenden höhergelegenen Ackerfläche erodiert wurde.

Das Material der Abraumhalden setzt sich zusammen aus silikatreichem und daher nicht abbauwürdigem Kalkstein und nicht verwertbarem Feinmaterial, zudem Kies und Löß aus Füllungen von Gesteinsklüften.

5 Profiltypen

Die Rendzina aus Kalksteinlockermaterial über unverwittertem massivem Kalkstein (s. Abb. 1) ist

* FB 9, Abt. Angewandte Bodenkunde, Universität-GH Essen, Universitätsstr. 15, D-45117 Essen

der dominierende Bodentyp des Steinbuchs. In einem trockenen, relativ sonnenexponierten Bereich mit geringmächtiger Lockergesteinsdecke hat kleinräumlich die Bodenbildung dagegen erst das Stadium eines Lockersyrosems erreicht.

Übergangsstadien der Rendzinen zu Pseudogleyen sind in Senken auf der Steinbruchsohle entstanden, wo der unter dem Lockermaterial anstehende Kalkstein als Staukörper wirkt. Hydromorphe Einflüsse bei der Bodenbildung sind auch an den Böschungen der Abraumhalden festzustellen. Ursache ist hier Hangzugwasser.

Aus dem am Ostrand der Grube eingeschwemmten und mit Kalksteinschotter und -feinmaterial vermischten Lößlehm haben sich Regosol-Rendzinen gebildet.

Die zwei charakteristischen Bodentypen - Rendzina und Pseudogley-Rendzina - sollen im folgenden vorgestellt werden.

5.1 Rendzina

Tab. 1: Profilbeschreibung einer Rendzina im Steinbruch Hofermühle-Süd

Profil S 32		Bodentyp: Rendzina													
Horizont	Tiefe [cm]	Beschreibung													
Ah	0-7	dunkel braungrau (10 YR 4/2); Lehm, sandig; feines bis sehr feines Subpolyedergefüge; extrem stark durchwurzelt - Wurzelfilz; mittel humos; (extrem) carbonatreich													
Ah Cv	7-13	graubraun (10 YR 5/3); Fein- bis Grobgrus, lehmig, sandig; sehr feines Subpolyedergefüge; sehr stark durchwurzelt; schwach humos; (extrem) carbonatreich													
ICv	13-20	graubraun (10 YR 5/4); Fein- bis Grobgrus mit Steinen, sandig; schwach durchwurzelt; extrem carbonatreich													
mCn	20-21+	Kalkstein													
Chemische Kennwerte															
		pH	CaCO ₃	C _{org}	N	DL-P	DL-K	Zn	Pb	Ni	Fe	Al	Mn	Cd	Cu
			[%]			[mg/100g]		[mg/kg]							
Ah	0-7	7,5	40	4,1	0,28	0	0,3	nicht bestimmt							
Ah Cv	7-13	7,6	48	2,9	0,14	0	0	nicht bestimmt							
ICv	13-20	7,8	65	0,4	0,06	0	0	780	136	60	21910	2770	838	1,54	38
Abgeleitete Kennwerte															
nutzbare Feldkapazität des durchwurzelten Feinbodens (nFKWe) [mm]												26			
Luftkapazität [Vol-%]												13-26			
kf-Wert [cm/d]												100 ->300			
Kationenaustauschkapazität [mmol/z/100g Feinboden]												2-19			
1 Tiefe unter GOF															

Das hier vorgestellte Bodenprofil repräsentiert Böden, die große Bereiche der Steinbruchsohle und der östlichen Berme bedecken.

Insgesamt ist der Boden sehr flachgründig. In Verbindung mit dem hohen Skelettgehalt erhält er eine sehr geringe nutzbare Feldkapazität. Die Luftkapazität ist dagegen hoch bis sehr hoch. Die Wasserleitfähigkeit ist im Oberboden hoch. Sie nimmt mit der Bodentiefe aufgrund des steigenden Skelettgehaltes noch weiter zu. Die Kationenaustauschkapazität ist im Oberboden hoch, nimmt aber mit steigendem Skelettgehalt in der Tiefe ab und ist im ICv nur noch als gering zu bewerten.

Die pH-Werte der Bodenhorizonte liegen im basischen Bereich, wobei im Oberboden eine leichte Entbasung festzustellen ist.

Die Nährstoffversorgung des Bodens ist sehr unausgewogen: Die N-Vorräte sind als mittel, die Kaliumgehalte dagegen als sehr gering einzustufen. Phosphat ist nicht nachweisbar.

Auffällig sind die hohen Gehalte an Schwermetallen im Feinanteil des Ausgangsgestein. Dies deutet auf Vererzungen des Kalksteins hin, die im niederbergischen Land durchaus verbreitet sind.

5.2 Pseudogley-Rendzina

In Senken und Mulden der Steinbruchsohle, die zudem aufgrund ihrer Lage weniger sonnenexponiert sind, weisen die Böden hydromorphe Merkmale auf - bei dem hier vorgestellten Profil ab 23 cm Bodentiefe. Ab 40 cm Bodentiefe trat zum Kartierungstermin Stauwasser auf. Der Wasserspiegel kommuniziert offensichtlich mit dem Wasserspiegel des nördlich gelegenen Teiches. Als Staukörper ist der massive unverwitterte Kalkstein anzunehmen. Da der Teich im Sommerhalbjahr völlig austrocknet, ist das Wasser als Stauwasser zu bezeichnen, das Bodenprofil somit als Pseudogley-Rendzina.

Tab. 2. Profilbeschreibung einer Pseudogley-Rendzina im Steinbruch Hofermühle-Süd

Profil S 2		Bodentyp: Pseudogley-Rendzina														
Horizont	Tiefe [cm]	Beschreibung														
Of	3	organischer Horizont mit Pflanzenresten und deutlichem Anteil an org. Feinsubstanz														
Oh	3	organischer Horizont aus überwiegend org. Feinsubstanz, weniger Pflanzenreste														
Aih	0-3	dunkel bräunlichgrau (7.5 YR 3/1,5); lehmiger Schluff, feingrusig; Krümelgefüge; extrem stark durchwurzelt; carbonatreich; humos														
I Cv	3-13	Kalksteinlage (Korngröße: 63-200 mm)														
II ICv	13-23	dunkelbraun (7.5YR 6/6); Grobgrus, lehmig; sehr stark durchwurzelt; extrem carbonatreich														
II ICv/Sw	23-40+	dunkelbraun (7.5YR 6/6); Rostfleckung; Grobgrus, lehmig; stark durchwurzelt; extrem carbonatreich; ab 40 cm Stauwasser														
Chemische Kennwerte																
		pH	CaCO ₃	C _{org}	N	DL-P	DL-K	Zn	Pb	Ni	Fe	Al	Mn	Cd	Cu	
		[%]					[mg/100g]		(mg/kg)							
Aih	0-3	6,9	14	19,8	1,58	0	3	nicht bestimmt								
II ICv + II ICv/Sw	13-40	7,6	55	1,6	0,13	0	0	549	57	52	23010	6400	785	0,56	28,4	
Abgeleitete Kennwerte																
nutzbare Feldkapazität des durchwurzeltten Bodens (nFKWe) [mm]											25					
Luftkapazität des Feinbodens [Vol-%]											12-13					
kf-Wert des Feinbodens [cm/d]											40 - >300					
Kationenaustauschkapazität [mmol/z/100g Feinboden]											18-21					
Tiefe unter GOF, bei Auflagehorizonten (L, Of, Oh) jedoch Mächtigkeit																

Die abgeleiteten Kennwerte liegen in denselben Bereichen wie die der oben beschriebenen Rendzina. Im Aih hat durch die Humusanreicherung eine deutliche pH-Absenkung bis in den neutralen Bereich stattgefunden. Der Bodenreaktion des Unterbodens ist dagegen basisch.

Die N-Vorräte des Bodens sind als hoch bis sehr hoch einzustufen. Der Kaliumgehalt des Aih ist als gering zu bezeichnen. Phosphat dagegen ist wiederum nicht nachweisbar.

Die Schwermetallgehalte des Ausgangsgestein sind wie bei der o.g. Rendzina recht hoch.

6 Bedeutung der Bodeneigenschaften für den Landschafts- und Naturschutz

Das Wasserspeichervermögen der untersuchten Böden ist überwiegend als sehr gering einzustufen. In Verbindung mit den recht hohen Jahresniederschlägen, deren Maximum im Juli und August liegt, sind die Böden somit durch einen häufigen und raschen Wechsel zwischen Austrocknung und Wassersättigung gekennzeichnet.

In den verbreiteten kleinräumlichen Senken und Mulden, wo der unverwitterte Kalkstein als Staukörper wirkt, muß die Vegetation zudem Staunässe tolerieren können.

Die pH-Werte der untersuchten Böden liegen überwiegend im basischen Bereich. Die Vegetation hat sich hieran durch die verbreitete Ausbildung von artenreichen Kalkmagerwiesen angepaßt.

Zudem bildet der anstehende Kalkstein einen wirksamen Puffer gegen Säureinträge aus der Luft - sowohl für die Vegetation als auch für das sich unter dem Kluffgestein sammelnde Grundwasser.

Eine weitere Voraussetzung für das Auftreten von Magerrasen ist die geringe Versorgung des Bodens mit Nährstoffen. Diese ist im Steinbruch bei den Elementen P und K deutlich zu erkennen. Phosphat konnte nur in dem erodierten Lößlehm auf der östlichen Berme nachgewiesen werden. Die Kaliumgehalte sind grundsätzlich als sehr gering einzustufen. Dabei hat durch Staubeintrag sowie infolge der Verwitterung des Kalksteins und des Nährstofftransports durch die Vegetation im Oberboden eine gewisse Kaliumanreicherung gegenüber dem Ausgangsgestein stattgefunden. Im Steinbruch Hofermühle-Süd sind somit im Laufe der ca. 60-jährigen Entwicklungsgeschichte Böden entstanden, die vor allem aufgrund ihrer ökologischen Eigenschaften eine Sonderstellung gegenüber den tiefgründigen Parabraunerden der umgebenden Lößplatte einnehmen. Hierdurch bieten sie Lebensraum für Biozöosen, die in Nordrhein-Westfalen selten oder vom Aussterben bedroht sind.

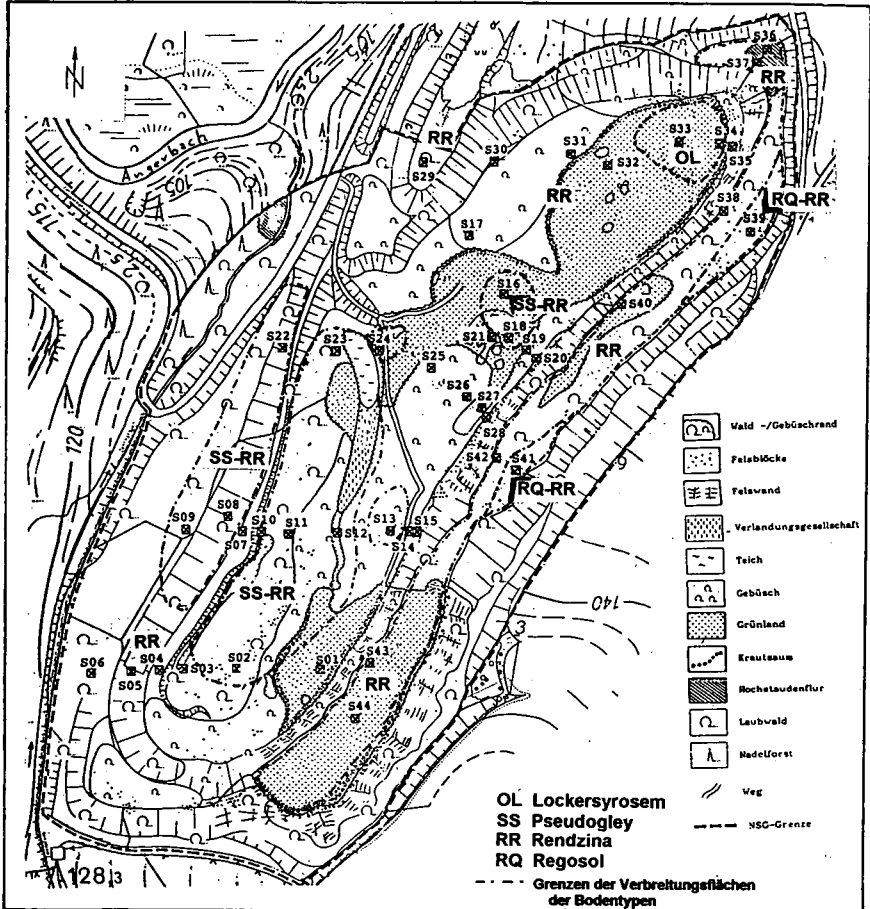


Abb. 1: Verbreitung von Bodentypen im Steinbruch Hofermühle-Süd (M 1:2500)
(Burghardt, W u. Hoffrogge E.H., 1995, verändert)

Literatur

- Burghardt, W. u. Hoffrogge E.H (1995): Naturschutzorientierte biologische Arbeiten im Naturschutzgebiet "Steinbruch Hofermühle-Süd". - Acta Biol. Benrodis, Suppl. 2 15-32
Deutscher Wetterdienst (1960): Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen. Offenbach a.M.

Zum Kulturwert der Deckgebirgsschichten und zur Bodentypenentwicklung auf den Kippenstandorten der Lausitz

von

Katzur, J. und M. Haubold-Rosar*

Die erste Gliederung zum Kulturwert der Deckgebirgsschichten erstellte KNABE (1952, 1955, 1959). Auf den damaligen Erfahrungen bei der Wiedernutzbarmachung der Kippen aufbauend, unterschied er 5 Kulturwertklassen. Die wichtigsten Einteilungskriterien waren die Eignung der Abraumsstrate für die Folgenutzung (z.B. Landwirtschaft, Forstwirtschaft), pflanzenschädliche Beimengungen sowie grobe Unterschiede in der Bodenart. Später haben LORENZ und WÜNSCHE (1969) auf der Grundlage neuer Ergebnisse zur Fruchtbarkeit der grundmeliorierten tertiären Abraumsstrate (ILLNER und KATZUR 1964 a, b, c, 1968, KATZUR 1965) eine Neueinteilung der Deckgebirgsschichten vorgenommen.

Die in den letzten 10 bis 15 Jahren durchgeführten ertragskundlichen Erhebungen auf den Praxisflächen und die Auswertung der älteren, 30- bis 35jährigen Rekultivierungsversuche haben gezeigt, daß das Leistungspotential der Kippenböden vor allem von der Körnungsart bestimmt ist und die kohlehaltigen tertiären Abraumsstrate nach dauerhafter Verbesserung der Aziditäts-, Humus- und Nährstoffverhältnisse vielfach ein höheres Ertragsvermögen besitzen als die quartären Sande und Anlehmsande. Hiernach war eine Neubewertung der Deckgebirgsschichten und der daraus entstandenen Kippsubstrate bzw. -substratgemische notwendig. Ausgeschieden wurden 7 Kategorien, geordnet nach den Substrattypen und deren Eignung für die Folgenutzung.

Die Kippböden im Lausitzer Braunkohlenrevier sind im Allgemeinen nicht älter als 50 Jahre. Die Bodenbildung befindet sich noch in einer Anfangsphase, in der vor allem das Ausgangssubstrat, aber auch die Grundwasserflurabstände und Rekultivierungsmaßnahmen (Grundmelioration, Düngung) einen entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung und die Eigenschaften der Böden haben. Es handelt sich überwiegend um Lockersyrose (ca. 75 % der Fläche) und Regosole (20 %). In carbonathaltigen Geschiebemergeln haben sich auch Pararendzinen gebildet. Eine Weiterentwicklung z.B. zu Braunerden und Podsolen ist erst langfristig zu erwarten. Nur etwa 1 % der Kippenflächen in der Lausitz sind als potentielle Pseudogleystandorte anzusehen. Eine Beeinflussung der Bodenentwicklung durch Grundwasser tritt gegenwärtig aufgrund der andauernden Sumpfungmaßnahmen ebenfalls nur kleinflächig auf.

[Der vollständige Beitrag wurde bei der Zeitschrift "Neue Bergbautechnik" zur Veröffentlichung eingereicht.]

*) Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB), Brauhausweg 2, 03238 Finsterwalde

Chemische Eigenschaften eines Braunkohletagebau-Haldensediments nach der Pyritoxidation: Untersuchungen und thermodynamische Modellierungen

von

Ludwig, B., R. Balkenhol und J. Prenzel*

Einleitung

Die in Braunkohletagebauen aus der Pyritverwitterung resultierenden Folgereaktionen führen zu drastischen Änderungen der chemischen Zusammensetzung von Grubenwässern und Haldensedimenten. In den Grubenwässern sind niedrige pH-Werte und hohe Fe-, SO_4 -, und Al-Konzentrationen zu finden, während in der Festphase Auf- und Abbau sekundärer Mineralphasen (karbonatisch, hydroxidisch, sulfatisch, silikatisch) und Kationenaustausch stattfindet (Kölling, 1990; Wisotzky, 1994).

Geochemische Gleichgewichts- und kinetische Modelle werden verwendet, um die Pyritoxidation und deren Folgereaktionen quantitativ zu beschreiben (Kölling, 1990, Strömberg und Banwart, 1994, van Berk und Wisotzky, 1995). Eine Schwäche vieler Modelle ist aber, daß Kationenaustausch bei der Modellierung nicht berücksichtigt wird.

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war es, die chemischen Eigenschaften eines Braunkohletagebau-Haldensediments nach der Pyritoxidation mit Hilfe von konsekutiven Batchversuchen experimentell zu untersuchen und unter Anwendung eines geochemischen Gleichgewichtsmodells, welches anorganische Komplexe, Salzphasen und multiplen Kationenaustausch berücksichtigt, zu beschreiben. Sorptionsexperimente wurden durchgeführt, um die Bedeutung des Kationenaustausch zu untersuchen. Ein Neutralisationsexperiment wurde ausgeführt, um die Entsauerung des Sedimentes durch Kalkzuschlag zu studieren.

Material und Methoden

Als Sedimentprobe wurde ein zum Teil verwittertes (FeS_2 zu ca. 15% oxidiert) Haldensediment aus dem Tagebau Garzweiler verwendet (Neurather Sand 6D, Pyritschwefelgehalt vor der Oxidation: 0.8 Gew.% S). Eine ausführliche Beschreibung des Tagebaus ist bei Wisotzky (1994) zu finden. Zugesezte Testlösungen waren Wasser (Versuchsreihe A), 1 mM CaCl_2 (B), 100 mM CaCl_2 (C) und 10 mM NaOH (D). Für alle Versuchsreihen wurde im 0. Schritt 100 ml Wasser zu 100 g Sedimentprobe gegeben und 24 h zur Gleichgewichtseinstellung gewartet. Nach dem Absaugen wurde 50 ml der Lösung zur Analyse (ICP-AES, pH) gegeben, die andere Hälfte wurde zusammen mit 50 ml der jeweiligen Testlösung dem Filtrationsrückstand wieder zugesezt. Nach weiteren 24 h wurde abgeseugt. Die Extraktion wurde über 6 Versuchsschritte fortgesetzt.

Modellstruktur

Modellierungen wurden mit dem Programm BEM (Batch Equilibrium Model; Prenzel, 1991) durchgeführt. Tabelle 1 zeigt die vom Modell verwendeten Gleichgewichtsreaktionen. Als Vereinfachung wurde angenommen, daß Fe in der Lösungsphase als Fe^{3+} vorliegt. Der Einfluß der Silikatverwitterung wurde nicht berücksichtigt, scheint aber gegenüber den Kationenaustauschprozessen in der kurzen Versuchszeit und den vorliegenden pH-Werten in erster Näherung vernachlässigbar.

* Institut für Bodenkunde und Waldernährung, Universität Göttingen, Büsingenweg 2, 37077 Göttingen

Tabelle 1: Der Satz heterogener (1-9) und homogener (10-31) chemischer Reaktionen für den im Modell das Vorhandensein gekoppelter Gleichgewichte angenommen wird.

i	Reaktion	pK _i ^a	i	Reaktion	pK _i ^a
1	Al(OH) ₃ ^s ⇌ Al ³⁺ + 3 OH ⁻	32.3 ^c	16	Al ₃ (OH) ₄ ⁵⁺ ⇌ 3 Al ³⁺ + 4 OH ⁻	42.06 ^c
2	Fe(OH) ₃ ^s ⇌ Fe ³⁺ + 3 OH ⁻	37.0 ^b	17	Al ₁₃ (OH) ₃₂ ⁷⁺ ⇌ 13Al ³⁺ + 32 OH ⁻	349.3 ^e
3	CaSO ₄ ^s ⇌ Ca ²⁺ + SO ₄ ²⁻	4.66 ^c	18	FeOH ²⁺ ⇌ Fe ³⁺ + OH ⁻	11.8 ^f
4	XNa+ H ⁺ ⇌ Na ⁺ + XH	P ₁ ^d	19	Fe(OH) ₂ ⁺ ⇌ Fe ³⁺ + 2 OH ⁻	22.3 ^f
5	XK + H ⁺ ⇌ K ⁺ + XH	P ₂ ^d	20	Fe(OH) ₃ ⁰ ⇌ Fe ³⁺ + 3 OH ⁻	28.9 ^f
6	1/2 X ₂ Mg + H ⁺ ⇌ 1/2 Mg ²⁺ + XH	P ₃ ^d	21	Fe ₃ (OH) ₄ ⁵⁺ ⇌ 3 Fe ³⁺ + 4 OH ⁻	49.7 ^f
7	1/2 X ₂ Ca + H ⁺ ⇌ 1/2 Ca ²⁺ + XH	P ₄ ^d	22	NaSO ₄ ⁰ ⇌ Na ⁺ + SO ₄ ²⁻	0.697 ^f
8	1/3 X ₃ Al + H ⁺ ⇌ 1/3 Al ³⁺ + XH	P ₅ ^d	24	CaSO ₄ ⁰ ⇌ Ca ²⁺ + SO ₄ ²⁻	2.309 ^f
9	1/3 X ₃ Fe + H ⁺ ⇌ 1/3 Fe ³⁺ + XH	P ₆ ^d	25	MgSO ₄ ⁰ ⇌ Mg ²⁺ + SO ₄ ²⁻	2.229 ^f
10	H ₂ O ⇌ H ⁺ + OH ⁻	14.0 ^g	26	AlSO ₄ ⁺ ⇌ Al ³⁺ + SO ₄ ²⁻	3.2 ^f
11	AlOH ²⁺ ⇌ Al ³⁺ + OH ⁻	9.03 ^e	27	FeSO ₄ ⁺ ⇌ Fe ³⁺ + SO ₄ ²⁻	4.150 ^f
12	Al(OH) ₂ ⁺ ⇌ Al ³⁺ + 2 OH ⁻	18.7 ^e	28	Fe(SO ₄) ₂ ⇌ Fe ³⁺ + 2 SO ₄ ²⁻	5.381 ^f
13	Al(OH) ₃ ⁰ ⇌ Al ³⁺ + 3 OH ⁻	27.0 ^e	29	CO ₂ ^{aq} + H ₂ O ⇌ CO ₂ ^{aq}	1.5 ^h
14	Al(OH) ₄ ⁻ ⇌ Al ³⁺ + 4 OH ⁻	33.0 ^e	30	CO ₂ ^{aq} + H ₂ O ⇌ CO ₃ ²⁻ + 2 H ⁺	16.7 ^f
15	Al ₂ (OH) ₂ ⁴⁺ ⇌ 2 Al ³⁺ + 2 OH ⁻	20.3 ^e	31	HCO ₃ ⁻ ⇌ CO ₃ ²⁻ + H ⁺	10.3 ^f

^a Gleichgewichtskonstanten K für 25 °C, pK = -log₁₀(K). ^b Löslichkeitsprodukt, siehe Lindsay, 1988; Borggaard, 1990. ^c Löslichkeitsprodukt (Lindsay, 1979). ^d X entspricht einer negativen Ladung des Kationenaustauschers, P1-6: Austausch-Selektivitätskoeffizienten, Modellparameter. ^e (Baes & Mesmer, 1976). ^f (Lindsay, 1979). ^g Ionenprodukt, ^h Henry Konstante

Modellparameter

Die zu Versuchsbeginn vorhandenen Mengen der Salze Al(OH)₃, Fe(OH)₃ und CaSO₄ wurden anhand Sättigungsindex(SI)-Berechnungen und Konzentrationsverläufen erhalten: Al(OH)₃: 0 mmol kg⁻¹, Fe(OH)₃: unbegrenzte Menge bei den Versuchsbedingungen, CaSO₄: 8 mmol kg⁻¹. Die Austauscherbelegung zu Versuchsbeginn (Tab. 2) und Kationenaustauschselektivitätskoeffizienten (Bruggenwert und Kamphorst, 1979) (Tab. 3) wurden durch Parameteranpassung erhalten. Das Modell schätzt, daß durch die Pyritoxidation die Fe-Belegung des Kationenaustauschers auf 50 Äquivalentprozent und die Al-Belegung (durch z.B. Auflösung von Al(OH)₃) auf über 10 Äq.-Prozent angestiegen sind (Tab. 2):

Tab. 2: Austauschbare Kationen in mmol(+) kg⁻¹ zu Versuchsbeginn.

H ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺
0.5	0.01	1	6.5	6	4	18

Tab. 3: Austauschselektivitätskoeffizienten, umgerechnet in pK_{U/Cr}.

H ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺
1.9	-0.8	0.6	0.3	0.5	0.8

Ergebnisse

In Abb. 1 - 3 werden die Ergebnisse des Experiments und der Modellierung für die Versuchsreihen A, C und D gezeigt. Bei der Versuchsreihe A (Testlösung: H₂O, Abb. 1) sind die dominierenden Prozesse Gipsauflösung und Eintausch von Ca gegen andere Kationen. Das Modell schätzt, daß die Ca-Belegung in den 6 Versuchsschritten von 16 auf 24 Äquivalentprozent ansteigt. Bei der Reihe B (Testlösung: 1 mM CaCl₂, nicht gezeigt) sind die Konzentrationsverläufe ähnlich wie bei Reihe A.

Abb. 2 (Testlösung: 100 mM CaCl₂, Reihe C) zeigt die große Bedeutung des Kationenaustauschs als Folgereaktion der Pyritoxidation. Bei Zugabe von 100 mM CaCl₂ werden hohe Mengen an austauschbarem Fe und Al mobilisiert, welche vor der Pyritoxidation nicht austauschbar gebunden waren. Man findet für diese Kationen Konzentrationsmaxima und ein pH-Minimum. Diese Extremwerte sind durch Kationenaustausch begründet. Bei der Reihe C stimmen modellierte und experimentelle Werte recht gut überein. Für Na liegen möglicherweise analytische Fehler vor. Das Modell über-

schätzt die pH-Werte und Fe-Konzentrationen; dies deutet darauf hin, daß das im Modell verwendete Löslichkeitsprodukt von $\text{Fe}(\text{OH})_3$ als hoch angenommen wurde. Der Verlauf der Sulfatkonzentration wird gut wiedergegeben. Das Modell berechnet, daß die Festphase (aufgrund des hohen Ca-Angebots) bis zum vierten Versuchsschritt Gips enthält.

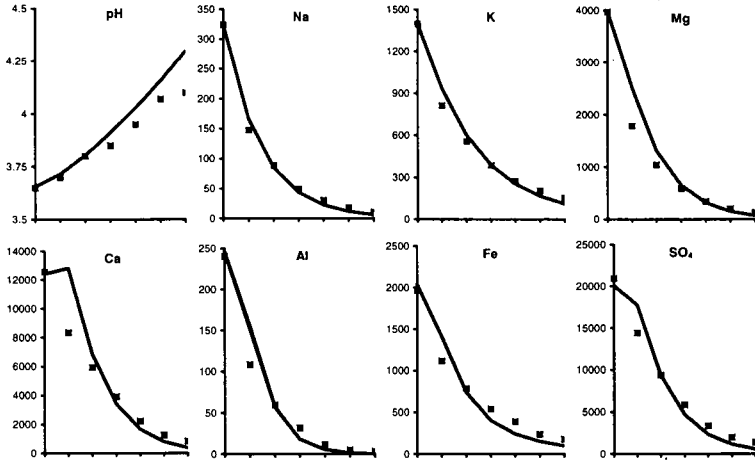


Abb. 1: Konzentrationsverläufe in $\mu\text{mol/l}$ und pH versus Versuchsschritte. Testlösung: H_2O (Versuchsreihe A). Punkte: Meßwerte, Linien: Modellergebnisse.

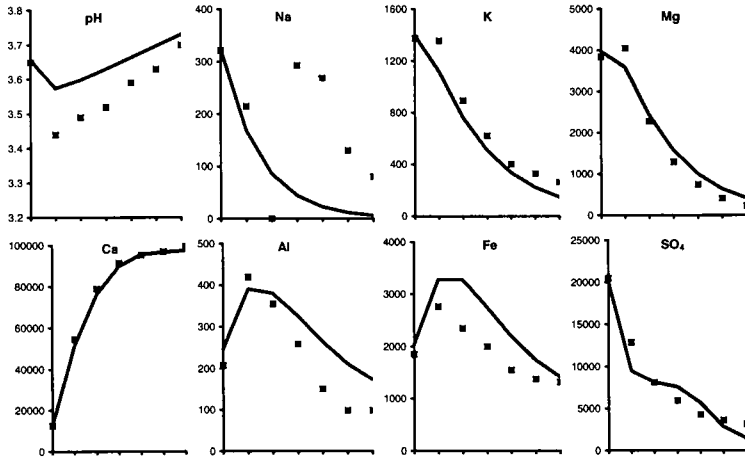


Abb. 2: Konzentrationsverläufe in $\mu\text{mol/l}$ und pH versus Versuchsschritte. Testlösung: 100 mM CaCl_2 (Reihe C). Punkte: Meßwerte, Linien: Modellergebnisse.

Abb. 3 zeigt die Ergebnisse einer Säurepufferung durch zugesetzte Lauge (Reihe D, Testlösung: 10 mM NaOH). Die gemessenen Werte stimmen sehr gut mit den modellierten überein. Das Modell berechnet, daß Fe und Al als Hydroxide festgelegt werden, und daß Na (zugesetztes Ion) und Ca

(Gipsauflösung und hohe Lösungskonzentration) die Kationen Fe, Al und H vom Austauscher verdrängen. Zugesezte Lauge erhöht den Lösungs-pH-Wert erst nachdem austauschbares Fe und Al als Hydroxide festgelegt sind (Abb.3).

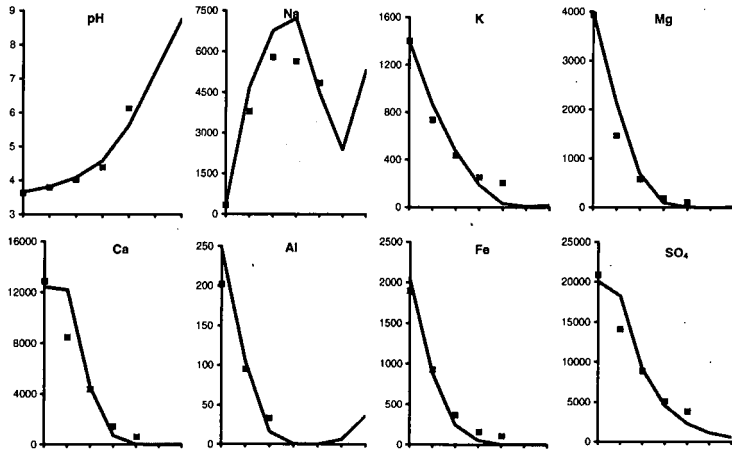


Abb. 3: Konzentrationsverläufe in $\mu\text{mol/l}$ und pH versus Versuchsschritte. Testlösung: 10 mM NaOH (Reihe D). Punkte: Meßwerte, Linien: Modellergebnisse.

Diskussion

Das Modell gekoppelter Gleichgewichte, welches multiplen Kationenaustausch, Salzphasen und anorganische Komplexe berücksichtigt, scheint ausreichend, um die chemischen Eigenschaften des teilweise oxidierten Haldensediments zu beschreiben. Die experimentellen und Modellierungsergebnisse (Tab. 2, Abb. 1 - 3) zeigen, daß durch Kationenaustausch ca. 18 mmol(+) kg^{-1} Fe und 4 mmol(+) kg^{-1} Al, welche durch Pyritoxidation und Folgereaktionen freigesetzt wurden, reversibel festgelegt sind. Durch die Vernachlässigung des Kationenaustauschs bei der Modellierung (wie z.B. bei Strömberg und Banwart, 1994), wird die Silikatverwitterung als zu hoch geschätzt.

Literatur

- Baes, C.F. and Mesmer, R.E. (1976): The Hydrolysis of Cations. Wiley-Interscience, New York.
- Borggaard, O. K. (1990): Dissolution and Adsorption properties of Soil Iron Oxides. DSR Forlag, Copenhagen, S. 122.
- Bruggenwert, M.G.M. and Kamphorst, A. (1979): Survey of experimental information on cation exchange in soil systems. Developments in Soil Sci. 5B, S. 141-243.
- Kölling, M., (1990): Modellierung geochemischer Prozesse im Sickerwasser und Grundwasser. Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen 8.
- Lindsay, W.L. (1979): Chemical Equilibria in Soils. J. Wiley & Sons, New York.
- Lindsay, W. L. (1980): Solubility and redox equilibria of iron compounds in soils, in Stucki, J. W., Goodman, B. A., Schwertmann, U., Eds.: Iron in Soils and Clay Minerals. Reidel, Dordrecht, S. 37-62.
- Prenzel, J. (1991): Introduction to BEM (Batch Equilibrium Model). Ber. Forschungszentrum Waldökosysteme Univ. Göttingen, Reihe B 28.
- Strömberg, B., Banwart, S. (1994): Kinetic modelling of geochemical processes at the Aitik mining waste rock site in northern Sweden. Appl. Geochem. 9, 583-595
- van Berk, W. & Wisotzky, F. (1995): Sulfide oxidation in brown coal overburden and chemical modeling of reactions in aquifers influenced by sulfide oxidation. Env. Geol. 26, 192-196.
- Wisotzky, F. (1994): Untersuchungen zur Pyritoxidation in Sedimenten des Rheinischen Braunkohlenreviers und deren Auswirkungen auf die Chemie des Grundwassers. Besondere Mitteilungen zum Dtsch. Gewässerkd. Jb. 58.

Gezielter Umgang mit kulturfähigen Substraten als Basis der Pedogenese in der Bergbaufolgelandschaft

von

Neumann, T.

1. Übersicht

Die seit 1994 privatisierte Lausitzer Braunkohle AG (LAUBAG) besteht aus fünf Tagebauen. Im Niederlausitzer Tertiärprofil sind insgesamt fünf bedeutende Braunkohleflöze vorhanden. Abgebaut wird das 2. Lausitzer Flöz mit einer Mächtigkeit von 10 bis 14 m in einer Tiefe von ca. 50 bis 110 m. Das abzutragende Deckgebirge über der Kohle besteht sowohl aus tertiären als auch aus - vorrangig für die Rekultivierung zu nutzenden - quartären Substraten. Die Gesamtmächtigkeit der Quartärablagerungen schwankt zwischen 10 und 150 m (aus „Geologie des Lausitzer Braunkohlereviers“, 1994).

Nach FIEDLER (1984) wird das Deckgebirge des Niederlausitzer Revieres durch pleistozäne, vorwiegend sandige Ablagerungen wie Tal-, Schmelzwasser- und Beckensande gekennzeichnet. Bindige Substrate wie Talschluffe, Geschiebemergel und Beckenschluffe sind lokal insel- oder linsenförmig verbreitet. Die gesamte Schichtenfolge ist häufig gestört und selten mit Großtechnologien als technologene Reinsubstrate gewinnbar. Daraus resultieren bei Nichtbeachten der geologischen Ausgangsverhältnisse stark wechselnde Substratzusammensetzungen der Kippen und unterschiedlichste Ausgangsbedingungen für die Inkulturnahme und die Pedogenese. Folgende Schritte werden realisiert, um eine maximale Ausnutzung der kulturfähigen Substrate zu gewährleisten:

- | | |
|--|---|
| 1. Erarbeiten und Auswerten der bodengeologischen Vorfeldgutachten | - Erkundung der Substratzusammensetzung im Deckgebirge aller Tagebaufelder,
- daraus resultieren die Kulturwerte mit prognostischer Zusammensetzung auf der Kippe |
| ↓ | |
| 2. Nachbewerten des Kulturwertes | - technologieangepaßte Bilanzen der für die Rekultivierung einsetzbaren Substrate |
| ↓ | |
| 3. Selektives Gewinnen und Verkippen | - durch gezieltes Steuern der Bagger-, Band-, Absetzerkombinationen im Vorschmittbetrieb |
| ↓ | |
| 4. Kippenkartierung/ Standorterkundung | erfolgt auf jeder geschütteten Kippenfläche und liefert Grundlagen für:
- Regulation der Acidität und der notwendigen Nährstoffversorgung vor Inkulturnahme,
- Bodenbearbeitungen,
- standortgerechten Pflanzenanbau und Bewirtschaftung |
| ↓ | |
| 5. Bodenverbesserung (Grundmelioration) | - Einbringen von Makronährstoffen in die oberen 30 cm,
- nach Erfordernis Einbringen von Calciumoxid in die oberen 60 bzw. 100 cm |
| ↓ | |

**6. Wiedernutzbarmachung/
Flächennachbehandlung**

- standortgerechte Inkulturnahme,
Pflege und Bewirtschaftung der Kippen
(z.B. durch Düngung auf Basis von Blatt-/
Nadelanalysen, Bodenbearbeitung)

2. Selektives Gewinnen und Verkippen kulturfähiger Substrate

In den Tagebauen sind zum Gewinnen und Verkippen der Substrate für die Rekultivierung Bagger-, Band-, Absetzerkombinationen vorhanden bzw. projektiert.
Der Gewinnungsprozeß bestimmt wesentlich die Qualität der Kippsubstrate, wobei der entscheidende und später kaum noch zu beeinflussende Faktor die Textur ist. Angestrebt wird eine Mischung aus (karbonathaltigen) Sanden mit Schluffen zu Normal- und Sandlehm bzw. zu Lehm- und Sandschluffen. Die ausgewiesenen Mischungsverhältnisse aus den Vorfeldgutachten werden berücksichtigt, aber noch nicht immer erreicht. Bei der Auswahl der Substrate wird zunehmend die stratigraphische Herkunft beachtet. Tertiäre Substrate weisen in der Regel bedeutend höhere Neutralisationsaufwendungen durch CaO-Gaben auf und sind möglichst nicht in die Abschlußkippe einzubringen.

Das Oberbergamt des Landes Brandenburg (OLB) hat zum allgemeinen Verständnis in der seit 1994 gültigen Wiedernutzbarmachungsrichtlinie die Kippsubstrate in vier Kategorien eingestuft.
Die Substrate der Kategorie 1 stellen die für die Rekultivierung geeigneten und die der Kategorie 4 die ungeeignetsten Rohböden dar. Diese Einstufung findet bei dem bergmännischen Gewinnungs- und Verkippsprozeß Berücksichtigung. Für die standortgerechte Inkulturnahme werden jedoch konkretere Angaben aus der Kippenkartierung (z.B. Nährkraftstufen) zugrunde gelegt.

Tabelle 1 zeigt einen Auszug der vorhandenen Ausgangssubstrate und wichtige Bewertungskriterien:

ausgewählte Ausgangssubstrate im Deckgebirge	Strati- graphie	Kipp-Hauptbodenform (nach WÜNSCHE, 1981)	Kat. OLB	Nährkraftstufen Forstwirtschaft	CaO d/ha
Geschiebemergel mit untergeordnet Sanden und Bänderschluffen	Q	Kipp-Kalklehm	3	reich (R)	-
Bänderschluffe untergeordnet mit Sanden und Geschiebemergel	Q	Kipp-Kalkschuffe	1	reich (R)	-
Geschiebelehm, Auelehm, (Mudden)	Q	Kipp-Lehm	1	kräftig (K)	900
Sande, Schluffmudden bzw. Sandschluffmudden	Q	Kipp-Humuselehmsande	2	mäßig (M)	125
Bänder-, Geschiebe- und Schmelzwassersand	Q	Kipp-Kalksande	2	arm-zieml. arm (A-Z)	-
Sande, Geschiebelehm	Q	Kipp-Lehmsande	2	mäßig (M)	125
Schmelzwassersand, -kies	QTRau	Kipp-Kiessande	3	arm (A)	50
Kiese, Sande, Geschiebelehm, kohlehaltige tertiäre Sedimente	QT	Kipp-Kieskohlelehmsand	3	arm-zieml. arm (A-Z)	1250
kohlehaltige Schluffe	TOBF	Kipp-Kohleschluffe	3	mäßig (M)	3350
Flaschenton	TRau	Kipp-Tone	4	mäßig (M)	1000
stark kohlehaltige Tone	T	Kipp-Kohletone	4	mäßig (M)	4 100
verkippte Kohle und Spülkohle des 1. und 2. Lausitzer Flözes	T	Kipp-Kohle	4	mäßig (M)	4000

Legende:

Q: quartäres Substrat T: tertiäres Substrat QT: Gemisch aus quartären und tertiären Substraten

TRau: Raunoer Folge (Tertiär) TOBF: Obere Briesker Folge (Tertiär)

Die ausgewiesenen CaO-Mengen (nach HAUBOLD, 1994) stellen Richtgrößen (bei optimalem pH-Wert von 5,5) dar und werden durch die Säure-Basen-Bilanz (nach ILLNER und KATZUR, 1964) für tertiäre bzw. aus der hydrolytischen Azidität für quartäre Substrate präzisiert.

Besonders zu beachten ist, daß das selektiv gewonnene „Rekultivierungssubstrat“ durch Steuern der Tief-, Hoch- bzw. Rückwärtsschüttung des Verkippsgerätes gezielt in die Abschlußschüttung (mindestens 2 m mächtig) gelangt. Dabei wird das Relief durch gezieltes Verschwenken und Verfahren des Bandabsetzers (bei einem ankommenden Massenstrom bis zu 2 m³) wesentlich beeinflusst. Angestrebt werden Rippenhöhendifferenzen bis maximal 1 m. Es wird der Planieraufwand und gleichzeitig die Bodenverdichtung gering gehalten.

Bei der Zielnutzung Wald ist es denkbar, auf die Planierung zu verzichten, wenn kulturfreundliche (möglichst kalkhaltige, bindige Substrate) verkippt werden und die Rippenhöhendifferenzen den genannten Anforderungen entsprechen.

Hauptziele sind die Ausnutzung der Gratskräfte der Substrate und des in den Rippenältern gesammelten Oberflächenwassers bei Verringern der Planier- und Meliorationsaufwendungen. Diese Methode erfordert ein zyklisches Monitoring der Boden- und Pflanzenernährung sowie Korrektur durch Düngung. Zum Bewirtschaften sind die Flächen zu erschließen.

Eine kleinflächige Aufforstung unplanierter, unmeliorierter Kippenbereiche des Tagebaus Welzow Süd mit verschiedenen Laub- und Nadelgehölzen zeigt bisher eine zufriedenstellende Entwicklung. Das anstehende Substrat besteht aus kies- und kalkführendem (untergeordnet kohleführendem) Kippelohmsand mit pH-Werten zwischen 6,5 und 7,5.

Die beschriebene Aufforstung wird sich aufgrund der wechselnden geologischen Verhältnisse und der begrenzt steuerbaren Tagebautechnik nicht zur Regeltechnologie entwickeln, soll aber unter dem Aspekt der Graskräfte sowie des Reduzierens der Bodenverdichtung kontinuierlich betrachtet und als ein Rekultivierungsverfahren angeboten werden.

3. Kartierung der Rohböden und zentrale Datenerfassung als Grundlage für das Wiederherstellen der Bodenfunktionen

Die Kartierung der vom Bergbau hergestellten anthropogenen Rohböden ist Voraussetzung für Regulationen der Acidität und des Nährstoffzustandes, notwendige Flächenbearbeitungen, standortgerechten Pflanzenanbau, Nachdüngungen, Bewertungen der Bodenentwicklung, Bodenschutzmaßnahmen und Bodeninventuren.

Die Kippenkartierung erfolgte im Unternehmen bis 1995 nach der „Arbeitrichtlinie Bodengeologie“ (1979) und wird schrittweise durch die „Bodenkundliche Kartieranleitung“ (1995) abgelöst.

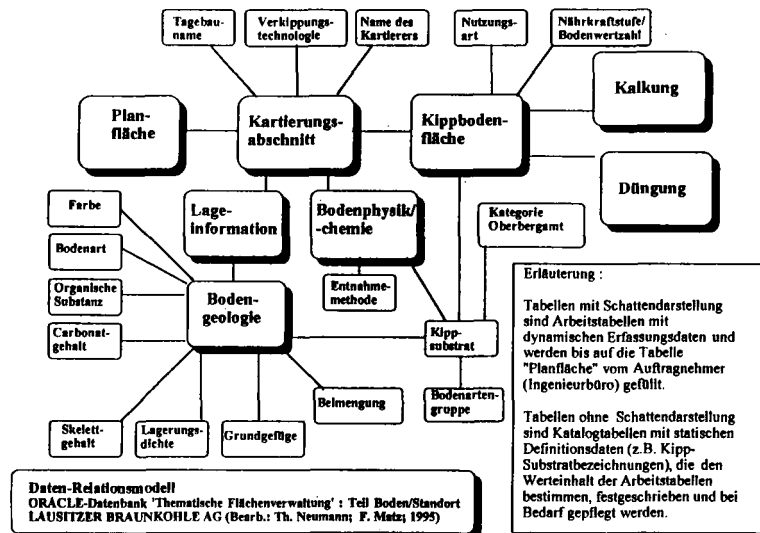
Die Kartierung, Auswertung und rechnergestützte Datenübergabe erfolgen durch Ingenieurbüros. Folgende Verfahrensweise wird realisiert:

I. Kippenkartierung und Erarbeiten eines Kartierungsberichtes.

II. Zentrale Datenerfassung der Kartierungs- und Analysenergebnisse in einer relationalen Boden/Standort-Datenbank auf der Basis des Systems ORACLE (in Anlehnung an die Erfassungsvorschriften des Fachinformationssystems Boden des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, 1995). Damit steht ein Analyse- und Berichtssystem im Mehrnutzerzugriff mit folgenden Informationen zur Verfügung:

- Grunddaten der Kartierungsgebiete,
- bodengeologische, -physikalische und -chemische Ausgangsinformationen,
- notwendige bodenverbessernde Maßnahmen und
- Aussagen zur Folgenutzung.

siehe Daten-Relationsmodell:



Mit der Datenbank besteht die Möglichkeit der komplexen Datenanalyse nach unterschiedlichen Abfrage-/Ordnungsprinzipien. Damit ist gewährleistet, daß die Werte des Substrat- bzw. Bodenzustandes und der Bodenverbesserung fortgeschrieben werden können.

III. Erfassung der folgenden flächenbezogenen, digitalisierten Informationen unter „Microstation“:

- Grenzen der Kartierungsabschnitte, Bohr- und Probenahmepunkte,
- Kippsubstratgrenzen (Lokalbodenformengrenzen) und Nährkraftstufen der Substrate,

- Kategorien des Oberbergamtes (Brandenburg),
- Flächen gleichen Kalk- bzw. Düngerbedarfes.

Die Informationen können auf 63 Ebenen hinterlegt werden und sind variabel (einzeln oder übereinander) abbildbar.

4. Dosierte Düngungen als Grundlage des optimalen Pflanzenwachstums und der Pedogenese

Die Vitalität und Qualität der Pflanzen korrelieren unmittelbar mit den Eigenschaften der Kippsubstrate. Die physikalischen Eigenschaften der Substrate sind bei standortgerechter Inkulturnahme zu berücksichtigen und nach Verkipfung schwer veränderbar. Die chemischen Eigenschaften hingegen sind einer ständigen Veränderung unterzogen. Die Nährstoffe der Grundmelioration werden schrittweise aufgebraucht, ausgewaschen bzw. festgelegt. Auf sich entwickelnden Kippenstandorten sind deshalb dosierte Nachdüngungen notwendig und sinnvoll. Untersuchungsergebnisse dazu liegen u. a. von ILLNER und KATZUR (1969) vor.

HEINSDORF hat 1992 wichtige Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Kippbodenform, Ernährungszustand, Wachstum und Düngewirkung in der Rekultivierung eingesetzter Gehölzarten dokumentiert. Auf der Basis der Erkenntnisse von HEINSDORF wird in der LAUBAG unter Nutzung der Hintergrundwerte aus der Kippenkartierung und der pflanzenbezogenen Nährstoffanalytik (Blatt- oder Nadelanalysen, siehe Tabelle 2) die zyklische Nachdüngung realisiert. Dadurch wird gewährleistet, daß wissenschaftliche Methoden zur optimalen Pflanzenernährung herangezogen werden und der überhöhte Einsatz mineralischer Düngungen im Ökosystem entfällt. Die Informationen der Pflanzenanalytik und Nachdüngung sollen in die Datenbank eingehen.

Tabelle 2: Darstellung des Ernährungszustandes von Forstkulturen auf der Basis von Blatt-/ Nadelanalysen (analysiert von der Forstlichen Forschungsanstalt Eberswalde e. V., 1995, 1996)

Ortsbezeichnung	Holzart	N opt.	N an.	P opt.	P an.	K opt.	K an.
		in %	in %	in %	in %	in %	in %
Bärenbrücker Höhe (195)	Roteiche	>2,60	1,24	>0,10	0,089	>0,50	0,99
Kippe Wetzow (703)	Kiefer	>1,6	0,76	>0,11	0,105	>0,45	0,75

Legende: opt.: optimale Nährstoffgehalte in Blättern/Nadeln (nach HEINSDORF, 1992)
an.: analysierte Nährstoffgehalte

Der nachgewiesene Stickstoffmangel wird durch Hubschrauberdüngung und Nachkontrollen reguliert.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß ein gezielter und durchgängiger Umgang mit den Kippsubstraten von der Planung und dem Geräteinsatz über die Kippenkartierung/Bodenverbesserung bis zur standortgerechten Inkulturnahme und Pflege der Flächen von der LAUBAG angestrebt wird. Zur Steuerung und zum Nachweis des Wiederherstellens der Bodenfunktionen sowie zum Bodenschutz ist ein gezieltes Monitoring vorgesehen.

Literaturangaben:

1. Arbeitsrichtlinie Bodengeologie, VEB Kombinat Geologische Forschung und Erkundung, Halle 1979;
2. Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. verbesserte und erweiterte Auflage, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland, Hannover 1994;
3. Fachinformationssystem Boden, Erfassungsvorschriften, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie Freiberg, in: Materialien zum Bodenschutz 1/95;
4. Fiedler, H.-J.: Bodenschutz, 1. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena 1984;
5. Haubold, W.: Einschätzung des Kulturwertes der Substrate der Hauptkippbodenformen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier, G.E.O.S. Freiberg GmbH, Freiberg 1994, unveröffentlicht;
6. Heinsdorf, D.: Untersuchungen zur Düngedürftigkeit von Forstkulturen auf Kippböden der Niederlausitz - Dissertation (B), Dresden 1992;
7. Illner, K., Katzur, J.: Betrachtungen zur Bemessung der Kalkgaben auf schwefelhaltigen Tertiärkippen - Zeitschrift für Landeskultur, Berlin 5 (1964)4, S. 287 - 295;
8. Illner, K., Katzur, J.: Untersuchungen zur optimalen Nährstoffversorgung während der Rekultivierung von Kippen - Zeitschrift für Landeskultur, Berlin 10 (1969)3, s. 169 - 176;
9. Nowel, W., Böhmisch, R., Schneider, W., Schulze, H.: Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers - LAUBAG, Senftenberg 1994;
10. Richtlinie des Oberbergamtes des Landes Brandenburg für die Wiedernutzbarmachung bergbaulich in Anspruch genommener Bodenflächen vom 24.08.1994.;
11. Wünsche, M. et al.: Die Klassifikation der Böden auf Kippen und Halden in den Braunkohlenrevieren der DDR - Bergbautechnik, Leipzig 11 (1981)1, S. 42 - 48

Zur Pedogenese und Klassifikation von Kippenböden einer Chronosequenz auf primär schwefelhaltigen Kippkohlelehmsanden im Lausitzer Braunkohlerevier

von

Neumann, C., T. Heinkele und R. F. Hüttl¹

Einleitung/Problemstellung

Auf den Kippen und Halden des Lausitzer Braunkohlereviers wurden aufgrund der Abraumtechnologie mit Abraumbörderbrücken großflächig kohle- und pyrithaltige Substrate der tertiären Schichtfolge als Abschlußschicht verkippt (Häge, 1996).

Um die im Zuge der Eisensulfidoxidation freiwerdende Säure langfristig zu puffern, wurden diese phytotoxischen Substrate mit sehr hohen Aufwandmengen (bis 100 t CaO-Äquivalent/ha, stellenweise auch mehr) Kalk oder Kraftwerksasche melioriert.

Im Rahmen des BTUC Innovationskollegs "Bergbaufolgelandschaften" werden initiale bodenbildende Teilprozesse dieser primär eisensulfid- und kohlehaltigen, aschemeliorierten Anlehm- und Lehmsande mit Hilfe einer Chronosequenz von 0 bis 32-jährigen Kiefernbeständen untersucht.

Beispielhaft werden einige wichtige Ergebnisse für zwei Standorte vorgestellt und diskutiert.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an dem 12 Jahre alten Bestand **Bärenbrücker Höhe** und an dem 32 Jahre alten Bestand **Domsdorf** durchgeführt.

Die Substrate beider Flächen bestehen ursprünglich aus pyrithaltigen Kipp-Kohlelehmsanden (oj-xls, nach AG Bodenkunde, 1994), die sich hinsichtlich des geogenen Kohlegehaltes (ca. 4 - 6 % C_d) und der Bodenarten (SI3) nur geringfügig unterscheiden.

Beide Standorte wurden mit über 1000t/ha Kesselhausasche bis in ca. 20-30 cm Bodentiefe melioriert.

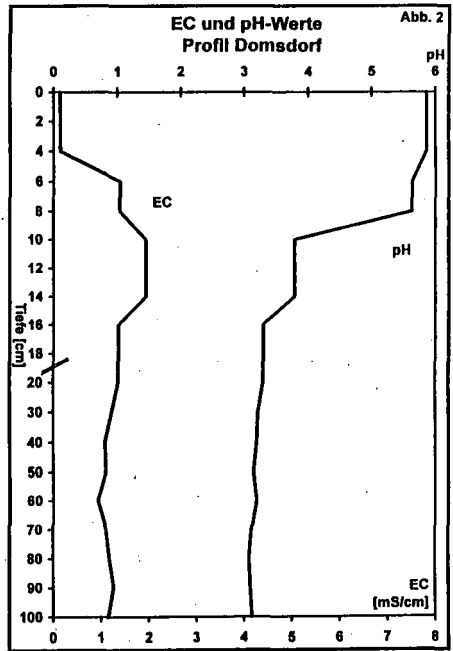
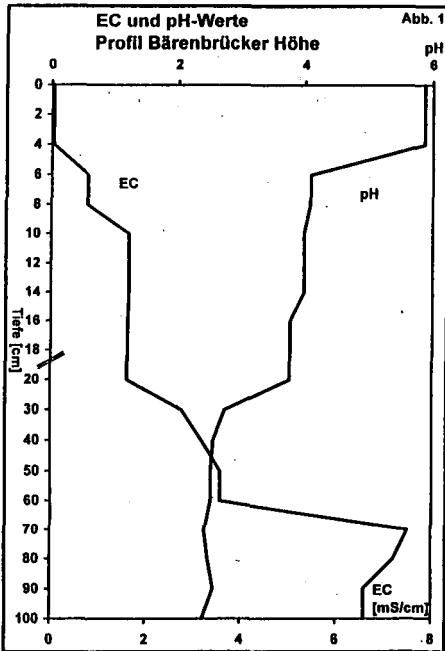
Die ausgewählten Bodenprofile wurden bis 1 m Tiefe beprobt, dabei wurden im oberen Profilbereich (0-20 cm) im Abstand von 2 cm und im unteren Profilbereich im Abstand von 10 cm Proben entnommen. Über die gesamte Profiltiefe wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

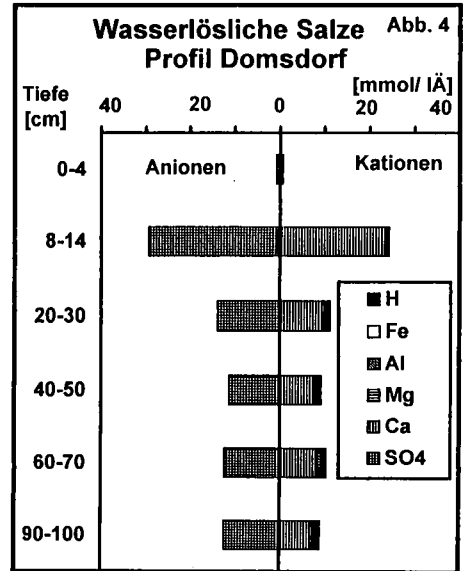
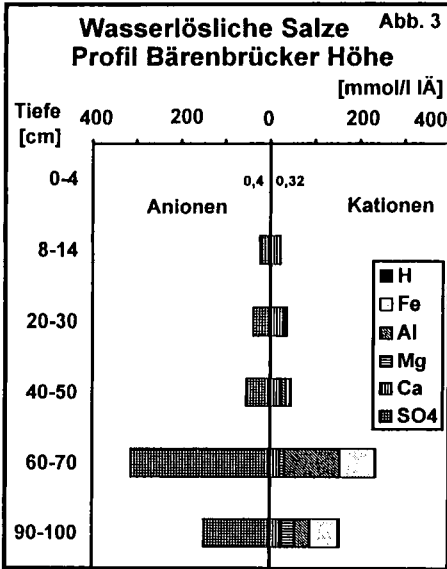
- pH-Wert in Wasser (1:2,5 Extrakt) nach Schlichting et al. (1995)
- Elektrische Leitfähigkeit (EC) im 1:2,5-Wasserextrakt nach Schlichting et al. (1995)
- Wasserlösliche Salze nach Schlichting et al. (1995)
- Mikromorphologische Untersuchungen an ungestörten Rahmenproben im Durch- und Aufsicht. (Präparation der Dünnschliffe durch Dipl. Ing. Th. Beckmann)
- REM-Untersuchungen an Streupräparaten der Sandfraktion

¹alle Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 03013 Cottbus

Ergebnisse

Die Ergebnisse der bodenchemischen Untersuchungen sind in den Abbildungen 1 bis 4 dargestellt. Die pH-Werte und die Werte der elektrischen Leitfähigkeiten (EC) weisen für beide Profile charakteristische Tiefenfunktionen auf (s. Abb. 1 und 2). In den jeweiligen oberen Profilbereichen (ca. 0-20 cm) wurden, bedingt durch die Melioration mit basischen Kraftwerksaschen, pH Werte zwischen 4 und 6 gemessen, die im Unterboden auf pH-Werte < 3 im Profil Bärenbrücker Höhe und auf pH-Werte unter 3,3 im Profil Domsdorf zurückgehen. Die EC-Werte der beiden Profile sind im obersten Mineralboden (0-4 cm) zunächst gering. Im Profil des jüngeren Standortes (Bärenbrücker Höhe) ist ein Anstieg der EC-Werte bis auf 7,5 mS/cm im Unterboden (70-80 cm) festzustellen. Am Standort Domsdorf wird der maximale EC-Wert mit 1,8 mS/cm in 10-15 cm erreicht. Darunter wurden Werte zwischen 1,1 und 1,5 mS/cm ermittelt. Die Salzkonzentrationen der Bodenextraktionslösungen sind für das Profil der jüngeren Chronosequenzstufe (Bärenbrücker Höhe, Abb. 3) im Vergleich zum Profil Domsdorf (Abb. 4) um den Faktor 10 erhöht. Auf beiden Standorten wird die Konzentration der Anionen neben einem vernachlässigbaren Anteil von NO_3^- , F^- und Cl^- durch Sulfat bestimmt. In ihren Kationenanteilen unterscheiden sich die Profile der Chronosequenzstufen deutlich. Im Profil Domsdorf ist Calcium mit bis zu 95% über die gesamte Profiltiefe das dominierende Kation. Im Profil Bärenbrücker Höhe dominiert im Meliorationsbereich (0-30 cm) ebenfalls Calcium. Darunter treten hingegen hohe Al-, Fe- und Mg-Konzentrationen auf.





Bodenmikromorphologische und REM-Untersuchungen liefern wesentliche Erkenntnisse über initiale bodenbildende Teilprozesse, insbesondere in Bezug zur Pyritoxidation und der damit zusammenhängenden pedogenen Gipsbildung (vgl. Abb. 5 und 6).

Im Profil Bärenbrücker Höhe lassen sich mikromorphologisch drei Tiefenstufen unterscheiden. Im Oberbodenbereich (0 bis ca. 50) cm ist Pyrit vollständig verwittert und es finden sich zahlreiche verschiedene sekundäre Gipsausfällungen (Abb. 5). In der mittleren Tiefenstufe sind noch geringe Mengen Pyrit festzustellen, aber auch Gips als Umsetzungsprodukt aus der Pyritoxidation. Im tieferen Unterboden (ab ca. 80 cm) finden sich hingegen sehr zahlreiche, unverwitterte Pyritminerale (s. Abb. 6). Die Pyritminerale liegen überwiegend in feinverteilten, grobschluff- bis sandfraktiongroßen Kohlebröckchen vor und sind deshalb im Durchlicht von der opaken Kohle nicht zu unterscheiden. Bei Untersuchungen in Auflicht-Fluoreszenz mit Blauanregung sind die Pyritminerale aufgrund ihrer hellgelben Fluoreszenz eindeutig von der umgebenden, kohligen Matrix zu identifizieren (vgl. van Dam & Pons, 1973).

Im Profil Domsdorf ist der Pyrit bis in 1 m Bodentiefe verwittert. Der sekundär gebildete Gips ist offensichtlich aus dem obersten Mineralboden (0 bis ca. 10 cm) bereits ausgewaschen.

Diskussion

Pyritoxidation, Versauerung, pedogene Salzanreicherung (Gips) und Verlagerung sind wesentliche bodenbildende Teilprozesse beider Profile.

Aufgrund der Pyritoxidation ist nicht nur eine starke Versauerung der Unterböden eingetreten, sondern auch eine sekundäre Versalzung mit sulfathaltigen Salzen. In den Oberböden ist das gebildete Sulfat als Gips ausgefallen. Im Unterboden des jüngeren Profils (Bärenbrücker Höhe) kommt es dagegen bei aktuell ablaufender Pyritoxidation nicht nur zu einer pedogenen Gipsbildung, sondern auch zur Freisetzung von Mg-, Fe- und Al-Ionen sowie zur Bildung leichtlöslicher Mg-, Fe- und Al-Sulfatverbindungen. Nach Beendigung der Pyritoxidation und anschließender Auswaschung

der leichtlöslichen Mg-, Fe- und Al-Sulfatverbindungen sind im Unterboden selbst nach über 30 Jahren (vgl. Profil Domsdorf) noch hohe Gipsgehalte festzustellen. Aufgrund der pH-Werte und der hohen Sulfatkonzentrationen sind beide untersuchten Profile als *aktuell sulfatsauere Böden* anzusprechen.



Abb. 5 Idiomorphe Gipskristalle im Oberboden des Profils Bärenbrücker Höhe

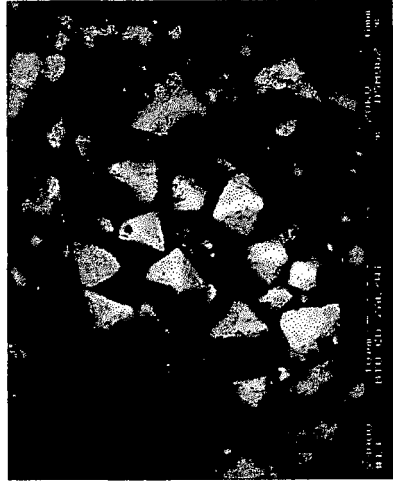


Abb. 6 Kubische Pyritminerale im Unterboden des Profils Bärenbrücker Höhe

Literatur

- AG BODENKUNDE, 1994. Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage
- VAN DAM, D. & PONS, L.J., 1973. Micropedological Observations on Pyrite and its Pedological Reaction Products. Int. Symp. on Acid Sulphate Soils, Wageningen 1973.
- HAGE, 1996. Recultivation in the Lusatian Lignite Mining District - Targets and Prospects. in: Hüttl, R.F., Heinkele, T. and Wisniewski J. (eds.): Mine Site Recultivation. Water Air and Soil Pollution Special Issue (im Druck).
- SCHLICHTING, E., BLUME, H.P. & STAHR, P., 1995. Bodenkundliches Praktikum. 2. Auflage.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des BTUC Innovationskollegs "Bergbaufolgelandschaften", Förderzeichen INK 4/A1 durchgeführt.

Wir danken der DFG für die gewährten Finanzmittel.

Wir danken dem Zentralen Analytischen Labor der Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik der BTU Cottbus für die Bestimmungen der Bodenextraktionslösungen, insbesondere Herrn Dr. W. Wiehe für die sorgfältigen REM-Untersuchungen an Streupräparaten des Bodenprofils Bärenbrücker Höhe.

Physikalische Merkmale der Bodenvarianten des Steinkohlenbergehalddenversuchs Waltrop

von

Niggemeyer, M. und W. Burghardt*

1. Einleitung

Halden des Steinkohlebergbaus weisen einen hohen Gehalt an Grobboden auf. Neben der Humusentwicklung (Burghardt, 1989a) und dem Relief (Zimmermann u. Burghardt, 1987; Burghardt, 1989c) wird dies die physikalischen Eigenschaften der Böden auf Bergematerial beeinflussen. Es stellen sich dazu die Fragen, wie groß ist die Menge an Feinboden zwischen dem Grobboden, welche Rohdichten des Feinbodens treten zwischen den Grobbodenbestandteilen auf und wie beeinflussen diese die Feldkapazität des Bergematerials insgesamt und die des Feinbodens.

Untersuchungen hierzu waren auf dem, von der Ruhrkohle AG und dem Kommunalverband Ruhrgebiet, 1988 eingerichteten Bergehaldenversuches Waltrop möglich (Burghardt, 1989b).

2. Material und Methoden

Beprobt wurden 28 Parzellen des Haldenplateaus, jeweils 6 Berge-, 2 Übererdungs- und 6 Einmischungsparzellen der Berge Monopol und Achenbach sowie 2 Stellen des Plateaus einer 30 Jahre alten Halde aus Monopolberge. Die Übererdung erfolgte mit 5 cm sandigem Lehm. Eingemischt in die Berge wurde sandiger Lehm im Verhältnis 1:3 bis auf 1,8 m Tiefe. Die Bergematerialien sind oberkarbonische Sedimentgesteine, Monopol ein Tonstein und Achenbach ein Sandstein.

Die Probenahme erfolgte nach einem nassen Winter im Frühjahr, zwei Tage nach Regen. Insofern ist anzunehmen, daß die Bodenfeuchte bei Feldkapazität erfaßt wurde. Die Probenahme erfolgte volumenbezogen in den Tiefen 0-2, 2-5, 5-10 und 10-20 cm. Im Folgenden werden die weitgehend humusfreien Tiefenabschnitte 5-10 und 10-20 cm behandelt. Die Volumengewichte und Wassergehalte des Grob- und Feinbodens sowie die Fein- und Grobbodengehalte wurden ermittelt. Die Bodenart ist als stark bis sehr stark grusiger toniger bis schwach toniger Lehm, teils auch schwach sandiger Lehm anzusprechen.

3. Ergebnisse

Die Feinerdeanteile (Gew.%) der Monopolparzellen liegen ca. 10% höher als die auf den Vergleichsparzellen der Achenbachberge (Abb.1). Die Einmischung von sandigem Lehm in die Berge bewirkt eine Erhöhung der Feinerdeanteile auf 25 bis 36%. Der hohe durchschnittliche Fein-

erdeanteil der Achenbachübererdungsparzellen in der Tiefe 5-10 cm ist auf eine mächtigere Überdeckung mit sandigem Lehm auf einer Parzelle zurückzuführen. Der Grobboden aus Grus liegt überwiegend in den Größenklassen 6-20 und 20-60 mm vor. Insgesamt ist der Boden aller Varianten als sehr stark grusig zu klassifizieren (AG Bodenkunde, 1994).

Die Lagerung des Bodens (Abb.2: Volumengewicht [g/l]) aller Varianten ist als dicht bis sehr dicht einzustufen. Die Volumengewichte liegen zwischen 1621 und 2068 g/l. Die Einmischung von sandigem Lehm erhöht in der Regel das Volumengewicht, bei den Monopolvarianten um ca. 100 g/l und bei der Achenbachberge um ca. 200 g/l. In den Monopolvarianten liegen höhere Volumengewichte (Streuung: 1758 bis 2068 g/l) vor als in den Achenbachvarianten (Streuung: 1621 bis 1856 g/l).

Die Volumengewichte des Feinbodens (Abb.3) sind sehr gering, zeigen jedoch zwischen den Bergen und Varianten ähnliche Tendenzen. Die Einmischung von sandigem Lehm führt zu einer Erhöhung der Volumengewichte, bei den Monopolbergen durchschnittlich um 240 g/l und bei den Achenbachbergen um 500 g/l. Abgesehen von der Einmischungsvariante (Streuung: 1020 bis 1410 g/l), liegt das Volumengewicht der Feinerde der Monopolparzellen (Streuung: 1080 bis 1260 g/l) doppelt so hoch wie das der Achenbachparzellen (Streuung: 470 bis 670 g/l).

Betrachtet man die Feldkapazität der Gesamtprobe und des Feinbodens (Abb.4 und Abb.5) der Monopolvarianten, wird durch die Einmischung von sandigem Lehm in den Tiefen 5-10 und 10-20 cm nur eine geringe Verbesserung erzielt. Die Feldkapazität (FK) des Feinbodens liegt in der Tiefe 5-10 cm auf dem Niveau der Bergeparzellen und in 10-20 cm geringfügig darunter. Auf den Achenbachparzellen bewirkt die Einmischung von sandigem Lehm eine geringe Erhöhung des Wasservolumens. Die FK des Feinbodens wird deutlich verbessert. In den anderen Varianten ändert sich die FK des Feinbodens nicht einheitlich.

4. Diskussion

Die Skelettzwischenräume der Bergematerialien Monopol und Achenbach weisen unterschiedliche Feinerdegehalte auf. Somit liegt ein weites Spektrum an Hohlräumen vor. Das Hohlraumvolumen der Materialvarianten wird nicht voll zur Wasserspeicherung genutzt. Dies weist auf eine hohe Luftkapazität hin, die bei der Achenbachvariante größer ist als bei der Monopolvariante. Vorstellbar ist die Situation einer unvollständigen und ungleichmäßigen Ausfüllung der Hohlräume zwischen den Grobbodenbestandteilen mit Feinboden.

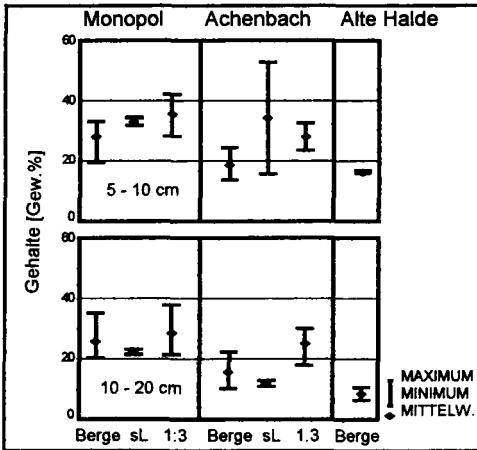
Der Feinboden zwischen dem Skelett hat eine FK wie sandiger Lehm bei mittlerer Lagerung, wobei sich zwischen den Bergevarianten Unterschiede abzeichnen. Die FK der Monopolberge, bezogen auf den Feinboden, ist höher als die der Achenbachberge. Einmischung von sL in die Monopolberge auf 35 % bzw. 29% Feinboden bringt keine Erhöhung der FK. Bei der Achenbachberge wird eine entscheidende Erhöhung der FK durch die Einmischung erreicht. Insgesamt führt diese Maßnahme jedoch nicht oder nur gering zur Erhöhung der Wassergehalte und damit nicht zur Verbesserung des Wasserangebotes an die Vegetation. Die Wirkung des Skeletts als limitierender Faktor für das Wasserspeichervermögen von Bergematerial des

Feinbodengehalte keine starke Veränderung. Die FK für das Bergematerial des Steinkohlenbergbaus kann daher mit 10-16 mm/dm angegeben werden, was der FK-Stufe gering bis sehr gering (AG Bodenkunde, 1994) entspricht.

Literatur:

AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., Hannover.
 Burghardt, W. (1989a): C-, N- und S-Gehalte als Merkmale der Bodenbildung auf Bergehalden. Mitteilungen der Dt. Bodenkundl. Ges., Heft 59/II, S. 851-856.
 Burghardt, W. (1989b): Bodenbeschaffenheit und Pflanzennährstoffgehalte der Bodenvarianten des Begrünungsversuches Bergehalde Waltrop. Mitteilgn. Dt. Bodenkundl. Gesellsch., Heft 58, S. 219-224.
 Burghardt, W. (1989c): Haldenbegrünung durch Oberflächengestaltung. Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellschaft, Heft 58, S. 233-237.
 Zimmermann, P. u. W. Burghardt (1987): Untersuchungen zum Einfluß der Reliefausformung auf die Ausgangsstadien der Bodenbildung und die Entwicklung des Bodentierbestandes auf Bergehalden. Gesellsch. f. Ökologie, Bd. XVII, S. 815-818, Göttingen (1989).

Abb. 1: Feinbodengehalte des Bergeversuchs Waltrop



Bodenvarianten:

- Reine Berge (Berge)
- Übererderung mit 5 cm sL (sL)
- 1:3 Einmischung von sL in die Berge (1:3)

Tab. 1: Mittelwerte der physikalischen Merkmale der Bodenvarianten

	Monopol			Achenbach			Alte Halde
	Berge	sL	1:3	Berge	sL	1:3	Berge
Tiefe: 5 - 10 cm							
Feinbodengehalte [Gew. %]	28,2	33,0	35,7	18,6	34,2	28,2	16,3
Volumengewicht [g/l]	1866	1758	1787	1668	1621	1856	1593
Volumengew. Feinboden [g/l]	1120	1120	1122	670	590	1140	900
FK gesamt [mm/dm]	11,9	13,7	13,5	10,7	15,9	13,3	16,2
FK Feinboden [mm/dm]	36,5	37,8	36,5	22,9	22,3	41,9	21,0
Tiefe: 10 - 20 cm							
Feinbodengehalte [Gew. %]	25,7	22,3	28,5	15,5	11,8	25,1	8,6
Volumengewicht [g/l]	1968	1934	2068	1670	1639	1827	1702
Volumengew. Feinboden [g/l]	1260	1080	1410	580	470	1020	760
FK gesamt [mm/dm]	12,5	9,8	12,2	10,2	10,4	13,8	11,7
FK Feinboden [mm/dm]	35,4	34,4	33,5	21,4	26,1	33,7	21,0

Abb. 2: Volumengewicht

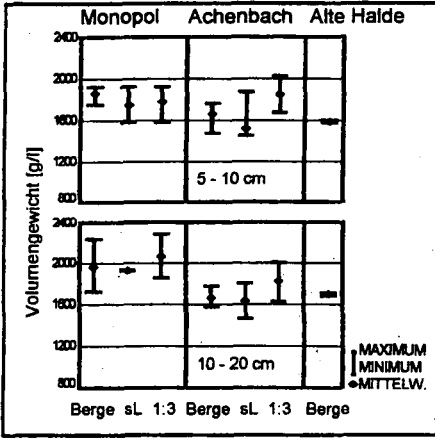


Abb. 3: Volumengewicht der Feinerde

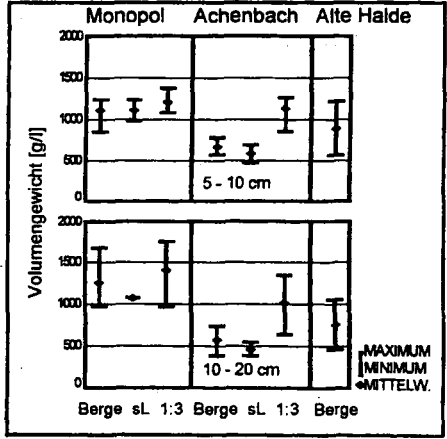


Abb. 4: Wassergehalt bei FK der Gesamtproben

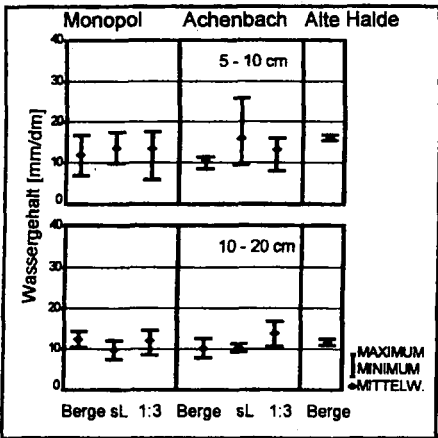
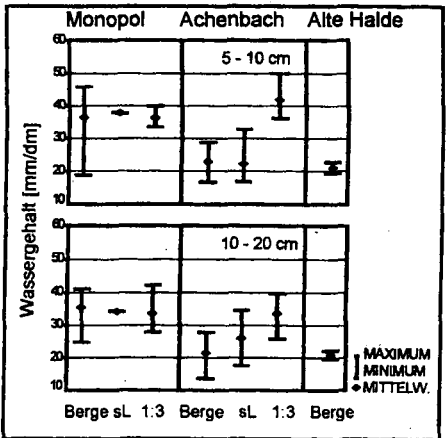


Abb. 5: Wassergehalt bei FK der Feinerde



LEGENDE (Abb. 2, 3, 4 und 5):

Bodenvarianten

- Reine Berge (Berge)
- Übererdung mit 5 cm sL (sL)
- 1:3 Mischung von sL und Berge (1:3)

Organischer Kohlenstoff in forstlich rekultivierten Kippenböden des Niederlausitzer Braunkohlenreviers

von

Rumpel, C., I. Kögel-Knabner und R. F. Hüttl

I. Einleitung

In der Lausitz kam es infolge der Anwendung einer speziellen Abraumtechnologie zur Ablagerung braunkohlehaltiger Substrate. Im Zuge einer Bodenmelioration wurden kohlenstoffreiche Rückstandsaschen aus Braunkohlekraftwerken in die obersten 20 - 30 cm des Mineralbodens eingearbeitet. Nach der Aufforstung kam es zur Akkumulation rezenter organischer Substanz. Zusätzlich trat im gesamten Gebiet eine Kontamination mit Flugaschen oder Braunkohlestaub auf (Abb 1). Im Gelände können diese vier Kohlenstoffquellen kaum voneinander unterschieden werden.

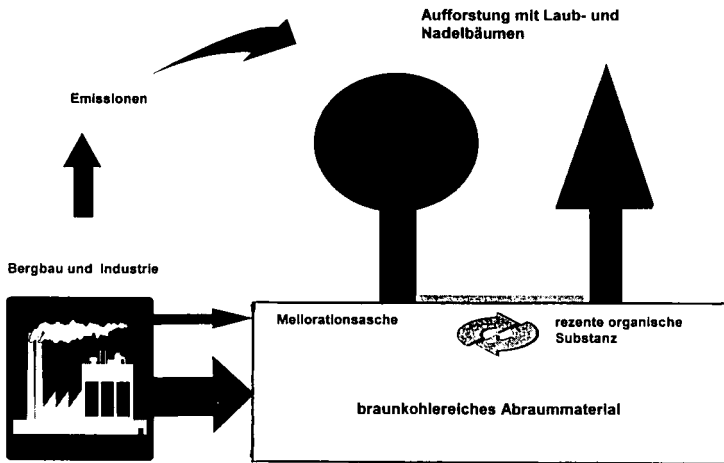


Abb. 1: Rekultivierungspraxis im Niederlausitzer Braunkohlenrevier

Ziel unserer Arbeiten ist es, die verschiedenen geogenen und pedogenen Kohlenstoffquellen voneinander abzugrenzen und ihre Bedeutung für die Zusammensetzung der organischen Substanz in den Kippenböden zu untersuchen.

II. Material und Methoden

Bei den Untersuchungsstandorten handelt es sich um aschemelierte Kipp-Kohlesande und Kipp-Kohlelehmsande. Beprobte wurde eine Kiefernchronosequenz (12, 20 und 34 Jahre), sowie ein 36 jähriger Roteichenbestand, bei dem es infolge hoher biologischer Aktivität zu einer guten Durchmischung von rezenter organischer Substanz und Mineralboden gekommen zu sein scheint.

Eine hier auftretende feinmaterialreiche, tiefschwarze Auflage wurde als Oh-Horizont angesprochen und zusätzlich beprobt. Auf allen Standorten wurden Proben aus dem obersten Bereich (1-5 cm) des Mineralbodens (Ai) und aus 1 m Tiefe (Cv) entnommen.

Die Quantifizierung des Braunkohleanteils (sog. toter Kohlenstoff) am gesamten Kohlenstoff erfolgte mit Hilfe einer ¹⁴C-Altersdatierung nach Becker-Heidmann (1989). Den Braunkohleanteil in einer Probe kann man mit folgender Formel berechnen:

$$X = 1 - \exp(-(\text{tr} - t) \cdot \ln 2 / T)$$

x = Braunkohleanteil
 tr = ¹⁴C-Alter
 t = wirkliches Alter
 T = Libby Halbwertszeit

Es wurde eine physikalische Fraktionierung der organischen Substanz nach Korngröße durchgeführt. Die Sandfraktionen wurden mit Naßsiebung gewonnen. Die Schluff- und Tonfraktionen wurden im Atterbergzylinder mit anschließender Druckfiltration abgetrennt. Im Gesamtboden, sowie den Korngrößenfraktionen wurden die C- und N-Gehalte bestimmt. Die strukturchemische Charakterisierung der organischen Substanz erfolgte mittels ¹³C- und ¹⁵N-NMR-Spektroskopie.

III. Ergebnisse und Diskussion

Allgemeine chemische Parameter

Tab. 1: Allgemeine chemische Parameter der braunkohlehaltigen Kippenstandorte

Standort	Horizont Tiefe der Beprobung		pH (H2O)	Corg (g/kg)	N (g/kg)	C/N
ca. 12 jährige Kiefer	Ai	0-2 cm	5,67	102	2,5	41
	Cv	1 m	2,51	36	0,7	52
ca. 20 jährige Kiefer	Ai1	0-1 cm	5	78	2,4	33
	Ai2	1-3 cm	5,83	46	1,1	42
	Cv	1 m	3	18	0,5	36
ca. 32 jährige Kiefer	Ai	0-5 cm	5,53	160	4,9	33
	Cv	1 m	3,31	36	0,9	41
ca. 36 jährige Roteiche	Oh	2 cm	6,68	224	11,1	20
	Ai	0-5 cm	6,85	74	2,7	28
	Cv	1 m	3,17	37	0,4	93

Die pH-Werte liegen im Oberboden bei 5-6 und im Unterboden bei 2-3 (Tab. 1). Auch die C-Gehalte weisen einen Gradienten vom Oberboden zum Unterboden auf. Dies ist eine Folge der Melioration mit alkalischen, kohlenstoffreichen Aschen aus Braunkohlekraftwerken. Die Variabilität der C/N-Verhältnisse verdeutlicht, daß dieser Parameter aufgrund der geringen Akkumulation rezenter organischer Substanzen nur wenig Aussagekraft besitzt.

¹⁴C-Altersdatierung

Tabelle 2 zeigt Ergebnisse der ¹⁴C-Altersdatierung aus drei Horizonten (Oh, Ai, Cv) von dem Standort mit 36 jähriger Roteiche.

Tab. 2: Ergebnisse der ¹⁴C-Altersdatierung

Horizont	¹⁴ C-Alter	Braunkohle
Oh	1145 ± 45 a	13 %
Ai	4310 ± 60 a	42 %
Cv	25640 ± 520 a	95 %

Das hohe ^{14}C -Alter des Kippensubstrates, das tatsächlich vor 36 Jahre aufgeforstet wurde, wird durch den hohen Gehalt an 'totem' Kohlenstoff (Braunkohle) aus dem Tertiär hervorgerufen (Tab. 2). Im Cv-Horizont verursacht Wurzelstreu einen geringen Anteil rezenten Kohlenstoffs (4%). Der Standort ist bis 1,20 m Tiefe durchwurzelt. In den obersten 5 cm des Mineralbodens (Ai) fand eine intensive Einnischung rezenter organischer Substanz statt. 13% Braunkohle im Oh-Horizont verdeutlichen den Kohlenstoffeintrag mit Flugasche oder Braunkohlestäuben aus einem nahegelegenen Kraftwerk. Diese Kohlenstoffeinträge fanden bis Ende 80er / Anfang der 90er Jahre in der ehemaligen DDR auf großer Fläche statt.

C- und N-Gehalte in den Korngrößenfraktionen

Durch Korngrößenfraktionierung sollte die Verteilung der verschiedenen Kompartimente des Kohlenstoffkreislaufs (Streustoffe, stabilisierte organische Substanz und Kohle) bestimmt und näher eingegrenzt werden. Im Ai-Horizont des Kippenbodens ist ein Maximum des Kohlenstoffs und Stickstoffs in der Feinsand und Mittelschlufffraktion zu beobachten. Diese Maxima sind zum großen Teil auf Beteiligung von Kohlenstoff aus Verbrennungsrückständen (Asche) zurückzuführen. Vor allem in der Feinsandfraktion konnten Strukturen, wie sie im Verbrennungssofen entstehen unter dem Elektronenmikroskop erkannt werden. Die C/N-Werte dieser Fraktionen sind jedoch relativ eng, so daß man hier auf eine N-Anreicherung schließen kann (Abb. 2).

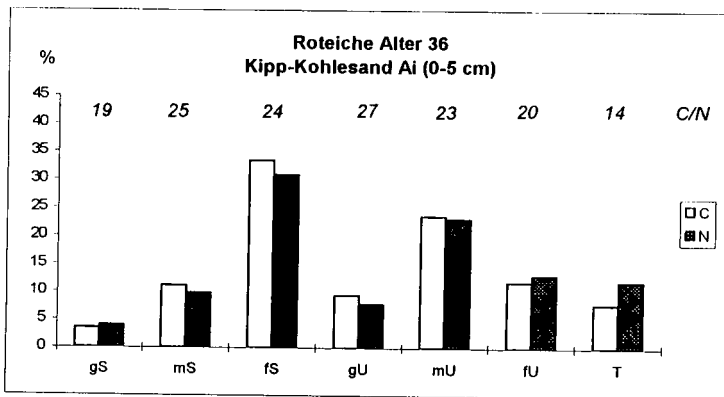


Abb. 2: Verteilung der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte (in % von C_{ges} , N_{ges}) in den Korngrößenfraktionen

^{13}C -CPMAS-NMR-Spektroskopie

Das Spektrum vom Unterboden (Cv) des Kippenbodens wird bestimmt durch die aromatischen und aliphatischen Verbindungen der Braunkohle (chemische Verschiebung zwischen 200-160 ppm und 0-50 ppm). Im Ai-Horizont kommt es zu einer sichtbaren Beteiligung rezenter organischer Substanz in Form von Polysacchariden (72 ppm) und Ligninen (53, 119, 150 ppm). In den Spektren des Oberbodens können die rezenten Alkyl-Strukturen, welche im Verlauf des Ab- bzw. Umbaus entstehen (Kögel-Knabner, 1993), nicht von denen der Braunkohle unterschieden werden (Abb. 3).

^{13}C -NMR-Spektren von Pflanzensubstanzen weisen ein dominantes Signal bei 72 ppm auf, das für Polysaccharidstrukturen der Cellulose charakteristisch ist. Im Verlauf der Inkohlung kommt es zu einem völligen Verlust der leicht abbaubaren Polysaccharide und so weisen Braunkohlespektren nur stabile aromatische und aliphatische Gruppen auf (Hatcher *et al.*, 1989).

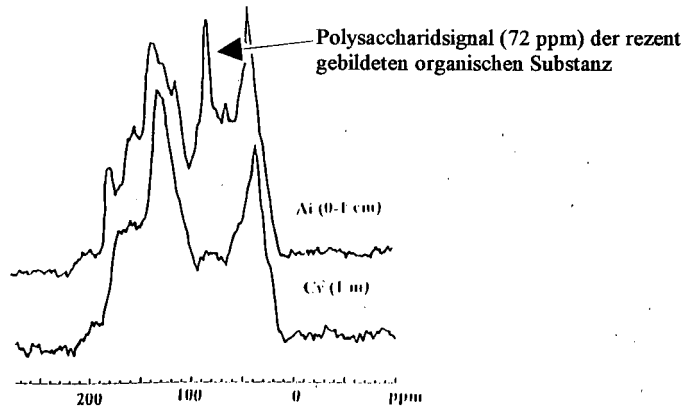


Abb. 3: ^{13}C -CPMAS-NMR spektren des Niederlausitzer Kipp- Kohlesandes unter 20 jähriger Kiefer

^{15}N -NMR

Das ^{15}N -NMR-Spektrum des braunkohlehaltigen Oberbodens wird dominiert durch ein Signal bei -257 ppm, das für Amide charakteristisch ist. Dies weist darauf hin, daß der Stickstoff in den oberen Horizonten der Kippenböden in Form rezent gebildeter Proteine vorliegt. Die Stickstoffmengen von Kohle sind gering und liegen in Pyrrol, Imidazol und Indolstrukturen vor. Sie sind durch selektive Anreicherung von resistenten Biopolymeren, sowie deren Umwandlung entstanden. Eine Beteiligung dieser Strukturen konnte nicht nachgewiesen werden. Eine eventuelle Beteiligung von Pyrrol ist zwar möglich (Signal bei -240 ppm), kann aber wegen des starken Hintergrundrauschens nicht als gesichert betrachtet werden.

IV. Schlußfolgerungen

Die Zusammensetzung organischer Substanz in den Kippenböden des Niederlausitzer Reviers ist vielfältig. Als Kohlenstoffquellen kommen in Frage:

- rezente organische Substanz
- Braunkohle des Abraummaterials
- Restkohlenstoff aus Meliorationsasche
- Kohlenstoff aus Kontamination mit Flugasche.

Spektroskopische Methoden lassen eine Aussage über die qualitative Zusammensetzung der organischen Substanz zu. Die Struktur wird dominiert durch schwer abbaubare Braunkohle. Eine Quantifizierung des Braunkohleanteils ist mit Hilfe der ^{14}C -Altersdatierung möglich. Stickstoff liegt im Oberboden wahrscheinlich in Form rezent gebildeter Amide vor. Eine umfassende Beschreibung der organischen Substanz ist nur durch eine Kombination der verschiedenen Methoden möglich.

Danksagung

Wir danken der DFG für die finanzielle Unterstützung. Dr. Becker-Heidmann sei gedankt für die ^{14}C -Altersdatierungen und Prof. Lüdemann sowie Dr. Knicker für die Erstellung der ^{13}C - und ^{15}N -NMR-Spektren.

Literatur:

- Becker-Heidmann, P. (1989). Hamburger Bodenkundl. Berichte 13, 228S.
Hatcher, P.G., Wilson, M.A., Vasallo, A.M., Lerch, H.E. (1989), Int. J. Coal Geol. 13, 99-126.
Kögel-Knabner (1993). Soil Biochemistry, In: Soil Biochemistry, Vol. 8, Marcel Dekker, New York, 101-137.

Dynamik des Wasserhaushaltes eines lehmig-sandigen Kippenbodens des Braunkohlentagebaues Espenhain

von

Schmidt, J., A. Bräuning und S. Engelhardt*

Einführung

Im Jahr 1993 hat das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie die erste kontinuierlich betriebene Bodenintensivmeßfläche auf der nur wenige Kilometer südlich von Leipzig gelegenen Kippe Espenhain errichtet. Sie dient dem Ziel, die Wasser- und Stoffströme am oberen Rand des Kippenkörpers zu quantifizieren. Das Hauptinteresse gilt dabei der Ermittlung mittlerer jährlicher Versickerungsraten (Grundwasserneubildung) einschließlich der damit verbundenen vertikalen Stoffströme.

Ausstattung und Standort der Meßfläche

Den Aufbau der Intensivmeßfläche zeigt Abb. 1. Neben den für den Bodenwasserhaushalt maßgeblichen meteorologischen Größen: Niederschlag, Temperatur, Strahlung, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit werden folgende bodenspezifische Kenngrößen (quasi-)kontinuierlich gemessen: Wassergehalt und Wasserspannung, jeweils 2-fach in 20, 40, 60, 80 und 105cm Tiefe, sowie Bodentemperaturen, ebenfalls 2-fach in 7, 20, 30, 80 und 105cm Tiefe. Darüber hinaus sind in 20, 40, 60, 90 und 140cm Tiefe Saugkerzen zur Entnahme von Bodenlösung installiert.

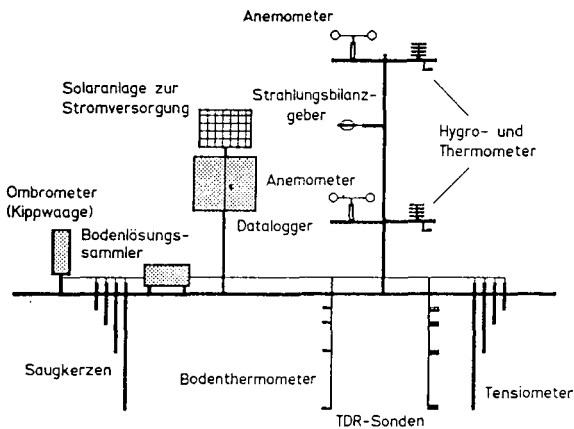


Abb. 1: Aufbau der Intensivmeßfläche Espenhain

* FG Boden- und Gewässerschutz, TU Bergakademie, 09599 Freiberg (zuvor Landesamt für Umwelt und Geologie, Bereich Boden und Geologie, 09599 Freiberg)

Ergebnisse und Diskussion

Der kontinuierliche Betrieb der Meßfläche wurde Ende April 1994 aufgenommen. Erste Ergebnisse aus dem Zeitraum Mai bis November '94 werden im folgenden diskutiert. Abb. 2 zeigt zunächst den Verlauf des hydraulischen Potentials ($\psi_h = \psi_m + \psi_g$) in verschiedenen Bodentiefen am Beispiel des Monats Mai '94. Über der Zeitachse sind zusätzlich die in dieser Periode gefallenen Niederschläge aufgetragen.

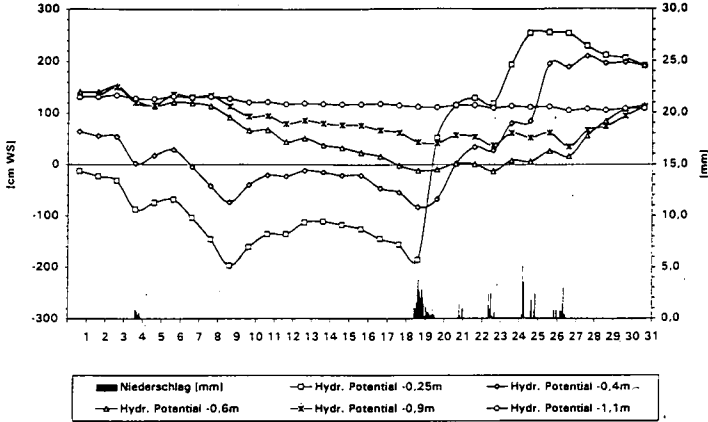


Abb. 2: Das hydraulische Potential im Mai 1994 in Abhängigkeit von der Tiefe im Boden

Während der niederschlagsarmen, ersten Maihälfte sind die gemessenen Potentiale zunächst umso kleiner, je geringer der Abstand der Meßstelle von der Oberfläche des Bodens ist. Da das Wasser stets in Richtung auf das niedrigere Potential fließt, bedeutet dies, daß das Wasser im Boden aufsteigt. Mit den in der zweiten Maihälfte einsetzenden Niederschlägen nimmt dann das Potential in Oberflächennähe rasch zu während es in größerer Bodentiefe vorerst nahezu konstant bleibt. Die Tiefenverteilung des Potentials folgt nun der in Abb. 3 exemplarisch für den 25. Mai dargestellten Kurve. Man erkennt, daß im oberen Teil das Wasser von der Oberfläche her in den Boden eindringt, während es in der Tiefe weiter aufsteigt.

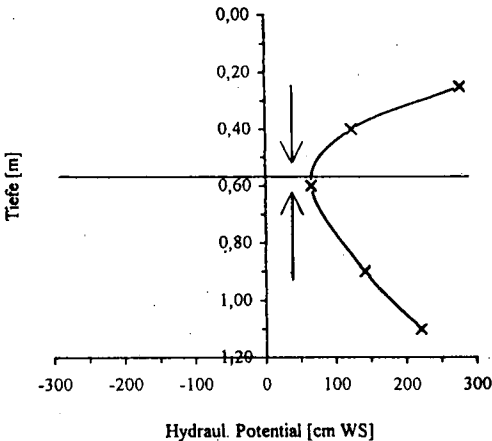


Abb. 3: Tiefenprofil des hydraulischen Potentials am 25.05.94

Prinzipiell kann auf der Basis der gemessenen Wasserspannungen für jeden beliebigen Tag die Tiefenverteilung des hydraulischen Potentials und damit die Fließrichtung des Wassers angegeben werden. Abb. 4 ist der Versuch, die so gewonnenen Informationen in einer einzigen Darstellung zu vereinen. Hierbei werden folgende Stömungszustände des Bodenwassers unterschieden: die aufwärtsgerichtete Bewegung des Wassers, die abwärtsgerichtete Bewegung und der Zustand annähernden Gleichgewichts, in dem sich das Bodenwasser in Ruhe befindet.

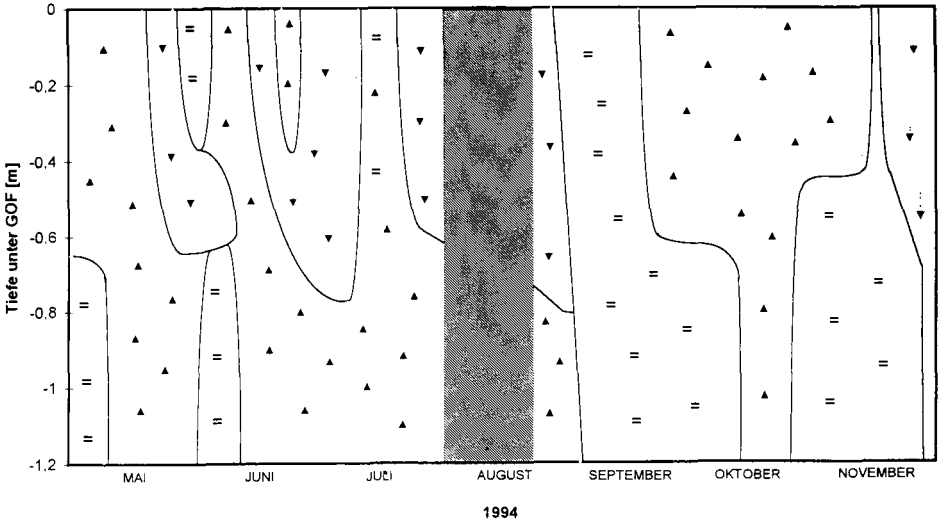


Abb. 4: Strömungszustände des Bodenwassers

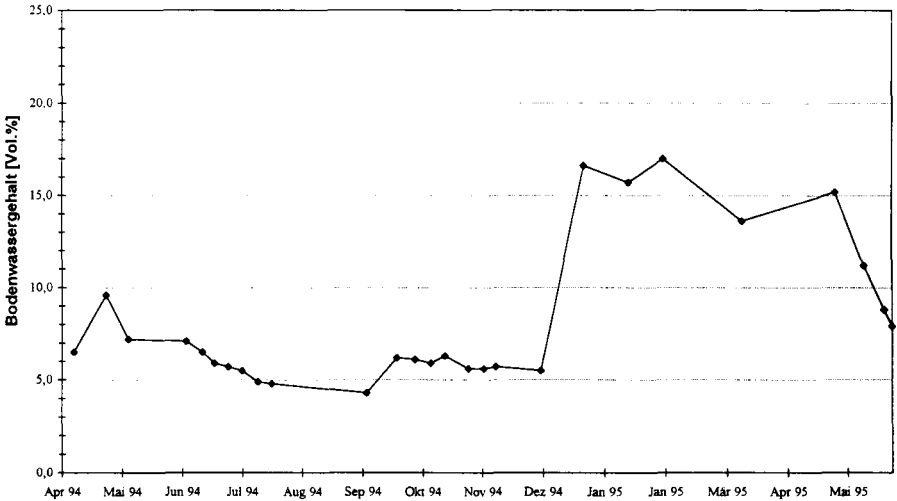


Abb. 5: Gang des Wassergehaltes in 105cm Tiefe

Wie die Übersichtsdarstellung zeigt, dominiert über den gesamten Meßzeitraum hinweg eine aufwärtsgerichtete Wasserbewegung - nur unterbrochen von mehr oder weniger kurzen Phasen des Gleichgewichts. Lediglich im oberen Teil des Bodens treten, gebunden an Perioden höherer Niederschläge, zeitweise abwärtsgerichtete Wasserflüsse auf, die allerdings nicht tiefer als maximal 80cm in den Boden eindringen. Erst gegen Ende des Beobachtungszeitraumes kommt es zu einer geschlossenen abwärtsgerichteten Durchströmung des gesamten Profils. Wie Abb. 5 zeigt, steigen parallel dazu die Wasserhalte an der Basis des betrachteten Profilausschnittes an.

Da während der Frostperiode (Dez. '94 bis April '95) die Tensiometer ausgebaut waren und daher für diesen Zeitraum keine Wasserspannungsdaten vorliegen, läßt sich das Verhalten der Wasserflüsse nur anhand der Wassergehalts-(TDR-)daten weiter verfolgen. Abb. 8 zeigt, daß über die Wintermonate 1994/95 hinweg die Wassergehalte an der Profilbasis auf dem erhöhten Niveau verharren um dann im Verlauf des Monats Mai wieder abzusinken. Hieraus kann geschlossen werden, daß es nur in der Winterperiode zu einem Zustrom von Niederschlagswasser bis in größere Tiefen und damit zu Grundwasserneubildung kommt.

Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung läßt sich aus den bisher vorliegenden Daten noch nicht unmittelbar ableiten, weil insbesondere die Durchlässigkeitskennwerte des Bodens noch unbekannt sind. Dennoch ist eine grobe Abschätzung möglich, etwa indem die gemessenen Niederschläge der potentiellen Evapotranspiration (n. HAUDE) gegenübergestellt werden. Dieser Vergleich ergibt, wenn man nur die Wintermonate (Dez. '94 bis April '95) berücksichtigt, einen Niederschlagsüberschuß von etwa 130mm. Es ist davon auszugehen, daß die Grundwasserneubildung bezogen auf den Zeitraum Mai '94 bis April '95 keinesfalls größer gewesen ist als dieser Überschuß.

Vergleicht man den auf diese Weise abgeschätzten Maximalwert mit Angaben der Literatur, so erscheinen die von MATSCHKAK & WALDE (1968) angegebenen Werte (s. Tab. 1) plausibel, obwohl sie unter nicht ganz vergleichbaren Bedingungen ermittelt wurden. Die Angaben der beiden anderen Autoren erscheinen dagegen zu hoch.

Tab. 1: Grundwasserneubildungsraten für Kippen des mitteldeutschen Braunkohlenreviers

Autor	Jahr	Methode	Grundwasserneubildung
			[mm/a]
Matschak & Walde (1968)	1964	Lysimetermessung, Standort ohne Kulturbodenauftrag und Vegetation	43,5
Kaubisch (zit. bei Weigert, 1995)		Tritiummessung	126-158
Weigert (1995)	1995	Berechnung n. Renger & Strebel	145-216

Literatur

- MATSCHKAK, H. u.M. WALDE 1968: Versickerungs- und Feuchtigkeitsmessungen in Tagebaukippen, Bergbautechnik 18, Heft 12, S. 620-625
- WEIGERT, A. 1995: Entwicklung und Test von Methoden zur Bestimmung der Grundwasserneubildungsrate im gemischten Locker-/Festgesteinsbereich und auf Kippen. Diplomarbeit TU Dresden

Stadtbodenkartierung Essen: Nutzungsbedingte Heterogenität urbaner Böden in einer Bergbauregion

von

Schmidt, A. und H. Meuser*

Einleitung

Im Rahmen von Bebauungsplanverfahren und von Präventivmaßnahmen bei bestehenden Anlagen finden in Essen auf städtischen Freiflächen seit Beginn der 80er Jahre Bodenuntersuchungen statt, die die Erfassung und Bewertung von Schadstoffgehalten zum Ziel haben (MEUSER und SCHWERMANN 1992). Seit Anfang des Jahres 1996 wird eine flächendeckende Stadtbodenkartierung durchgeführt, die auf der Grundlage der Kartieranleitungen AG Bodenkunde 1994 und AK Stadtböden 1989 umgesetzt wird.

Anlaß für die Durchführung einer flächendeckenden bodenkundlichen Kartierung war ein ministerieller Erlaß von 1992. Darin werden die Kommunen angewiesen, Bodenbelastungen, d.h. Belastungen unterhalb der Gefahrenschwelle des Ordnungsrechtes, bei B.-Planverfahren im Sinne des vorbeugenden Umweltschutzes zu berücksichtigen.

Im folgenden werden die Methodik der durchgeführten Kartierung skizziert und die Ergebnisse anhand typischer Bodenprofile vorgestellt.

Methode der Bodenkartierung

Für die zu untersuchenden Flächen sind vor dem Hintergrund der aktuellen Nutzung Untersuchungsprioritäten festgelegt worden, abhängig von der Exposition (direkte bzw. indirekte Aufnahme toxischer Substanzen) und Empfindlichkeit des Schutzgutes (z.B. beim Schutzgut Mensch Differenzierung der Empfindlichkeiten zwischen Erwachsenen und Kind). Außerdem sind die Nutzungsgeschichte (Altlastverdachtsfläche) und Lage zu Ermittlern bei der Ermittlung der Untersuchungsintensitäten berücksichtigt worden

Bei urbanen Böden ist aufgrund des nutzungsbedingten Einflusses mit einer hohen horizontalen wie vertikalen Variabilität ihrer physikochemischen Eigenschaften zu rechnen. Da spezielle Nutzungen jeweils besondere Ansprüche an die Eigenschaften der Böden stellen, zeigen häufig einheitliche Nutzungen ein den Ansprüchen entsprechend einheitlichen Profilaufbau. In der Regel bestätigt sich diese Annahme bei der Durchführung der Kartierung, so daß eine aufwendige, rasterorientierte Kartierung unnötig ist. Deshalb hat sich in urbanen Räumen eine bodennutzungstypenbezogene Kartierung als sinnvoll erwiesen.

* Stadt Essen, Chemisches und Geowissenschaftliches Institut

Die Ansprache der Böden wird unter besonderer Berücksichtigung der Kenntnis der technogenen Substrate durchgeführt, die den Böden sehr häufig beigemischt sind oder diese selbst vollständig aufbauen. Bei Analysen der unterschiedlichen technogenen Substrate hat sich gezeigt, daß nicht alle technogenen Substrate gleich belastet sind, sondern daß sich die Substrate durch typische Schadstoffspektren auszeichnen. Im Rahmen der von der Stadt Essen in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen ist speziell für die technogenen Substrate ein Bestimmungsschlüssel entwickelt worden, mit dem eine substratspezifische Kartierung durchgeführt werden kann (MEUSER 1996). Mit diesem Bestimmungsschlüssel ist es möglich, technogene Substrate zu bestimmen, um so gezielt Analysen durchführen zu können. Bei wiederholtem Auftreten technogener Substrate, die eindeutig bestimmbar sind, ist eine Analytik ebenso unnötig durchzuführen wie bei geogenen Substraten, für die die Hintergrundwerte bekannt sind.

Ergebnisse

In der Vergangenheit wurden häufig technogene Substrate aus den Hauptkomponentengruppen Bauschutt, Aschen, Schlacken, Müll und Schlämmen abgelagert bzw. eingebaut.

Aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften dieser Substrate haben sich aus ihnen Böden unterschiedlichen Typs entwickelt. Die Ablagerung dieser häufig belasteten Substrate induziert eine Schadstoffakkumulation, die mittelfristig eine Gefährdung darstellt, wenn natürliche Verwitterungsabläufe oder spätere anthropogene Umlagerungen belastete Materialien freisetzen bzw. an die Oberfläche bringen.

Im folgenden wird anhand von Fallbeispielen der Zusammenhang Substratzusammensetzung/Belastungspotential erläutert (siehe Tab. 1):

Fallbeispiel 1: Bolzplatz (Bodentyp: Phytosol)

Bei Böden von Sportplätzen handelt es sich um Tennenflächen, deren Deckschicht laut DIN 18035, Blatt 5 aus mineralischen Korngemengen besteht, wasserdurchlässig ist und keine künstlichen Bindemittel enthält. Die Schichten des Tennenoberbaus werden Tennenbelag (Deckschicht), Dynamische Schicht, Tragschicht und Filterschicht genannt. Als Baustoffe werden mineralische geogene wie technogene Substrate verwendet. Insbesondere die technogenen Substrate weisen häufig Kontaminationen auf (MEUSER 1992), die ein Gefahrenpotential für die Nutzer darstellen. Die Belastung dieses Bolzplatzes ist durch die im Tennenoberbau enthaltene Müllverbrennungsasche und Schlacke bedingt.

Fallbeispiel 2: Kleingarten (Bodentyp: Hortisol über pseudogleyter Braunerde)

Bodenkundlich handelt sich bei dem Standort um einen Hortisol, der aus einer Pseudogley-Braunerde entstanden ist. Einträge technogener Substrate (häufig ist im gartenbaulichen Bereich mit Aschen „gedüngt“ worden) sind nicht festzustellen. Die Verteilung der Schwermetallgehalte und der organischen Verunreinigungen im Bodenprofil läßt einen immissionsbedingten Eintrag vermuten (Abnahme mit der Tiefe).

Fallbeispiel 3: Gehölzfläche (Bodentyp: Depo-Pararendzina über Gley)

Das Profil zeigt eine Ah - jyc - II Go Horizontierung. Während der Oberboden geringe Belastungen aufweist, ist der Anschüttungsbereich zwischen 10/20 und 80/95 cm Tiefe stark belastet. Bedingt ist diese Belastung durch die Beimengungen technogener Substrate. In diesem Fall ist die PAK- Belastung durch die koksartigen Aschen verursacht, die in der Regel hohe Konzentrationen dieser Verbindungen aufweisen. Die alkalisierende Wirkung der technogenen Substrate, die bis auf das gebrannte Bergematerial pH-Werte im schwach alkalischen Bereich aufweisen, spiegelt sich im pH-Wert der Anschüttung mit 7.1 - 7.3 wieder, der deutlich über den geogenen Hintergrundwerten der Region liegt.

Zusammenfassung

Mittels des nutzungsspezifischen und substratspezifischen Kartieransatzes ist in Anlehnung an die Kartieranleitung Stadtböden eine Methodik entwickelt worden, die der Heterogenität urbaner Böden gerecht wird. Es ist nun möglich, eine differenzierte Kartierung urbaner Böden vorzunehmen, deren Nutzen in erster Linie darin zu sehen ist, daß über die Kenntnis der eingebauten technogenen Substrate Aussagen zu den physiko-chemischen Eigenschaften der Böden möglich sind. Die Ergebnisse der Kartierung zeigen, daß neben der nutzungsbedingten Heterogenität der Böden in urbanen Räumen mit einer hohen Variabilität der Belastungssituation zu rechnen ist. Bedingt sind die Belastungen durch Ablagerung und Einbau unterschiedlichster technogener Substrate.

Literatur:

AG Bodenkunde (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 331 S., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

AK Stadtböden (1989): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). 162 S., Texte Umweltbundesamt 1989, Berlin.

Meuser, H. (1992): Bodenbelastungen städtischer Freiflächen (Spielplätze, Kleingartenanlagen, Ruderflächen) und ihre Auswirkung auf die Stadtplanung. In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Bd. 21, S. 38-45.

Meuser, H. und Schwermann, J. (1992): Bodenuntersuchungen auf Spielplätzen. In: Handbuch Bodenschutz, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Meuser, H. (1996): Ein Bestimmungsschlüssel für natürliche und technogene Substrate. Z: Pflanzenernährung und Bodenkunde, im Druck.

Tab. 1: Schadstoffgehalte [mg/kg], pH-Werte und technologische Beimengungen der drei Fallbeispiele
Bap = Benzo(a)pyren

Tiefe [cm]	Horizont	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Bap	pH	Technogene Beimengungen
Fallbeispiel 1: Bolzplatz										
0 - 5	yjC ₁	75	37	43	0.4	210	6530	0.3	7.1	Ziegel (5%), Mörtel (10%), MV-Asche (20%)
5 - 35	yjC ₂	71	33	57	0.2	218	7750	0.2	7.2	Ziegel (5%), Schlacken (20%)
35 - 100	yjC ₃	49	3.5	22	0.1	36	554	0.2	7.6	Ziegel (5%), Kohle (5%)
Fallbeispiel 2: Kleingarten										
0 - 35	RAp	19	1.4	29	0.2	19	131	0.5	6.5	ohne Beimengungen
35 - 75	SwBv	12	0.6	24	0.1	14	46	0.1	6.2	ohne Beimengungen
75 - 100	SdC	9	0.4	32	0.1	23	31	<0.1	6.9	ohne Beimengungen
Fallbeispiel 3: Gehölzfläche										
0 - 10/20	Ah	10	0.6	21	0.1	14	49	0.9	7.1	Glas (<2%), gebranntes Bergematerial (<2%)
10/20 - 80/95	lyC	19	1.3	31	0.3	23	160	16.9	7.3	Hochofenschlacke (2%), Rostasche, koksartige Asche, Ziegel, Mörtel (je 15%)
80/95 - 100	II Go	7	0.2	21	<0.1	14	15	<0.1	—	ohne Beimengungen

Entwicklung und Eigenschaften von Neulandböden im Rheinischen Braunkohlenrevier und in der Wetterau

von

Schneider, R. und D. Schröder*

Einleitung

Im Rheinischen Braunkohlenrevier und in der Wetterau entstehen Neulandflächen nach der Gewinnung von Braunkohle im Tagebauverfahren. Rund 26 000 ha Flächen sind bisher im Rheinland direkt vom Abbau betroffen, wovon ca. 16 000 ha wieder für land- und forstwirtschaftliche Zwecke nutzbar gemacht wurden. In der Wetterau sind bis zur Einstellung der Kohleförderung Anfang der 90er Jahre etwa 1 500 ha abgegraben worden. Bis zum Jahr 2 000 werden hier 1 000 ha Ackerflächen wiederhergestellt sein.

Es sollte untersucht werden, wie sich die schluffreichen, gefügelabilen Neulandböden im Laufe von 2 bis 3 Jahrzehnten entwickeln, welche Standorteigenschaften sie im Vergleich zu gewachsenen Ackerböden der Region aufweisen und ob durch Wald als Erstnutzung die Pedogenese forciert werden kann.

Material und Methoden

Die untersuchten Neulandflächen wurden im Schüttverfahren hergestellt. Hierbei wird das Rekultivierungsmaterial (Lößlehm und Löß) nach der Gewinnung im Vorschnitt mit Förderbändern transportiert, durch Absetzer rippenförmig geschüttet und mit Planierraupen eingeebnet.

Das Rekultivierungssubstrat im Rheinischen Braunkohlenrevier ist ein Kipp-Kalkschluff mit durchschnittlich 0-10 % Sand, 70-80 % Schluff und 15-20 % Ton (Bodenart: Lu bis Ul). In der Wetterau handelt es sich um Kipp-Kalklehme mit 0-10 % Sand, 60-70 % Schluff und 25-35 % Ton (Bodenart: Ltu), wobei tertiäres toniges Material in unterschiedlich starken Anteilen vertreten sein kann. In beiden Untersuchungsgebieten besitzen die Substrate der Neulandflächen einen Karbonatgehalt von 4-8 Gew.%. Typologisch sind die untersuchten Rekultivierungsböden nach KAK 4 als Pararendzinen anzusprechen.

Es werden zwei Altersstufen der ackerbaulich genutzten Neulandflächen sowie ältere Rekultivierungsstandorte unter Wald vergleichend vorgestellt. Im Rheinland waren unterschiedlich stark erodierte Parabraunerden, in der Wetterau Parabraunerden und degradierte Schwarzerden in die Untersuchungen einbezogen.

Die verwendeten Analysemethoden sind beschrieben bei ALEF (1991), HARTGE u. HORN (1989) sowie SCHLICHTING u. BLUME (1996).

Ergebnisse und Diskussion

Bodenchemische und -mikrobiologische Eigenschaften

Die Kohlenstoffgehalte der Neulandböden sind anfangs mit Werten um 0,1 bis 0,2 Gew.% niedrig. Auch nach 20 bis 30 Jahren liegen die Gehalte noch deutlich unter denen von Altlandböden (Fig. 1a). Im ersten Jahrzehnt ist die Humusakkumulation stärker, danach verlangsamt sich der Zuwachs. Zu vergleichbaren Befunden kommen auch INSAM u. DOMSCH (1988). Durch einen vermehrten Einsatz organischer Dünger, wie zum Beispiel Stallmist, kann die Zunahme an organischem Kohlenstoff im Boden erhöht werden (SCHUMACHER, 1995), es ist jedoch zu bedenken, daß die meisten Betriebe im rheinischen Revier viehlos wirtschaften.

* Universität Trier, FBVI, Abt. Bodenkunde, 54286 Trier

In der Wetterau ist die Kohlenstoffanreicherung etwas stärker. Eine Ursachen dafür kann das trockenere Klima sein. Zum anderen arbeiten die meisten landwirtschaftlichen Betriebe mit Viehhaltung und jeweils nur ein geringer Anteil der Nutzfläche entfällt auf Neulandböden, so daß die rekultivierten Flächen verstärkt mit Stallmist gedüngt werden können.

Unter Waldnutzung ist die Humusanreicherung deutlich besser als bei ackerbaulicher Nutzung (vgl. auch INSAM u. DOMSCH, 1988). Nach rund 25 Jahren werden in den Oberböden mit C-Gehalten von über 2 Gew.% Werte erreicht, die um ein Vielfaches über denen der Ackerböden liegen.

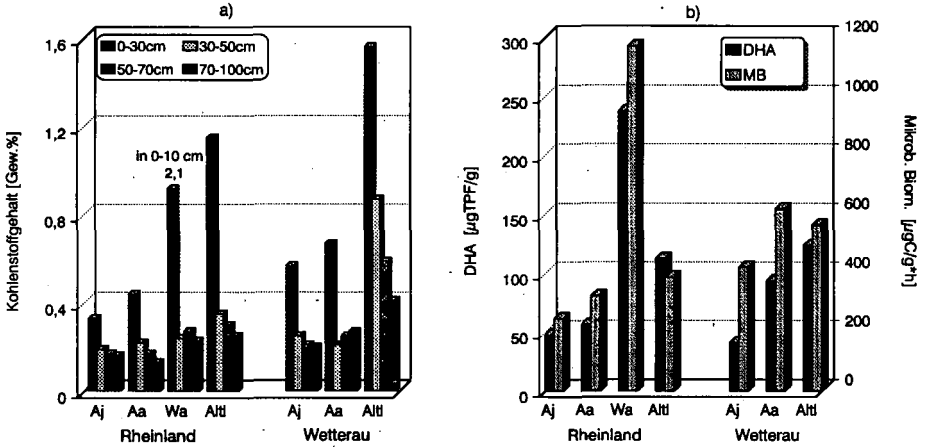


Fig. 1: Kohlenstoffgehalte (1a) und mikrobiologische Eigenschaften (1b) von Neu- und Altlandböden in den Braunkohlenrevieren des Rheinlandes und der Wetterau (A: Acker; W: Wald; Altl: Altland; j: 5-10 Jahre; a: 20-25 Jahre; n=5)

Die mikrobiologische Aktivität (Fig. 1b) entwickelt sich unter Waldnutzung, gekoppelt an die Corg-Gehalte, wesentlich dynamischer als unter Acker (vgl. INSAM u. DOMSCH, 1988; SCHNEIDER, SCHNEIDER u. SCHRÖDER, 1995).

Bodenphysikalische und -mechanische Eigenschaften

Die älteren Schüttstandorte beider Untersuchungsgebiete sind durch sehr ungünstige bodenphysikalische Bedingungen im Unterboden gekennzeichnet und als meliorationsbedürftig einzustufen. Das Trockenraumgewicht erreicht sehr hohe Mittelwerte von bis zu 1,7 g/cm³ (Fig. 2a), an Einzelstandorten wurden Werte bis 1,9 g/cm³ gemessen. Die Anteile schnell drainender Grobporen (Fig. 2b) sind entsprechend gering und damit verknüpft wiederum auch die gesättigte Wasserleitfähigkeit (Fig. 2c). Die tiefreichenden Verdichtungen sind rekultivierungsbedingt (vgl. DUMBECK u. WINTER 1993). Vielfach wurde das Substrat in zu feuchtem Zustand transportiert, geschüttet und intensiv einplaniert. Zu diesen Verdichtungen summieren sich unterhalb der Krume noch die Pflug- und Schlepperradsohlenverdichtungen.

Daß die jungen rekultivierten Böden der Wetterau bis 50 cm Tiefe günstigere physikalische Eigenschaften aufweisen, resultiert aus einer Tieflockerung der Neulandflächen mit beweglichen Lockerungsgeräten. Von der weniger intensiven Lockerung der älteren Standorte vor rund 20 Jahren mit starren Geräten sind keine positiven Effekte mehr feststellbar.

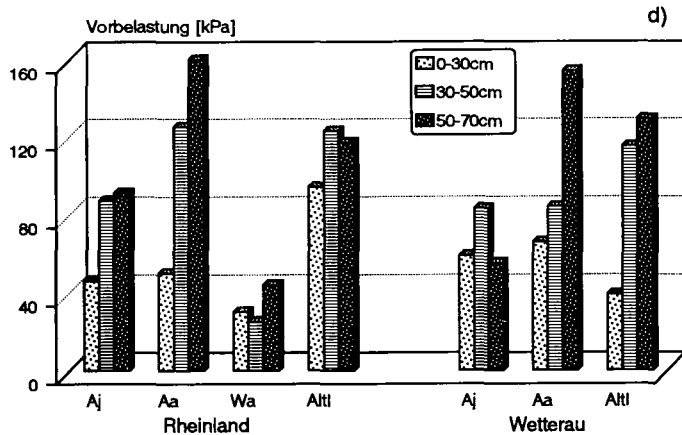
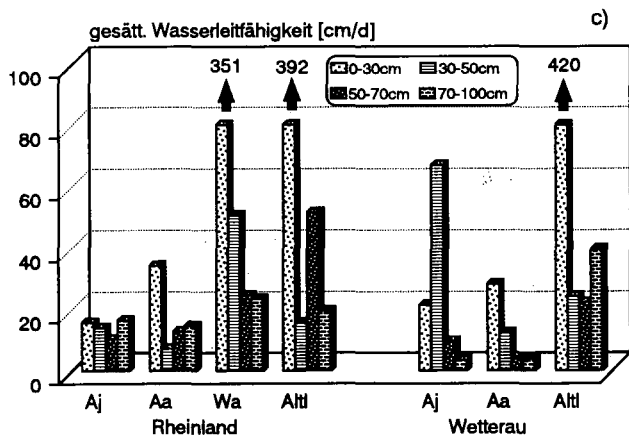
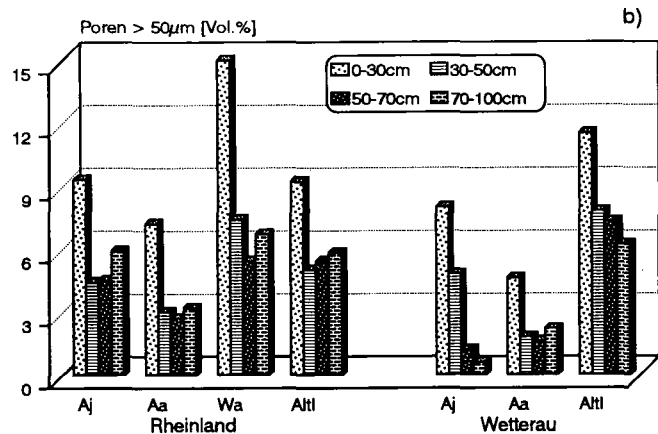
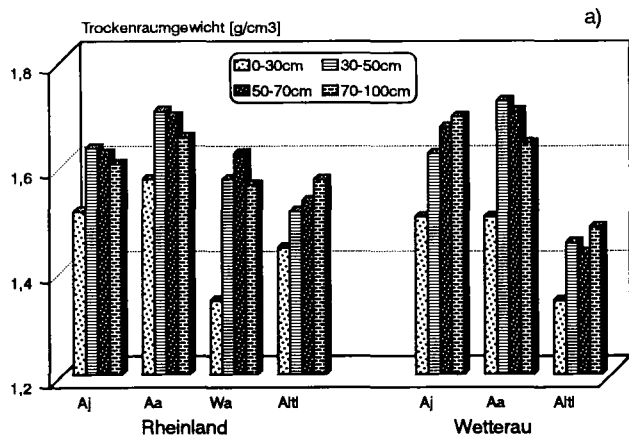


Fig. 1: Trockenraumgewicht (a), Poren > 50µm (b), gesättigte Wasserleitfähigkeit (c) und Vorbelastung (d) von Neu- und Altlandböden in den Braunkohlenrevieren des Rheinlandes und der Wetterau (A: Acker; W: Wald; Altl: Altland; j: 5-10 Jahre; a: 20-25 Jahre; n=5)

Die physikalischen Eigenschaften der ungestörten Altlandböden sind weitaus günstiger als die der Neulandböden, wenngleich sich auch hier Krumbasisverdichtungen abzeichnen.

Eine positive Wirkung der Auflockerung durch die Wurzeln unter Wald innerhalb eines Zeitraumes von 2 bis 3 Jahrzehnten manifestiert sich, verglichen mit gleichalten Ackerstandorten, in deutlich besseren bodenphysikalischen Kennwerten.

Die Vorbelastung (Fig. 2d) läßt erkennen, daß die mechanische Belastbarkeit/Tragfähigkeit der untersuchten Neulandböden mittlerer und schlechter Rekultivierungsqualität durch die Bodendichte gesteuert wird. Für Pflanzenbau ungünstige bodenphysikalische Standortbedingungen sind hier verknüpft mit einer hohen Tragfähigkeit. Die gewachsenen Böden hingegen vereinen gute physikalische Eigenschaften mit großer mechanischer Belastbarkeit. Durch die Lockerungswirkung der Baumwurzeln wird die Vorbelastung stark herabgesetzt. Untersuchungen von LEBERT u. SPRINGOB (1994) belegen die Annahme, daß es möglich ist, durch ordnungsgemäße Rekultivierungsarbeit Neulandböden mit relativ günstige bodenphysikalische und -mechanische Eigenschaften herzustellen.

Zusammenfassung

- Die Eigenschaften der untersuchten Neulandböden in den Braunkohlenrevieren des Rheinlandes und der Wetterau werden maßgeblich durch die Art des Rekultivierungsgutes, die Rekultivierungsqualität, die Nutzungsart, die Bewirtschaftungsintensität sowie meliorative Eingriffe gesteuert.
- Aussagen zur Entwicklung von bodenphysikalischen und -mechanischen Eigenschaften werden hierdurch teilweise erheblich erschwert. Bodenchemische und -biologische Entwicklungstendenzen sind jedoch erfäßbar.
- Die jungen Neulandstandorte sind aus bodenphysikalischer, die älteren aus bodenchemischer und -biologischer Sicht als günstiger einzustufen.
- Durch Tieflockerung, gegebenenfalls mit Drainage, können tieffreichend verdichtete, rekultivierte Lößböden melioriert werden. Die Folgebewirtschaftung sollte bodenschonend durchgeführt werden.
- Extensivere Erstnutzung in Form von Wald fördert die Gesamtentwicklung von Neulandböden deutlich.

Literatur

ALEF, K. (1991): Methodenhandbuch Bodenmikrobiologie: Aktivitäten, Biomass, Differenzierung.- Landsberg/Lech // **DUMBECK, G. u. WINTER, K.H. (1993):** Bodenphysikalische und bodenmechanische Aspekte bei der Rekultivierung im Rheinischen Braunkohlenrevier.- Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 71, 29-32 // **HARTGE, K.H. u. HORN, R. (1989):** Die physikalische Untersuchung von Böden.- Stuttgart // **INSAM, H. a. DOMSCH, K.H. (1988):** Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites.- Microbial Ecology, 15, 177-188 // **LEBERT, M. u. SPRINGOB, G. (1994):** Zur Rekultivierung von Lößböden (I): Wirkungen verschiedener Planierverfahren auf die Bodenstruktur.- Z.f. Kulturtechn. Landentw., 35, 112-121 // **SCHLICHTING, E. u. BLUME, H.P. (1966):** Bodenkundliches Praktikum.- Berlin, Hamburg // **SCHNEIDER, R., SCHNEIDER, H. u. SCHRÖDER, D. (1995):** Beziehungen zwischen Bodenorganismen und Gefügeentwicklung auf Löß-Neuland unter Acker- und Waldnutzung.- Z.f. Pflanzenernähr. Bodenk., 158, 197-204 // **SCHUMACHER, B. (1995):** Huminstoffsysteme und mikrobielle Eigenschaften rekultivierter Böden des Rheinischen Braunkohlenreviers unter verschiedener Erstnutzung und Interaktion mit einem polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoff.- (=Berichte aus den Geowissenschaften), Verlag Shaker, Aachen, zugl. Diss. Univ. Trier

Klassifizierung Anthropogener Böden

von

Schwerdtfeger, G.*

Die in dieser Tagung zu besprechenden Bergbauböden sind nach KA 4 (Bodenkundliche Kartieranleitung, AG BODEN, 1994) vorwiegend Terrestrische Böden; in die Klasse 5.9.1.3.1.13 Terrestrische Kultosole sind sie jedoch nur bedingt einzuordnen.

Daher ist in die Systematik der Böden eine Abteilung F Anthropogene Böden aufgenommen worden (KUNTZE u.a., 1994). In deren Klasse a" Terrestrische Anthropogene Böden" sind - zunächst ohne bodensystematische Zuordnung - die Bodengruppen der Auftragsböden (Deposole), der Abtragsböden (Denusole) und der Eindringböden (Intrusole) eingegliedert worden (SCHRAPS, 1989).

Anthrosols in der WRB

Die 1988 erstellte revidierte Legende der Weltbodenkarte (FAO-UNESCO-ISRIC, 1988) enthielt erstmalig eine Hauptbodengruppe Anthrosols. Diese ist auch im Entwurf der WRB (World Reference Base for Soil Resources) (IBG, ISRIC, FAO, 1994) enthalten. Diese Böden müssen einen mindestens 50cm mächtigen "anthric"-Horizont haben. Neben diesem durch menschliche Einwirkungen entstandenen diagnostischen Horizont können andere Horizonte mit nachgeordneter Bedeutung vorhanden sein.

Diese Böden müssen durch von Menschen ausgelöste bodenbildende Prozesse so verändert sein, daß der Ausgangsboden höchstens noch als begrabener Boden in mehr als 50 cm Tiefe anzusprechen ist. Sie werden vorwiegend in Gebieten alter Kulturen mit traditionsbestimmter Landwirtschaft (z.B. Südostasien) angetroffen. Neben den Bewässerungsböden gehören auch die nordwesteuropäischen Plaggenböden und weitere der in der vorstehenden Klasse Terrestrische Kultosole angesprochenen Böden zu dieser Einheit.

Im Entwurf der WRB werden zur Gliederung der Anthrosols die nachstehenden vier Bodeneinheiten vorgeschlagen:

- Hydragric Bewässerungsböden mit aggregatreichem Oberboden, Pflugsohle und Einwaschungshorizont,
- Irragric Bewässerungsböden mit höherem Feintonanteil und ausgeprägter, biologischer Aktivität,
- Cumulic erdige Plaggenböden,
- Hortic tiefgründige Gartenböden mit hohem Humus- und P-Gehalt.

Viele dieser Anthrosols haben einen relativ hohen Anteil an organischem Kohlenstoff mit einem C/N-verhältnis von 10 oder weniger. Dadurch ist auch ihre Wasserspeicherfähigkeit recht hoch.

Anthrosols in der Soil Taxonomy der USA

In den USA wird die Bodenklassifikation seit 1975 nach der SOIL TA-

* D 29556 Suderburg, Am Tannenmoor 34

-XONOMY vorgenommen. Eine Fortschreibung erfolgt durch die KEYS (1994). In diese ist bisher keine Ordnung der Anthrosols aufgenommen worden. Im Gegensatz zur deutschen Bodensystematik, die mit genetischen Horizontfolgen arbeitet, benutzt die Soil Taxonomy und die WRB diagnostische Horizonte. Dabei wird zwischen Epipedon und den eigentlichen diagnostischen Horizonten unterschieden. Letztere liegen stets unterhalb der Bodenoberfläche.

Die in der Soil Taxonomy genannten sechs Epipedons sind diagnostische Oberflächenhorizonte. Das Anthropogenic Epipedon unterscheidet sich vom Mollic epipedon nur durch einen höheren Gehalt von zitrone-säurelöslichem Phosphat und eine gleichmäßigere Durchfeuchtung.

In einem Referat auf dem Hamburger IBG-Congress (KOSSE, 1986) wurde darauf hingewiesen, daß Anthropogene Böden erst auf der Suborder Stufe erfaßt werden (Plaggepts in der Ordnung Inceptisols, Arenets in der Ordnung Entisols) oder auf der Stufe der Großgruppen (Agrudalfs in der Ordnung Alfisols). Nach der 6. Auflage der KEYS (1994) ist dies eine vorläufige (provisionally) Angabe.

Von KOSSE wurde die Forderung gestellt auch in die Soil Taxonomy eine Ordnung Anthrosols aufzunehmen. Als Subordnungen wurden Plaggans, Hortans, Aquans und Irrigans genannt.

Diese Forderung ist in dem seitdem vergangenen Jahrzehnt nicht erfüllt worden. Dafür sind zwei Gründe anzuführen: Anthrosols sind durch die oft erst seit einem Jahrhundert erfolgte Ackernutzung mit Pflugbearbeitung kaum vorhanden und die Bodenkartierung erfolgt im örtlichen County-Soil-Survey nicht nach der Soil Taxonomy sondern mit neu festgelegten soil series. Davon gibt es in allen 50 Bundesstaaten der USA zur Zeit mehr als 20 000.

Anthropogene Böden in der deutschen Bodenklassifikation

Die Abteilungen als höchste bodensystematische Einheiten werden nach ihrem Wasseregime unterschieden. Nur die Moorböden werden wegen ihrer Eigenständigkeit in Entstehung und Material als eigene Abteilung herausgestellt (KA 4, 1994). Diese Begründung ist auch für die Ausweisung einer Abteilung Anthropogene Böden zutreffend.

Von größerer Bedeutung ist aber ein eindeutiger Bezug zur WRB. Dieser wird für die Abteilung der Moore durch eine in der IPS (International Peat Society) gebildete Arbeitsgruppe "Histic soils" erarbeitet. Dabei sollte die Asprache der Horizonte vergleichbar sein. In der deutschen Bodensystematik wird das Symbol H benutzt; in englischsprachigen Ländern ist hierfür O üblich (SCHWERDTGER und URBAN, 1995).

Bildung einer Arbeitsgruppe "Anthric soils"

Für die Benennung der höchsten kategorischen Bodeneinheiten sind 20 adjektivische Begriffe vorgeschlagen worden (DUDAL, 1990). Anthric kennzeichnet Böden, die durch ausgesprochen deutlichen menschlichen Einfluß entstanden sind. Daher sollte eine Arbeitsgruppe mit diesem Wort benannt werden.

Diese Arbeitsgruppe ist von der Kommission V beim Vorstand der DBG zu beantragen. Dies sollte so rechtzeitig erfolgen, daß sie auf der nächsten Bundestagung 1997 in Konstanz ihre Arbeit aufnehmen kann. Anzustreben ist eine Eingliederung in die Arbeit der WRB. Diese wird auf der Tagung der IBG 1098 in Montpellier in Frankreich möglich sein.

Abteilung "Anthropogene Böden" in der deutschen Bodensystematik

Eine Abteilung Anthropogene Böden ist in mehrere Klassen zu unterteilen. Hauptgliederungsprinzip sollte das Ziel des menschlichen Eingriffs sein.

Kultosole sind für eine land- und gartenbauwirtschaftliche Nutzung erheblich verändert worden. Bergbauböden sind überwiegend durch die Ablagerung von Bergematerial entstanden. Deren Substratzusammensetzung ist so mannigfaltig, daß bei einer systematischen Gliederung Unterklassen erforderlich werden.

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 denen ist eine Unterscheidung nach Art und Material der Dichtung erforderlich.

Von dieser unterirdischen Versiegelung ist die Oberflächenversiegelung systematisch zu trennen und in Voll- und Teilversiegelung zu unterscheiden. Daher ist für Versiegelte Böden in der Abteilung Anthropogenen Böden eine weitere Klasse erforderlich. Ob die in der KA 4 unter 5.9.1.3.1.12 stehende Klasse der Reduktosole auch als eigene Klasse zu den Anthropogenen Böden gehört, kann nicht auf dieser Tagung diskutiert werden.

Tab.1 Abteilung Anthropogene Böden

1.Klasse	Terrestrische Kultosole	Kolluvisol, Plaggenesch, Hortisol, Rigosol, Treposol, Friedhofsboden
2.Klasse	Moorkultosole	Fehn-, Sanddeck- und Sandmischkultur
3.Klasse	Bergeböden	Erz-, Stein- und Braunkohlebergbau
4.Klasse	Deposole	natürliches Substrat, Haus- und Industriemüll
5.Klasse	Versiegelte Böden	Vollversiegelte Böden mit Bodenaustausch und Dränung, Teilversiegelte Böden
6.Klasse	Reduktosole	Norm-, Roh-, Ocker- und Fahlreduktosol
7.Klasse	Bewässerungsböden	Reisböden, Rieselwiesen

Die in Tabelle 1 aufgeführten Klassen 6 und 7 weisen darauf hin, daß weltweit zu einer Abteilung Anthropogene Böden weitere Klassen gehören werden.

Zusammenfassung

Bergbauböden benötigen zumindest auf der systematischen Ebene eine eigene Klasse. Dieser Forderung kann in der deutschen Bodensystematik in einer neu (oder wieder) einzufügenden Abteilung Anthropogene Böden entsprochen werden. Für diese Abteilung wird eine Gliederung in sieben Klassen vorgeschlagen.

Damit ist auch der Bezug zum 1994 vorgelegten Entwurf WRB (World Reference Base for Soil Resources) möglich.

Schrifttum:

- AG BODEN: Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl., Hannover, 1994.
- DUDAL, R.: An International Reference Base for soil classification (IRB). Transactions des Int Bodenkdl. Kongresses in Kyoto, Japan, Band V, 38-42, 1990.
- IBG, ISRIC, FAO: World Reference Base for Soil Resources, Draft, Wagenin- gen/Rom, 1994.
- KOSSE, A.: Anthrosols: Proposals for a new soil order. Berichte XIII. Congress d. IBG, Hamburg, Band III, 1175, 1986.
- KUNTZE, H., G. ROESCHMANN u. G. Schwerdtfeger: Bodenkunde, 5. Aufl. Verlag Ulmer, Stuttgart, 1994.
- SCHRAPS, W.G.: Zur Systematik anthropomorpher Böden im Ruhrgebiet. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 59/II, 981-982, 1989.
- SCHWERDTFEGER, G. und B. URBAN: Moore und Histosols - Vergleich der bodenkundlichen Systematik. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 76/II, 1193 - 1196, 1995.
- SOIL SURVEY STAFF: Keys to Soil Taxonomy, 6. ed., USDA, Washington, 1994.

Kompostanwendung auf Kulturosolon aus Löss

von

Tenholtern, R.

Einleitung

Die im Braunkohlentagebau und bei anderen Abgrabungen, auf Halden und Deponien sowie bei vielen Baumaßnahmen entstehenden Böden sind in ihren Funktionen oft vielfältig gestört. Eines haben sie aber meist gemeinsam: ihnen fehlt der humose und belebte Oberboden. Die Anreicherung von organischer Substanz im Boden ist daher in der Regel ein wichtiges Teilziel der Rekultivierung. Neben anderen Substraten werden dazu heute vermehrt Bio-komposte als Träger organischer Substanz angeboten.

Die im rheinischen Braunkohlenrevier zur Rekultivierung der Tagebaue und Außenkippen aufgeschütteten Kulturosole aus Löss zeichnen sich durch relativ geringe Ton- und Humusgehalte sowie hohe Schluffgehalte aus. Der hohe Schluffgehalt bedingt einerseits die hohe nutzbare Wasserkapazität und das damit verbundene grundsätzlich hohe Standortpotential dieser Böden. Wegen der geringen Ton- und Humusgehalte weisen die jungen Kulturosole aber andererseits eine geringe Gefügestabilität auf und sind deshalb verdichtungsgefährdet. Außerdem ist ihre biologische Aktivität anfänglich sehr gering. Die Vermeidung bzw. Beseitigung von Bodenverdichtungen, die Verbesserung der Gefügestabilität und die Förderung der biologischen Aktivität sind hier daher die entscheidenden Faktoren für die weitere Bodenentwicklung.

Die jungen Kulturosole werden seit einigen Jahren im Rahmen der siebenjährigen Zwischenbewirtschaftung durch den Bergbautreibenden mit dem Stechhublockerer TLG 12 B tiefgelockert. Von einer Kompostanwendung in Kombination mit der bewährten Tieflockerung wird eine Förderung des Bodenlebens und eine damit verbundene zusätzliche Verbesserung des Bodengefüges erwartet. Durch die Zufuhr organischer Substanz soll der biogene Gefügaufbau und die biogene Gefügestabilisierung gefördert werden, um das Ergebnis der mechanischen Lockerung zu verbessern und nachhaltig zu sichern.

Beim Komposteinsatz ist aus der Sicht des Bodenschutzes immer zu beachten, daß er nur dann sinnvoll und zulässig ist, wenn er mindestens eine Bodeneigenschaft oder -funktion nachhaltig positiv beeinflusst und gleichzeitig andere Bodenfunktionen und Umweltmedien nicht schädigt oder gefährdet (LABO/LAGA 1995).

Material und Methoden

Auf einer 1992 hergestellten Fläche wird die Wirkung unterschiedlich hoher Kompostgaben in Kombination mit einer Tieflockerung auf bodenchemische, bodenbiologische und insbesondere auf bodenphysikalische Eigenschaften in verschiedenen Bodentiefen untersucht. Der Versuch ist als Großparzellenanlage ohne Wiederholung mit einer Laufzeit von drei Jahren angelegt. Die bodenphysikalischen Untersuchungen werden an jeweils drei Intensivmeßpunkten durchgeführt. Vor der Tieflockerung mit dem Stechhublockerer TLG 12 B wurden im Spätsommer 1994 40, 120 und 360 t FS / ha Kompost mit Spezialfahrzeugen möglichst gleichmäßig und bodenschonend aufgebracht. Nach der Kompostaufbringung und Lockerung wurde der Boden etwa 15 cm tief gegrubbert und anschließend Weizen eingesät. Der verwendete Kompost unterliegt der Gütesicherung der Bundesgütegemeinschaft Kompost und entspricht den Qualitätsanforderungen der Güterrichtlinie RAL-GZ 251. Er ist aufgrund geringer Schwermetall-, Salz- und Nährstoffgehalte für den Einsatz größerer Mengen im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen vergleichsweise gut geeignet. Nach LABO/LAGA (1995) ist allerdings bei den gegebenen Nährstoffgehalten und Bodenverhältnissen nur eine Gabe von maximal 75 t FM zulässig. Die Varianten V 120 und V 360 überschreiten also die zur Zeit diskutierten Anwendungsmengen erheblich. Die ersten Untersuchungen, über die hier berichtet wird, wurden ein halbes Jahr nach der Maßnahme durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die *Schwermetallgehalte* des verwendeten Kompost sind sehr gering. In der Tabelle 1 sind die nach der Aufbringung von 360 t FM Kompost gemessenen Gehalte im Boden denen in der Nullvariante gegenübergestellt. Für Zink wurde aufgrund der allgemein höheren Gehalte dieses Elementes in Böden und Komposten eine leichte Erhöhung der Stoffkonzentration im Oberboden gemessen. Für die übrigen untersuchten Schwermetalle war keine meßbare Anreicherung feststellbar. Nach LABO/ LAGA (1995) dürfen die Bodengehalte nach der erstmaligen Kompostanwendung den regional vorkommenden Hintergrundwert von landwirtschaftlich genutzten Böden (50iger Perzentil) und den Bodengrenzwert der AbfklärV nicht überschreiten. Die gemessenen Werte liegen alle weit unterhalb der Grenzwerte der AbfklärV. Der im Rheinland vorkommende Hintergrundwert liegt für Zink bei 60 mg/kg (LABO 1994). Auch dieser Wert wird also trotz der geringfügigen Zunahme nicht überschritten.

Tab. 1: Schwermetallgehalte im Kompost und im Boden (mg/kg)

Schwermetalle	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
Gehalte im Kompost	50	0,79	23	34	13	0,12	189
Gehalte im Boden V 0 (0-30 cm)	11	<0,4	20	9	17	<0,05	31
Gehalte im Boden V 360 (0-30 cm)	11	<0,4	20	10	16	<0,05	40

Die in allen Varianten gefundenen, relativ hohen *CaCO₃-Gehalte* und *pH-Werte* sind charakteristisch für den untersuchten Bodentyp (Tab. 2). Auf vielen Böden wird vom Kompost eine Stabilisierung des pH-Wertes erwartet. Auf den Kultosolen aus kalkreichem Löß ist dieser Effekt unbedeutend. Aufgrund der geringen Salzgehalte des aufgetragenen Kompostes blieb der *Salzgehalt* im Boden auch bei hoher Anwendungsmenge unverändert. Der *C_{org}-Gehalt* wurde dagegen durch die Kompostaufbringung erwartungsgemäß stark erhöht. Der gemessene Wert in der Variante V 360 ist mit dem *C_{org}-Gehalt* von Kultosolen aus Löß unter Wald vergleichbar (SCHNEIDER u.a. 1995). In einem deutlich geringeren Maße als der *C_{org}-Gehalt* wurde der *N-Gehalt* des Bodens durch die Kompostanwendung angehoben. Deshalb wurde das *C/N-Verhältnis* mit der Kompostanwendung von 5.5 nach 19.1 erweitert. Die in der Nullvariante V 0 gemessenen *Phosphor- und Kaliumgehalte* entsprechen den allgemein niedrigen Ausgangsgehalten in jungen Kultosolen aus Löß. Eine Magnesiumdüngung ist auf diesen Böden nicht notwendig. Mit der Kompostgabe wurde die im Rahmen der Rekultivierung angestrebte Anhebung der Grundnährstoffgehalte erreicht. Die Phosphor- und Kaligehalte lagen nach der Anwendung von 360 t FM Kompost in der Gehaltsklasse C (= optimal) nach der Einteilung der Landwirtschaftskammer Rheinland.

Tab. 2: Stoffliche Eigenschaften im Oberboden

Parameter	CaCO ₃	pH-Wert	Salz	C _{org}	N _t	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Einheit	% TS		% TS	% TS	% TS	mg/100g	mg/100g	mg/100g
Bodentiefe	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-15 cm	0-15 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm
V 0	8.3	7.4	0.04	0.22	0.04	4 (A)	5 (A)	7 (D)
V 40	7.8	7.5	0.04	0.47	0.04	4 (A)	7 (B)	8 (D)
V 120	8.2	7.5	0.04	0.52	0.11	6 (B)	11 (B)	9 (D)
V 360	6.8	7.5	0.04	1.34	0.07	10 (B)	18 (C)	11 (E)

(): Versorgungsstufe nach Landwirtschaftskammer Rheinland

Die von einer Kompostanwendung erwartete Förderung des Bodenlebens kann zuerst an einer Veränderung der relativ schnell reagierenden mikrobiellen Aktivität erkannt werden. Die mikrobiellen Parameter *substratinduzierte Respiration (SIR)* und *Dehydrogenaseaktivität (DHA)* wurden durch die Anwendung von 360 t FM Kompost deutlich erhöht (TENHOLTERN 1996). Im Frühjahr nach der Kompostanwendung wurden drei Regenwurmarten, *Lumbricus terrestris*, *Allolobophora chlorotica* und *Aporectodea caliginosa* gefunden.

Die Anzahl der Tiere und das *Regenwurmgewicht* waren dem geringen Alter der Fläche entsprechend insgesamt gering. In den Kompostvarianten lag das Regenwurmgewicht dabei aber deutlich über dem der Nullvariante (TENHOLTERN 1996).

Der Versuchsboden zeigte in allen Varianten und an allen Intensivmeßpunkten das für den Stechhublockerer TLG 12 B typische Lockerungsprofil. Die etwa 80 cm tiefen, sich nach unten auf eine Breite von 12 cm verjüngende Lockerungsgänge waren deutlich von den dazwischen liegenden, ungelockerten Kämmen zu unterscheiden. Unterhalb einer etwa 15 cm mächtigen, gegrubberten Krume folgt eine 10 bis 20 cm mächtige Krumbasis. Das Bodengefüge in der Krume war durch die Bodenbearbeitung und in den Kompostvarianten V 120 und V 360 vor allem durch den eingearbeiteten Kompost geprägt.

In der Krume wurde die *Luftkapazität* deutlich durch die Kompostgabe erhöht (Abb. 1). Dies ist die unmittelbare Wirkung der oberflächlichen Komposteinmischung, also der gewünschte Mulcheffekt. In der Krumbasis war die Luftkapazität unabhängig von der Variante sehr viel geringer. Der Boden wurde in dieser Tiefe durch Befahrung und Bearbeitung nach der Tieflockerung verdichtet und nicht wieder durch das Grubbern aufgelockert. Die hohe Luftkapazität im Lockerungsgang aller Varianten belegt den allgemeinen Erfolg der mechanischen Tieflockerung. Die *Luftdurchlässigkeit* wurde im wesentlichen durch die Luftkapazität bestimmt (Abb. 2). Systematische Unterschiede im Verhältnis von Grobporenvolumen und Durchlässigkeit, die auf Unterschiede in der Porenkontinuität zwischen den Kompostvarianten schließen lassen könnten, zeigen sich nicht.

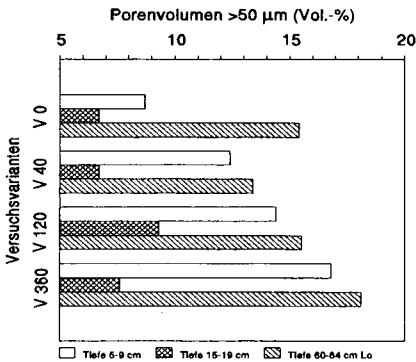


Abb. 1: Luftkapazität

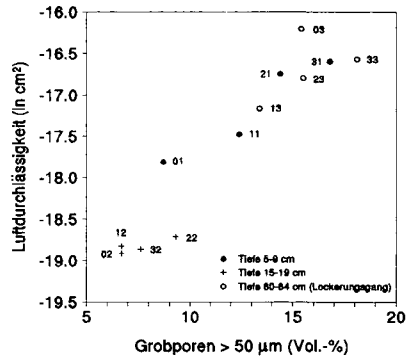


Abb. 2: Luftkapazität und Luftdurchlässigkeit

Durch die Gabe von 360 t FM Kompost wurde das *Mittelporenvolumen* im Verhältnis zur Festschubstanz gegenüber der Nullvariante deutlich angehoben (TENHOLTERN 1996). Dieser Effekt ist in Böden mit geringerer Wasserspeicherfähigkeit von großer Bedeutung für die Keimung und Jungpflanzenentwicklung. In dem schluffreichen Versuchsboden mit seiner ohnehin hohen nFK ist diese Wirkung weniger wichtig.

In allen Varianten wurden in den verschiedenen Tiefen jeweils etwa gleiche *Aggregatdichten* gemessen (Abb. 3). Nach der Kompostaufbringung wurde dagegen eine größere Anzahl Klumpen gefunden. In den Kompostvarianten war also die Bodenbearbeitung weniger erfolgreich als in der Nullvariante. Demgegenüber zeigten sich im Lockerungsgang der Variante V 360 deutlich mehr kleine Bröckel, während in den übrigen Varianten durch die mechanische Lockerung auch ein gewisser Anteil Klumpen entstanden war.

In allen Varianten wurden in den verschiedenen Tiefen jeweils etwa gleiche *Aggregatdichten* gemessen (Abb. 3). Während die Bodendichte in der Krume durch die Kompostgabe sehr stark abnahm, lag die Aggregatdichte in dieser Tiefe in den Kompostvarianten sogar geringfügig über der in der Nullvariante. Die geringere Bodendichte in der Krume der Kompostvarianten beruht also alleine auf einem höheren Porenvolumen zwischen den Aggregaten. Eine von der Kompostgabe induzierte biogene Sekundärlöcherung der Aggregate ist noch nicht erkennbar.

Die *Aggregatstabilität* war in der Krume erwartungsgemäß höher als in der Krumbasis. In der Krume hatte der Kompost die Aggregatstabilität bereits ein Winterhalbjahr nach der Anwendung geringfügig verbessert (TENHOLTERN 1996).

Tab. 3: Gewogene, mittlere Aggregatgröße (mm)

Tiefe	V 0	V 40	V 120	V 360
5-9 cm	12	21	21	21
15-19 cm	19	20	18	15
60-64 cm Lo	14	18	14	7

Zusammenfassung

Die Salz- und Schwermetallgehalte im Boden wurden durch die hohe Kompostgabe entweder nicht, oder nicht nennenswert, erhöht. Die gefundenen Phosphorgehalte im Oberboden und die übrigen Standorteigenschaften lassen eine Gefährdung von Oberflächengewässern durch Phosphoreintrag nicht befürchten. Nach den hier vorliegenden Ergebnissen ist also eine Schädigung oder Gefährdung der Bodenfunktionen und anderer Umweltmedien durch die mit dem Kompost auf den Boden gebrachten Salze, Schwermetalle und Grundnährstoffe nicht zu erwarten. Ob und in welcher Menge Stickstoff aus dem Wurzelraum ausgewaschen wurde, konnte im Rahmen dieses Versuches nicht untersucht werden.

Durch die Zufuhr von organischer Substanz und Nährstoffen wurde das Bodenleben erkennbar gefördert. In der Krume zeigte sich ein deutlicher, positiver Mulcheffekt. Durch den hohen Kompostanteil am Gesamtboden wurde gleichzeitig die Durchlüftung und Wasserspeicherung des Bodens verbessert. Dabei war der Bearbeitungserfolg nach der Kompostaufbringung allerdings nicht optimal. Der Kompost war nur mäßig mit den durch die Bodenbearbeitung entstandenen Aggregaten vermischt. Außerdem wies die Kompostvariante gegenüber der Nullvariante eine erhöhte Anzahl von Klumpen und eine etwas höhere Aggregatdichte auf. Im Lockerungsgang der Variante V 360 wurde die höchste Luftkapazität und die höchste Anzahl kleiner Aggregate gefunden. Möglicherweise hat also die Kompostanwendung das Ergebnis der mechanischen Lockerung positiv beeinflusst.

Insgesamt gesehen hatte die Kompostanwendung ein halbes Jahr nach der Anwendung v.a. eine positive Wirkung auf das Bodengefüge im Oberboden und das Bodenleben. Weitergehende Wirkungen im Sinne einer biogenen Sekundärlockerung und Gefügestabilisierung waren zu diesem frühen Zeitpunkt noch nicht, oder nur ansatzweise erkennbar. Die angestrebten, nachhaltigen Effekte sollen durch weitere Untersuchungen erfasst werden.

Literatur

LABO (1994): LABO AK "Bodenbelastung" Arbeitsblatt - Hintergrund und Referenzwerte, Stand Juli 1994

LABO/LAGA AG (1995): LABO/LAGA AG "Abfallverwertung auf devastierten Flächen"

SCHNEIDER, R.; SCHNEIDER, H.; SCHRÖDER, D. (1995): Beziehung zwischen Bodenorganismen und Gefügestabilisierung auf Löß-Neuland unter Acker- und Waldnutzung. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 158, 197-204

TENHOLTERN, R.; LUYTEN-NAUJOKS, K. und DUMBECK, G. (1996): Kompostanwendung bei der Rekultivierung im rheinischen Braunkohlenrevier. Braunkohle, eingereicht

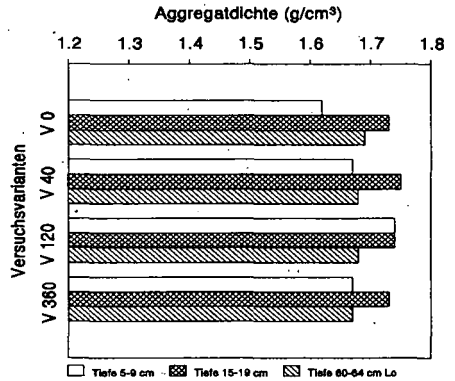


Abb. 3: Aggregatdichte (10-30 mm)

Pedologische Aspekte bei der Gestaltung und Nutzung der Bergbaufolgelandschaft im mitteldeutschen Braunkohlengebiet

von

Vogler, E.¹, M. Wünsche² und F. Vogler¹

1. Problematik und Gestaltungsziele

Der Braunkohlenbergbau entwickelte sich in Mitteldeutschland vorwiegend in agrarisch genutzten Gebieten mit fruchtbaren Löß- und Sandlöß-Schwarzerden, Löß- und Sandlöß-Parabraunerden, Sandlöß-Pseudogleyen (Staugleyen) über Geschiebelehm-/mergel oder Schmelzwassersanden. In den Auen von Mulde, Gösel, Pleiße und Weißer Elster wurden Auelehm- und Aueenschluff-Gleye ausgebildet. Deshalb hatte seit jeher die landwirtschaftliche Rekultivierung der Abbauflächen besonderen Wert. Bereits im Jahre 1743 verpflichtete ein kurfürstliches Mandat die Bergbautreibenden in Sachsen, die für den Abbau nicht mehr benötigten Flächen in einem für ackerbauliche Zwecke gut geeigneten Zustand zurückzugeben. Auch gegenwärtig muß, in Anbetracht der hohen Qualität der Deckgebirgssubstrate, bei der Planung und Gestaltung der Bergbaulandschaft die Option zur landwirtschaftlichen Nutzung der Kippenflächen erhalten werden. Daneben bekommt die forstliche Kippennutzung, die sich bisher vorwiegend auf Geschiebedecksandgebiete oder Randbereiche konzentrierte, zunehmende Bedeutung. Beide Nutzungsformen werden auch zukünftig im Revier dominieren. Sie sind jedoch stärker als bisher unter Beachtung ökonomischer, ökologischer und landschaftsästhetischer Aspekte miteinander zu verzahnen. Refugien oder besonders geschützte Biotope sind zu integrieren.

2. Pedologische Grundlagen

Durch die bergmännische Tätigkeit entstanden Kippenmassive mit 60 bis über 100 m Mächtigkeit, die sich in Schichtaufbau, geologisch-hydrologischen Eigenschaften und Substratbeschaffenheit wesentlich von den Bedingungen der Tagebauvorfelder unterscheiden. Insbesondere die anthropogenen Kippenböden weichen in ihren Merkmalen und in ihrer Genese von den natürlichen Böden des Gebiets ab. Bei der Entwicklung von Zielvorstellungen zur Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft können deshalb die ursprünglichen Verhältnisse nicht kopiert werden. Gestaltungsmaßnahmen sind nur erfolgreich, wenn sie die grundlegend veränderten Standortbedingungen, insbesondere die spezifischen Merkmale der Kippenböden, berücksichtigen. Gleichzeitig bietet aber der Umlagerungsprozeß die Möglichkeit, Relief und Bodendecke der Bergbaufolgelandschaft den Zielvorstellungen entsprechend zu gestalten.

Als Planungsgrundlage haben sich die bodengeologischen Vorfelddgutachten bewährt. Diese Gutachten, die für alle Tagebaubereiche angefertigt wurden, geben Aufschluß über die deckgebirgsgeologischen Verhältnisse in den Tagebauvorfeldern. Sie ermöglichen auf Grund der zusammenfassenden Kennzeichnung der physikalischen, chemischen und mineralogischen Eigenschaften der Abraumsubstrate [KNAUF 1968, WÜNSCHE 1976, WÜNSCHE et al. 1996] großräumige Vorschläge zur pedologischen Ausstattung der Kippenflächen für die geplante dominierende Nutzungsrichtung. Die Gutachten zeigen aber auch, welche Deckgebirgssubstrate für Detailgestaltungen besonders geeignet sind. Durch Auswertung der bodengeologischen Vorfelddgutachten kann sowohl im aktiven Bergbau als auch im Sanierungsbergbau das Bodeninventar der Bergbaufolgelandschaft bereits vor dem Abraumbtrag festgelegt werden.

Die konkrete Planung zur Gestaltung und Nutzung der Kippen muß auf der Ebene der Kippbodenformen (Hauptbodenformen) erfolgen. Deshalb wurden, ergänzend zu den bodengeologischen Vorfelddgutachten, seit 1956 für jede Rückgabefläche des Bergbaus bodengeologische Kippengutachten mit Angaben über die

- Zusammensetzung der Kippsubstrate bis 2,0 m Tiefe,
- Verbreitung der Kippenböden mittels Bodenkarten,

¹ Dr. Vogler und Partner, Ingenieurgesellschaft mbH, Ludwig-Hupfeld-Str. 8, 04430 Böhlitz-Ehrenberg

² Prof. Dr. habil. Manfred Wünsche, Gellertstr. 3, 09599 Freiberg

- Meliorationsmaßnahmen, Vorflut- und Böschungsgestaltung,
- Nutzungseignung der Kippenfläche

angefertigt. Auf der Basis dieser Gutachten entstanden Bodenkarten im Maßstab 1:10.000 und 1:25.000 als Planungsunterlagen für die Detailgestaltung der Bergbaufolgelandschaft [ALTERMANN, WÜNSCHE 1993, 1995]. Die Planungspraxis zeigt, daß diese Bodenkarten den gestellten Anforderungen gerecht werden und als Planungsgrundlage geeignet sind.

Am Beispiel des Bodenformenmosaiks der Innenkippe Espenhain läßt sich dieser Planungsschritt demonstrieren. Planungsaufgabe war die Erstellung eines Landschaftspflegerischen Begleitplanes mit höherem Gehölzanteil im Plangebiet [VOGLER, F. et al. 1993, 1996]. Die Karte zeigt als vorherrschende Kippbodenformen Kipp-Kalklehm- und Kipp-Lehm-Lockersyrosem. Auf älteren, länger bewirtschafteten Bereichen entwickelten sich daraus Pararendzinen bzw. Regosole. Diese Kippenböden sollen unter den konkreten Bedingungen auch zukünftig landwirtschaftlich genutzt werden. Das Areal bietet aber auch Möglichkeiten zur Erweiterung des Gehölzanteils. Wir nutzen hierfür vorrangig die sandigen, ertragsschwächeren Bereiche zur Anlage von Gehölzinseln. Die Weg- und Straßenränder eignen sich zur Etablierung linearer Grünzüge. Da hierfür Kipp-Kalklehm- und Kipp-Lehm-Flächen zur Verfügung stehen, sieht der Plan auch den Anbau anspruchsvollerer Laubbölder, u. a. Obstgehölze und Kastanien, vor. Eine Fläche mit dominierenden Kipp-Kieslehmsand und inselartig verteilten Kipp-Kohlelehmsand- und Kipp-Kohlelehm-Nestern (eine sog. Rohbodenkippe) wurde als Sukzessionsfläche in die Gestaltung einbezogen und erhielt auf Grund des bereits spontan entstandenen Biotops nur randliche Schutzpflanzungen mit einer artenreichen Baum- und Sträuchermischung. Die Vorschläge fanden sowohl die Zustimmung des Eigentümers als auch des Flächennutzers.

3. Eignung der Kippböden für die Gestaltungsziele

Die zielgerichtete Planung und Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft auf der Ebene der Hauptbodenformen setzt Kenntnisse über die Verbreitung der Kippenböden und deren physikalische, chemische und biologische Eigenschaften voraus. Anhand von über 400 bodengeologischen Kippengutachten weisen die nach einheitlichen Klassifikationsprinzipien erfaßten Kippsubstrate [WÜNSCHE et al. 1981] - grob gruppiert - annähernd folgende Anteile an der Kippenoberfläche auf:

- | | |
|--|------|
| • Kipp-Lehme/-Kalklehme (Geschiebelehm/-mergel) | 53 % |
| • Kipp-Lehmsande/-Kalklehmsande (Geschiebelehm, Sandlöß) | 9 % |
| • Kipp-Schluffe/-Kalkschluffe (Auenlehm, Löblehm, Löß) | 8 % |
| • Kipp-Sande/-Kiessande (Schmelzwassersand/Flußsand) | 3 % |
| • Kipp-Kohlesande (tertiäre sandige Substrate) | 9 % |
| • Kipp-Kohlelehm/-Tone (tertiäre bindige Substrate) | 2 % |
| • Gemenge aus quartären und tertiären Substraten | 16 % |

Zwischen den Kippsubstraten quartärer und tertiärer Herkunft bestehen deutliche Merkmalsunterschiede. Quartäre bindige Substrate sind mit mäßigem bis hohem Mineral- und Nährelementvorrat ausgestattet. Sie sind entsprechend ihren Anteilen an quellfähigen Tonmineralen sorptions- und pufferstark. Bodenreaktion und Basensättigung sind abhängig vom Karbonatgehalt. Die Neigung zur Verschlämzung und Dichtlagerung beeinflusst hingegen die Luft- und Wasserführung negativ. Quartäre sandige Substrate besitzen geringere Mineralgehalte sowie niedrige Sorptions- und Puffereigenschaften. Kennzeichnend sind lockere Lagerung und stärkere Durchlüftung.

Tertiäre Substrate verfügen über unterschiedlich hohe Mengen an sulfidisch gebundenem Schwefel, der das Säurepotential und den Anteil des freien Aluminiums und Eisens am Sorptionskomplex bestimmt. Feinverteilte kohlige Substanzen erhöhen die Sorptionskapazität und nutzbare Wasserkapazität dieser Substrate, tragen andererseits jedoch zur Festlegung erheblicher Stickstoff- und Phosphor-Mengen bei.

Die Eigenschaften der Gemengesubstrate sind abhängig von den Anteilen und Merkmalen der in die Mischung eingegangenen quartären und tertiären Substrate [WÜNSCHE 1991, THUM, WÜNSCHE, FIEDLER 1992].

Die meisten Kippsubstrate bedürfen vor ihrer Inkulturmahne der Melioration, um das gesicherte Pflanzenwachstum zu gewährleisten. Bei quartären bindigen Substraten mit hoher Lagerungsdichte und Kohärentgefüge können mittels Tiefenlockerung und Dränung Gefüge, Wasser- und Luftführung verbessert werden. Sandige Substrate lassen sich durch Mergelbeimischung hinsichtlich Bindigkeit und Sorptionsvermögen aufwerten [VOGLER, SAUPE, SCHMIDT 1996].

Für tertiäre kohle- und schwefelhaltige Substrate ist die Verbesserung der bodenchemischen Eigenschaften vordringlich. Kalkungen, gekoppelt mit einer N-P-K Düngung, fördern auch die Umsetzung der kohligen Substanzen [KATZUR 1987].

Die Kippenböden können an Hand ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften sowie der zu erwartenden Genese in nutzungsspezifische Eignungsklassen, z. B. Behandlungseinheiten, eingeordnet werden. Die Gruppierung erfolgt auf der Ebene der Hauptbodenformen, spezielle Fragestellungen erfordern aber die Ebene der Lokalbodenformen. Die Bewertung und Gruppierung der Kippenböden ist in diesen Fällen auf die geplante Nutzung ausgerichtet. Die getroffenen Rang- und Reihenfolgen können nicht auf andere Fragestellungen übertragen werden [WERNER et al. 1974]. Völlig falsch ist es, aus derartigen Gruppierungen eine abstrahierte Bewertung der Kippenböden vorzunehmen. An Fallbeispielen aus der Planungspraxis läßt sich zeigen, daß Kippenböden mit geringem land- oder forstwirtschaftlichen Wert für Zwecke des Naturschutzes oder in Siedlungsnähe für die Gestaltung von Erholungsgebieten hervorragende Bedeutung erlangen können.

4. Schlußfolgerungen zur Nutzung von Kippenböden bei der Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft

Bei der Gestaltung der Bergbaulandschaft im Untersuchungsgebiet muß an Wertvorstellungen früherer Zeiten, die von der Achtung des Bodens und seiner Fruchtbarkeit geprägt waren, angeknüpft werden. Künftig müssen Leitlinien zur Geltung kommen, die vorrangig auf die Schaffung vielfältiger Landschaftsformen und Lebensräume orientieren. Auch soll damit der Entfremdung zwischen Mensch und Umwelt begegnet werden [VOGLER, WÜNSCHE 1992; BERKNER 1996]. Dabei werden naturnahe, pflegeextensive Nutzungsformen (Gehölze) für die attraktive Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft an Bedeutung gewinnen.

Für die Wahl der Nutzungsart bleiben Eigenschaften und Ertragsfähigkeit der Kippenböden entscheidend. In den noch aktiven drei Tagebauen Mitteldeutschlands darf deshalb auf selektive Gewinnung und Verkipfung hochwertiger Substrate (Humusschluff, Löß, Auenlehm) nicht verzichtet werden, zumal diese von bleibendem Wert für den Bedarf späterer Generationen sind. Auf den landwirtschaftlich nutzbaren Kippenböden gewinnt Grünland infolge der Assimilationsleistung der Gräser, der hohen Anpassungsfähigkeit der Grasartengemische an die Standortbedingungen, der lokalklimatischen Vorzüge und der momentanen förderpolitischen Situation als Wechselgrünland oder als Dauergrasland an Bedeutung. Vordringlich ist ferner die Anlage von Gehölzgruppen und -streifen in der Agrarlandschaft [VOGLER, WÜNSCHE 1992].

Bei der forstwirtschaftlichen Rekultivierung müssen die artenarmen, den Bodenbedingungen nicht angepaßten, ökologisch unvorteilhaften Monokulturen durch die Schaffung standortgerechter, nachhaltig leistungsfähiger und stufig aufgebauter Waldbestände ersetzt und erweitert werden:

- auf besseren Standorten z. B. Kipp-Lehmen durch die Zielbestockung eines Eichenmischwaldes mit Eiche, Linde, Ahorn, Hainbuche,
- auf den ärmeren Standorten z. B. Kipp-Sanden, -Kohlesanden und -Kohlelehmen durch eine Vorwald- / oder Zielbestockung mit Birke, Roterle, Lärche, Kiefer.

Dabei hat die Erhöhung des Waldanteils in unmittelbarer Nähe der Siedlungen gleichermaßen die Erholungs-, Schutz- und Produktionsfunktion zum Ziel [SIEGL, VOLLMER, FRIETSCH 1995; THOMASIVS, HÄFKER 1996].

Durch den abrupten Rückgang der Kohleförderung und die Stilllegung von Tagebauen treten zusätzliche landskulturelle und bodenkundliche Probleme auf. Mit dem Wiederanstieg des vormals abgesenkten Grundwassers werden zahlreiche, derzeit anhydromorphe Kippenböden zunehmend hydromorph beeinflusst. Daraus resultieren erhebliche, gegenwärtig noch nicht voll zu überblickende Einflüsse auf deren Eigenschaften und Entwicklung [WÜNSCHE 1995]. An den Böschungen sind außerdem Standsicherheitsprobleme zu erwarten.

Auf den verbleibenden, nicht mehr benötigten Betriebsflächen erhöht sich der Anteil tertiärer Substrate und quartär/tertiärer Gemengesubstrate, für die geeignete Sanierungs- und Nutzungsmöglichkeiten zu finden sind. Dabei ist stärker als bisher die Eignung dieser Kippenböden als Refugien für seltene, konkurrenzschwache Arten der Fauna und Flora zu berücksichtigen [VOGLER, F. et al. 1992, VOGLER, F. et al. 1995]. Auch die in der Vergangenheit häufig negativ beurteilte Heterogenität derartiger Flächen gewinnt unter dem Aspekt des Artenschutzes, insbesondere des Schutzes von Bodentieren mit geringer Mobilität bzw. Flexibilität eine neue Dimension. Durch die substratgerechte Nutzung dieser Böden bietet sich die Möglichkeit, die bisher fast ausschließlich leistungsorientierte, monostrukturierte Agrar- und Industrielandschaft des mitteldeutschen Förderraums aufzuwerten.

Gegenwärtig besteht die seltene Chance, in den Bergbaurevieren Mitteldeutschlands unter Berücksichtigung der pedologischen Besonderheiten, d. h. vernünftig, die bisherige einförmige, von Industrieanlagen durchsetzte Landschaft in mannigfaltige, mehrfach nutzbare Kulturlandschaftsbereiche umzuwandeln, die den Umweltansprüchen unserer Generation, aber auch zukünftiger Generation gerecht werden. Diese Chance muß genutzt werden.

5. Quellenverzeichnis

- ALTERMANN, M., WÜNSCHE, M. (1993): Bodenübersichtskarte Südraum Leipzig i. M. 1 : 25 000 m. Legende. - Arch. Consultinggesellschaft für Umwelt und Infrastruktur MBH Halle.
- ALTERMANN, M., WÜNSCHE, M. (1995): Kippbodenkarte i. M. 1 : 10 000 m. Legende der Tagebau Westsachsens. - Arch. LfUG Freiberg.
- BERKNER, A. (1996): Naturräumliche Gliederung, Oberflächengestaltung und Naturhaushalt. - Vorg. f. Druck i. Hb. „Braunkohlentagebau u. Rekultivierung - Landschaftsökologie, Folgenutzung, Naturschutz“. Verlag Springer.
- KATZUR, J. (1987): Zur Entwicklung der Humusverhältnisse auf meliorierten schwefelhaltigen Kippböden. - Arch. Acker- und Pflanzenb. und Bodenk., Berlin 31, S. 239-247.
- KNAUF, C. (1968): Bodengeologisches Gutachten über das Deckgebirge im Baufeld IV des Tagebaues Profen/VEB BKK Zeitz. VEB Geol. Forschung und Erkundung, BT Halle, AG. Bodengeologie. Unveröff.
- SIEGL, T., VOLLMER, G., FRIETSCH, G. (1995): Eine Wald-Seen-Landschaft für Leipzig. -In: LfUG-Bericht, H. 2. Hrg.: Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie, S. 31-35.
- THOMASUS, H., HÄFKER, U. (1996): Forstwirtschaftliche Rekultivierung im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier. - Vorg. f. Druck i. Hb. „Braunkohlentagebau u. Rekultivierung - Landschaftsökologie, Folgenutzung, Naturschutz“. Verlag Springer.
- THUM, J., WÜNSCHE, M., FIEDLER, H.J. (1992): Rekultivierung im Braunkohlenbergbau der östlichen Bundesländer. - Handb. Bodensch. Verlag Erich Schmidt. Berlin. S. 1-38.
- VOGLER, E.; SAUPE, G., SCHMIDT, M. (1996): Landwirtschaftliche Rekultivierung im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier. - Vorg. f. Druck i. Hb. „Braunkohlentagebau u. Rekultivierung - Landschaftsökologie, Folgenutzung, Naturschutz“. Verlag Springer.
- VOGLER, E., WÜNSCHE, M. (1992): Nutzung von Kippenflächen des Mitteldeutschen Braunkohlenbergbaus unter ökologischen Aspekten - Fallstudie Espenhain. - Z. Neue Bergbautechn., 17, H. 5, Leipzig, S. 166-170.
- VOGLER, F., HIRSCH, R. (1994): Grünordnerische Gestaltung einer Teilfläche im Tagebaurestlochkomplex Geiselta/Bereich Mücheln-Südfeld mit den Kernbereichen Arboretum und Irrgarten als naturkundlicher Lehr- und Informationsbereich. Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH. Böhlitz-Ehrenberg. Unveröff.
- VOGLER, F. et al. (1992): Pflege- und Entwicklungsplan für die Kippe As 1112 alt im Tagebau Profen. Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH (i. G.) Dölzig. Unveröff.
- VOGLER, F. et al. (1993): Landschaftspflegerischer Begleitplan für die Zentraldeponie Cröbern einschließlich des westlichen Vorlands. Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH. Böhlitz-Ehrenberg. Unveröff. Archiv Deponiewirtschaft Umweltschutztechnik GmbH.
- VOGLER, F. et al. (1995): Außergewöhnliches erhalten und ökologisch sinnvoll gestalten. Sukzession im Revierpark Profen. Poster in der ständigen Ausstellung des Landes Sachsen-Anhalt „Zeit-Hohenmölsener-Revier - Bergbau seit über 200 Jahren.“ Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH. Böhlitz-Ehrenberg.
- VOGLER, F. et al. (1996): Landschaftspflegerischer Begleitplan für die Zentraldeponie Cröbern einschließlich des westlichen Vorlandes. Gehölzplanung westliches Vorland und Deponiezufahrt. 1. Bauabschnitt. Dr. Vogler und Partner Ingenieurgesellschaft mbH. Böhlitz-Ehrenberg. Unveröff. Archiv Zentraldeponie Cröbern Betriebs-GmbH.
- WERNER, K., EINHORN, W., GUNSCHERA, G., VOGLER, E. (1974): Verfahren zur landwirtschaftlichen Rekultivierung von Kippen des Braunkohlenbergbaus. AdL Inst. für Landschaftsforschung und Naturschutz, Zweigstelle Dölzig.
- WÜNSCHE, M. (1976): Die bodenphysikalischen, chemischen und mineralogischen Eigenschaften der Abraumbstrate und ihre Eignung für die Wiederurbarmachung im Braunkohlenrevier südlich von Leipzig. Diss. B. TU Dresden, 196 S. 85 Abb., 13 Tab., 14 Anl.
- WÜNSCHE, M. (1991): Bodengeologische Arbeiten für die Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft in Braunkohlenbergbaugebieten. - Abh. d. Sächs. Akad. d. Wiss., Math.-Nat. Klasse, Bd. 57, H. 3, Akad.-Verlag, Leipzig, S. 73-80.
- WÜNSCHE, M. (1995): Kippenböden, Rekultivierung und Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft im Braunkohlenrevier Westsachsens. - HTWK-Beiträge Sonderheft, S. 21 - 30.
- WÜNSCHE, M., OEHME, W.-D., HAUBOLD, W., KNAUF, C., SCHMIDT, K.E., ALTERMANN, M. (1981): Die Klassifikation der Böden auf Kippen u. Halden in den Braunkohlenrevieren der DDR. - Z. Neue Bergbautechn., 11, Leipzig, S. 42-48.
- WÜNSCHE, M., VOGLER, E., KNAUF, C. (1996): Bodenkundliche Kennzeichnung der Abraumbstrate und Bewertung der Kippenböden für die Rekultivierung im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier. - Vorg. f. Druck i. Hb. „Braunkohlentagebau u. Rekultivierung - Landschaftsökologie, Folgenutzung, Naturschutz“. Verlag Springer.

Kippböden in der Boden-Dauerbeobachtung - erste Ergebnisse und Prognose der Bodenentwicklung

von

Weller, M. und A. Möbes*

Einleitung: Wie die anderen Flächenländer auch richtet Sachsen-Anhalt Flächen ein, die der langfristigen Beobachtung des Bodens dienen, sog. "Boden-Dauerbeobachtungsflächen" (BDF). Im BDF-Programm des Landes befinden sich auch mehrere Standorte auf Kippböden, von denen bislang zwei eingerichtet sind. Über diese soll hier berichtet werden; vorweg jedoch eine Kurzbeschreibung des Programms zur Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Sachsen-Anhalt.

Definition: Eine Boden-Dauerbeobachtungsfläche ist ein wiederauffindbarer, zum Zweck der langfristigen Beobachtung angelegter und untersuchter Ausschnitt des Bodens, der entsprechend festgelegter Untersuchungsprogramme zyklisch auf Veränderungen der Bodenbeschaffenheit untersucht wird.

Die Zielstellung des BDF-Programms läßt sich in 5 Punkte fassen:

- Festlegung von "Richtprofilen" (bodenkundlich repräsentative Standorte)
- Feststellung des aktuellen Bodenzustandes/-belastungszustandes
- Erfassung langfristiger Bodenveränderungen durch regelmäßige Wiederholungsbeprobungen
- Beitrag zur Datengrundlage für die Landesplanung
- Festlegung von "Eichstandorten" für Empfehlungen zur umweltverträglichen Bewirtschaftung

Die Auswahl der Standorte für BDF wurde vom Institut für Standortkunde und Agrarraumgestaltung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU; im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz (MUJ)) vorgenommen. Auswahlkriterien für die in einer Studie beschriebenen 63 Vorschlagsflächen waren:

- Landschaftsrepräsentanz
- Bodenrepräsentanz
- Nutzungsrepräsentanz
- besondere Belastung(en) des Standorts
- Einbindung in bestehende und geplante Meßnetze

Unter den 63 geplanten BDF-Standorten befinden sich 5 auf Kippböden. Gemessen am Flächenanteil dieser Böden an der Landesfläche von 0,9 % (186 km²) wirken sie überrepräsentiert; die hohe Zahl wird jedoch gerechtfertigt durch verschiedene Umstände, die Kippstandorten und den sich auf ihnen entwickelnden Böden eine Sonderstellung zukommen lassen:

1. Bei Kippböden kann die Entwicklung des Bodens von der Schüttung des Ausgangssubstrates bei unterschiedlicher Nutzung verfolgt werden. Alle bodenbildenden Faktoren wie Substrat, Klima, Nutzungsart, Lage der Grundwasser-oberfläche usw. können hier von Anfang an dokumentiert werden.
2. Es besteht ein wachsendes öffentliches Interesse an der Bergbaufolgelandschaft, vor allem aus der Sicht des Naturschutzes, jedoch auch mit kulturhistorischem Hintergrund. So sind beispielsweise die ehemaligen Tagebaue Golpa-Nord und Gröbern Korrespondenzstandorte der Expo 2000.

Bei der Einrichtung der BDF findet eine Arbeitsteilung zwischen verschiedenen Landesbehörden statt, die durch einen gemeinsamen Runderlaß der Ministerien für Umwelt, Landwirtschaft und Wirtschaft geregelt ist: Die Festlegung der Flächenposition im Gelände (Auskartierung), die bodenkundliche Standortaufnahme mit Profilsprache und bodenkundlichem Standarduntersuchungsprogramm sowie die Einmessung der Fläche obliegt dem Geologischen Landesamt (GLA), Schadstoffuntersuchungen sowie faunistische und floristische Aufnahme dem Landesamt für Umweltschutz (LAU), während die Bewirtschaftung der Flächen von der Landwirtschaftlichen

* Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Abteilung Bodenkunde und Bodenschutz
Köthener Straße 34, 06118 Halle/Saale

Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFÄ) und der Forstlichen Landesanstalt (FLA) dokumentiert wird. Bodenbiologische Untersuchungen werden von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU), dem Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle (UFZ) sowie der LUFÄ arbeitsteilig vorgenommen. Außer den Bodenparametern werden alle wesentlichen Faktoren erfaßt, die von außen auf den Boden einwirken, v.a. Wetter/Klima, Vegetation, Bewirtschaftung und Immissionen.

Die Anlage der BDF (50 x 50 m -Quadrate) wird entsprechend der "Konzeption zur Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen" vorgenommen, die 1991 im Auftrag der Umweltministerkonferenz entstand. Angestrebt wird bei der konkreten Flächenfestlegung im Gelände eine größtmögliche Abstimmung mit anderen Meßnetzen, um schon vorhandene Untersuchungsergebnisse mit einzubeziehen. Es wird auch versucht, die Geländearbeiten der verschiedenen beteiligten Institutionen so zu koordinieren, daß das Begehen (d.h. Störungen) der BDF minimiert wird.

Es werden gestörte Proben sowohl aus dem Schurf (Profilgrube) als auch aus der 30 x 30 m großen Kernfläche entnommen, dazu ungestörte Proben aus der Schurfwand. Die Bodenproben durchlaufen im GLA-Bodenlabor das normale Standardprogramm, mit dem erfaßt werden:

- Korngrößenzusammensetzung
- Porenvolumen, Porengrößenverteilung, Trockenrohdichte
- Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k_f
- pH-Wert
- Karbonatgehalt
- Gesamtstickstoffgehalt
- Gehalt an organischer Substanz
- Kationenaustauschkapazität (T-Wert, S-Wert)
- austauschbare Kationen Ca, Mg, K, Na

Darüberhinaus ist geplant, die Humusstoffgruppen zu untersuchen, um einerseits die Entwicklung des Humusanteils (i.d.R. neugebildeter Humus) beobachten und andererseits diesen vom Kohleanteil im Boden trennen zu können.

Bisher wurden folgende BDF auf Kippstandorten eingerichtet:

1.) Boden-Dauerbeobachtungsfläche Goitsche

Lage + Entstehung: Absetzertiefschüttung als Kippendamm durch den Tagebau Goitsche
Entstehungszeitraum: 1989/90
Rekultivierungsmaßnahmen: Planierung; bisher keine Nutzung
Substrat: Kipp-Gemengekieslehmsand, bestehend aus stark kiesigem Sand (ca. 90%) und Brocken und Klumpen von Ton (hell- und dunkelgrau), Kohle und Xylit (ca. 10%)
Jahr der Einrichtung: 1992
Zu erwartender Bodentyp: **Kipp-Regosol**

2.) Boden-Dauerbeobachtungsfläche Golpa-Nord

Lage + Entstehung: Absetzerhochschüttung nach Absetzertiefschüttung im Tagebau Golpa-Nord
Entstehungszeitraum: Schüttung 1987/88; Rekultivierung 1988
Rekultivierungsmaßnahmen: Planieren, mehrfaches Pflügen, Entsteinung;
Bestellung: 1. Jahr: Futterroggen (1988), 2. Jahr: Ölrettich (1989);
1990-1995 stillgelegt; 1996 Pflügen, Düngung, Kalkung
Substrat: Kipp-Gemengekalklehmsand, bestehend aus kiesigem Schmelzwassersand (ca. 75%) und Brocken aus Geschiebemergel, Ton und Schluff, Kohle (ca. 25%)
Jahr der Einrichtung: 1992
Zu erwartender Bodentyp: **Kipp-Pararendzina**
Anmerkung: Die deutlich dunklere Farbe des oberen Horizontes der BDF Golpa-Nord ist vermutlich durch die Bodenbearbeitung entstanden, und zwar durch den Zerfall der (dunklen) Geschiebemergelbrocken beim Pflügen und deren Vermengung mit dem (helleren) Sand. Die Horizontgrenze ist demnach als Bearbeitungsgrenze zu deuten.

Erste Ergebnisse:

Wie die Abb. 1 u. 2 zeigen, läßt sich bei beiden Flächen eine geringfügige Differenzierung zwischen den beprobten Schichten bzw. Horizonten erkennen. Ob sich diese in Zukunft gleichsinnig fortsetzen wird und somit eindeutig auf bestimmte bodenbildende Prozesse zurückzuführen ist, wird sich frühestens nach der ersten Wiederholungsuntersuchung abschätzen lassen, die 1996 bzw. 1997 ansteht.

Als Prognose kann jedoch gesagt werden, daß - auf der Grundlage der Ausgangskalkgehalte - die Entwicklung auf dem Standort Goitsche in Richtung auf den Bodentyp Regosol verlaufen wird, während auf dem Standort Golpa-Nord eine Pararendzina zu erwarten ist, um so mehr, als im Zuge der Bewirtschaftung noch zusätzlich Kalk ausgebracht wird.

Literatur:

Studie "Aufbau eines Bodenbeobachtungssystems in Sachsen-Anhalt"

(Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 1993; erstellt im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz im Institut für Standortkunde und Agrarraumgestaltung der Landwirtschaftlichen Fakultät; Autoren: M. Altermann, M. Schrödter, M. Steininger, A. Trefflich; m. Beitr. v. D. Kopp u. W. Schwanecke)

Bericht "Konzeption zur Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen"

(Unterarbeitsgruppe "Boden-Dauerbeobachtungsflächen" 1991; im Auftrag der Sonderarbeitsgruppe "Informationsgrundlagen Bodenschutz" der Umweltministerkonferenz)

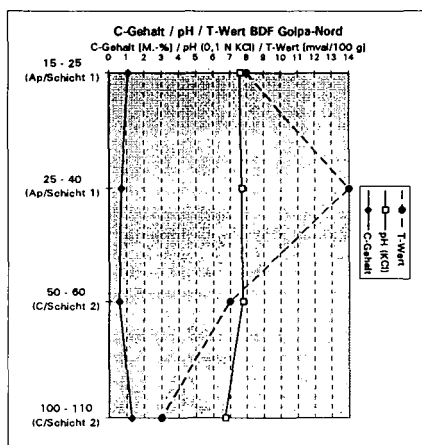
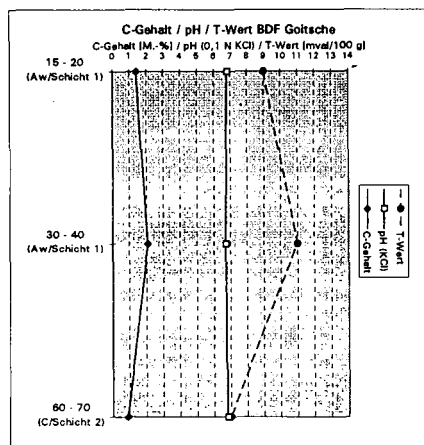
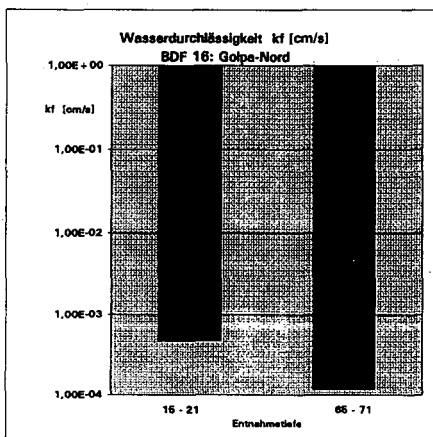
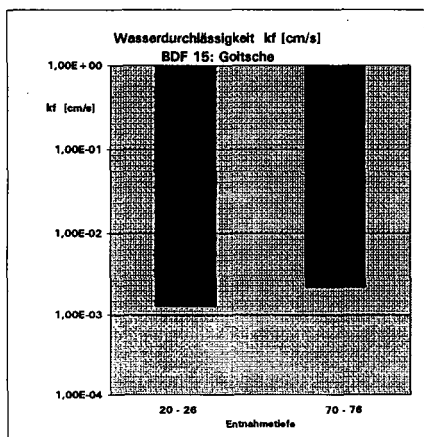


Abb. 1: Wasserdurchlässigkeit k_f sowie C-Gehalt / pH / T-Wert der Boden-Dauerbeobachtungsflächen Goitsche und Golpa-Nord

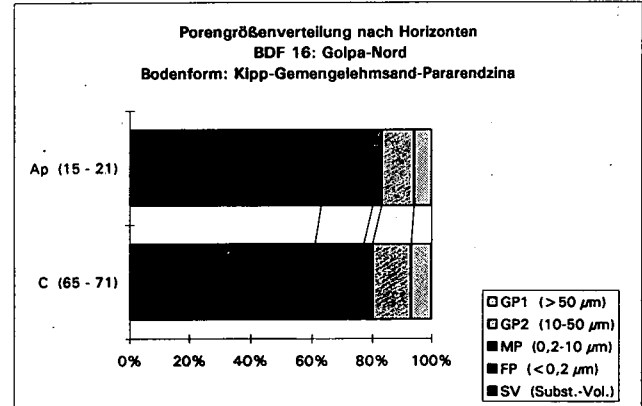
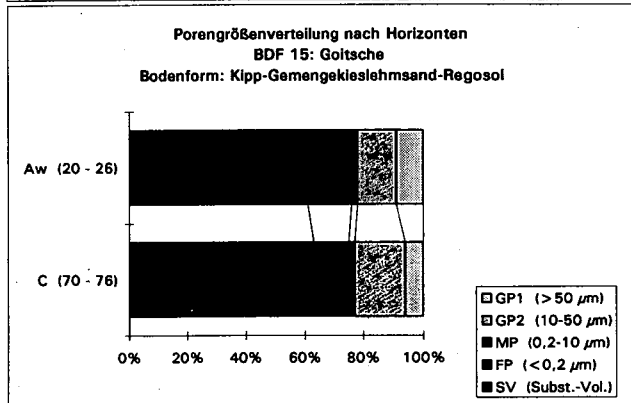
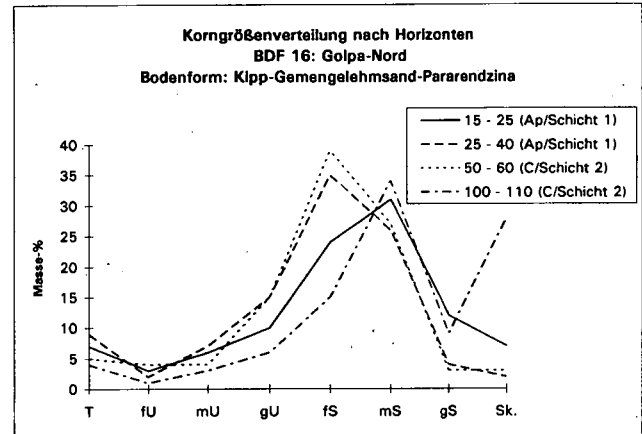
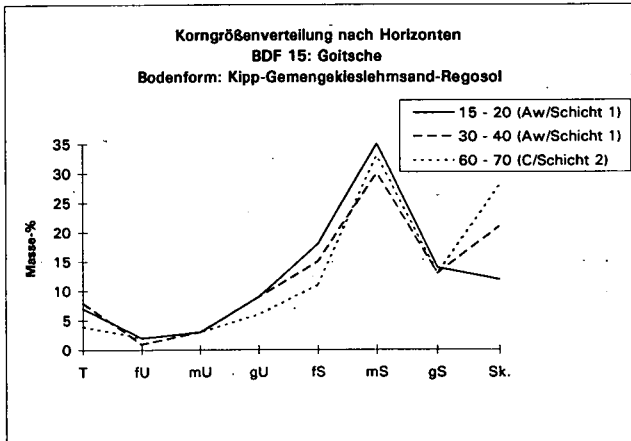


Abb. 2: Korngrößenverteilung und Porengrößenverteilung der Boden-Dauerbeobachtungsflächen Goitsche und Golpa-Nord

Exkursion Bergbauböden im Raum Freiberg

von

Weise, A., M. Abo-Rady, W. Pälchen, R. Hoffmann, R. Tenholtern*, T. Hertwig**,
W. Burghardt, D. A. Hiller, M. Bahmani-Yekta, B. Richter, A. Berthold-Kraiczky und
S. Höke***

Inhalt:

- 1 Themen der Exkursion
- 2 Exkursionsroute mit Zeitplan
- 3 Exkursionsgebiete
 - 3.1 Naturräumliche Zuordnung
 - 3.2 Geologie
 - 3.3 Klima
 - 3.4 Boden
 - 3.5 Vegetationsverhältnisse und Bodennutzung
 - 3.6 Bergbauauswirkungen über Tage
 - 3.7 Schwermetallbelastung der Böden
- 4 Untersuchungsmethoden und ökologische Kennwerte
- 5 Exkursionspunkte
 - 5.1 Ehemalige Ratsziegelei am Freiburger Hospitalwald
Profil 1a und 1b
 - 5.2 Feinbergehalde im Münzbachtal
Profil 2 und 3
 - 5.3 Halde aus Hüttenschlacke bei Hoher Esse, Halsbrücke
Profil 4a und 4b
 - 5.4 Grobbodengehalte Reiche Zeche (Aussichtspunkt)
 - 5.5 Grobbodengehalte Ludwigsschacht
Profil 5
 - 5.6 Muldenhütten
Standort mit über 600-jährigem Hüttenbetrieb
 - 5.7 Abraumhalde am Granitsteinbruch Naundorf
Profil 6

* Landesamt für Umwelt und Geologie, Halsbrücker Str. 31a, D-09599 Freiberg

** Beak Consult GmbH., A, St. Niclasschacht 13, D-09599 Freiberg

*** Universität-GH Essen, FB 9 Angewandte Bodenkunde, Universitätsstr. 5, D-45147 Essen

1 Themen der Exkursion

Die Exkursion behandelt hauptsächlich grundlegende Probleme einer Bodenkunde der Bergbauböden. Hauptanliegen ist ein anwendungsorientiertes Arbeiten auf Bergbaufolgefächern, welches eine eindeutige Benennung, Kennzeichnung und flächenhafte Darstellung der Böden unter Einschluß ihrer Eigenschaften und Prozessdynamik voraussetzt.

Bergbauböden sind immer von starken anthropogenen bzw. technisch bedingten Veränderungen betroffen. Diese sind

- Freilegung des Gesteins durch Abtrag der darüberliegenden Böden und der aufgelockerten Gesteinsschichten (Profil 1)
- Überdeckung von Gestein und Böden durch
 - * Material abgetragener Böden (Profil 6)
 - * Material abgetragener Gesteine aus Tage- und Tiefbau (Profil 5)
 - * Material technisch aufbereiteter Gesteine, z. B. aus Zerkleinerung, Sortierung nach Korngröße und Mineralzusammensetzung (Stoffbestand), Flotation (Profile 2, 3)
 - * Material aus Reststoffen der Verhüttung von Erzkonzentraten sowie von Aschen und Schlacken (Profil 4)
- Veränderung des Wassereinflusses durch langandauernde Spülprozesse sowie Absenkung und Anhebung des Grundwassers (Profile 2, 3).

Im Rahmen dieser Exkursion sind folgende Themen aufgegriffen worden:

- Eigenschaften der Böden und deren Kennzeichnung
- Typisierung und Stellung der Böden in einer morphologisch-pedogenetisch orientierten Bodensystematik
- die Belastung der Böden mit Schadstoffen sowie deren Gefährdungspotential
- die ökologischen Standortmerkmale
 - * für Vegetation und Fauna
 - * im Stoffkreislauf.

Die Themen sind mit wechselnder Intensität diskutierbar, da die dazu vorauszusetzenden Kenntnisse unzureichend bekannt sind.

Die Aufnahme und Beschreibung der Profile an den Exkursionspunkten ist gemäß der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage (KA 4, Hannover 1994) ausgeführt worden. Alternativ dazu sind Bezeichnungen und pedogenetische Interpretationen angegeben, die den Empfehlungen des AK Stadtböden unter Leitung von Herrn Prof. Burghardt folgen. Der Unterschied zwischen beiden Varianten besteht im wesentlichen in der verschiedenartigen Zuordnung von Prozessen (z. B. Profil 4b; KA 4: Substratbildung - Pararendzina aus ascheführendem Schlackeblockschutt; AK Stadtböden: pedogenetischer Prozeß - Partikelintrusol). Damit soll der gegenwärtige Arbeitsstand der Diskussion um die Kennzeichnung stark anthropogen geprägter Böden aufgezeigt werden.

2 Exkursionsroute mit Zeitplan am 07.06.96

Uhrzeit	Programmpunkt
08.00 Uhr	Abfahrt TU Bergakademie Freiberg, Agricolastr. 22
08.15 - 09.15 Uhr	Ehemalige Ratsziegelei am Freiburger Hospitalwald, <u>Profil 1a und 1b</u>
09.45 - 11.00 Uhr	Feinbergehalde im unteren Münzbachtal, <u>Profil 2 und Profil 3</u>
11.15 - 12.00 Uhr	Halde aus Hüttenschlacke an der Hohen Esse in Halsbrücke <u>Profil 4a und 4b</u>
12.30 - 13.00 Uhr	Aussichtspunkt Grobbergehalde am Schacht Reiche Zeche: <u>Erläuterungen zur Bergbaugeschichte</u>
13.00 - 13.45 Uhr	Mittagspause
14.00 - 15.00 Uhr	Grobbergehalde Ludwigschacht, <u>Profil 5</u>
15.30 - 16.00 Uhr	Muldenhütten: <u>Erläuterungen zur Verhüttung</u>
16.30 - 17.15 Uhr	Abraumhalde am Granitsteinbruch Buchberg in Naundorf, <u>Profil 6</u>

3 Exkursionsgebiet

Im Raum Freiberg (Abb. 1) begann mit dem Silbererzfund von 1168 der dem erzeichen Mittelgebirge seinen Namen gebende Bergbau. Bis zur Einstellung der Erzförderung im Freiberg - Brand-Erbisdorfer Bergrevier im Jahr 1968 gab es für den Bergbau im Wechsel Blütezeiten und Niedergänge.

Mit dem hiesigen Bergbau steht die 1765 gegründete Bergakademie Freiberg in enger Verbindung.

Der untertägige Gangerzabbau brachte zugleich übertägig mit Schachtanlagen, Halden, Einrichtungen zur Wasserversorgung, Erzaufbereitung und -verhüttung landschaftsverändernde Einflüsse mit sich.

Das Freiberg - Brand-Erbisdorfer Bergrevier erstreckt sich über ein Gebiet von annähernd 200 km² Größe. Die übertägigen Anlagen nehmen insgesamt etwa 10 km² Fläche ein. Zusammen mit Standorten des Steine- und Erden-Bergbaus bieten sich in der Umgebung von Freiberg zur Thematik "Bergbauböden" viele interessante Objekte, von denen sieben für eine Exkursionsroute ausgewählt wurden.

3.1 Naturräumliche Zuordnung

Der Freiburger Lagerstättenbezirk gehört zum östlichen Flügel der Erzgebirgsnordabdachung der unteren und mittleren Lagen des Erzgebirges. Er reicht nach Norden zu bis in das mit fließender Grenze anschließende Mulde-Löß-Hügelland hinein.

Zwischen Brand-Erbisdorf und Siebenlehn fällt die Erzgebirgsumpffläche auf 25 km Distanz von 500 bis 330 m NN allmählich ab.

Das Talsystem der Freiburger Mulde, mit den größeren Zuflüssen Bobritzsch und Striegis, hat sich bis zu 80 m tief in die Rumpffläche eingeschnitten und trägt wesentlich zum Hügel- bis Berglandcharakter der Landschaft bei.

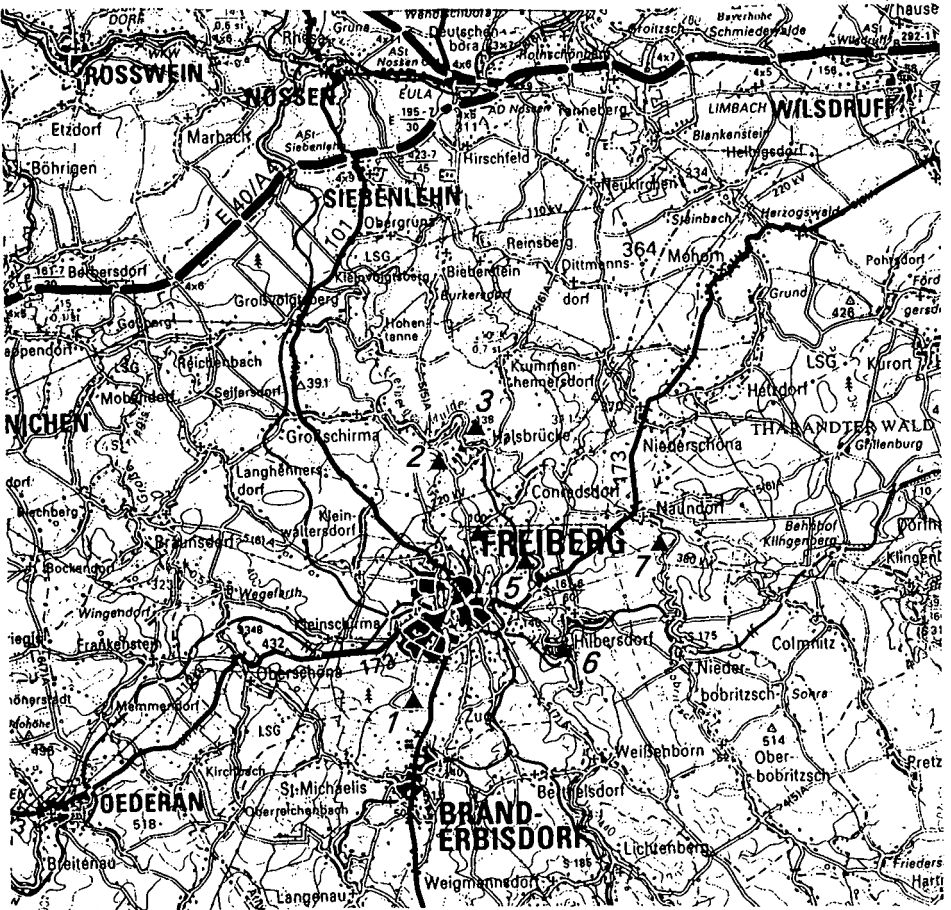


Abb. 1 Exkursionspunkte (Ausschnitt aus TK 200 Blatt CC 5542 Dresden)

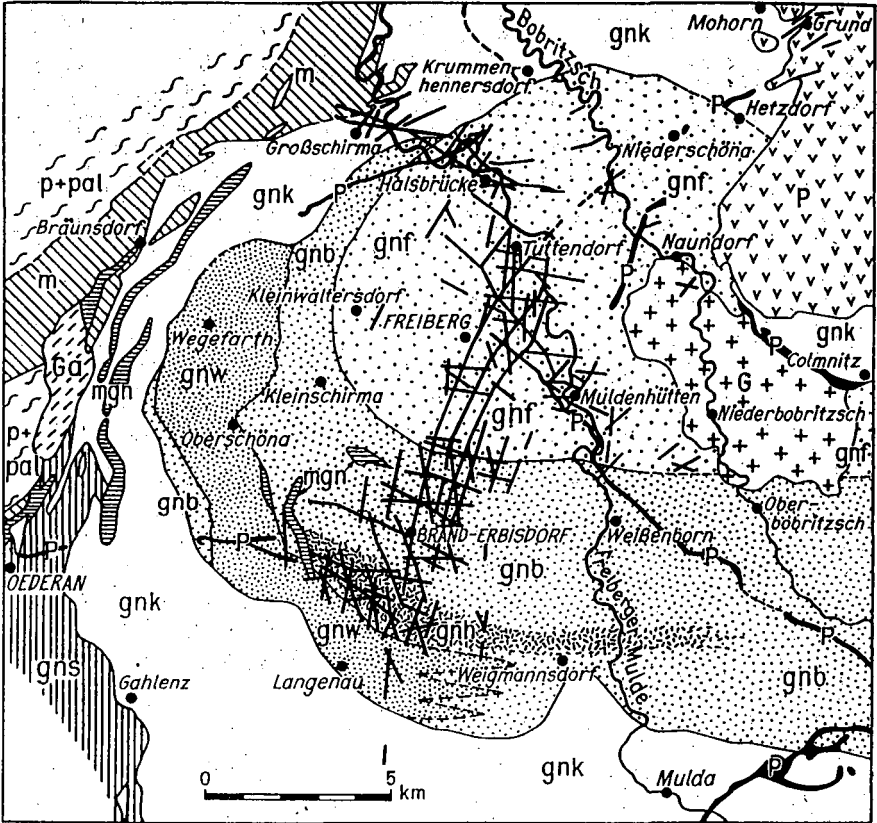


Abb. 2 Geologische Übersicht (aus PIETZSCH 1963; Legende ergänzt nach HOTH und LORENZ 1979). Quelle: FREYER, G. (1988)

- p + pal Phyllit und Altpaläozoikum
- m Glimmerschieferzug von Langenstrigis-Obergruna (unteres Kambrium?)
- mgn Roter Gneis (Medenec-/Kupferberger Folge, Preßnitzer Serie)
- gns Schiefergneis (Medenec-/Kupferberger Folge, Preßnitzer Serie)
- gnk Marienberger Gneis (Rusová-/Reischdorfer Folge, Preßnitzer Serie)
- gnw Wegefarther Gneis (Annaberg-Wegefarther Folge, Osterzgebirgische Serie)
- gnh Himmelsfürster Gneis (Brander Folge, Osterzgebirgische Serie)
- gnb Brander Gneis (Brander Folge, Osterzgebirgische Serie)
- gnf Freiburger Kerngneis (Freiburger Folge, Osterzgebirgische Serie)
- G Naundorf-Niederbobritzcher Granit
- Ga Zweiglimmer-Biotit-Orthogneis
- P Quarzporphyr (Rhyolith)

dicke schwarze Linien: Erzgänge

3.2 Geologischer Überblick

Innerhalb der Fichtelgebirgisch-Erzgebirgischen Antiklinalzone ist der Freiburger Raum dem östlichen Teil der Erzgebirgszentralzone mit dem Freiberg-Fürstenwalder Block zuzuordnen.

Die präkambrischen bis altpaläozoischen, metamorphen Gesteine dieses Blockes gehören hier zur Osterzgebirgischen Serie (Freiberger Kerngneis, Brander und Wegefahrter Gneis). Etwa 4 km südöstlich von Freiberg steht der oberkarbonische Naundorf-Niederbobritzcher Granit an.

Im Jungpaläozoikum (Perm) entstanden im Zusammenhang mit einem ausgeprägten Granitoidplutonismus im Kern der metamorphen Gesteinsserien stark mineralisierte hydrothermale Lösungen, die sich in Spaltenhöhlräumen absetzten und etwa N-S-verlaufende sulfidische Erzgänge bildeten (erster Mineralisationszyklus). Durch bruchtektonische Bewegungen während des älteren Mesozoikums wurden erneut hydrothermale Lösungen erzeugt, die zur Bildung der meist E-W-verlaufenden Gänge des zweiten Mineralisationszyklus führten.

Insgesamt wurden im Freiberg - Brand-Erbisdorfer Lagerstättenbezirk ca. 1100 Gänge bekannt und größtenteils auch bebaut (Abb. 2).

Für den Lagerstättenbezirk lassen sich fünf Erzformationen unterscheiden (BAUMANN, 1964).

Erzformation	Zusammensetzung		Verbreitung
	Hauptgangart	Hauptminerale (und/bis Nebenminerale)	
- Erster Mineralisationszyklus			
1. Kiesig-blendige Bleierzformation (kb)	Quarz	Arsenkies, Schwefelkies, Zinkblende, Kupferkies, Bleiglanz	Vorwiegend auf N-S streichenden Gängen im Zentrum des Erzbezirkes
2. Eisen-Barytformation (eba)	Quarz (Homstein, Achat, Amethyst), Baryt	(Roteisen-Hämatit, Manganoxysulfid, Uranpechblende)	sehr untergeordnet vertreten
3. Edle Braunspatformation (eb)	Karbonspäte	Silbererze	vorwiegend in oberen Gangteilen und in Randgebieten des Erzbezirkes (größtenteils abgebaut)
- Zweiter Mineralisationszyklus			
4. Fluorbarytische Bleierzformation (fba)	Fluorit, Baryt, Quarz	Bleiglanz (Schwefelkies, Zinkblende)	Grubenbereich Halsbrücke und Brand-Erbisdorf
5. BiCoNiAg-Formation ("Edle Geschicke")	Baryt, Fluorit, Quarz, Karbonspäte	gediegen Wismut, gediegen Silber, Cobalt- und Nickelarsenide, Uranpechblende, Silberminerale	nur sporadisch auf Gangkreuzen

Die Erzgänge des ersten Mineralisationszyklus gehören zur polymetallischen Erzassoziation, die Gänge des zweiten Mineralisationszyklus sind der barytisch-fluoritischen Assoziation zuzurechnen (TISCHENDORF, 1989).

3.3 Klima

Das humid-gemäßigte Klima der Hügelland- bis mittleren Berglandstufe wird für die Umgebung von Freiberg durch meteorologische Daten der Stationen Reinsberg, Freiberg und Großhartmannsdorf belegt.

Station	Höhenlage (m ü. NN)	Mittlere jährliche Niederschlagsmenge (mm) 1901-1950	Niederschlags-extreme Jahresmengen (mm) und Jahr	Mittlere jährliche Lufttemperatur (° C) 1901-1950
Reinsberg	265	749	-	
Freiberg	398	776	559 (1911) 1189 (1926)	7,6
Großhartmannsdorf	491	878	492 (1911) 1414 (1941)	

Geländeklimatische Unterschiede bestehen zwischen den freien Hochflächen und den geschützten Tallagen.

3.4 Böden

In der zur Bodenbildung verfügbaren Zeit entstanden im Raum Freiberg unter den gegebenen geologischen, klimatischen und orographischen Bedingungen Böden, die insbesondere gesteinsbedingt, durch Umlagerungsprozesse und durch Lößbedeckung oder -beimengung geprägt sind. Neben rezenten bis pleistozänen Bodenbildungen kommen im Bereich alter Hochflächen auch fossile, präcenomane Rotlehmfragmente vor (WÜNSCHE und NEBE, 1965).

Für die Gesteinsverwitterung ist ein lehmig-sandiger, mehr oder weniger grus- und steinhaltiger Boden typisch.

Mit dem Anstieg vom Hügelland zum Bergland löst sich die großflächige Verbreitung von Lößlehmdecken und deutlicher Lößbeimengung in periglaziären Haupt- und Mittellagen inselförmig und schleierartig auf.

Enge Zusammenhänge bestehen in der Regel zwischen Reliefposition, Gründigkeit und Mächtigkeit von Schichten, Lagen und Verwitterungszone.

Für Hochflächen, Einsattelungen, Einmuldungen und gestreckte Flachhänge sind Profile mit Lößlehmdecken oder Lößbeimengung im Hanglehm sowie zwei oder dreischichtige periglaziäre Deckfolgen über Gesteinszersatz, -auflockerung und klüftigem Fels typisch.

An mäßig bis stark geneigten Hängen der Täler fehlt Lößlehmbedeckung. Die Deckfolgen sind in derartiger Lage meist skelettreicher und geringmächtiger als bei geringerer Neigung und die Verwitterungszone besteht gewöhnlich nur aus grobstückiger Gesteinsauflockerung. An steilen Hängen gibt es Felsdurchragungen. Die fluviatilen Schwemmböden der Fluß- und Bachauen (braune und graue Vega) haben ebenso wie kolluviale Bodenbildungen verbreitungsmäßig nur geringen Anteil am Bodenformenmosaik. Moore fehlen.

Entsprechend der Hügel- und Berglandlage herrschen anhydromorphe, sickerwasserbestimmte, grundwasserferne Böden vor. Auf ihnen entwickelten sich Braunerden mittlerer Nährkraftstufe. In Talursprungsmulden und anderen wenig geneigten Lagen kam es in Zusammenhang mit dichtgelagerten und schwerdurchlässigen Lößlehm- oder Hanglehmdecken zur Ausbildung von zeitweilig bis ständig staunassen Böden (Pseudogley bis Stagnogley).

Zwischen staunässebeeinflussten und sickerwasserbestimmten Böden sind in oft ausgehenden Übergängen Braunerde - Pseudogley bis Pseudogley - Braunerden zu finden.

3.5 Vegetationsverhältnisse und Bodennutzung

Wie das gesamte Erzgebirge war auch der Freiburger Raum im Ergebnis der nacheiszeitlichen Vegetationsentwicklung bis zum Beginn der Besiedelung vollständig bewaldet. Zwischen unterem Bergland und Hügelland verzahnten sich der herzynische Bergmischwald mit Laubmischwaldgesellschaften wie Melampyro-Fagetum und Melampyro-Carpinetum.

Im Verlauf der Rodungs- und Besiedelungsetappen wurde der Wald bis auf einen Anteil von 10 - 15 % zurückgedrängt und zumeist in Forstgesellschaften umgewandelt. Nur stärker geneigte Hanglagen und einige aus besitzrechtlichen Gründen der Rodung entgangene Komplexe (z. B. städtischer Hospitalwald, ehemals klösterlicher Zellwald) blieben bewaldet.

Die Landwirtschaft nutzt einen Flächenanteil von 60 - 70 % als Acker- und Grünland. Ein Flächenanteil von 5 - 15 % wird für Wohn- und Gewerbebesiedelung in Anspruch genommen (Stadt Freiberg, ca. 50 000 Einwohner, Bevölkerungsdichte im Landkreis 368 Menschen/km²).

3.6 Übertägige Bergbauauswirkungen

Für den untertägigen Bergbau wurden übertägig Flächen zu Haldenaufschüttungen, Schacht-, Erzaufbereitungs-, Hütten- und Wasserversorgungsanlagen gebraucht.

Taubes Neben- und Ganggestein kam, soweit es nicht als Versatz diente, als Grobberge auf Halde zum Verstoß. Vom älteren Bergbau blieben eine Vielzahl kleiner Halden erhalten, die bei reihenförmiger Anordnung den Verlauf von Gangzügen nachzeichnen. Der jüngere Bergbau warf nahe den Zentralschächten größere Grobbergehalde mit Aufstandsflächen von 5 - 15 ha auf.

Während anfangs Rückstände der Erzaufbereitung von Pochwerken und Erzwäschen meist zusammen mit Grobberge abgelagert wurden, haben die zuletzt betriebenen Aufbereitungen am Davidschacht und am Beihilfeschacht separate Feinbergespülhalden hinterlassen.

Ein ähnlicher Konzentrationsprozeß vollzog sich bei der Erzverhüttung, so daß Halden aus Schlacken und Aschen hauptsächlich an den Standorten Muldenhütten, Freiberg und Halsbrücke zu finden sind.

Bergbau und Hütten hatten großen Wasserbedarf. Wasser war Hemmnis bei der Grubenentwässerung, Hilfsstoff bei der Erzaufbereitung und Antriebskraft für Bergwerksmaschinen. Dementsprechend wurden wasserbauliche Einrichtungen, wie Kunstgräben, Röschen, Kunstteiche bis hinauf in die obererzgebirgischen Einzugsgebiete der erreichbaren Wasserläufe angelegt und zusammen mit Entwässerungsstellen als Revierwasserlaufanstalt unterhalten. Die bis zum Niveau des Roths Schönberger Stollens noch intakte Entwässerung des Grubengebäudes wirkt gewissermaßen als tiefe künstliche Dränung.

Abgase und Stäube der Hütten führten zu Schadstoffanreicherungen im Boden und zur Beeinträchtigung von Pflanzen- und Tierwelt.

Abhilfe sollten unter anderem hohe Schornsteine bringen, die in Muldenhütten und Halsbrücke mit Rauchkanal auf Anhöhen gebaut wurden (Muldenhütten 1858/59 58 m, 1934/35 84 m, 1979-82 2 x 200 m, Halsbrücke 1888/89 140 m, jetzt 138 m).

Gegenwärtig wird in Muldenhütten Bleischrott und in Halsbrücke Bunt- und Edelmetallschrott aufbereitet.

Soweit die Bergbauhalden nicht in Siedlungsräume einbezogen und bebaut sind, tragen sie durch natürliche Sukzession oder Bepflanzung entstandenen Bewuchs. Eine geringmächtige (0,3 m) Abdeckung mit kulturfähigen Erdstoffen erfolgte nur auf einigen wenigen Halden.

Wegen ihrer Bedeutung als Bergbauzeugen, für geologische und mineralogische Studien, den floristischen und faunistischen Besonderheiten und damit verbundenen landeskulturellen Aspekten stehen einige Halden unter Natur- bzw. Denkmalschutz. In der Vergangenheit sind Massen von Grobbergehalden für Auffüllzwecke oder nach Aufbereitung als Schotter und Splitt genutzt worden.

3.7 Schwermetallbelastung der Böden

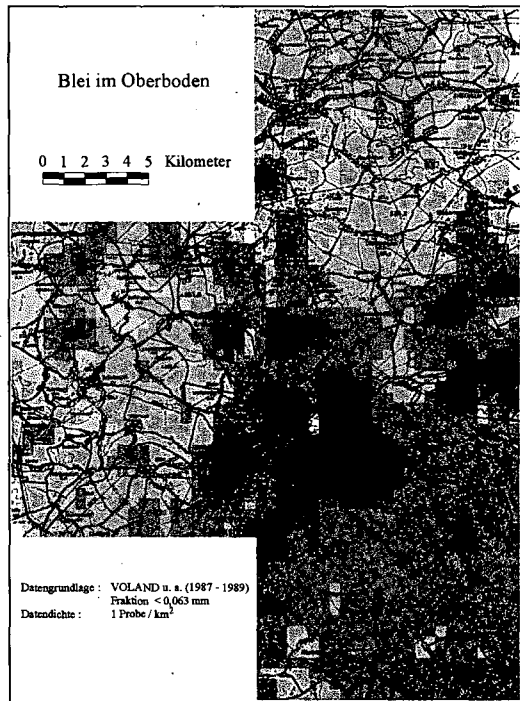
Die weite Verbreitung von Erzgängen, der darauf begründete, über achthundert Jahre aktive Bergbau sowie die Aufbereitung und Verhüttung von Erzen haben eine teilweise erhebliche Belastung der Böden in der Region um Freiberg verursacht. Insbesondere die Verhüttung der sulfidischen Erze zur Gewinnung des Silbers war mit erheblichen Umweltbeeinträchtigungen, vor allem durch Emissionen von SO_2 und As_2O_3 , aber auch von schwermetallreichen Stäuben (Pb, Cd, Zn) verbunden. Im 16. Jahrhundert sollen in der Freiburger Region 43 Hütten in Betrieb gewesen sein. Beschwerden aus der Umgebung der Hütten gaben bereits Mitte des 19. Jahrhunderts Anlaß zu ernsthaften Nachforschungen, deren Konsequenz auch der Bau der Hochesse von Halsbrücke (Höhe 140 m) im Jahre 1889 war.

Spezielle Untersuchungen zur Belastung der Böden wurden erstmalig in den sechziger Jahren durchgeführt (RÖSLER et al., 1969). Später sind sowohl Böden als auch andere geogene Medien sowie Kulturpflanzen im Zusammenhang mit veterinär- und humantoxikologischen Studien systematisch untersucht worden (RÖSLER & FIEDLER, 1987; ILGEN & NEBE, 1989; PÄLCHEN & OSSENKOPF, 1989; GRÜN et al., 1991, VOLAND et al., 1994 u. a.).

Die in Abbildung 3 wiedergegebene Karte zeigt die Verteilung von Blei in Proben aus dem mineralischen Oberboden (Ap, Ah) und dem Unterboden (meist Bv). Grundlage dafür ist eine Rasteraufnahme mit 1 km Punktabstand. Wegen der von üblichen Untersuchungen abweichenden Korngröße ($<0,063$ mm) sind die Absolutgehalte nur eingeschränkt vergleichbar. Dennoch läßt sich eine insgesamt starke Belastung der Böden konstatieren. Die Gehalte im Oberboden sind insgesamt höher als im Unterboden und zeigen eine größere Gleichmäßigkeit in den Anomalien. Auffällig ist auch die Ausweitung der Fläche mit hohen Konzentrationen nach Südosten. Diese Merkmale sind ein Indiz für die stark anthropogene, immissionsbedingte Prägung der Verteilung. Im Unterboden ist die Verteilung anomaler Gehalte bei allgemein etwas geringerem Konzentrationsniveau ungleichmäßiger und lückenhafter, wobei eine gewisse Analogie der Anomalienkonfiguration zur Verbreitung der Erzgänge (s. Abb. 2) erkennbar ist. Analoge Verteilungsbilder ergeben sich auch für Cadmium, Arsen und Zink. Die gleichermaßen hohen anthropogenen wie auch die primären geogenen Schwermetallbelastungen spiegeln sich auch in Bodenprofilen wider (Abb. 4).

Wegen des relativ groben Probenahmerasters kann die vorliegende Darstellung keinen Aufschluß über die Verhältnisse in den Flußauen geben. Spezielle Untersuchungen an einigen Profilen der Freiburger Mulde und ihren Zuflüssen lassen erwartungsgemäß eine stärkere Belastung der Auenböden im Vergleich zu den Verwitterungsböden der Talhänge erkennen. Ein analoges Verteilungsbild zeigt auch die Untersuchung von Sedimenten aus dem aktiven Gewässertlauf (Abb. 5). Mit Eintritt der Freiburger Mulde und ihrer Zuflüsse in das Freiburger Verzerungs-, Bergbau- und Hüttenrevier steigen die Gehalte der meisten Schwermetalle markant an, um im weiteren Verlauf unterhalb von Halsbrücke bis Nossen nur ganz langsam abzuklingen und weiterhin auf hohem Konzentrationsniveau zu bleiben.

Die starke Belastung der Böden des Freiburger Raumes mit Schwermetallen und Arsen hat Konsequenzen für die Bodennutzung und den Umgang mit Bodenaushub. Durch die örtlichen Behörden sind entsprechende Empfehlungen zu einer angepaßten kleingärtnerischen Nutzung gegeben worden. Landwirtschaftliche Marktprodukte werden sorgfältig kontrolliert. Bodenaushub ist an Ort und Stelle zu verbringen oder nur über kurze Distanzen innerhalb gleichbelasteter Flächen umzulagern. Mit der weitgehenden Einstellung der Hüttenprodukti-



Legende :

Pb [mg/kg]

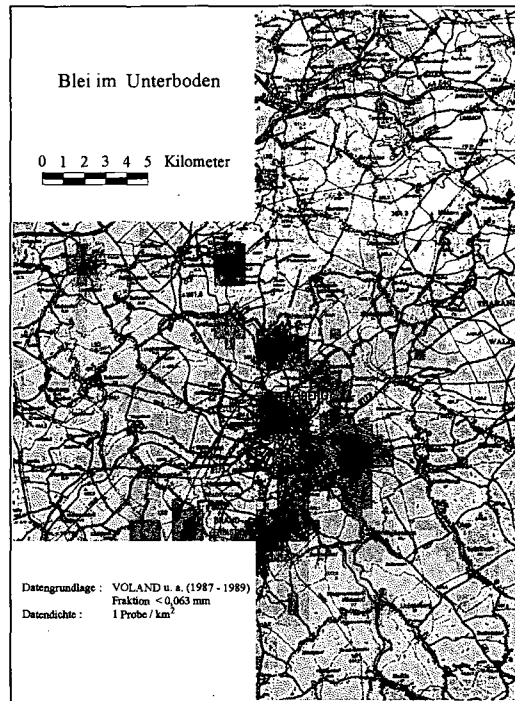
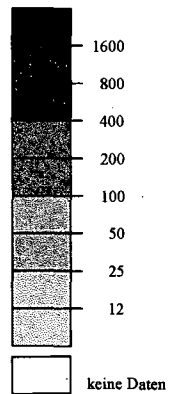
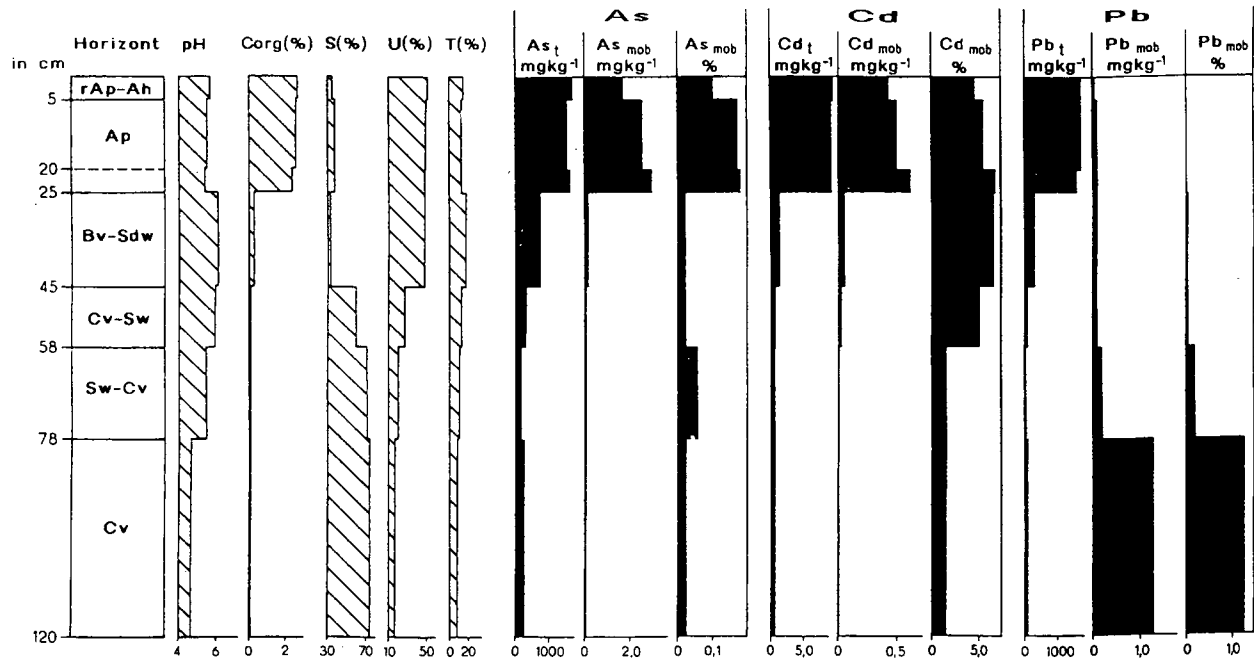


Abb.3: Schwermetallbelastung in Böden des Freiburger Raumes - Bleigehalte im Unterboden (rechts) und im Oberboden (links)

Sächsisches Landesamt
für Umwelt und Geologie

Bereich Boden und Geologie Freiberg
Referat Geochemie 12/96



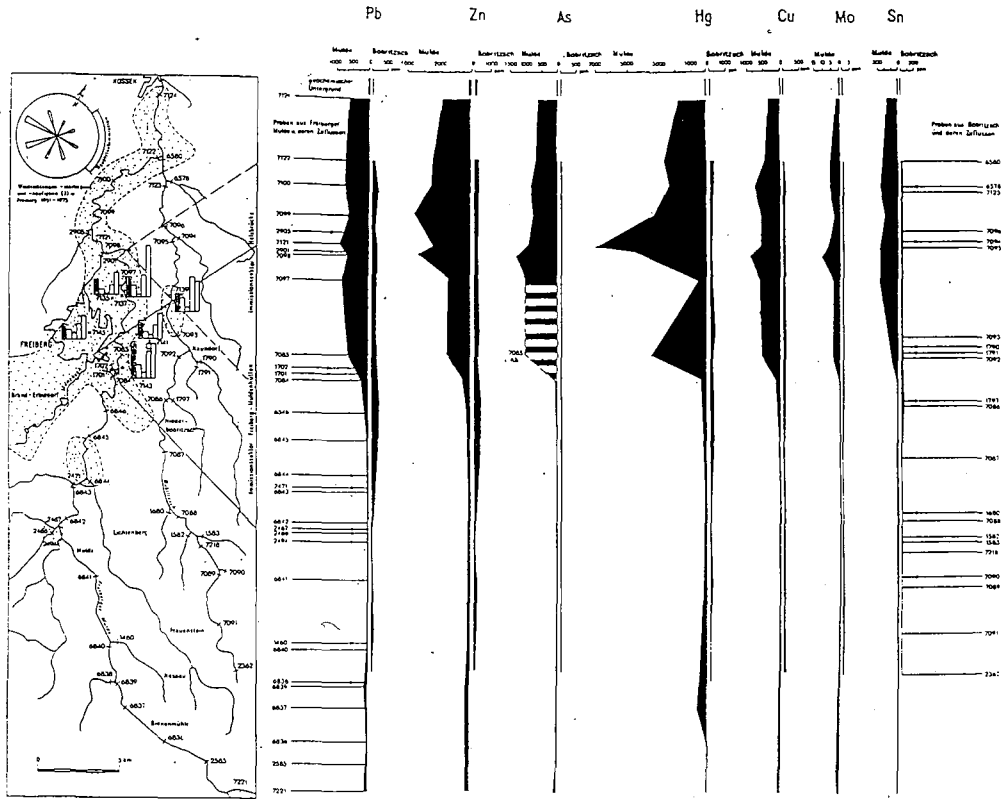
Erläuterung:

t = Totalgehalt (HF + HNO₃ + HClO₄-Aufschluß)


mob = mobiler Anteil (NH₄NO₃-Extrakt); Angaben als absoluter Gehalt (mg · kg⁻¹) und relativ zu Totalgehalt (%)


Ap-Horizont im unteren Teil verdichtet (ehemalige Pflugschle)


Abb. 4: Verteilung von Arsen, Cadmium und Blei in einem Bodenprofil östlich von Freiberg: Braunerde-Pseudogley aus grusführendem Löß über Schuttsand aus Gneis (BDF 43, Hilbersdorf)





Legende


- 

Gebiete mit polymetallischer Gangmineralisation
- 

Probenahmepunkte Illuviale Sedimente
- 

Emittenten (Hoehessen)
- 

Muertenlaender Muertenhuetten
(Emaelguemere, As- und Pb-Muerten wa)
- 

Probenahmepunkte Sedimentationsstau
- 

Saurelementgehalt Sedimentationsstau

Abb. 5: Schwermetallgehalte in Sedimenten der Freiburger Mulde und ihrer Zufluee im Raum Freiberg (Probenahme 1978)

on hat die immissionsbedingte Schwermetallbelastung praktisch aufgehört, während die geogene sowie die erworbene anthropogene Belastung fortbesteht.

4 Labormethoden und ökologische Kennwerte

Angaben beziehen sich auf die Spalten der Tabellen (Profilbeschreibung); Methoden sind überwiegend SCHLICHTING und BLUME (1966) und HARTGE und HORN (1989) zu entnehmen. KAK-pot.gem. DIN 19684 Teil 8. P und K in DL-Extraktion (VDLUFAMethodenbuch, 1991). NH_4NO_3 -Extrakt nach DIN 19730.

Ökologische Bewertung:

Die Beurteilung der Böden richtet sich nach den nachfolgenden Bewertungstabellen.

Bewertung	KAK mmol _e /kg 1)	P ₂ O ₅ (DL) mg/100g 2)	K ₂ O (DL) mg/100g 2)	LK Vol. % 1)	nFK Vol. % 1)	FK Vol. % 1)	kf cm/d 1)
sehr gering	<40	-	-	<2	<6	<13	<1
gering	40-<80	<5	<6	2-4	6-12	13-26	1-10
mittel	80-<120	6-13	7-13	4-12	12-18	26-39	10-40
hoch	120-<200	14-24	14-22	12-20	18-24	39-52	40-100
sehr hoch	200-<300	25-36	23-33	>20	>24	>52	100-300
extrem hoch	>399	>36	>33	-	-	-	>300

1) = KA 4, 1994; 2) = VDLUFA, 1983

C-Prüfwerte (Sanierung erforderlich) der Hollandliste (mg/kg, Königswasseraufschluß):

As	Ba	Pb	Cd	Cr(III)	Cu	Ni	Zn
55	650	530	12	380	190	210	702

Orientierungswerte für Industrie und Gewerbeflächen, BW III (Sanierung erforderlich) nach EIKMANN & KLOKE (1993), mg/kg:

As	Ba	Pb	Cd	Cr(III)	Cu	Ni	Zn
200	2500	2000	20	800	2000	500	3000

Hintergrundwerte für landwirtschaftlich genutzte Böden im Exkursionsraum nach BARTH et al. (1996):

Leitbodengesellschaften	Elementgehalte in mg/kg (Medianwerte)							
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Braunerde aus Hanglehm über Paragneisen	30	0,50	29	22	0,12	16	90	150
Braunerde-Podsol aus Hanglehm über Granit	13	0,31	14	18	0,14	6	51	105
Pseudogley aus Löß	8	0,20	20	14	0,10	12	30	60

5 Exkursionspunkte

5.1 Ehemalige Ratzziegelei am Südostrand des Freiburger Hospitalwaldes

Lage

Zwischen Freiberg und Brand-Erbisdorf, 600 m westlich der B 101
Mbl. 5145 Brand-Erbisdorf, R. 45 93 00, H. 56 40 22

Reliefposition

Flache Senke an der Westflanke einer flachaufgewölbten nach Norden abfallenden Hochfläche. Äußere Talursprungmulde des Schirmbaches.

Neigung: 1 - 2°, Exposition: NW, Höhenlage: 462 m NN.

Gestein

Hanglehmdecke mit Lößbeimengung und einzelnen Quarzitgeröllen über schuttführender Basisfolge und Verwitterungszone aus lokal kaolinisiertem und sandig-grusigem Zersatz, grobstückig-plattiger Auflockerung, übergehend in Fels aus Biotitgranodiorit (Freiberger Kerngneis) mit Störungszonen. Klufsystem und ehemals erzführenden abgebauten Gängen der Edlen Braunspat-Formation im tieferen Untergrund des Umfeldes. Schurfort vermutlich über Quarzitgang.

Hydrologische Verhältnisse

Vor dem Ziegellehmabbau war der Bodenwasserhaushalt durch Stauwasserregime bestimmt (Pseudogley bis Braunerde-Pseudogley, lokal Stagnogley). Wegen der nahen oberirdischen Wasserscheide kommt es lediglich zu geringem zeitweiligem seitlichem Wasserandrang. Nach dem Ziegellehmabbau ist vertikale Versickerung in der freigelegten Verwitterungszone möglich.

Nur über verbliebenen Resten von tonig-schluffigem Zersatz oder Deckschichten tritt zeitweilig Stauwasser auf. Während des Grubenbetriebes war keine Wasserhaltung notwendig. Im Schachtbrunnen der ehemaligen Ziegelei steht der Wasserspiegel bei ca. 20 m unter Geländeoberkante. Fünf 6 - 10 m tiefe Pegel führen kein Wasser. Im tieferen Untergrund verläuft der Grundwasserabfluß über wasserwegsame Spalten des Klufsystems, Störungszonen und Altbergbauhohlräume, die zumeist mit Entwässerungstollen in Verbindung stehen. Talseitig befindet sich in 250 bis 500 m Entfernung von der Ziegeleigrube im Bereich von Groß- und Mittelteich ein Trinkwasserschutzgebiet mit Quellschloten und Sickersträngen.

Nutzung

Der Ziegellehmabbau hat bereits im Mittelalter begonnen (dokumentiert in der Schneidersche Karte von 1678). Auch die Geologische Spezialkarte von 1908 (2. Aufl.) verzeichnet die Grube nur geringfügig kleiner als heute.

Zur Magerung wurde dem tonig-schluffigen Lehm mürber sandig-grusiger Gneiszersatz bis zum Verhältnis von 1 : 1 zugegeben.

Der Ziegellehmabbau kam Mitte der 60iger Jahre zum Erliegen. Kurz danach begann die Inanspruchnahme der Grube als Deponie für Hausmüll, Kraftwerksasche, Produktionsabfälle aus dem Leuchtstofflampenbau Narva Brand-Erbisdorf, chrom- und sulfidhaltige Schlämme aus der Lederfabrik Zug und andere Stoffe.

Es gab Schwelbrände im Deponiekörper und undefinierte Abfallstoff-Verbrennungen auf der Deponie. Die 1990 geschlossene Deponie ist größtenteils mit Erdaushubmassen abgedeckt und eingezäunt. Ergebnisse von Gefährdungseinschätzungen liegen vor.

Vegetation

Alte Stubben von einem abgeholzten ca 70 - 80jährigen Fichtenbestand. Jetzt bis zu 15-jährige Naturverjüngung aus Birke mit Eberesche und einzelnen Stieleichen. Flächendekender Graswuchs von Sandreitgras (*Calamagrostis epigeios*).

Profil 1a Ziegeleigrubenböschung (Situation vor dem Lehmbau)

Bodenform Pseudogley aus quartärem stein- und grushaltigem Solifluktions-Schluff, sandig-lehmig

Humusform Moder

Profilbeschreibung

Horizont/ Schicht	Tiefe (cm)	
L	+3 - +1	abgestorbener Grasfilz
Ofh	+1 - 0	graubrauner, grob bis feinzersetzer Humus
Ah	0 - 25	dunkelbrauner (10 YR 3/1), schluffiger Lehm (Lu), sehr schwach grusig-steinig, mittel humos, an der Schichtbasis humusfreie Stellen, schwach verfestigt, Bröckelgefüge, schwach feucht, Durchwurzelung mittel bis stark (W 3 - 4), deutlich wellige Untergrenze
Sw	- 50	hellgrauer (5Y 7/1), schwach rostfleckiger, schluffiger Lehm (Lu), sehr schwach grusig-steinig, sehr schwach humos, mittel verfestigt, Polyedergefüge, schwach feucht, Durchwurzelung sehr schwach (W 1), diffuse wellige Untergrenze
Sd	- 145	hellgrau (5Y 7/1) und rostbraun (5YR 5/8) marmorierter, schluffiger Lehm (Lu), schwach grusig-steinig (2), stark verfestigt (4), Polyedergefüge, schwach feucht, Durchwurzelung fehlend bis sehr schwach (W 0-1) deutlich flachwellige Untergrenze
II Sd-C	-185	fahl rostbraun (5 YR 5/8) und hellgrau (5Y 7/1) marmorierter, stark sandiger Lehm (Ls 4), mittel grusig-steinig, stark verfestigt, Polyedergefüge, schwach feucht, Durchwurzelung fehlend bis sehr schwach (W 0-1) deutliche wellige Untergrenze
III Sd-C	- 208	hellgrauer (5Y 7/1), schwach rostfleckiger (5YR 5/8), stark sandiger Lehm (Ls 4), mittel grusig-steinig, stark bis mittel verfestigt (3-4), Polyedergefüge, schwach feucht, Durchwurzelung fehlend bis sehr schwach (W 0-1)

Interpretation:

Das Profil 1 zeigt den natürlichen Boden eines Pseudogleys vor der Abgrabung. Auffallend ist der mächtige Ah-Horizont an der Böschungsoberkante der Ziegeleigrube, was als anthropogen bedingte Anhäufung gedeutet wird.

Profil 1b Alte Ziegeleigrubensohle (Bodenbildung auf der Abbausohle)

Bodenform Regosol (pseudovergleyt), gebildet in freigelegter Pseudogleybasis (Übergangsbereich Hanglehm-/Hangschuttdecke zur Verwitterungszone aus Quarzitgang-Steingeröll ; vgl. Profil 1a)

Humusform Rohhumus, feinhumusreich

Profilbeschreibung

Horizont/ Schicht	Tiefe (cm)	
L	+11 - +7	hellgraubrauner, abgestorbener Grasfilz mit Birkenlaub
Of	+7 - +3	braungraue, grobzersetzte Streu
Oh	+3 - 0	schwarzbrauner Feinhumus, sehr schwach verfestigt,

Profil 1a

Horizont	Horizont- tiefe cm	S %	U %	T %	Grob- boden %	Boden- art	dB g/cm ³	PV Vol.-%	LK Vol.-%	FK Vol.-%	nFK Vol.-%	TW Vol.-%	kf-Wert cm/d	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %
Ah	0 - 25	13,7	62,5	23,8	1,6	Lu,g1										3,6
Sw	25 - 50	15,7	64,4	19,9	1,7	Lu,g1										3,9
Sd	50 - 145	20,1	51,7	28,2	6,8	Lu,g2										4,0
IISd-C	145 - 185	53,4	27,6	19,0	17,7	Ls4,g3										4,3
IIISd-C	185 - 208	54,7	27,6	17,7	21,2	Ls4,g3										4,4

Horizont	Horizont- tiefe cm	austauschb. Kat.				H-Wert mmolc/kg	S-Wert	KAKpot	BS %	K ₂ O mg/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	C _t %	N _t %	C/N		
		Ca	Mg	K	Na											
Ah	0 - 25	1	<1	<1	<1	253	1	254	0,4			2,1	0,21	10,0		
Sw	25 - 50	3	<1	<1	<1	108	3	111	2,7			0,2	0,03	6,7		
Sd	50 - 145	37	20	<1	<1	80	57	137	41,6			0,1	0,02	5,0		
IISd-C	145 - 185	37	33	1	<1	43	71	114	62,3			<0,1	0,01			
IIISd-C	185 - 208	39	26	1	<1	23	66	89	74,2			<0,1	0,01			

Horizont	Horizont- tiefe cm	S _t %	S-SO ₄ %	Rest-S %	C/S	Fe-o mg/kg	Fe-d mg/kg	Fe-o/Fe-d	Königswasseraufschluß							
									Fe g/kg	Al g/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg
Ah	0 - 25	0,04	0,01	0,03	52,5	2600	4400	0,59			17,0	84,0	0,54	189	163	
Sw	25 - 50	0,01	<0,01	0,01	20,0	1200	2000	0,60			6,0	48,0	0,34	38	105	
Sd	50 - 145	0,01	<0,01	0,01	10,0	1400	7000	0,20			13,0	51,0	0,28	43	134	
IISd-C	145 - 185	<0,01	<0,01	<0,01		800	6100	0,13			10,0	39,0	0,26	41	95	
IIISd-C	185 - 208	<0,01	<0,01	<0,01		300	1200	0,25			9,0	34,0	0,30	44	86	

Horizont	Horizont- tiefe cm	Königswasseraufschluß				NH ₄ NO ₃ -Extrakt										
		Cr mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Ca g/kg	Cu µg/kg	Zn µg/kg	Cd µg/kg	Pb µg/kg	Mn µg/kg	Hg µg/kg	As µg/kg				
Ah	0 - 25		51,0			310	3800	217	18900	7420	<0,12	35				
Sw	25 - 50		4,0			240	3550	123	1570	2100	<0,12	12				
Sd	50 - 145		6,0			670	5630	149	1480	7750	<0,12	32				
IISd-C	145 - 185		4,0			440	930	47	630	7850	<0,12	24				
IIISd-C	185 - 208		3,0			530	950	36	970	6250	<0,12	24				

Profil 1b

Horizont	Horizont-tiefe cm	S %	U %	T %	Grob- boden %	Boden- art	dB g/cm³	PV Vol.-%	LK Vol.-%	FK Vol.-%	nFK Vol.-%	TW Vol.-%	kf-Wert cm/d	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %
L	+11 - +7													4,5	3,9	
Of	+7 - +3						0,21	87,8	33,5	54,3	39,2	15,1	1830	3,9	3,4	
Oh	+3 - 0													3,7	3,4	
Ah	0 - 4	13,0	55,2	31,8	15,7	Tu3,g3	1,05	55,3	6,8	48,5	24,9	23,6	437	3,5	3,2	
Sw-Cv	4 - 50	65,5	20,1	14,4	32,4	Sl4,g3	1,61	38,4	10,2	28,2	15,9	12,3	756	3,8	3,3	

Horizont	Horizont-tiefe cm	austauschb. Kat.				Na	H-Wert mmolc/kg	S-Wert	KAKpot	BS %	K ₂ O mg/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	C _t %	N _t %	C/N		
		Ca	Mg	K													
L	+11 - +7												44,2	1,58	28,1		
Of	+7 - +3												34,6	1,55	22,3		
Oh	+3 - 0	29,2	4,6			440	33,8	419	8,1	33,0	11,0	24,4	1,19	20,5			
Ah	0 - 4	16,2	3,3			350	19,5	329	5,9	22,8	5,0	5,6	0,29	19,2			
Sw-Cv	4 - 50	4,0	1,2			70	5,2	75	6,9	6,6	44,6	0,4	0,03	13,5			

Horizont	Horizont-tiefe cm	S _t %	S-SO ₄ %	Rest-S %	C/S	Fe-o mg/kg	Fe-d mg/kg	Fe-o/Fe-d	Königswasseraufschluß							
									Fe g/kg	Al g/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg
L	+11 - +7	0,22			202				2,3	0,4	14,9	68,7	1,99	169	247	<2
Of	+7 - +3	nn							11,5	6,3	34,2	88,7	8,98	357	191	11,2
Oh	+3 - 0	0,28			88				17,9	13,8	50,5	56,4	13,3	491	139	14,7
Ah	0 - 4	0,05			108	5330	7050	0,76	18,1	22,7	15,9	51,8	2,35	226	17	9,4
Sw-Cv	4 - 50	nn				979	2440	0,40	10,2	11,5	5,6	42,8	0,20	59	42	5,2

Horizont	Horizont-tiefe cm	Königswasseraufschluß				NH ₄ NO ₃ -Extrakt										
		Cr mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Ca g/kg	Cu µg/kg	Zn µg/kg	Cd µg/kg	Pb µg/kg	Mn µg/kg	Hg µg/kg	As µg/kg				
L	+11 - +7	<2	11,0	84	1,40											
Of	+7 - +3	12,4	27,5	230	2,53											
Oh	+3 - 0	25,2	78,9	339	1,80	540	23500	1750	17400	29900	1,57	128				
Ah	0 - 4	28,3	73,3	109	0,47	130	5060	366	4120	4530	0,55	38				
Sw-Cv	4 - 50	15,2	12,8	41	0,10	820	2700	43	5100	2800	<0,12	30				

		feucht, Durchwurzelung stark(W4), deutliche ebene Untergrenze
Ah	0 - 4	dunkelbraungrauer (2,5 YR 4/1), aufgeschlammter, mittelschluffiger Ton (Tu 3), schwach grusig, stark humos (h4), schwach verfestigt, Kohärentgefüge, schwach feucht, Durchwurzelung stark (W4), Untergrenze eben und deutlich
Sw-Cv	- 50	grauer (10 YR 5/2), schwach rostfleckiger (5 YR 5/8), stark lehmiger Sand (Sl 4), schwach grusig, mittel steinig, einige Nester aus mSgs, an der Obergrenze humusfreier mittelschluffiger Ton (Tu 3), mittel verfestigt, Polyeder - Kohärentgefüge, schwach feucht, Durchwurzelung mittel (W3)

Interpretation:

Auf der Abgrabungssohle der Ziegeleigrube hat sich als bodenbildender Prozeß lediglich eine Humusanreicherung vollzogen, wodurch sich ein schwach entwickelter Regosol als Bodentyp herausbilden konnte, was als erste Stufe der Bodenbildung auch zu erwarten ist.

Der Boden ist sehr stark sauer und entsprechend als basenarm zu bezeichnen. Im Gegensatz zu einigen anderen Bergbaustandorten (Profil 2, 3, 5) ist die Versauerung nicht auf Pyritoxidation zu Schwefelsäure zurückzuführen, sondern auf einen geringen Basenvorrat des Ausgangsgesteins. Die verfügbaren Vorräte an den Nährstoffen Phosphat und Kalium sind in den aufgeschlossenen Horizonten als mittel bis hoch einzustufen. Die Luftkapazität (LK) des Mineralbodens und die nutzbare Feldkapazität sind mittel. Der Sw-Cv-Horizont ist sehr durchlässig.

Hinsichtlich der Belastung mit Schwermetallen zeigt sich eine deutliche Immissionslage (Deponie). Die Tiefengradienten der Gehalte weisen darauf hin. Deutliche Belastungen liegen bei Cd, Pb, As und Ba vor, die weitgehend im Übergangsbereich der C-Werte der Hollandliste liegen. Bemerkenswert ist die im NH_4NO_3 -Auszug gute Mobilisierbarkeit von Pb.

5.2 Feinbergehalde im unteren Münzbachtal

Lage

3 km nördlich von Freiberg, 300 m südlich der Mündung des Münzbaches in die Freiburger Mulde

Mbl. 5045 Freiberg-W und 5046 Freiberg, R. 45 93 80, H. 56 47 45

Reliefposition

Kerbsohlental mit 60 - 80 m Sohlenbreite und beiderseits steilen Kurzhängen, die 30 - 40 m über der Talsohle in flachere Hanglagen übergehen.

Talachsenrichtung SE-NW, Talgefälle 1 - 1,5°

Höhe der Talsohle unter der Halde 302 - 308 m NN

Gestein (Auflagefläche)

Sandiger Auelehm über kiesig-sandigem Bachschotter (Talsohle) und schuttführenden Hanglehm (an den steilen Kurzhängen) über Verwitterungszone und Fels aus Biotitgneis (Freiberger Kerngneis) mit Klüften, Störungszonen und Altbergbauhöhlräumen im Untergrund des Umfeldes.

Hydrologische Verhältnisse

Talgrundwasserführung in der Talaua, Sickerwasserregime in Hanglage. Die oberirdische Einzugsgebietsgröße des Münzbaches (FEo) umfaßt 35 km².

Nutzung

Nach Grünlandnutzung auf der Talsohle und Eichen-Birkenwaldbestockung an den steilen Kurzhängen wurde von 1955 bis 1969 auf 6,5 ha großer Aufstandsfläche eine bis zu 33 m hohe, einen 330 m langen Talabschnitt abriegelnde Feinbergehalde in Eigenstabilisierung aufgespült (1,3 Mio. t). Der Münzbach verläuft unter der Halde in einem betonierten Tunnel. Beim Einspülprozeß setzten sich von dem aus einer Ringleitung ausfließendem Spülgut peripher die sandigen und zentral die schluffig-tonigen Anteile ab. Ungleichmäßige Einspül-abläufe ergaben unregelmäßige Schichtungen und Sortierungen. Die mit 3 - 4 m breiten Bermen abgestuften talseitigen Böschungen der Halde haben eine Generalneigung von 20°. Neben Lehmabdeckung ist 1969/1970 die Merseburger Spritzbegrünung (Latex-Bitumen-Grassamen-Mischung) angewandt worden, die aber zu keiner geschlossenen, stabilen biologischen Befestigung geführt hat.

Von der leicht zum Zentrum eingesenkten Spülfläche ist der nordöstliche Teil mit Baugrubenaushub und Bauschutt abgedeckt. Die Halde befindet sich in einem Landschaftsschutzgebiet.

Die mineralogische Zusammensetzung des Spülguts (TEUCHERT et al. 1994): Quarz (70%), Feldspäte, Flußspat, Schwerspat, Kalkspat, PbS, Zn, FeS₂, sowie Reste von Flotationsreagenzien (Xanthat, Xylenol, NaCN, CuSO₄, CaOCl, Dikresoldithiophosphorsäure).

Nach Mittelwerten von Beprobungen in der Aufbereitung Halsbrücke aus den Jahren 1960 bis 1964 enthalten die Aufbereitungsrückstände (in Masseprozent): Pb 0,09 - 0,12, Zn 0,17 - 0,23, S 1,21 - 1,64, Cu 0,01 - 0,03, As 0,09 - 0,14. Bei Probenahme auf der Halde wurden ermittelt: Pb 0,03, Zn 0,5, S 0,94, Fe₂O₃ 4,92, CaO 5,55, MgO 0,65, SiO₂ 71,99, Glühverlust 4,02, nicht bestimmter Rest 11,04. Wegen einigen floristischen (Moose, Flechten) und faunistischen (Insekten, Herpetofauna) Besonderheiten sind Bemühungen um Unterschutzstellung von Teilflächen der Halde im Gange.

Vegetation

Nach dem Anspitzen kam es auf dem Spülsubstrat zur Ausbildung einer Grasdecke aus Rotem Straußgras (*Agrostis tenuis*), in der nur wenige andere Arten vertreten sind.

Profil 2 Zentraler Spülhaldenteil

Bodenform Lockersyrosem - Pseudogley aus gebänderten, fein sandigen und schluffig-tonigen Einspülsubstraten mit Humusaufgabe, ohne Humuseinschlammung (Ah).
Alternativbenennung (Vorschlag von Burghardt): schwefelsaurer Reliktspülgley-Pseudogley

Humusform Moder (gestört, vermutlich durch Anspritzverfahren initiiert)

Profilbeschreibung

Horizont/ Schicht	Tiefe (cm)	
L	+5 - +3	abgestorbener Grasfilz
Ofh	+3 - 0	dunkelgraubrauner Graswurzelfilz und grob- bis feiner-setzter Humus, schwach verfestigt, schwach feucht, mit einigen humusfreien, sandig-schluffigen Einschlüssen. Spuren von Aufkalkung (blauer Bunakalk)
jIC _v -Sw	0 - 35	1. Spülkomplex vorherrschend Bänder/Schichten (0,5 - 10,0 cm) aus hellbraunem (10 YR 5/6), rostbraun gesäumtem Feinsand (fS) bis schwach schluffigem Feinsand (fSu 2), glimmerhaltig, locker, Einzelkomgefüge, schwach feucht, Durchwurzelung mittel bis sehr schwach (W 3-1), untergeordnet dünne Bänder (1-10 mm) aus hellgrauem (1,5

		GY 7/1) bis blaugrauem (10 BG 5/1), stark schluffigem Feinsand (fSu 4) bis tonigem Schluff (Ut 3), carbonatarm (c 2), schwach verfestigt, Kohärentgefüge, schwach feucht, Durchwurzelung sehr schwach bis schwach (W 1-2), Untergrenze eben und scharf
IIjC-Sd	-127	2. Spülkomplex Wechsel zwischen Bändern/Schichten (1-10 cm) aus braungrauem (5 Y 5/2) bis grauem (10 YR 5/1), mittel schluffigem Feinsand (fSu 3) bis Fein- und Mittelsand (fSms), schwach verfestigt, Einzelkomgefüge, schwach feucht und blaugrauem (10 BG 5/1), mittel tonigem Schluff (Ut 3), carbonathaltig (c 3), mittel verfestigt (weich-plastisch), Kohärentgefüge, feucht, Untergrenze eben und scharf
IIIjC-Sd	-192	3. Spülkomplex vorherrschend Bänder/Schichten (3,0 - 9,0 cm) aus braungrauem (5 Y 5/2) und grauem (10 YR 5/1) Feinsand bis schluffigem Feinsand (fS und fSu 2), glimmerhaltig, schwach verfestigt, Einzelkomgefüge, schwach feucht, mit einzelnen Bändern (1-3 cm) aus blaugrauem (10 BG 5/1), stark schluffigem Feinsand (fSu 4) bis tonigem Schluff (Ut3), schwach verfestigt, Kohärentgefüge, schwach feucht

Interpretation:

Auffallend ist eine scharf abgeschnittene Humusaufgabe. Läßt man andere mögliche Bodenbildungsvorgänge zunächst außer Betracht, so liegt ein O/C-Profil vor (Lockersyrosem, Normtyp OL).

Die Sedimentation des Flotationsgutes erfolgte durch das Spülverfahren, einem Vorgang, wie er auch bei der Auenbildung auftritt (anthropogener Auenboden ?). Im Oberboden ist er bereits gut belüftet, worauf das mittlere Fe_0/Fe_2 -Verhältnis hinweist.

Bei der Sedimentation erfuhr das Profil eine deutliche Schichtung mit wechselnder Korngrößenzusammensetzung. Es treten somit Stauhazone im Wechsel mit wasserleitenden Horizonten auf. Somit liegt hier ein Pseudogley mit wechelschichtiger oder stockwerkartiger Ausprägung vor.

Weitere Merkmale des Profils sind ein hoher Schwefelgehalt und ein niedriger pH-Wert. Der pH-Wert steigt mit der Tiefe an.

Mit der Belüftung werden Sulfide oxidiert. Dieser Prozeß ist als Ursache für die Versauerung anzunehmen. Bodenhorizonte mit einem Schwefelgehalt von 0,75 % und mehr werden als schwefelsauer bezeichnet.

Das vorliegende Profil läßt sich somit entsprechend der dominierenden Merkmale Lockersyrosem-Pseudogley oder alternativ als schwefelsaurer Reliktspülgley-Pseudogley bezeichnen. Der Boden wird sich durch Versauerung in diese Richtung weiterentwickeln.

Die pflanzenverfügbaren P- und K-Gehalte sind überwiegend gering. Ebenso ist die KAK als gering zu bezeichnen. Das Profil hat jedoch einen überraschend hohen Gesamtcalciumgehalt (Königswasseraufschluß). Es liegt daher die Annahme nahe, daß der Schwefel teilweise als Gips vorliegt und damit die nicht mit der KAK erklärbaren löslichen und austauschbaren Ca-Gehalte aus dem Gips stammen.

Die Grobporengehalte (LK) schwanken zwischen den Schichten von mittel bis sehr gering. Die Kf-Werte liegen in Abhängigkeit vom Grobporenanteil zwischen sehr gering und gering. Die dadurch behinderte Belüftung macht nur eine flache Durchwurzelung möglich. Die nFK ist äußerst hoch zu bewerten. Dies wird mit der noch nicht abgeschlossenen Setzung infol-

Profil 2	Entnahmetiefe	S	U	T	Grobboden	Bodenart	dB	PV	LK	FK	nFK	TW	kf-Wert	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	CaCO ₃
Horizont	cm	%	%	%	%		g/cm ³	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	cm/d			%
L/Ofh	+5 - 0													6,3	5,6	
IIjCv-Sw	16 - 20	39,6	50,6	9,8		Uls	1,45	47,6	7,0	40,6	34,5	6,1	8,3	4,6	4,6	
IIjIC-Sd	53 - 57	65,2	32,0	2,8		Su3	1,30	53,4	7,6	45,8	40,1	5,7	7,2	6,0	5,4	
IIjIC-Sd	74 - 78	9,6	75,1	15,3		Ut3	1,28	55,0	1,5	53,5	46,5	7,0	0,7	7,1	7,0	1,9
IIIjIC-Sd	127 - 192	51,6	44,8	3,6		Su4								6,9	7,2	2,3

Horizont	Entnahmetiefe	austauschbares				Na	H-Wert	S-Wert	KAKpot	BS	K ₂ O	P ₂ O ₅	C	N	C/N		
		Ca	Mg	K	mmol/kg												
L/Ofh	+5 - 0	138	5	3	<1	280	146	426	34,3	26,4	49,7	12,4	0,98	13			
IIjCv-Sw	16 - 20	21	1	1	<1	55	23	78	29,5			0,1	0,01	10			
IIjIC-Sd	53 - 57	20	1	<1	<1	3	21	21	100			0,1	0,01	10			
IIjIC-Sd	74 - 78	38	2	1	<1	3	41	44	93,2			0,2	<0,01				
IIIjIC-Sd	127 - 192	19	1	1	<1	<1	21	21	100			0,1	0,01	10			

Horizont	Entnahmetiefe	S _t	S-SO ₄	Rest-S	C/S	Fe-o	Fe-d	Fe-o/Fe-d	Königswasseraufschluß							
									Fe	Al	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni
	cm	%	%	%		mg/kg	mg/kg		g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
L/Ofh	+5 - 0	0,70	0,31	0,39	17,7	10400	18300	0,55			508	4270	22,2	2260	381	
IIjCv-Sw	16 - 20	1,45	0,51	0,94	0,07	15500	19800	0,78			47	188	0,8	721	183	
IIjIC-Sd	53 - 57	2,24	0,27	1,97	0,04	600	5200	0,12			114	983	1,6	476	314	
IIjIC-Sd	74 - 78	2,13	0,30	1,83	0,09	7000	5000	1,38			403	2200	3,3	1920	620	
IIIjIC-Sd	127 - 192	1,72	0,16	1,56	0,06	4900	3300	1,48			161	1053	2,7	861	576	

Horizont	Entnahmetiefe	Königswasseraufschluß				NH ₄ NO ₃ -Extrakt										
		Cr	As	Ba	Ca	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Hg	As				
	cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg			
L/Ofh	+5 - 0		463			450	166000	9500	5470	6450	0,37	104				
IIjCv-Sw	16 - 20		395			140	37900	255	2150	1020	0,42	34				
IIjIC-Sd	53 - 57		428			740	10500	55	3270	17800	0,22	104				
IIjIC-Sd	74 - 78		672			35900	20700	706	4720	26100	0,32	72				
IIIjIC-Sd	127 - 192		443			11000	13200	186	3300	21600	0,13	61				

ge der unvollständigen Entwässerung zusammenhängen, worauf auch das mit der Tiefe abnehmende Volumengewicht hinweist. Der Boden speichert somit eine große Menge an Wasser.

Der Boden weist hohe Belastungen mit Zn, Cd, Pb und As, teilweise auch Cu und oberflächennah mit Ba und Cr auf. Bei pH-Werten unter 5 bis in ca. 55 cm Tiefe werden somit hohe Mengen an Schwermetallen mobilisierbar vorliegen. Ein Minimum der Gehalte der Schwermetalle Zn, Fe, Mn, Ni, Cd, Cu, Pb, As wie auch der Metalle Al und Ca und ein darauf folgender Anreicherungshorizont der Metalle bei einem pH-Anstieg auf Werte um 4,8 bis 5,1 weisen daraufhin, daß im Profil bereits eine starke Mobilisierung und ein Transport von Schwermetallen stattgefunden hat. Allerdings bestätigen die im NH_4NO_3 -Auszug mobilisierbaren Zn-, Cd- und Pb-Mengen dies nicht. Die bei niedrigen pH-Werten erwartete hohe Mobilisierbarkeit tritt nur bedingt auf. Dies weist daraufhin, daß die Schwermetalle weitgehend in der mineralischen Bindung der Erze vorliegen. Erhöhte Schwermetallgehalte im Gesamtprofil sind hauptsächlich auf die erhöhten Gehalte im Spülgut (erzreiches Ausgangsmaterial) zurückzuführen.

Profil 3 peripherer Spülhaldenteil

Bodenform Reliktgley? - Lockersyosem mit Humusaufgabe, ohne Humuseinschlammung (Ah) aus Reinsand
Alternativbenennung (Vorschlag von Burghardt): Schwefelsaurer Reliktgley-(O/C)Syosem

Humusform Moder, z. T. mit Sand überdeckt (1 - 3 cm), vermutlich durch An-spritzverfahren initiiert

Profilbeschreibung

Horizont/ Schicht	Tiefe (cm)	
L	+14 - 11	abgestorbener Grasfilz
Ohf	+11 - 0	dunkelgrauer bis schwarzer (5 Y 3/1), feinzersetzter Humus, schwach verfestigt, stark durchwurzelt (Graswurzelfilz), trocken bis schwach feucht, zwischen L und Ohf dünne Sandschicht (1 - 3 cm), deutliche, flachwellige Untergrenze
rGo-jlC _v	- 50	1. Spülkomplex Bänderung/Schichtung (0,5 - 7,0 cm) aus hellrostbraunem (10 YR 5/8), untergeordnet hellbraungrauem (10 YR 7/3), schwach lehmigem Feinsand, Mittelsand und Grobsand (SI 2). In den oberen 2 - 8 cm einzelne hellgraue, schluffige Feinbänder und Schlieren sowie dunkelgraue humose Schmitzen, schwach verfestigt, Einzelkorngefüge, schwach feucht, schwach durchwurzelt (W2 Graswurzeln bis max. 40 cm Tiefe), ebene, schwach nach W geneigte Untergrenze
llrGo-jlC _v	- 114	2. Spülkomplex Bänderung/Schichtung (0,2 - 10 cm) aus hellrötlich-braungrauem (10 YR 5/8) und gelblich-bräunlichem, hellgrauem bis grauem (2,5 Y 7/3), mittel lehmigem Mittelsand mit Feinsand und Mittelsand mit Grobsand (SI 3), einzelne schluffige Schlieren und Feinbänder, mittel verfestigt, Einzelkorngefüge, schwach feucht, deutliche ebene Untergrenze

Profil 3	Horizont- tiefe	S	U	T	Grob- boden	Boden- art	dB	PV	LK	FK	nFK	TW	kf-Wert	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	CaCO ₃
	Horizont cm	%	%	%	%		g/cm ³	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	cm/d			%
	Ohf	+11 - 0					0,64	69,2	22,4	46,8	31,9	14,9	77	4,8	4,3	
	rGo-jlCv	0 - 50	81,6	13,2	5,2	Sl2	1,45	47,4	28,9	18,5	15,4	3,1	149	4,4	4,3	
	llrGo-jlCv	50 - 114	75,2	16,1	8,7	Sl3								3,8	3,8	
	lllrGo-jlCv	114 - 132	88,8	10,4	0,8	Su2	1,36	50,6	31,1	19,5	14,2	5,3	207	3,3	3,2	
	lvrGo-jlCv	132 - 175	85,2	8,7	6,1	Sl2								3,9	3,8	

Horizont	Horizont- tiefe cm	austauschbares				H-Wert	S-Wert	KAKpot	BS	K ₂ O	P ₂ O ₅	C	N	C/N		
		Ca	Mg	K	Na											
		mmolc/kg						%		mg/kg		%				
	Ohf	+11 - 0	18	<1	<1	<1	78	18	96	18,8	10,8	3,4	17,4	1,44	12,1	
	rGo-jlCv	0 - 50	46	<1	<1	<1	38	46	84	54,8	6,2	4,8	<0,1	0,10		
	llrGo-jlCv	50 - 114	57	<1	<1	<1	40	57	97	58,8			0,1	0,02	5,0	
	lllrGo-jlCv	114 - 132	52	<1	<1	<1	133	52	185	28,1			<0,1	0,01		
	lvrGo-jlCv	132 - 175	42	5	<1	<1	105	47	152	30,9			<0,1	0,01		

Horizont	Horizont- tiefe cm	S _t	S-SO ₄	Rest-S	C/S	Fe-o	Fe-d	Fe-o/Fe-d	Königswasseraufschluß							
									Fe	Al	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni
		%	%	%		mg/kg	mg/kg		g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	Ohf	+11 - 0	0,80	0,34	0,46	21,8	13800	21800	0,63			579	928	11,5	2060	154
	rGo-jlCv	0 - 50	1,31	0,72	0,59		11200	13400	0,84			35	191	0,96	605	75
	llrGo-jlCv	50 - 114	2,03	1,50	0,53	0,05	6900	20800	0,33			38	465	2,10	751	47
	lllrGo-jlCv	114 - 132	1,28	1,16	0,12		1540	7200	0,21			115	334	2,34	817	56
	lvrGo-jlCv	132 - 175	1,58	0,93	0,65		5600	7600	0,74			135	783	3,52	728	110

Horizont	Horizont- tiefe cm	Königswasseraufschluß			Ca	NH ₄ NO ₃ -Extrakt										
		Cr	As	Ba		g/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg		
	Ohf	+11 - 0		430		5160	154000	5124	3070	5450	0,55	100				
	rGo-jlCv	0 - 50		315		620	12600	104	2120	540	0,42	89				
	llrGo-jlCv	50 - 114		872		1480	6780	48	2170	270	0,55	245				
	lllrGo-jlCv	114 - 132		391		7850	18300	137	18800	1010	0,20	327				
	lvrGo-jlCv	132 - 175		361		16100	78100	668	32600	4870	<0,12	225				

IIIrGo-jlC _v	- 132	3. Spülkomplex Bänderung/Schichtung (0,2 - 12 cm) aus rostbraunem (2,5 YR 5/6) hellgraubraunstreifigem, schwach schluffigem Mittelsand mit Feinsand und Mittelsand mit Grobsand (Su 2), mittel bis stark eisenschüssig, stark verfestigt, Einzelkomgefüge, schwach feucht, deutliche ebene Untergrenze
IVrGo-jlC _v	- 175	4. Spülkomplex Bänderung/Schichtung (0,2 - 9,0 cm) aus hellbraunem (10 YR 5/6), grau- und rostbraunstreifigem, schwach tonigem Mittelsand und Grobsand mit Mittelsand (St 2), stark verfestigt, Einzelkomgefüge, schwach feucht

Interpretation:

Das Profil besteht durchgehend aus Sand und weist eine deutlich abgesetzte humose Auflage auf. Es kann daher zunächst als (O/C) Syrosem angesprochen werden.

Das Profil ist voll bis in großer Tiefe belüftet und dadurch oxidiert. Die geringen Fe_v/Fe_r-Verhältnisse zeigen dies deutlich.

Es liegt eine starke Versauerung vor, was auf die Schwefelsäurebildung durch Sulfidoxidation zurückzuführen ist. Erhöhte Schwefelgehalte konnten nur noch vereinzelt nachgewiesen werden. In der Umgebung wurden jedoch von 0,3 bis 1,3 % S vom Oberboden zum Unterboden ansteigend vorgefunden.

Nach obigen Ergebnissen kann der Boden alternativ als schwefelsaurer Reliktgley-(O/C) Syrosem bezeichnet werden.

Die pflanzenverfügbaren Vorräte der Nährstoffe P und K sind gering. Ebenso ist erwartungsgemäß die KAK gering. Die Wasserleitfähigkeit, die Grobporengehalte (LK) und damit der Gasaustausch sind hoch. Die Kennwerte der Wasserspeicherung, FK und nFK, sind gering. Die Lagerungsdichte ist gering, aber höher als in dem unvollständig entwässerten Profil 2. Der Standort ist somit als trocken, sauer und nährstoffarm zu bewerten.

Die Schwermetallbelastung ist hoch und weicht damit kaum vom Profil 2 ab. Wesentlich ist jedoch, daß infolge der tiefreichenden und starken Versauerung anzunehmen wäre, daß die Schwermetalle im gesamten Profil hoch mobilisierbar sind. Infolge der hohen Wasserleitfähigkeit und des geringen Speichervermögens für gelöste Schwermetalle ist mit einer hohen Wahrscheinlichkeit mit einer Auswaschung der mobilisierbaren Schwermetalle in größere Bodentiefen und in das Grundwasser an der Basis der Münzbachau zu rechnen.

Die Ergebnisse des NH₄NO₃-Auszuges zeigen jedoch nur eine im Vergleich zu den Gesamtgehalten geringe Mobilisierbarkeit an, was auf eine Bindung der Schwermetalle in den Sulfiden der verarbeiteten Konzentrate hinweist.

5.3 Schlackehalde Hohe Esse Halsbrücke

Lage

Rechter steiler Hang des Muldentales in Halsbrücke zwischen Hüttenstandort und Hoher Esse. Mbl. 5046 Freiberg, R. 45 95 12, H. 56 47 98

Reliefposition

Steilhang von ca. 40 m Höhe, hangaufwärts in weniger geneigtes Gelände übergehend. Neigung: 20 - 25°, Exposition: S, Höhenlage: 306 - 360 m NN

Gestein unter Haldenaufstandsfläche

Hangschutt, aufgelockertes Gestein und Fels aus Biotitgranodioritgneis. Stellenweise Fe-durchragungen. Im Umfeld im Untergrund Altbergbauhöhlräume

Hydrologische Verhältnisse

Sickerwasserregime am Trockenhang

Nutzung

Nach Bewaldung am Steilhang und Ackerbau am flachen Oberhang auf 2,5 ha von 1915 - 1961 Aufhaltung von ca. 125 000 m³ (225 000 t) Hüttenschlacke mit Ascheanteilen. Antransport mit Seilbahn. Oberer flacher Haldenteil nach 1990 mit Erdaushub- und Bauschuttmassen abgedeckt. Die grobblasig-poröse bis glasig-massige Schlacke ist größtenteils grobstückig.

Über die chemische Zusammensetzung liegen Angaben von FAHNING und GERLACH (1993) vor: SiO₂ 32,9 %, Fe 32,0 %, Al₂O₃ 7,9 %, Zn 7,1 %, CaO 6,5 %, Pb 1,8 %, Cu 0,2 %, mit < 0,2 % oder in Spuren sind beteiligt MgO, S, As, BaO, Sb, Sn, P₂O₅, Cd, Ni, Cr und Hg.

Der Haldenteil am Steilhang soll als technisches Denkmal geschützt werden.

Vegetation

Bisher konnten nur Hängebirke, Stieleiche, Salweide, Sauerampfer, Leimkraut und rotes Straußgras vereinzelt oder in kleinen Gruppen Fuß fassen.

Profil 4 a am oberen Grat der Schlacke-/Aschehalde

Bodenform Pararendzina aus Hüttenasche und -schlacke
Alternativbenennung (Vorschlag von Burghardt): Carbonatisierte Pararendzina

Humusform Auflagehumus fehlend, stellenweise Laubstreubedeckung (1 cm)

Profilbeschreibung

Horizont/ Schicht	Tiefe (cm)	
Ah/yIC	0 - 20	dunkelbrauner (10 YR 2/1), stark lehmiger Sand (SI 4) aus Asche mit Fein- und Grobschlackestücken (3-15 %), schwach humos (h 2), kohlehaltig (k 3), carbonathaltig (c 3), lose, Einzelkorngefüge, schwach feucht, mittel durchwurzelt (W 3), Untergrenze diffus und wellig
yIC	- 120	dunkelbrauner bis dunkelgrauer (10 YR 3/1), stark lehmiger Sand (SI 4) aus Asche mit Fein- und Grobschlackestücken, Ziegel- und Schamotte-Bruchstücken (Klasse 2-3), kohlehaltig (k 3), carbonathaltig (c 3), lose, Einzelkorngefüge, schwach feucht (feu 2-1), Durchwurzelung fehlend bis schwach (W 0-2), deutliche wellige Untergrenze
llyIC	- 160	graue bis dunkelgraue (10 YR 3/1), kleinstückige Schlacke (60-85 %) mit schwach lehmigem, carbonathaltigem (c 3) Sand (Asche), einzelne Ziegelbrocken, lose, Einzelkorngefüge, schwach feucht bis trocken (feu 2-1), Durchwurzelung fehlend bis sehr schwach, deutliche wellige Untergrenze

Interpretation:

Auf der Asche hat sich als bodenbildender Prozeß eine Humusanreicherung vollzogen. Sie ist allerdings nur schwer anhand der Bodenfarbe am Profil wie auch anhand der C-Gehalte nachvollziehbar, da das gesamte Profil erhöhte Kohlenstoffgehalte aufweist, die, wie das C/N-Verhältnis zeigt, nicht aus dem Humus, sondern vorwiegend aus Koks- und Kohleresten stammen. In 0-15 cm Tiefe tritt allerdings ein im Vergleich zum Unterboden etwas ver-

Profil 4a

Horizont	Horizont- tiefe cm	S %	U %	T %	Grob- boden %	Boden- art	dB g/cm³	PV Vol.-%	LK Vol.-%	FK Vol.-%	nFK Vol.-%	TW Vol.-%	kf-Wert cm/d	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %
Ah/ylC	0 - 20	57,8	27,1	15,2	41,4	Sl4, g4								7,7	7,5	3,48
ylC	20 - 120				53,3									7,6	7,6	3,73
lylC	120 - 160				66,9									7,4	7,3	1,44

Horizont	Horizont- tiefe cm	austauschbares				Na	H-Wert mmolc/kg	S-Wert	KAKpot	BS %	K ₂ O mg/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	C %	N %	C/N		
		Ca	Mg	K													
Ah/ylC	0 - 20	1031	20	<1	<1	81	1052	1133	92,9	25,0	22,5	13,60	0,21	66			
ylC	20 - 120	1023	4	<1	<1	18	1027	1045	98,3	18,0	18,0	9,71	0,07	131			
lylC	120 - 160											8,07	0,08	101			

Horizont	Horizont- tiefe cm	St %	S-SO ₄ %	Rest-S %	C/S	Fe-o mg/kg	Fe-d mg/kg	Fe-o/Fe-d	Königswasseraufschluß							
									Fe g/kg	Al g/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg
Ah/ylC	0 - 20	0,30			46	18800	29600	0,47	58,7	22,2	2230	2840	65,9	9700	910	152
ylC	20 - 120	0,03			165	4930	23100	0,21	53,6	12,5	1580	1900	45,5	16800	986	92
lylC	120 - 160	0,06			144	12600	29000	0,44	58,7	13,0	903	3190	19,2	813	575	70

Horizont	Horizont- tiefe cm	Königswasseraufschluß				NH ₄ NO ₃ -Extrakt										
		Cr mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Ca g/kg	Cu µg/kg	Zn µg/kg	Cd µg/kg	Pb µg/kg	Mn µg/kg	Hg µg/kg					As µg/kg
Ah/ylC	0 - 20	19,7	1240	434	64	1444	1660	128	510	1360	0,8	822				
ylC	20 - 120	12,8	934	39	65	1950	1270	99	360	980	15,0	3680				
lylC	120 - 160	13,5	478	43	56											

enges C/N-Verhältnis auf, was auf eine Humusanreicherung hinweist. Der Boden ist carbonathaltig. Somit wird er als Pararendzina klassifiziert. Die pH-Werte sind entsprechend hoch. Sie werden als schwach alkalisch eingestuft.

Bei Temperaturen über 900 °C entsteht aus CaCO₃ Calciumoxid. Es ist somit anzunehmen, daß frisch abgelagerte Aschen Calciumoxid enthalten, das sich durch den Einfluß des Luftkohlendioxides allmählich in Calciumcarbonat umwandelt. Es erfolgt somit der Prozeß der Carbonatisierung. Somit liegt eine carbonatisierte Pararendzina vor.

Der Boden besteht aus mittel bis stark grusigem lehmigem Sand. Das Volumengewicht ist mit 630-910 g/l extrem niedrig. Entsprechend wird die LK hoch sein. Das Profil ist tief durchwurzelt und außer im Oberboden mittel mit pflanzenverfügbarem P und K versorgt. Unter Berücksichtigung des niedrigen Volumengewichtes wird vor allem der P-Gehalt nur noch als gering zu bewerten sein. Die KAK ist außer im humushaltigen Oberboden gering.

Das Profil enthält Schwermetallgehalte, die erheblich über den C-Werten der Hollandliste liegen. Dies betrifft besonders Zn, Cd, Pb (bis 2 %), Cu, Ba und As. Aufgrund der hohen pH-Werte und des CaCO₃-Gehaltes erscheint eine hohe Verfügbarkeit der Schwermetalle unwahrscheinlich. Darauf weisen auch die im NH₄NO₃-Auszug bestimmten Gehalte hin.

Grundsätzlich ist für Aschen zu beachten, daß bei allen raumbezogenen Eigenschaften und Prozessen, wie z. B. Durchwurzlung, Wasserspeicherung und Transport, die Nähr- und Schadstoffgehalte nur unter Beachtung des geringen Volumengewichtes und bei Grob-aschen des Skeletgehaltes bewertet werden dürfen.

Profil 4 b

Bodenform Pararendzina aus Schlackeblockschutt mit wenig Asche und geringer Streu-/Humusansammlung in den oberen Grobskeletthohlräumen.
Alternativbenennung (Vorschlag von Burghardt): Partikelintrusol

Humusform - fehlend

Profilbeschreibung

Horizont/ Schicht	Tiefe (cm)	
yIC	0 - 90	dunkelgraublau Schlackeblöcke und -steine, sehr schwach feinförmig (SI 4, Asche, carbonathaltig) und sehr schwache Streu-/Humusansammlung in oberen Grobskeletthohlräumen, schwach feucht bis trocken

Interpretation:

Am Ort des Profils führte der Verkippungsprozeß zu einem Schlackeblockschutt. Zwischen dem Grobskelett kam gleichzeitig in geringer Menge Asche und Feinschlacke zur Ablagerung. Neben Stäuben wird aus dem benachbarten Wald Laub eingeweht. Feinförmig erst 15 cm unter Flur auf. Einlagerung und laufender Eintrag führen zur Ausbildung eines B-Horizontes. Bei dieser Dynamik entsteht ein Bodentyp, der alternativ als „Partikelintrusol“ mit einem Bp-Horizont (p von Partikel, nur mit B zu verwenden) angesprochen wird. Hier- nach kann die Horizontsymbolik von yIC zu xBp umbenannt werden.

Die Bodenkennwerte der Laboruntersuchungen beziehen sich auf den Boden zwischen dem Blockschutt. Aufgrund der Ähnlichkeit des Feinförmigen mit dem des Profils 4a sind zunächst vergleichbare Eigenschaften für den Feinförmigen anzunehmen. Wegen des wesentlich höheren Grobskeletthaltes und der erst 15 cm unter Flur beginnenden Feinförmigenbeimengung sind die Standortseigenschaften als wesentlich schlechter anzunehmen. Analytisch wurde dies im Labor nicht untersucht.

Profil 4b

Horizont	Entnahmetiefe cm	S %	U %	T %	Grobboden %	Bodenart	dB g/cm³	PV Vol.-%	LK Vol.-%	FK Vol.-%	nFK Vol.-%	TW Vol.-%	kf-Wert cm/d	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %
yIC	15 - 35				30,4									5,5	5,1	
yIC	35 - 45				56,7									7,6	7,4	3,68
yIC	45 - 75	64,3	19,9	15,8	74,2	SI4,g5								7,4	7,2	5,42

Horizont	Entnahmetiefe cm	austauschbares			Na	H-Wert mmolc/kg	S-Wert	KAKpot	BS %	K ₂ O mg/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	C %	N %	C/N		
		Ca	Mg	K												
yIC	15 - 35											23,2	0,93	24,9		
yIC	35 - 45											24,5	0,23	105,0		
yIC	45 - 75											20,1	0,22	92,4		

Horizont	Entnahmetiefe cm	S _t %	S-SO ₄ %	Rest-S %	C/S	Fe-o mg/kg	Fe-d mg/kg	Fe-o/Fe-d	Königswasseraufschluß							
									Fe g/kg	Al g/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg
yIC	15 - 35	0,42			55				72	19,8	1790	14100	85	19000	1230	110
yIC	35 - 45	0,10			250				68	24,6	1150	15600	23	6710	1310	187
yIC	45 - 75	nn			nn				72	25,1	1030	11200	18	109	1270	161

Horizont	Entnahmetiefe cm	Königswasseraufschluß				NH ₄ NO ₃ -Extrakt											
		Cr mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Ca g/kg	Cu µg/kg	Zn µg/kg	Cd µg/kg	Pb µg/kg	Mn µg/kg	Hg µg/kg	As µg/kg					
yIC	15 - 35	25,8	1950	670	19,1												
yIC	35 - 45	26,8	274	250	64,4												
yIC	45 - 75	29,2	310	164	78,8												

Die Schwermetallgehalte sind auch hier extrem hoch, so daß sie deutlich über den C-Werten der Hollandliste liegen.

5.4 Grobbergehalde am Schacht Reiche Zeche

Lage

Nordöstlicher Stadtrand von Freiberg. Mbl. 50 46 Freiberg R. 45 95 60, H. 56 44 50

Reliefposition

Flachaufgewölbte rückenförmige Hochfläche zwischen Muldental im Osten und Münzbachtal im Westen

Neigung: 1 - 3°, Exposition: Mehrseitig abfallend, Höhenlage 415 m NN (Haldenaufstandsfläche), 430,6 m NN (Haldenplateau)

Gestein unter Haldenaufstandsfläche

Deckfolgen, Verwitterungszone und Fels aus Biotitgranodioritgneis Untergrund mit Altbergbauhöhlenräumen.

Hydrologische Verhältnisse

Sickerwasserbestimmte grundwasserferne Hochlage

Nutzung

Nach mittelalterlicher Waldrodung in Ackerlandumgebung auf 5,5 ha Aufstandsfläche Grobbergeaufschüttung zu tafelförmiger ca. 15 m hoher Halde.

Die feinbodenarme Grobberge besteht aus taubem Nebengestein (Gneis) und aus durch sulfidische Vererzung bzw. Mineralisation geprägtem Ganggestein. Auf dem exponierten Haldenstandort trocknet der feinbodenarme, stark durchlässige Rohboden leicht aus. Schwefelreiche und extrem saure Partien zeichnen sich durch gelbe bis gelbrötliche Färbung von weniger sauren grauen Partien ab. Ein Anbauversuch mit verschiedenen Gehölzarten von RANFT (1963) schlug unter den kulturfeindlichen Bedingungen fehl. An einem mit einer 15 - 30 cm mächtigen Kulturbodenschicht abgedeckten Böschungsabschnitt wuchs eine geschlossene Krautschicht an und es kam zur Ansiedelung von Gehölzen.

Die weithin sichtbare Halde mit dem einzigen erhaltenem freien Fördergerüst im Freiberg Revier steht als technisches Kulturdenkmal unter Schutz. Trotzdem wurde 1992/93 an der Südwestseite ein großer Haldenteil abgetragen.

Bergbaugeschichtliches und Bergbautechnisches

(WAGENBRETH et al. 1988)

1384	Grube Reiche Zeche in Zusammenhang mit dem Bau des alten tiefen Fürstenstollns urkundlich erwähnt. Grube auf dem Hauptstollgang (Alte Reiche Zeche). Nach NW über dem Gang weitere 7 Halden
1564-1610	Reiche Zeche 720 kg Silberausbeute
1715	Zugehörigkeit zum Grubenfeld Himmelfahrt Fundgrube
1786	Junge Reiche Zeche genannt
1841	Abteufung eines neuen Richtschachtes
1844	Achtmänniger Handgöpel
1846/47	Wassergöpel, Kehrand 11,2 m Ø, Kunstgezeug
1882	Neue Wassersäulenmaschine
1885	Fördergerüst errichtet
1886	Sächs. Staat übernimmt die Himmelfahrt Fdgr.
1898	Dampf Förderanlage
1913	Stillelegung
1919	Übernahme der Reichen Zeche und Alten Elisabeth als Lehrgruben durch die Bergakademie Freiberg, 20 Erz- und Mineralgänge erschlossen, un- tertägiger geol. und lagerstättenkundl. Lehrpfad

1921/25	Einrichtung eines Maschinenversuchsfeldes
1937	Wiederaufnahme des Erzbergbaus (kurzzeitig)
1937	724 m Teufe erreicht
1940	Elektrisch betriebene Förderanlage
1946	Beginn der Nachkriegsbergbauperiode
1953	Fördergerüst erneuert
1968	Einstellung der Erzförderung im Grubenfeld

Tiefer Fürstenstolln entwässerte zur Mulde

Himmelfahrter untertägiger Kunstgraben war mit Reicher Zeche verbunden

Rothschönberger Stolln (1844 - 1877) entwässert Reiche Zeche bis 230 m unter GOK (128 m tiefer als Tiefer Fürstenstolln)

Rothschönberger Stolln 13,9 km "staatl. Länge", 50,9 km Gesamtlänge mit allen Verzweigungen, Sohle am Mundloch im Triebischtal bei Rothschönberg 191,5 m NN

Rundblick Stadt Freiberg mit benachbarten Halden, Herders Ruhe auf der Halde der Grube Heilige Drei Könige, mit Denkmal für Oberberghauptmann Siegmund August Wolfgang von Herder, 1776 - 1838, Sohn des Weimarer Superintendenten Johann Gottfried Herder, Patensohn Goethes)

5.5 Grobbergehalde am Ludwigschacht

Lage

2 km nordöstlich von Freiberg am linken Muldenthang 1 km südöstlich von Tuttendorf Mbl. 5046 Freiberg, R. 45 96 50, H. 56 45 05

Reliefposition

Steiler linksseitiger Mittel- und Unterhang, zum Oberhang hin flacher geneigt. Neigung: 15 - 18°, Exposition: Osten, Höhenlage 330 m NN (Haldenuß) bis 365 m NN (Haldenplateau)

Gestein

Unter der Haldenaufstandsfläche befindet sich schuttführender Hanglehm bis sandig-lehmiger Hangschutt über Verwitterungszone aus aufgelockertem grobstückig-plattigem Steinschutt und Fels aus Biotitgneis (Freiberger Kerngneis) mit Kluftsystemen, Störungszone und bebauten Gängen der kb- und eba-Formation

Hydrogeologische Verhältnisse

Grundwasserfermes Sickerwasserregime und zusätzlich tiefe Dränung durch alte Grubenbaue.

Nutzung

Im Grubenfeld der Himmelfahrt Fundgrube wurde von 1853 - 1869 der Ludwigschacht abgeteuft, ausgebaut und bis 1896 betrieben. Es entstand eine 5,6 ha große Grobbergehalde mit 2,5 ha großem Plateau und 3,1 ha großer, bis an den Hangfuß reichender, steiler Böschung.

Die feimbodenamen Grobberge bestehen überwiegend aus Blöcken, Steinen und Grus. Der Feimbodenanteil entspricht einem schwach bis mittel lehmigen Sand.

Graue Grobberge aus Gneis ergeben Substrate mit schwach sauren pH-Werten. Ist Gangmaterial mit sulfidischer Mineralisation und gelblicher bis rötlich-gelber Färbung beteiligt, so ist das Substrat mäßig bis extrem sauer.

Auf der seit ca. 100 Jahren ziemlich unberührt gebliebenen Halde hat sich, als Ausdruck von Trockenheit, Nährstoffarmut und Beteiligung von schwefelhaltigen Gangmaterial, nur kümmerlicher Bewuchs ausgesiedelt (Flechten, Hagermoose, anspruchlose Gräser, Birke).

Die Halde ist als kulturtechnisches Denkmal und als Studienobjekt für Sukzessionsentwicklung auf wenig kulturfähiger bis kulturfelndlichen Grobberge schutzwürdig und unberührt zu belassen.

Profil 5 **Plateau Grobbergehalde**

Bodenform Regosol aus stark verwittertem Block- und Steinschutt schwach sandig-schluffig
Alternativbenennung (Vorschlag von Burghardt): Sulfosol-Partikelintrusol

Humusform Feinhumusarmer moderartiger Rohhumus

Profilbeschreibung

Horizont/ Schicht	Tiefe (cm)	
L	+3 - +2	Streu aus Hagermoos, Flechten, Laub und Gras
Ohf	+2 - 0	graubrauner, grob- bis feinzersetzer Humus, mittel durchwurzelt (W 3), schwach feucht bis trocken
Ah	0 - 20	graubrauner (10 YR 4/1), stellenweise gelbbraunfleckiger, stark lehmiger Sand (Sl 4) bis stark sandiger Lehm (Ls 4), stark grusig-steinig, einzelne Blöcke, mittel humos, lose, Bröckelgefüge, schwach feucht, mittel durchwurzelt (W 3), deutliche wellige Untergrenze
jI _{Cv}	- 130	gelbgrauer (10 YR 8/4) bis dunkel rotbrauner (5 YR 4/6) Blockschutt, mittel grusig-steinig mit schwach sandigem bis schwach tonigem Lehm (Ls 2 - Lt 2) als Schicht auf Blöcken und in Winkeln der Hohlräume im Grobskelett, lose bis schwach verfestigt, Feinbodenanteile mit Bröckel- bis Kohärentgefüge, schwach feucht, Durchwurzlung im Feinboden schwach bis mittel (W 2-3).

Interpretation:

Das Profil entstand durch Verkippung von Blockschutt mit wenig Feinboden. Das Material unterlag 100 Jahre der Verwitterung. Durchschlämmungen können in dem hohlraumreichen Blockschutt ungehindert erfolgen. Darauf bezieht sich die alternative Bezeichnung Partikelintrusol. Der Schwefelgehalt liegt über 0,75 %. Der pH-Wert ist stark erniedrigt. Die Gesamt-Ca-Gehalte (Königswasseraufschluß) sind ebenfalls gering. Der Boden ist somit ein Sulfosol-Partikelintrusol.

Als Bodenart liegt stark lehmiger Sand bis schwach toniger Lehm vor. Entsprechend tritt eine als gering zu bewertende KAK auf. Infolge des sehr niedrigen pH-Wertes ist die Basensättigung extrem gering. Auch die Gehalte an pflanzenverfügbarem P und K sind gering.

Die physikalischen Eigenschaften wurden nicht ermittelt. Die LK und die Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) können ebenso wie die FK und nFK als mittel angenommen werden. Die Fe_o/Fe_d-Verhältnisse sind sehr gering und weisen auf eine sehr gute Belüftung u. U. durch lange Trockenperiode hin. Obige günstige Beurteilung muß bei Berücksichtigung des hohen Grobskelettgehaltes stark korrigiert werden, so daß die pflanzenverfügbaren Wasservorräte nur als gering bis mittel zu bewerten sind.

Die Schwermetallbelastung ist extrem hoch. Trotz niedriger pH-Werte zeigen die NH₄NO₃-Auszüge keine starke Mobilisierbarkeit der Schwermetalle Zn und Cd an. Es treten aller-

Profil 5

Horizont	Horizont- tiefe cm	S %	U %	T %	Grob- boden %	Boden- art	dB g/cm³	PV Vol.-%	LK Vol.-%	FK Vol.-%	nFK Vol.-%	TW Vol.-%	kf-Wert cm/d	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %
Ohf	+2 - 0															3,6
Ah	0 - 20	55,4	29,7	14,9	54,6	St4, g4										3,6
jlCv	20 - 130	31,4	49,8	18,8	27,6	Ls2, g3										3,1

Horizont	Horizont- tiefe cm	austauschbares				Na	H-Wert mmolc/kg	S-Wert	KAKpot	BS %	K ₂ O mg/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	C %	N %	C/N		
		Ca	Mg	K													
Ohf	+2 - 0	37	9	3	<1	315	49	364	13,5	18,6	1,9	31,4	1,66	18,9			
Ah	0 - 20	2	1	<1	<1	203	206	409	50,4	4,8	6,6	2,4	0,18	13,3			
jlCv	20 - 130	3	<1	<1	<1	173	3	176	1,7	4,2	4,2	0,1	0,03	3,3			

Horizont	Horizont- tiefe cm	St %	S-SO ₄ %	Rest-S %	C/S	Fe-o mg/kg	Fe-d mg/kg	Fe-o/Fe-d	Königswasseraufschluß							
									Fe g/kg	Al g/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg
Ohf	+2 - 0	0,51	0,26	0,25	61,6						110	810	1,82	3372	326	
Ah	0 - 20	1,37	0,93	0,44	1,8	8000	46600	0,17			147	714	2,76	10600	443	
jlCv	20 - 130	2,05	2,00	0,05	0,1	16100	67900	0,24			151	419	1,04	17900	112	

Horizont	Horizont- tiefe cm	Königswasseraufschluß				NH ₄ NO ₃ -Extrakt										
		Cr mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Ca g/kg	Cu µg/kg	Zn µg/kg	Cd µg/kg	Pb µg/kg	Mn µg/kg	Hg µg/kg	As µg/kg				
Ohf	+2 - 0		704			190	169200	1662	62380	35800	0,65	342				
Ah	0 - 20		3394			640	37650	537	543000	10300	<0,12	429				
jlCv	20 - 130		4800			720	22400	260	462000	4780	2,50	284				

dings hohe mobilisierbare Pb-Gehalte auf. Eine starke Auswaschung in größere Bodentiefen ist aufgrund des im Untergrund feinkörnigen und damit hohlraumreichen Blockschuttes unwahrscheinlich.

5.6 Muldenhütten

Lage

3 km südöstlich vom Freiburger Zentrum im Tal der Freiburger Mulde
Mbl. 5046 Freiberg, R. 45 97 50, H. 56 41 75

Reliefposition

Talabschnitt der Freiburger Mulde, mit Flußschleifen schmaler Talau und beiderseits bis zu 50 m hohen Steilhangstufen. Neigung: Mittel bis sehr stark geneigt (5 - 20°) Exposition: SW, W, NW, N, Höhenlage: 340 - 400 m NN

Gestein

Hanglehm und Hangschutt über Verwitterungszone und Fels aus Biotitgranodioritgneis, stellenweise Felsdurchragungen. In der Talau Flusssedimente (sandiger Auelehm über kiesig-sandigem Flußschotter). Im Untergrund Altbergbauhöhlräume.

Hydrogeologische Verhältnisse

Sickerwasserregime in Hanglage, Talgrundwasserführung im Talsohlenbereich, im tieferen Untergrund fester Fels als Staukörper und wasserwegsame geöffnete Klüfte, Störungszonen und Altbergbauhöhlräume.

Nutzung

Auf dem Hüttenstandort liegen Aufhaldungen aus Schlacken, Aschen, Betriebsmüll, Siedlungsmüll, Abbruch- und Abdeckmassen. Der Hüttenbetrieb führte zu starker Belastung des Untergrundes und der natürlichen Böden des Umfeldes durch Sickerwässer, Abgase und Stäube. Auf der Rauchblöße gibt es neben kahlen Stellen nur verarmte Vegetation aus Heidekraut (*Calluna vulgaris*) und Pfeifengras (*Molinia caerulea*). Untersuchungen zur Umweltgefährdung und zur Altlastensituation liegen vor.

Historischer Abriß (WAGENBRETH et al. 1988)

- | | |
|------------------|---|
| 1318 | Schmelzhütten an der Freiburger Mulde bei Hilbersdorf urkundlich erwähnt
Im 12. - 14. Jh. wurden in vielen kleinen Schmelzhütten reiches Silbererz aus den oberflächennahen Gangbereichen bei hohem Holzkohleverbrauch und Zuschlag von Bleierzen und Rohstein zu silberhaltigen Werkblei geschmolzen. Im anschließenden Treibeprozess verflüchtigte sich teilweise das Blei oder es wurde abgezogen. Neben dem Silber blieb erzarme Schlacke zurück. |
| 1555 | Gründung eines Oberhüttenamtes (Wardeine als Erzprüfer) |
| 1556, 1585, 1589 | Erlaß von Hüttenordnungen |
| 1625 | Versuch mit Steinkohle |
| 1690 | Erwerb der Muldener Hütten durch den Kurfürst. Im 15.-16. Jh. erfolgte eine Konzentration der Verhüttung. Ärmere, meist sulfidische Erze bedingten kompliziertere Verhüttung. Leistungsfähigere Öfen und Gebläse erforderten Verfügbarkeit von Wasser als Antriebskraft.
<u>Der Verhüttungsprozeß gliederte sich in</u>
1. <u>Rösten</u> als oxydierendes Erhitzen der zerkleinerten Erzbrocken an freier Luft, zwecks Schwefelabtreibung und Gefügauflockerung.
2. <u>Schmelzen</u> der silber- und bleihaltigen Erze in Schachtöfen zu metallhaltigem Stein mit Pb, Cu und Ag. |

3. Trennen auf Saigerherden zu Schwarzkupfer und silberhaltigem Blei
 4. Oxydierendes Schmelzen, bei dem durch Abtreiben das Pb teils verdampft, teils abgezogen wird
 5. Feinbrennen des Silbers zur Entfernung restlicher Verunreinigungen
- 1710 Gründung einer Generalschmelzadministration
1754 Nur noch Verhüttung in Muldenhütten und Halsbrücke
1785 Einführung der Amalgation durch Charpentier und Gellert in Halsbrücke. Von 1794 - 1844 sind nach DOUFFET (1988) 150.000 t Erz, bei 311,6 t Silberausbeute und 6,6 t Quecksilbereinsatz verhüttet worden.
1823 Holzkohle endgültig durch Steinkohle verdrängt
1825 Obere und untere Muldenhütte vereinigt
1827 Inbetriebnahme eines Zylindergebläses (bis 1954 benutzt)
1844 Ersatz von Schachtöfen durch Wellnersche Doppelöfen, später Doppelmantelöfen
1845-1865 Anstieg der Erzanlieferung von 10 000 auf 23 000 t/a
1847 Inbetriebnahme der Arsenhütte
1852 Beginn des Schmelzens armer Erze (Dürrez) im Flammofenprozeß, Inbetriebnahme von Zinkhütte und Staubkondensationsanlagen
1856 Abfangen von SO₂ und H₂SO₄-Produktion im Bleikammerverfahren
1857 Ausrüstung der Zinkhütte mit Muffelöfen und Siemenscher Regenerationsfeuerung
1858 Bau von Rauchkanal und 58 m hoher Esse am Oberhang
1860-1862 Bau der Eisenbahnlinie Dresden - Freiberg
1862 Wismut-Extraktion
1863 Aufnahme der Produktion von feuerfester Keramik
1865 Einführung Pilzscher Hochöfen (5,0 - 8,5 m hoch) Verbesserung der Kupfererz-Verarbeitung, Gewinnung von Verkaufsblei (gereinigtes Blei)
1878 Schwefelsäureproduktion nach dem Kontaktverfahren von C. Winkler
1887 Gründung der staatl. Münze Muldenhütten (Bestand bis 1953)
1909 82 % des verhütteten Erzes kam aus dem Ausland (Fremderz)
1934/35 Ersatzbau; 84 m hoher Schornstein
1961 Beginn der Zinkproduktion in neuer Freiburger Hütte aus Freiburger Zinkblende
1968 Import von Zinkerz
1976 Zinnerzverhüttung
1979-82 Bau von zwei 200 m hohen Schornsteinen
1984 Inbetriebnahme der noch im Betrieb befindlichen neuen Bleischrott-Hütte

5.7 Abraumhalde am Granitsteinbruch am Buchberg in Naundorf

Lage

2,5 km östlich der Freiburger Mulde, 1,5 km südwestlich vom Tharandter Wald, am linken Oberhang des Bobritzschtales
Mbl. 5046 Freiberg, R. 46 00 38, H. 56 44 78

Reliefposition

Leicht gewölbter Oberhang

Nigung: 5°, Exposition: NO, Höhenlage 395 m NN

Etwas 0,2 ha große, bis zu 5 m hohe, ca. 80jährige Abraumhalde neben kesselförmigem Steinbruchrestloch

Gestein

Abraumhalde aus steinigem Hanglehm, lehmig-sandigem Hangschutt und sandig-grusigem Schutt der Verwitterungszone über Hanglehm, Hangschutt, Verwitterungszone und Fels aus Biotitgranit (Oberkarbon).

Hydrologische Verhältnisse

Sickerwasserbestimmter Standort (Hanglehm-Braunerde) Steinbruchrestloch ca. 6 - 10 m unter Geländeoberkante im Bereich des massiven Felsens Stauwasser führend.

Nutzung

Nach Steinbruchbetrieb mit Abraumaufhaltung ist die Abraumhalde seit 60 bis 70 Jahren bewaldet.

Etwa 100 m südlich schließt der im Betrieb befindliche Steinbruch der Fa. Rantzsch an.

Vegetation

Laubmischwald aus Hängebirke, Vogelkirsche, Bergahorn, Stieleiche und Eberesche. In der Strauchschicht Hirschholunder und Faulbaum, Krautschicht mit Brombeere, Gräsern und Kräutern.

Profil 6 Abraumhalde

Bodenform Regosol aus verbrauntem, stein- und grushaltigem schluffigem Sand bis sandig-lehmigem Schluff
Alternativbenennung (Vorschlag von Burghardt): Phänobraunerde-Regosol

Humusform Moder

Profilbeschreibung

Horizont/ Schicht	Tiefe (cm)	
L	+10 - +6	graubraune, unzersetzte bis grobzersetzte Laubstreu
Of	+6 - +2	schwarzbrauner grob- bis feinzersetzter Humus, mittel durchwurzelt (W 3).
Oh	+2 - 0	schwarzbrauner, feinzersetzter Humus, schwach feucht, mittel durchwurzelt (W 3)
Ah	0 - 5	dunkelgraubrauner (10 YR 4/2), schluffiger Sand (Su 3) mittel grusig-steinig, mittel humos, schwach verfestigt, Bröckelgefüge, schwach feucht, mittel durchwurzelt (W 3)
jiC _v	- 140	brauner (10 YR 5/4), stellenweise dunkelbraun- und grau-rostbraunfleckiger, sandig-lehmiger Schluff (Us), schwach grusig-steinig, schwach verfestigt, Bröckelgefüge, schwach feucht, schwach durchwurzelt (W 2) mit dunkelbraunen, schwach humosen und grau/rostbraunen schluffigen Stellen

Interpretation:

Der Boden ist auf umgelagertem Material entstanden, das hauptsächlich aus einer Braunerde stammt. Eingemischt wurden auch pseudovergleyte Horizonte und humoser Oberboden. Entsprechend ist der Boden braun mit einzelnen orange-rotten und dunkelbraunen Flecken. Durch Humusanreicherung hat sich die Bildung eines Regosols vollzogen.

Das Profil ist morphologisch nur aufgrund der großen Mächtigkeit des Horizontes aus umgelagertem Bv-Material (phBv-Horizont) von einer Braunerde unterscheidbar. Der Boden kann daher als Phänobraunerde-Regosol bezeichnet werden. Dem Horizontsymbol für einen Bv-Horizont wird zur Kennzeichnung als phänotypisch ein "ph" vorangestellt.

Profil 6	Entnahme-	S	U	T	Grob-	Boden-	dB	PV	LK	FK	nFK	TW	kf-Wert	pH	pH	CaCO ₃
Horizont	tiefe, cm	%	%	%	bd. %	art	g/cm ³	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	cm/d	H ₂ O	CaCl ₂	%
L	+10 - +8													5,0	4,5	
Of	+8 - +2						0,58	68,5	32,3	36,2	19,9	16,3	4790	3,9	3,5	
Oh	+2 - 0	35,0	49,2	15,8	22,8	Slu, g3								3,9	3,4	
Ah	0 - 5						1,29	48,2	10,8	37,4	26,1	11,3	1700	4,1	3,6	
jlCv	10 - 20	30,1	54,9	15,1	15,4	Uls, g3	1,18	48,6	15,4	33,2	23,7	9,5	890	4,3	3,9	
jlCv	55 - 65	34,3	51,3	14,3	27,7	Uls, g3	1,29	45,4	16,1	29,3	21,4	7,9	1460	4,2	3,9	

Horizont	Entnahme- tiefe cm	austauschbares				H-Wert mmolc/kg	S-Wert	KAKpot	BS %	K ₂ O mg/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	C %	N %	C/N		
		Ca	Mg	K	Na											
L	+10 - +8											39,1	1,75	22,3		
Of	+8 - +2											1,09	0,09	12,8		
Oh	+2 - 0	23,2	4,1			285	27,3	299	9,1	13,2	3,6	6,57	0,43	15,3		
Ah	0 - 5	6,1	1,6			140	7,7	140	5,5	7,2	1,6	1,05	0,08	13,6		
jlCv	10 - 20	2,2	0,8			95	3	96	3,1	3,6	2,9	0,79	0,05	15,5		
jlCv	55 - 65	1,9	0,8			100	2,7	99	2,7	2,4	18,3	0,55	0,04	13,4		

Horizont	Entnahme- tiefe cm	St %	S-SO ₄ %	Rest-S %	C/S	Fe-o mg/kg	Fe-d mg/kg	Fe-o/Fe-d	Königswasseraufschluß							
									Fe g/kg	Al g/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg
L	+10 - +8	nn							4,7	3,2	18,3	357	3,92	815	1730	4,6
Of	+8 - +2	0,33			3,3				19,7	12,2	33,2	217	4,80	270	470	10,3
Oh	+2 - 0	0,07			96,6				21,3	14,8	24,8	124	4,68	122	431	8,3
Ah	0 - 5	nn				2400	9400	0,36	21,1	16,2	9,9	50	1,59	273	422	9,0
jlCv	10 - 20	nn				3300	9220	0,36	19,3	16,6	7,2	42	0,92	111	520	8,3
jlCv	55 - 65	nn				3100	9500	0,33	20,2	17,8	8,7	42	1,38	178	641	9,9

Horizont	Entnahme- tiefe cm	Königswasseraufschluß				NH ₄ NO ₃ -Extrakt											
		Cr mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Ca g/kg	Cu µg/kg	Zn µg/kg	Cd µg/kg	Pb µg/kg	Mn µg/kg	Hg µg/kg	As µg/kg					
L	+10 - +8		19	137	8,11												
Of	+8 - +2	10,0	130	178	2,10	640	78900	762	4960	23900	0,16	72					
Oh	+2 - 0	15,5	127	171	1,18												
Ah	0 - 5	16,9	57	159	0,55	910	11300	185	14600	31800	0,16	76					
jlCv	10 - 20	14,3	44	139	0,45												
jlCv	55 - 65	16	52	141	0,49												

Das Profil ist stark versauert. Die niedrigen Fe_0/Fe_p -Verhältnisse weisen auf eine gute Belüftung hin. Es stellt sich die Frage, ob sich auf den jC-/oder pHv-Horizonten ein Bv-Horizont und damit erneut eine Braunerde bilden kann.

Die KAK des Mineralbodens ist als mittel und die Basensättigung aufgrund der tiefen pH-Werte als niedrig zu bewerten. Der pflanzenverfügbare Kaliumgehalt ist gering, der P-Gehalt gering bis mittel. Die Wasserleitfähigkeit ist sehr hoch. Die Luftkapazität ist hoch und die nFK mittel. Basen- und Nährstoffgehalt des Bodens sind somit ungünstig für eine Vegetationsentwicklung, während die bodenphysikalischen Merkmale als günstig zu bewerten sind.

Die Belastung des Bodens erfolgt durch Immissionen über den Luftpfad von Muldenhütten (Løeseite). Somit liegen Schwermetallanreicherungen in den oberflächennahen Horizonten vor, die mit der Tiefe stark abfallen. Die Spitzenbelastungen erreichen nur in wenigen Ausnahmen (As, Pb) die C-Werte der Hollandliste.

Literatur

- BARTH, N.; PÄLCHEN, W.; RANK, G. und HEILMANN, H. (1996): Bodentlas des Freistaates Sachsen, Teil 1 Hintergrundwerte für Schwermetalle und Arsen in landwirtschaftlich genutzten Böden.- LfUG, Radebeul.
- BAUMANN, L. (1964): Der Erzbezirk von Freiberg - in: BRAUN, H. (Hrsg.): Festschrift zum 100-jährigen Bestehen des Naturkundemuseums Freiberg. - Eigenverlag, S. 17-28.
- BRAUN, H. (Hrsg.) (1964): Festschrift zum 100-jährigen Bestehen des Naturkundemuseums Freiberg. - Eigenverlag, 152 S.
- DOUFFET, H. (1988): Besiedlungsgeschichte und Schmelzhütten. - in: Werte unserer Heimat, Bd. 47. Akademie-Verlag Berlin, S. 26-30.
- FAHNING, E. u. GERLACH, R. (1993): Sicherung und Rekultivierung der Schlackehalde an der Hohen Esse Halsbrücke durch Verfüllung mit Erdaushub.- acd agro consult Dresden GmbH, unveröffentlichte Projektstudie.
- FIEDLER, H.J. u. RÖSLER, H.J. (1987): Spurenelemente in der Umwelt.- G. Fischer Verlag, Jena.
- FREYER, G. (Red.) (1988): Freiburger Land. - Werte unserer Heimat, Bd. 47. - Akademie-Verlag Berlin, 238 S.
- FREYER, G. (Red.) (1988): Freiburger Land - Werte unserer Heimat, Bd. 47. - Akademie-Verlag Berlin, S. 5-9.
- GRÜN, M.; MACHELETT, B.; KRONEMANN, H. et al. (1991): Schwermetallbelastung von Böden, Pflanzen und landwirtschaftlichen Nutztieren im Raum Freiberg.- Deutsches Altlasten-Seminar (BMFT-Statusseminar), 1990, S. 287-303.
- HERTWIG, Th.; REISSMANN, R.; GÜNTHER, A. (1994): Boden, Flora und Fauna auf acht Halden im Raum Freiberg der Saxonía AG i.L.- beak Consultants GmbH Freiberg & Naturschutzinstitut Freiberg, unveröffentlichter Bericht.
- HOTH, K. u. LORENZ, W. (1979): Lithostratigraphische Gliederungsmöglichkeiten regionalmetamorphen Jungproteozoikums am Beispiel des Erzgebirges.-Z. geol. Wiss. - Berlin 7,3, S. 397-404.
- ILGEN, G. u. NEBE, W. (1989): Jahrringchronologische Differenzierung chemischer Elemente im Holz älterer Fichten.- Biolog. Rdsch. 27, Jena, S. 237-247.
- KOCHINKE, H. (1902): Stammbaum der Freiburger Hüttenprozesse (Mulden- und Halsbrücker Hütte) im Jahre 1902.-Jahrb. für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen, Jg. 1902, S. 96 und Tafel V, VI.

- PÄLCHEN, W. & OSSENKOPF, P. (1989): The recent geochemical and mineralogical field. In: TISCHENDORF, G. (et al.): Silicic magmatism and metallogenesis of the Erzgebirge.- Veröff. Zentr. Inst. Phys. d. Erde, Nr. 107, Potsdam.
- PIETZSCH, K. (1962): Geologie von Sachsen.- Dtsch. Verl. Wiss. Berlin. - 870 S.
- RANFT, H. (1966): Untersuchungen und Versuche zur Rekultivierung von Erzbergbauhalden des Sächsischen Erzgebirges. - TU Dresden, unveröffentlichte Diss.
- RÖSLER, H.J.; BEUGE, P.; MÜLLER, E. (1969): Einfluß des Hüttenrauches von Freiberg und Halsbrücke auf die Spurengehalte der Böden.- Bergakademie 21, 7, S. 386-397.
- SAUER, A. ROTHPLETZ, A. GÄBERT, C. (1906): Geol. Spezialkarte des Königreiches Sachsen, Blatt 79 Freiberg - Langhennersdorf.- Leipzig.
- SAUER, A. (1900): Geologische Spezialkarte des Königreiches Sachsen, Blatt 80 Freiberg. - Leipzig.
- SAUER, A. u. STUTZER, O. (1910): Geologische Spezialkarte des Königreiches Sachsen, Blatt 98 Brand - Oederan. - Leipzig.
- Schneidersche Karte (1618): Zitiert in: WIEMEIER, G. Einschätzung der von der Deponie "Alte Ziegelei Zug" ausgehenden Umweltgefährdung.- Geol. Landesuntersuchung GmbH Freiberg 1992, unveröffentlichter Bericht.
- TISCHENDORF, G. (1989): Silicic magmatism and metallogenesis of the Erzgebirge.- Veröff. Zentralinst. Phys. d. Erde, Nr. 107, Potsdam.
- VOLAND, B.; SCHLENKER, U.; HOPPE, T. et al. (1994): Einschätzung der Schwermetallbelastung der Böden im Freiburger Raum.- DECHEMA-Fachgespräche Umweltschutz, Frankfurt/M., S. 79-96.
- WAGENBRETH, O. u. WÄCHTLER, E. (Hrsg.) (1988): Der Freiburger Bergbau - Technische Denkmale und Geschichte. - VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig, 382 S.
- WEISE, A. (1966): Bodengeologisches Gutachten über Halden des VEB Bergbau- und Hüttenkombinat "Albert Funkt" - Grube Halsbrücke und Grube Freiberg. - Bezirksstelle für Geologie Karl-Marx-Stadt, unveröffentlicht
- WIEMEIER, G. (1992): Einschätzung der von der Deponie "Alte Ziegelei Zug" ausgehenden Umweltgefährdung.-Geologische Landesuntersuchung GmbH Freiberg, unveröffentlichter Bericht.
- WÜNSCHE, M. u. NEBE, W. (1965): Zur Kenntnis präcenomaner Böden auf osterzgebirgischen Graugneisen. - Geologie. - Berlin 14,7, S. 851-865

MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT

Referate

Sitzung des Arbeitskreises Urbane Böden

" Stadtböden "
mit Exkursionsführer

07. und 08. März 1997

ROSTOCK

- verspätet eingegangene Manuskripte -

Band 84

1997



Zur 2. Auflage der „Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartierung urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden)“

von

Arbeitskreis Stadtböden (AKS) der DBG*

1. Einleitung

Der Arbeitskreis Stadtböden bringt im 10. Jahr seines Bestehens die 2. Auflage seiner „Empfehlungen für die bodenkundliche Kartieranleitung (Empfehlungen des AKS)“ heraus. Hatte in wesentlichen Teilen die 1. Auflage (1989) sich auf eine Sammlung, Strukturierung und Klassifizierung vereinzelter Kenntnisse beschränken müssen, so kann die 2. Auflage sich bereits in vielen Teilen auf einen soliden Erfahrungsstand stützen. Sicher ist auch heute nicht immer das Auftreten, die Ausprägung sowie Bedeutung und damit Gewichtung von stadtypischen Bodenmerkmalen geklärt. Die „Empfehlungen des AKS“ wollen dazu bewußt die Diskussion und mit ihr die weitere Entwicklung des Kenntnisstandes zur Kartierung der Stadtböden vorantreiben.

Die zügige Entwicklung und damit der erfolgreiche Einstieg in die Stadtbodenkunde in der BRD war durch die Arbeit der Arbeitskreismitglieder und durch die finanzielle Förderung des Arbeitskreises möglich. An den „Empfehlungen des AKS“ haben mitgearbeitet: W. Burghardt, W.D. Kneib, M. Abo-Rady, M. Altermann, H.-P. Blume, B. Bongard, E. Coburger, E. Cordsen, K.D. Fetzer, H. Finnern, R. Grenzius, W. Hierold, K. Holland, H. Kretschmer, G. Machulla, A. Möbes, E. Pluquet, H. Schlegel, U. Schleuß, J. Schneider, W. Schrap, K. Siem, F. Speetzen, K. Stahr, R. Wolff. Beiträge von außerhalb des Arbeitskreises kamen von E. Coburger, D.A. Hiller, H. Meuser und S. Seuter. Das Büro für Bodenbewertung in Kiel diente dem Arbeitskreis Stadtböden als Sekretariat. Die Erstellung der 1. Ausgabe der „Empfehlungen des AKS“ war durch das Umweltbundesamt gefördert worden. Die 2. Ausgabe ist im Rahmen des Verbundprojektes des BMBF's „Bewertung von Stadtböden“ erstellt worden. Wesentlich war für die 2. Auflage der „Empfehlungen des AKS“, daß inzwischen in großer Anzahl und in allen Teilen der BRD stadtbodenkundliche Kartiervorhaben realisiert wurden.

2. Konzeption der „Empfehlungen des AKS“

Die erste Auflage der bodenkundlichen Kartieranleitung kam 1965 heraus. Inzwischen liegt die 4. Auflage (1994) vor. Die Kartierung kann daher auf Jahrzehnte alte Erfahrungen und auf Konsens aufbauen. In die dadurch vorgegebenen Inhalte und Strukturen einer Bodenkartierung mußte eine Empfehlung für die bodenkundliche Kartierung von Stadtböden sich einfügen lassen. Der AKS hat sich somit an die Gliederung der KA4 orientiert. Er setzt jedoch seine Akzente auf den speziellen Bedarf der städtischen Räume.

* Kontaktadresse: Prof. Dr. W. Burghardt, Universität-GH Essen, FB 9 - Angewandte Bodenkunde, Universitätsstr., 5, 45141 Essen, Tel.-Nr. 0201/1833754, Fax-Nr. 0201/1832390

In der Stadt kann nicht wie bei den Land- und Forstwirten, d.h. den Flächennutzern des ländlichen Raumes, erwartet werden, daß die Bedeutung des Bodens bekannt ist und damit die Notwendigkeit einer Bodenkartierung verstanden wird.

Eine Kartieranleitung für Stadtböden muß über den Boden hinaus die Anwendung sichtbar machen. Die „Empfehlungen des AKS“ sind daher auf eine Funktionalisierung der erhobenen Merkmale und dementsprechend weiteren Einteilung von Böden und Flächen für Zwecke der Funktionalisierung ausgerichtet.

So kann es für eine Spezialkartierung je nach Fragestellung sinnvoll sein, Pararendzinen, Abrißsubstrate oder Kontaminationssubstrate durch Kartierung auszuweisen.

Die Entwicklung einer Systematik und die Klassenbildung orientiert sich daher nicht nur an bodenkundlichen Vorstellungen, sondern an der schlichten Notwendigkeit, Flächen bedarfsgerecht, d.h. entsprechend den jeweiligen Zielen der Funktionalisierung durch bodenkundliche Inhalte kennzeichnen zu können.

3. Aufbau und Inhalte der „Empfehlungen des AKS“

In der KA4 (Arbeitsgruppe Boden 1994) liegt bereits ein Muster für die Struktur der Felderhebung und für die Gliederung eines Kartierblattes vor, das allgemein anerkannt ist. Der Arbeitskreis Stadtböden sah sich daher veranlaßt, sich an dieser Vorgabe zu orientieren. In Abbildung 1 wird das Kartierblatt der „Empfehlungen des AKS“ vorgelegt. Die Leisten Titeldaten, Aufnahmesituation, horizont- und schichtbezogene Daten und Profilkennzeichnung werden beibehalten.

Die Anzahl der Felder mußte erweitert werden. Einige Felder wurden weggelassen oder mit anderen zusammengefaßt, da vom AKS für stadtbodenkundliche Belange eine andere Gewichtung als in der freien Landschaft vorgenommen wurde. Die einzelnen Felder wurden mit Doppelnummern versehen, die die Zuordnung der Felder zu den Erläuterungen in den „Empfehlungen des AKS“ und zu denen der KA4 (Arbeitsgruppe Boden 1994) ermöglicht.

Nachfolgend soll auf einige Inhalte der „Empfehlungen des AKS“ hingewiesen werden. So weicht die Ausformung des Reliefs und seine Bedeutung in der Stadt von dem ab, was in der freien Landschaft anzutreffen ist.

Es sind gestaltete Reliefformtypen, wie z.B. Treppen oder Spülfelder, die Lage der Profile zu anthropogenen Reliefveränderungen wie z.B. Gebäude oder Wege, Mesorelief- und Mikroreliefformen sowie Bodenabtrags- und -auftragsformen und Senkungen zur Kennzeichnung der Böden ausweisbar.

Einen weiten Raum nimmt die Nutzung und in Zusammenhang mit ihr die Versiegelung ein. Dem kommt in der Stadt eine große Bedeutung zu, da häufig über die Nutzung sich eine Vielzahl von Bodenmerkmalen einstellen und damit die Kartierung von Flächeninhalten sich wesentlich vereinfacht. Eng mit der Nutzung verbunden ist die vorliegende Vegetationsdecke. Ihr Auftreten und Entwicklungszustand beeinflusst die Bodenbildung und Qualität der Stadtböden stark.

Die Witterungsangaben wurden durch solche zum Frost ergänzt.

Bei den horizont- und schichtbezogenen Daten wird eine differenzierte Aufnahme der organischen Substanzen wie Humus, Kunststoffe, Kohlen und Ruß vorgenommen. Ähnlich differenziert ist bei Carbonaten in Gemengen aus carbonathaltigen und carbonatfreien Materialien vorzugehen.

Titeldaten																								
TK-Nr.	Projekt-Nr.	Profil-Nr.	Datum der Aufnahme			Bearbeiter/in	Rechtswert					Hochwert			Hohe	Aufschlußart/	Bemerkungen							
1(1)	2(2)	3(3)	Jahr	Monat	Tag	4(4)	5(5)	6(6)					7(7)			8(8)	9(9)		10(10)					
Aufnahmesituation																								
Makrorelief			Relief- formtypen	Mesorelief	Lage im Relief	Abtrag/ Auftrag/ Senkung	Nutzung			Vegetation/ Bedeckungs- grad	Witterung/ Frost	Ergänzungen	Angaben zur Boden- schätzung	weitere Unterlagen										
Neigung	Exposition	Wölbung					Nutzungs- art	Lage zum Baukörper	Versiegelungs- grad und -art															
11(11)	12(12)	13(13)	14(14)	15(-)	16(7)	17(18)	18(19)	19(-)	20(-)	21(20)	22(21)	23(23)	24(52)	25(53)										
Horizont- und schichtbezogene Daten																								
Lfd. Nr.	Horizont- /Schicht- grenzen		Horizont- /Schicht- symbol	Boden farben	Humus/ Kohle- stufe	Carbo- nat- stufe	Redoxmorphie- merkmale		pH (CaCl ₂)	EL 1: 2.5 + Sul- fate	KAK mit Me- thy- len- blau	Bo- den- feu- ch- te	Konsi- stenz	son- stige pedo- gene Merk- male	Gefüge		Hohl- räu- me/ Ein- dring- wider- stand	effektive LD/Roh- dichte/ Substanz- volumen/ Zersetzung- stufe	Durchwurzel- ung: Intensität und Verteilung		Fein- boden/ Torf- art	Skelett- art/ -gehalt	Substrat material	sonstige Merk- male z.B. Geruch
	Unter- /Ober- grenze	Form, Schärfe und Lage					oxidativ/ reduktiv und Sulfide	Eh (mV), Rh							Form, Größe, Ver- festi- gung	Lagerungs- art/ Stabi- lität			Fein- wur- zeln	Grob- wur- zeln				
	26(24)	27(25)	28(26)	29(27)	30(28)	31(29)	32(30/31)	33(-)	34(-)	35 (-)	37 (32)	38(-)	39 (33)	40(34)	41(35)	42 (36-38)	43(39)	44(-)	45(-)	46(43)	47(-)	48(41)	49(46)	
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
Profilkennzeichnung																								
Bodensystema- tische Einheit	physiologische Gründigkeit	Humusform/Ober- bodenhumus	Wasserstand cm u. GOF/ Grund- wasserstufe		Vernässungsgrad/ Belüftung	Abtrags-/ Auftragsgrad	Hinweise auf Trophie	Hinweise auf Immissio- nen, Protonen, Schad- stoffe		Hinweise auf Saure- neutralisations- kapazität	biologische Aktivität	Substratsystema- tische Einheit	Status	Bemerkungen										
50(47)	51(-)	52(48)	53(49)	54(50)	55(51)	56(-)	57(-)	58(-)	59(-)	60(54)	61(55)	62(56)												

Bearbeitungsstand: geprüft O vollständig verschlüsselt O Geländeaufnahme gespeichert O Analysendaten gespeichert O

Abbildung 1: Formblatt zur Erfassung stadtbodenkundlicher Standort- und Profildaten

Vorgesehen sind einfache Feldmessungen. Diese beinhalten Messung der Redoxpotentiale, pH-Werte, Salzgehalte über elektrische Leitfähigkeit und KAK mittels Methylenblau.

Anthropogene Überprägung der Böden hat starken Einfluß auf die Ausbildung des Gefüges. Für junge Böden ist Gefüge ein wesentliches Merkmal zur Kennzeichnung bzw. Abgrenzung von Böden. Entsprechend wird ein erweiterter Katalog von Gefügeformen vorgelegt.

Bei Stadtböden kommen häufig große, sichtbare Intergranularräume vor, die Verbindungswege zwischen Oberfläche und tieferem Untergrund sind und als präferentielle Fließpfade für Gase und Flüssigkeiten auftreten. Entsprechend werden Grobintergranularräume ausgewiesen.

Bei technogenen Substraten kann die Ermittlung der Bodenart vor besonderen Schwierigkeiten stehen. In der Kornfraktion Ton können an Stelle des Minerals Ton Bestandteile dominant vorliegen, die als solche durch die Fingerprobe nicht ausgewiesen werden können. Sand und Schluffe können aus Zerkleinerungsprozessen stammen, z.B. der Aufbereitung von Schlacken und Sanden. Sie sind dann kantig. Es liegen dann Rauhsande und Rauhschluffe vor, die sich anders anfühlen als natürliche Substrate dieser Größe. Weiterhin treten poröse Sande und Schluffe auf. Bei einigen Substraten läßt sich infolge unzureichender Fertigkeit durch Befühlen, Kneten und Rollen die Korngröße nicht bestimmen. Dies ist z.B. der Fall bei Gips, weichen Karbonaten und teilweise bei Kohle.

Skelettgehalte werden abweichend von der KA4 (Arbeitsgruppe Boden, 1994) von der Bodenart getrennt aufgeführt. Die Begründung liegt einerseits in den häufig hohen Skelettgehalten der Stadt-, Industrie und Bergbauböden, andererseits in dem starken Einfluß des Skelettgehaltes auf viele Bodeneigenschaften und damit auf das Ergebnis einer Funktionalisierung. Besser wäre eine Angabe der Feinbodenmenge bzw. des Feinbodenvolumens, das das Skelett die Feinbodenmenge- und das Volumen einschränkt. Der Feinboden ist der bedeutende Raum für Prozesse, Senken- und Quellenfunktionen des Bodens (siehe Burghardt in diesem Band).

Die Substrate der einzelnen Schichten und Horizonte werden nach stadttypischen Merkmalen ausgewiesen. Dies können die substratbildenden Materialien, die Merkmale der Ablagerung oder die Carbonate der Modifikation durch Substratbehandlung sein (Burghardt 1995). Die Kennzeichnung der Substrate erfolgt durch eine oder durch Kombination dieser Merkmalsgruppen. Die alleinige Angabe der Materialien zur Substratkennzeichnung würde die Möglichkeiten einer Funktionalisierung einschränken.

Unter sonstigen Merkmalen wird die Kennzeichnung der Gerüche ausführlich dargestellt.

Die bodentypologischen Einheiten der KA4 wurden übernommen. Die weitergehende Ausweisung der Stadtbodentypen wird im ergänzenden Handbuch vorgenommen. Das Handbuch ist in Vorbereitung. Die Vorschläge der KA4 reichen für den Bedarf einer differenzierten Ausweisung durch Kennzeichnung und bodenkundliche Benennung von Flächen in der Stadt nicht aus. Das Ziel muß sein, alle Flächen in einer bodenkundlichen Systematik erfassen zu können. Dies könnte mit einer Einführung der Bezeichnung für Flächen ohne Bodenbildung als „Nichtboden“ geschehen. Besser wäre die im Handbuch vorgeschlagene Definition von Lithosolen oder von Lithen.

Die Begrenzung der physiologischen Gründigkeit hat in der Stadt vielfältige Ursachen. Entsprechend wird häufig die Durchwurzelungstiefe durch sie bestimmt. Die Erfassung der Ursachen der Begrenzung der physiologischen Gründigkeit sind wesentlicher Bestandteil der Kartierung.

Die Humusformen wurden stark erweitert. Berücksichtigung fanden zunächst die Humusformen bearbeiteter Böden. Daneben liegen mehrere Humusformen vor, die sich nicht in das Konzept Mull, Moder oder Rohhumus einordnen lassen. Daher werden weiter unterschieden Rasenmagerhumus, Neuhumus, Auftragshumus, Eintragshumus.

Auf der Profilkennzeichnung baut die spätere Funktionalisierung der Böden auf. Für die verschiedenen Ziele einer Funktionalisierung können von Interesse sein und aus dem Erscheinungsbild eines Bodenprofils abgeleitet werden: Merkmale von Vernässung und Belüftung, Abtrags- und Auftragsgrad, Trophie, Stoffanreicherung aus Immissionen, Protonen- und Schadstoffeinträgen, Säureneutralisationskapazität und biologische Aktivität. Eine Qualifizierung dieser Merkmalsgruppen aus Kartiererergebnissen wird kaum erreichbar sein. Jedoch lassen sich Zustand und grobe Einteilung durch aus der Kombination verschiedener Profilmerekmale ableiten. So werden solche Einzelmerkmale zu Gruppen zusammengefaßt, die einen bestimmten Zustand stützen oder verneinen. Daraus kann ein grobes Bewertungsraster entwickelt werden. Vor allem wird dadurch ein späterer Abgleich der über die Analytik ermittelten Profildaten mit dem im Feld erhaltenen Gesamteindruck möglich.

Die Bildung der substrattypischen Einheiten folgt dem Vorschlag der Kartieranleitung und dem dort aufgeführten Merkmalskatalog.

Literatur:

Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (Vorsitz W. Burghardt, 1989): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung, urban, gewerblich, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). Umweltbundesamt, Texte 18/89, 171 S.

Arbeitskreis Stadtböden (1997): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartierung urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden). 2. Auflage, Teil 1: Feldführer, bfb Büro für Bodenbewertung, Rehsenweg 75, 24148 Kiel, Fax-Nr. 0431/720540.

Arbeitsgruppe Boden, 1994: Bodenkundliche Kartieranleitung (KA4). 4. Auflage. E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Burghardt, W. (1995): Zur Gliederung von Stadtböden und ihrer Substrate. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 76, 997-1000.

Die organische Bodensubstanz anthropogener Böden der Stadt Kiel

von

Beyer, L.

Einleitung

In urbanen Ökosystemen kommt der organischen Bodensubstanz (OBS) und der mikrobiellen Biomasse eine große Bedeutung zu (Bullock & Gregory 1991, Craul 1992, Machulla 1996, Beyer et al. 1997). Trotzdem ist darüber wenig bekannt (Craul, 1985). Aus diesem Grunde wurde von sechs Oberböden typischer anthropogener Standorte im Gebiet der Stadt Kiel (Tab.1) die OBS mittels naßchemischer Extraktionen und der CPMAS ^{13}C -NMR Spektroskopie sowie die Basalatmung und die mikrobielle Biomasse mittels der SIR-Methode untersucht.

Tabelle 1: Die untersuchten Stadtoberböden in der Übersicht

Bodentyp	Ausgangsmaterial	Alter ¹	Nutzung	Vegetation
<i>Pararendzina</i> (Nr.570)	Trümmerschutt	50	Stadt- park	<i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Populus nigra</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Tilia cordata</i> , <i>F.sylvatica</i>
<i>Reduktosol</i> (Nr.571)	Klärschlamm (kond. mit CaCO_3 - und FeSO_4)	20	Ödland	<i>Sambucus nigra</i> <i>Poa nemoralis</i> L. <i>Urtica dioica</i>
<i>Reduktosol</i> (Nr.572)	Hausmüll	ca.20	Ödland	<i>Cirsium arvense</i> <i>Carex elata</i>
<i>Pararendzina</i> (Nr.573)	Geschiebemergel (Kanaulaushub)	100	Stadt- forst	<i>Picea abies</i> <i>Aesculus hippocastanum</i> <i>Ulmus scabra</i> <i>Sambucus nigra</i>
<i>Hortisol</i> (Nr.574)	Sandige Aufschüttung mit Hausmüll	>>100	Privat- garten	Zierrasen
<i>Pararendzina</i> (Nr.575)	Sandige Aufschüttung	10	Gleis- anlage	<i>Saxifr.tridactylites</i> <i>Sedum acre</i> <i>Poa compressa</i> L.

¹ Dauer der Humusproduktion in Jahren (= Alter der Böden)

Methodik

Die naßchemischen Untersuchungen der Streu- und Huminstoffe in der OBS wurden nach einem Vorschlag von Schlichting et al. (1995) untersucht, welcher von Beyer (1995) modifiziert wurde. Die CPMAS ^{13}C -NMR Methodik ist ebenfalls bei Beyer (1995) beschrieben. Die Erfassung der Basalatmung und mikrobiellen Biomasse (nach Zugabe von Glucose) wurde an einem Sapromaten durchgeführt (Alef 1991, Schinner et al. 1993). Die allgemeinen Bodeneigenschaften wurden nach Schlichting et al. (1995) ermittelt.

Ergebnisse**Tabelle 2:** Allgemeine Eigenschaften der untersuchten Oberböden

Nr.	Bodentyp	Tiefe cm	Farbe	Bodenart	pH CaCl ₂	Corg - mg	Nt g ⁻¹ -	C/N
570	Pararendzina	0-20	10YR3/2	S13	7.3	41.1	1.6	26
571	Reduktosol	0-20	7.5YR3/4	Ls3	7.4	101.0	7.1	14
572	Reduktosol	0-20	10YR3/2	S13	6.4	15.8	1.1	14
573	Pararendzina	0-25	5YR2.5/1	S13	7.1	75.8	4.6	16
574	Hortisol	0-30	5YR2.5/1	Su3	6.9	28.5	1.2	24
575	Pararendzina	0-8	2.5Y3/2	mS	7.7	4.2	0.2	21

Tabelle 3: Mikrobiologische Merkmale der untersuchten Oberböden

Nr.	Corg mg g ⁻¹	Basalatmung µgCO ₂ -C g ⁻¹ h ⁻¹	Mikrobielle Biomasse ¹ µgC g ⁻¹	metabolischer Corg Quotient ² mgC g ⁻¹ Corg	Protein-C mg g ⁻¹	
570	41	1.6	807	20	2.0	2.1
571	101	9.9	2859	28	3.5	8.9
572	16	1.4	650	41	2.1	0.5
573	76	2.1	957	13	2.2	4.9
574	29	0.9	395	14	2.3	1.4
575	4	0.6	211	50	2.1	0.3

1 Substratinduzierte Atmung mit Messung im Sapromaten

2 Basalatmung/Mikrobielle Biomasse (µgCO₂-C g⁻¹ h⁻¹ / µgC g⁻¹) x 103

Tabelle 4: Streustoffe im Humus der untersuchten Oberböden

Nr.	Proteine	Fette/ Wachse	Zucker/ Stärke	Hemi- zellulose		Zellulose	Lignin
				mgC g ⁻¹	Corg		
570	51	19	4	84	34	157	
571	88	54	4	36	14	146	
572	33	29	10	120	48	177	
573	64	31	3	95	38	144	
574	49	33	3	62	25	149	
575	66	41	3	126	50	295	

In Tab.2 sind die allgemeinen Eigenschaften der untersuchten Oberböden dargestellt. Mit Ausnahme der relativ hohen pH-Werte, auch unter Wald (vgl.Tab.1), wiesen sie kaum Besonderheiten im Vergleich zu natürlichen Böden auf. Im jüngsten Boden (Nr.575) war der Corg-Gehalt und die Mächtigkeit des Ah-Horizontes erwartungsgemäß am geringsten.

In Tab.3 sind die mikrobiologischen Merkmale der untersuchten Oberböden zusammengestellt. Es war eine deutliche Korrelation der Biomasse zum Corg- und dem Proteingehalt erkennbar. Mit dem C/N-Verhältnis dagegen konnte keine Übereinstimmung ermittelt werden. Das liegt vermutlich an der methodisch bedingten Überschätzung des aktiven Corg-Gehaltes (Beyer et al. 1997), der sich eigentlich erst nach Substraktion des biologisch inaktiven Kohlenstoffes (vornehmlich Kohle) ergeben würde (Wu et al. 1997). Das C_{mic}/Corg-Verhältnis (Tab.3: Biomasse in Bezug auf Corg) nahm mit dem Alter der Böden stark ab und der metabolische Quotient (qCO₂) war höher als in natürlichen Böden (vgl. dazu

Beyer et al. 1995). Der qCO₂ war in dem schwermetall-belasteten Klärschlammprofil deutlich höher (vgl. dazu Beyer et al. 1996).

In den Tab.4 und 5 sind die Ergebnisse der naßchemischen Humusanalytik dargestellt. Das Klärschlammprofil wies den höchsten Proteingehalt auf. Die OBS des jüngsten Bodens (Nr. 575) war von Streustoffen, insb. Lignin dominiert. Im Gegensatz zu natürlichen Waldböden waren sowohl die Gehalte an mobilen Fulvosäuren als auch an Lipiden sehr gering. Dies dürfte eine Folge des hohen pH-Wertes sein. Dies wirkt sich offensichtlich auf mikrobielle Aktivität und den Abbau resistenter Stoffe aus.

In Abb.1 sind die Spektren der untersuchten Oberböden gegenübergestellt. Insgesamt fällt auch hier die untergeordnete Bedeutung der alkyliischen Verbindungen auf. In Abb.2 werden die aufsummierten NMR-Stoffgruppen der Huminstoffe mit denen natürlicher Böden verglichen. Der auffälligste Befund war der sehr hohe Anteil der Aromaten in dem Hortisol unter Gartennutzung.

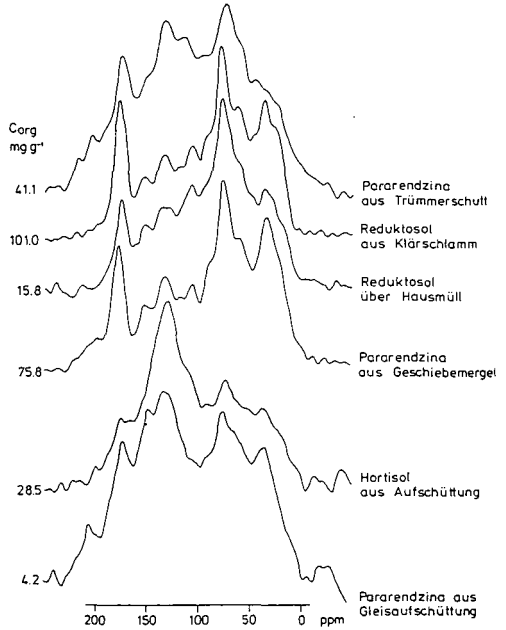


Abbildung 1: CPMAS 13C-NMR Spektren der untersuchten Oberböden

Tabelle 5: Huminstoffe im Humus der untersuchten Oberböden

Nr.	Corg mg g ⁻¹	mobile Fulvosäuren	Fulvo- säuren mgC g ⁻¹	Hum- säuren Corg	Humine	<u>Streustoffe</u> ¹ Huminstoffe ²
570	41.1	13	101	174	352	0.5
571	101.0	13	71	129	444	0.5
572	15.8	19	95	340	132	0.7
573	75.8	9	104	300	215	0.6
574	28.5	6	67	274	482	0.2
575	4.2	27	97	148	146	1.4

1 Summe der Fraktionen aus Tabelle 4

2 Summe der Fraktionen aus Tabelle 5

Schlußfolgerungen

In den städtischen Waldböden spielen abbauresistente Lipide, und die Fulvosäurefraktion eine untergeordnete Rolle. Darüber hinaus ist die Menge an Carboxylverbindungen in den Huminstoffen groß. Beides ist in den sauren, natürlichen Waldböden eher die Ausnahme (Beyer 1995). In einem Torfboden aus Klärschlamm konnte eine negative Beeinflussung der mikrobiellen Aktivität festgestellt werden (Beyer et al. 1995). Erste Ergebnisse lassen vermuten, daß

eine hohe Aromatizität der gesamten OBS als auch der Huminstoffe für Hortisole unter Gartennutzung typisch ist. In sehr jungen Böden dominieren die Streustoffe. Hier ist eine Förderung der Humifizierung notwendig. Die Streu sollte nicht mehr abgefahren und ggfs. Kompost aufgetragen werden, um vor allem in sandigen Substraten die Bindungskapazität gegenüber Schadstoffen zu erhöhen. Die NMR-Untersuchungen belegen, daß die klassischen Huminstofffraktionen keine definierte Zusammensetzung aufweisen (vgl. dazu Beyer 1996).

Die Menge der lipidischen und wasserabweisenden Humuskomponenten der Stadtböden ist geringer als in natürlichen Böden. Offensichtlich sind die Mikroorganismen in der Lage auch diese ansonsten abbauresistenten Stoffe zu verwerten. Diese Fähigkeit könnte sich positiv auf den Abbau von Mineralalcoholwasserstoffen in den Böden auswirken. Darüber hinaus dürfte sich ein geringerer Gehalt an lipidischen Verbindungen auch auf eine Erhöhung der Wasserhaltefähigkeit auswirken (vgl. dazu Craul, 1985).

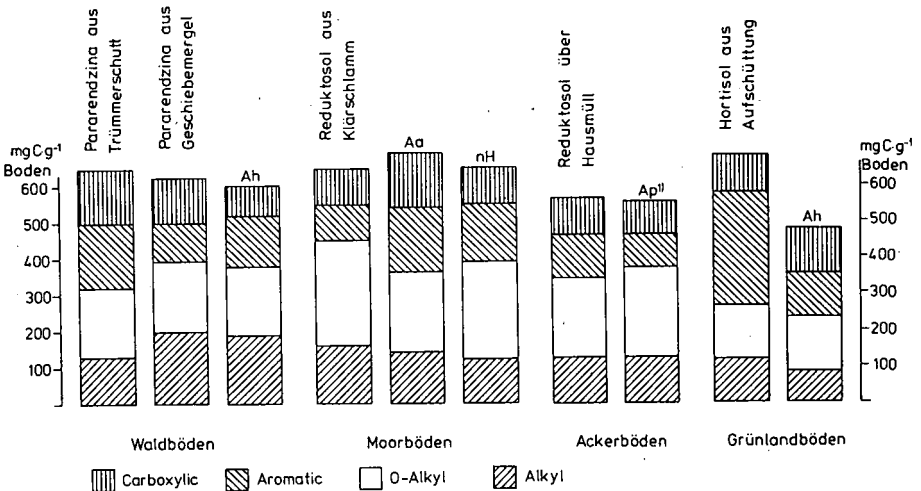


Abbildung 2: Aufsummierte NMR-Stoffgruppen der Huminstoffe der untersuchten Oberböden der Stadt Kiel

Literatur

Beyer L. 1995. Die Charakterisierung der organischen Bodensubstanz durch morphologische und naßchemische Untersuchungen, CPNAS ¹³C-NMR-Spektroskopie sowie Pyrolyse-Feldionisation Massenspektrometrie. Schriftenreihe Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Kiel Nr.30.

Beyer L. 1996. Z.Pflanzenernähr., Bodenk. 159: 527-539.

Beyer L., Blume H.-P., Elsner D.C. & A.Willnow. 1995. The Science of the Total Environment 168: 267-278.

Beyer L., Cordsen E., Blume, H.-P., Schluess, Vogt B. & Q.Wu. 1996. Soil Technology 9: 121-132.

Beyer L., Klem D. & C.Rumpel. 1997. Mitteln. Dtsch. Bodenkundl. Ges. (im Druck).

Bullock P. & P.J.Gregory. 1991. Eds. Soil in the urban environment. Blackwell, Oxford.

Craul, P.J. 1985. A description of urban soils and their desired characteristics. J.Arbiculture 11: 330-339.

Craul, P.J. 1992. Urban soil in landscape design. Wiley & Sons, New York.

Machulla G. 1996. Stadtböden als Lebensraum. II: AK Stadtböden der DBG (Hrsg). Urbaner Bodenschutz. Springer, Berlin. S.99-109.

Schinner F., Ohlinger R., Kandeler E. & R.Margesin. 1993. Hrsg. Bodenbiologische Arbeitsmethoden. Springer, Berlin.

Schlichting E., Blume H.-P. & K.Stahr. 1995. Bodenkundliches Praktikum. Blackwell, Berlin.

Wu Q., Blume H.-P., Beyer L. & U.Schluess. 1997. Method for the characterisation of inert organic carbon in Urbic Anthrosols. Communications in Plant Analysis and Soil Science (eingereicht).

Kennzeichnung von Böden durch Grobbodengehalte hinsichtlich potentieller Schadstoffgehalte aus Immissionen

von

Burghardt, W.*

1 Einleitung

In der 2. Auflage der „Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden)“ (1997, Arbeitskreis Stadtböden in diesem Band) behandelt das Feld 57 Hinweise auf Immissionen, Protonen und Schadstoffe. Dort wird als ein wesentliches Merkmal der Skelettgehalt angeführt. In ähnlichem Zusammenhang wird der Skelettgehalt als ein Hinweis auf den Trophiegrad (Feld 56) und das Säureneutralisationspotential (Feld 58) behandelt. Auch in weiteren Zusammenhängen kommt dem Skelettgehalt eine große Bedeutung zu (Burghardt 1993).

Skelettvorkommen sind in Städten häufig. Sie sind Folgen der Ablagerung von Bauschutt, Aschen, Schlacken und Bergematerial als Reststoffe der Produktion. Neuanlagen und Relikte des Straßen- und Bahnbaues sorgen ebenfalls für skeletthaltige Böden. Daher wird in den „Empfehlungen des AKS“ auch ein eigenständiges Feld (47) Skelettart/-gehalt ausgewiesen.

Am Beispiel von Schadstoffgehalten soll die Beeinflussung der Konzentration der Schadstoffe durch das Bodenskelett dargestellt werden.

2 Material und Methoden

Als Bodenbeispiele dienen skeletthaltige Regosole (P2 und P3) auf einem Bahndamm und relikte Hortisole (P1, 4-6) aus Essen-Dellwig. Die 6 Profile liegen in unmittelbarer Nachbarschaft etwa 20-100 m von einander entfernt. Die Probenahme erfolgte in dicht aufeinanderfolgenden Tiefenabschnitten mit Stechzylindern von 250 und 920 ml Fassungsvermögen. An diesen Proben wurden das Volumengewicht trocken, der Skelettgehalt und die Gehalte an Schwermetallen im Königswasseraufschluß (nach DIN 38414) ermittelt. Ergänzt wurde die Untersuchung durch pH(CaCl₂)-Wertmessungen und die Bestimmung der organischen Substanz mit 6% iger H₂O₂ (Burghardt 1989).

3 Ergebnisse

Hier sollen nur die Zinkgehalte der Böden bis 50 cm Tiefe vorgestellt werden. Vollständig wird über das Vorhaben an anderer Stelle berichtet (Burghardt et al. 1997). Zink wird im Ruhrgebiet stark in Böden eingetragen und ist im Boden beweglich. Es ist daher für die Darstellung der Skelettwirkung geeignet. Die Abbildungen 1a und 1b zeigen zunächst eine hohe Schwankungsbreite der Gehalte im Feinboden sowohl zwischen den benachbarten Profilen wie auch in der Tiefe. Dies ist gleichermaßen bei den Hortisolprofilen wie bei den Regosolprofilen feststellbar.

Auffallend ist zwischen den beiden Bodengruppen ein unterschiedliches Muster der Tiefenverteilung der Zn-Gehalte im Feinboden. Die Zn-Gehalte zeigen bei den Hortisolen dicht unter der Oberfläche ein Maximum mit anschließender starker Abnahme zur Tiefe hin. Die Regosole zeigen ein entgegengesetztes Tiefenverteilungsmuster. Ursachen werden bei den Regosolen pH-Werte unter pH 5 und damit das Vorkommen von Zink in mobiler Form (Burghardt et al 1990) sein. Erst in etwa 30-40 cm Tiefe werden hier pH-Werte von 5 überstiegen, die zur Zn-Festlegung führen. PH-Werte über 5 liegen bei der Mehrzahl der Hortisole schon in der Krume vor (Abbildung 2a, b). Die organische Substanz (Abbildung 5a,b) hat keinen starken differenzierenden Einfluß.

Die Berechnung der mittleren Zn-Gehalte des Feinbodens von 0 bis 50 cm Tiefe ergibt, daß sie sich bei den Regosolprofilen im Bereich der Streubreite der 4 Hortisolprofile bewegen (Tabelle 1). Einzelne Horizonte der Regosole erreichen jedoch mit über 1400 mg Zn/kg fast das Doppelte der maximalen Gehalte (ca. 800 mg/kg) der Hortisole.

Die Tiefenverteilung der Skelettgehalte weist bei den Regosolprofilen Schwankungen von ca. 50 bis 90% auf (Abbildung 3). Werden die Zn-Gehalte auf skelettfreies Bodenvolumen bezogen, dann liegen die ermittelten Zn-Mengen bei den Regosolen im Mittel deutlich unter dem der Hortisole (Tabelle 1).

* Universität-GH Essen, Fachbereich 9, Angewandte Bodenkunde, Universitätsstr. 5, 45141 Essen

Die Zn-Tiefenverteilung im skelettfreien Bodenvolumen der Regosole zeigt ebenfalls deutlich den Skeletteinfluß (Abbildung 4a, b). Durch den hohen Skelettgehalt in 50 cm Tiefe werden die Zn-Gehalte im Feinboden des Regosolprofils 2 von über 1400 mg /n/kg in der Feinerdmasse auf Werte im Feinbodenvolumen von ca. 170 mg gesenkt.

Profil	Zn-Gehalt		Zn-Menge		Skelettgehalt
	mg/kg	%	mg/cdm	%	%
Hortisole					1,6
1	154	37	194	41	
4	244	58	287	61	1,8
5	352	84	471	100	2,1
6	176	42	235	50	1,6
Regosole					
2	232	55	89	19	68
3	421	100	133	28	78

Tabelle 1:

Durchschnittliche Zinkgehalte, Zinkmengen und Skelettgehalte in 0-50 cm Tiefe der Regosol- und Hortisolprofile (1,4-6)

4 Schlußfolgerungen

Hohe Skelettgehalte führen zu extrem hohen Konzentrationen von immitierten Schadstoffen. Gleiches ist für Schadstoffe der Fall, die im Boden von skelettfreien bis -armen Horizonten in skelettreiche verlagert werden (Burghardt, 1996). Dies führt zu mehreren Konsequenzen. U.a. muß die Beurteilung der Bodenbelastung die Skelettgehalte als wesentliches Kriterium für die Größe der Schadstoffgehalte im Feinboden berücksichtigen. Entsprechend werden für die vergleichende Darstellung der Bodenbelastung Konzentrationsfaktoren vorgeschlagen, die aus den Skelettgehalten abgeleitet sind (Tabelle 2).

Kurzzeichen	Skelettgehalt %	Faktor
SK1	< 5	1
SK2	5 - 15	0,9
SK3	15 - 35	0,75
SK4	35 - 65	0,5
SK5	65 - 85	0,25
SK6	> 85	0,1

Tabelle 2:

Konzentrationsfaktoren für im skeletthaltigen Boden eingetragene und verlagerte (Schad)-Stoffe

Der Konzentrationseffekt der Skelettgehalte auf Stoffeinträge muß bei der Bewertung der Schwermetalle berücksichtigt werden. Dies wird jedoch von dem jeweiligen Schadstoffpfad abhängig sein. Es ist zu erwarten, daß durch erhöhte Skelettgehalte die Gefährdung durch Schadstoffe, die durch Bodenpartikeln aufgenommen werden, zunimmt. Dies ist auch für die Aufnahme von Schadstoffen durch die Pflanze wahrscheinlich, jedoch für den Nahrungspfad selten von Bedeutung, da auf stark skeletthaltigen Stadtböden nur in Ausnahmen Gemüse angebaut wird. Für den Wasserweg sind hingegen die Schwermetallgehalte um den Konzentrationsfaktor der Tabelle 2 zu bereinigen. Erst die bereinigten Werte sind zu bewerten.

Die bodenkundliche Kartieranleitung (KA4) wie auch die „Empfehlungen des AKS (1997)“ erfassen den Skelettgehalt. Stoffakkumulationen erfolgen, bis auf Ausnahme poröser Stoffe, jedoch im Feinboden. Daher wäre es der Bedeutung des Feinbodens angepaßter, an Stelle des Skelettgehaltes den volumemäßigen Anteil des Feinbodens zu ermitteln und Böden durch diesen zu kennzeichnen.

Literatur:

Burghardt, W. (1989): C-, N- und S-Gehalte als Merkmale der Bodenbildung auf Bergealden. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 59, 851-856.

Burghardt, W., M. Bahmani-Yekta u. Th. Schneider (1990): Merkmale, Nähr- und Schadstoffgehalte von Kleingartenböden im nördlichen Ruhrgebiet. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 61, 69-72.

Burghardt, W. (1993): Böden auf Altstandorten. In Alfred-Wegener-Stiftung (Hrsg.): *Die benutzte Erde*. Ernst, Berlin, 271-229.

Burghardt, W. (1996): Substrate der Bodenbildung in urban, gewerblich und industriell überformten Böden: In: *Arbeitskreis Stadtböden der DBG (Hrsg.): Urbaner Bodenschutz*, Springer Verlag, Berlin 25-49.

Arbeitskreis Stadtböden (1997): *Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). 2. Auflage, in Vorbereitung.*

Burghardt, W., B. Böhm, Ch. Dornauf u. R. Raberisova (1997): Verteilung von Schadstoffen aus Immissionen in Böden (in Vorbereitung).

Abbildung 1a: Zinkgehalte der Hortisolprofile
1, 4 - 6

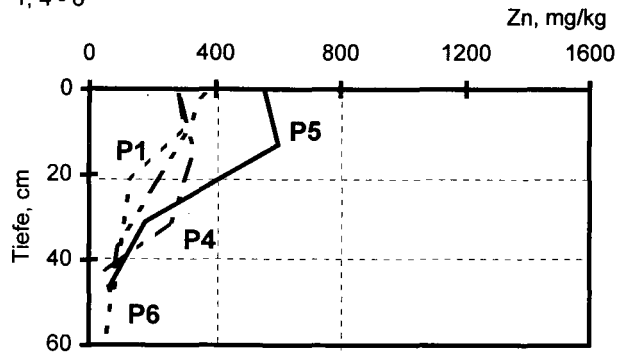


Abbildung 1b: Zinkgehalte der Regosolprofile
2 und 3

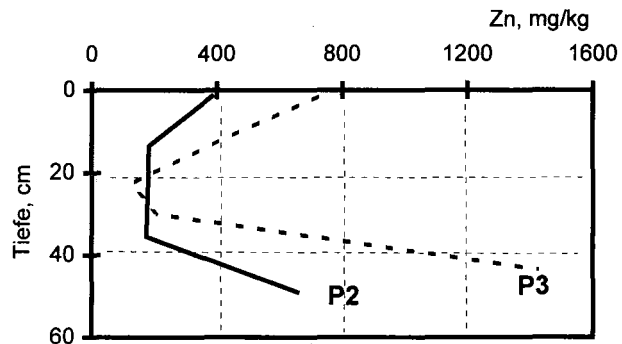


Abbildung 4a: Zinkgehalte im skelettfreien
Bodenvolumen der Hortisolprofile

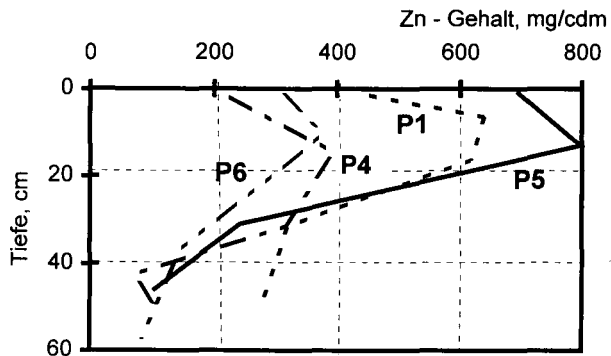


Abbildung 4b: Zinkgehalte im skelettfreien
Bodenvolumen der Regosolprofile 2 und 3

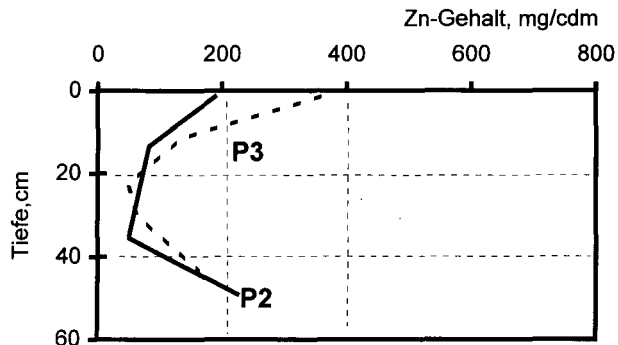


Abbildung 2a: PH - Werte
der Hortisolprofile 1,4-6

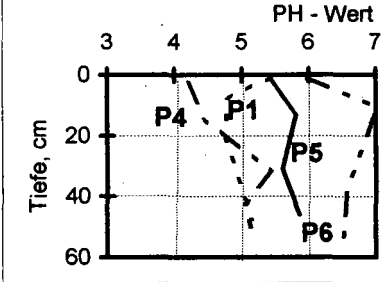


Abbildung 2b: PH - Werte
der Regosolprofile 2,3

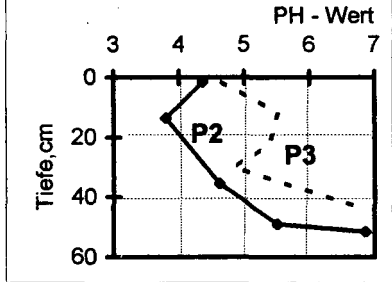


Abbildung 3: Skelettgehalte der Hortisolprofile 1, 4-6 und
Regosolprofile 2, 3

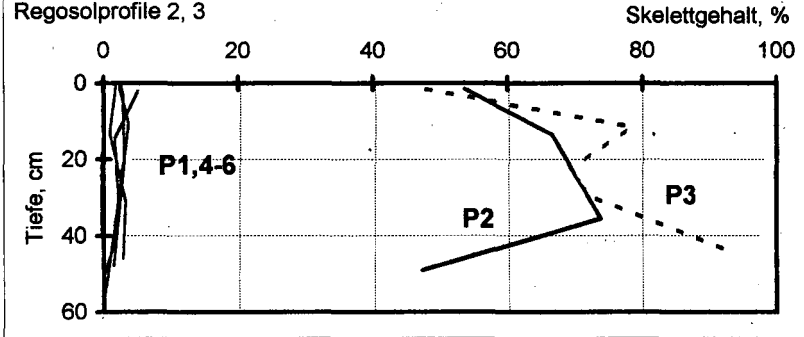


Abbildung 5a: Organische
Substanz der Hortisolprofile

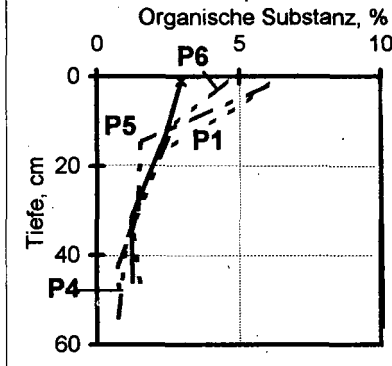
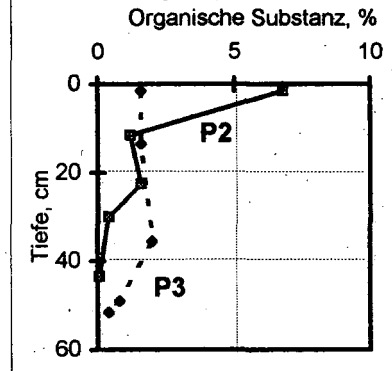


Abbildung 5b: Organische Sub-
stanz der Regosolprofile 2 und 3



Räumliche Verteilung der Muster der Substratzusammensetzung einer durch Aufschüttungen geprägten innerstädtischen Freifläche

von

Burghardt, W., A. Berthold-Kraiczy, N. Kraiczy, M. Rehbein und K. Thiel

Einführung

In industriellen Ballungszentren wie dem Ruhrgebiet sind zahlreiche innerstädtische Freiflächen in ihrer Nutzung aufgrund erheblicher Schadstoffbelastungen stark eingeschränkt. Die Beurteilung des Nutzungspotentials einer Altlast setzt die genaue Kenntnis von Verteilung und Mächtigkeit natürlicher und technogener Substrat- bzw. Bodenkontaminationen voraus. Am Beispiel einer Aufschüttungsfläche im mittleren Ruhrgebiet soll die große Variabilität von Stadtböden mit ihren groß- und kleinräumigen Verteilungsmustern unterschiedlicher Substrate veranschaulicht werden.

Material und Methoden

Die ca. 2 ha große Untersuchungsfläche liegt in einem von Bergbau und Schwerindustrie stark überprägten Raum im Stadtteil Essen-Bochold. Das ehemalige Bachtal des verrohrten Kesselbaches ist von Wohnbebauung umgeben.

Mittels Bohrstockkartierung (bis 2 m Tiefe) und fünf Bodenprofilen wurden Verteilung und Mächtigkeit sowie Substratzusammensetzung der Aufschüttungen erfaßt. Die Auswahl der 30 Probestellen sowie der Profilstandorte (vergl. Abb.1) erfolgte nach der Auswertung historischer Karten und Luftbilder in Abhängigkeit von Geländere relief und Vegetation.

Ergebnisse

Die Luftbildauswertung zeigt, daß auf der früher überwiegend landwirtschaftlich und als Gartenland genutzten, zeitweilig auch brachgefallenen Fläche seit Beginn dieses Jahrhunderts zahlreiche, meist kleinflächige Veränderungen (Abgrabungen, Aufschüttungen, Bachbegradigung und Bachverrohrung) stattgefunden haben. Seit Anfang der 50er Jahre wurde das Tal großflächig mit verschiedenen technogenen Substraten verfüllt. Die Bodensubstrate wechseln kleinräumig in horizontaler und vertikaler Richtung. Lediglich in 5 Fällen ist es möglich gewesen, großräumigere Aufschüttungen unterschiedlicher Substratfolgen, die immer noch in sich eine gewisse Inhomogenität aufweisen, abzugrenzen (siehe Abb. 1). Einige der Verfüllungen überlagern sich. Die unterschiedliche Mächtigkeit der Verfüllungen, die Substratzusammensetzung sowie die Flächenanteile sind in Tabelle 1

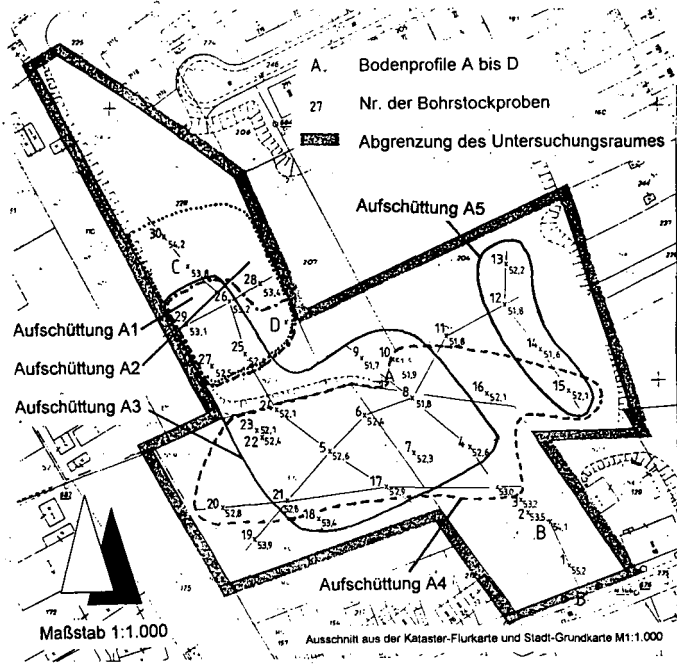


Abb. 1: Wahrscheinliche Abgrenzungen der großflächig erkennbaren Aufschüttungen einschließlich Lage der Bohrstockproben und Bodenprofile

Tab. 1: Beschreibung der vorgefundenen Aufschüttungen hinsichtlich Zeitpunkt der Aufschüttungen, Substratzusammensetzung, Flächenanteil und Mächtigkeit

Aufschüttung	Möglicher Zeitraum der Aufschüttung	Technogene Bestandteile	Flächenanteil [%]	Tiefe unter GOK (min. bis max.) [cm]	Median der Mächtigkeit [cm]
A5	nach 1953, vor allen anderen großflächig abgrenzbaren Aufschüttungen	Ziegelschutt mit Kohlebeimengungen	7	61 - >200	68
A3	zwischen 1957 und 1969	Kohle/Asche	25	45 - >265	63
A4	vor 1969, aber nach A3 und A5	Klär-/Industrieschlämme, hoher Ziegelschuttanteil, Kohle	31	27 - 158	64
A2	nach 1969 (nach A3)	hoher Ziegelschuttanteil, Kohle, Grus	14	5 - 128	29
A1	nach 1969 (nach A2)	hoher Schluffanteil, Ziegelschuttbeimengungen	6	5 - 42	21

wiedergegeben. Tabelle 2 zeigt die Substratfolge der Bodenprofile A bis D. Die Schwermetallgehalte sind beispielhaft für Profil 1 in den Tabellen 3 und 4 dargestellt. Wie dort ersichtlich, schwanken die Gehalte um bis zu 4000% (bei Zink), ein weiterer Hinweis auf die stark ausgeprägte Inhomogenität. Dieses Beispiel zeigt die kleinräumige Heterogenität der Bodenzusammensetzung. Eine sorgfältige Kartierung vermittelt einen genaueren Einblick in diese Flächenmerkmale.

Tab. 2: Substratfolge und Bodenmerkmale der Profile A bis D

Profil A:

Carbonathaltiger Regosol

Horizont Tiefe (cm)	Ld	Humus / Skelett	CaCO ₃	Technogene Beimengungen
Ah 0 - 11	Ld 1	h 5 / gr 2	c 2	Putz, Kunststoff, Textilien
rAh 11 - 27	Ld 1	h 4 / gr 2	c 2	nicht vorhanden
yjC1 27 - 70	Ld 2	h 4 / gr 1	c 3	Steine, Hochbau-schutt, Ziegel-schutt, Putz, Kohle, Glas
yjC2 70 - 126	Ld 2	h 4 / h 5 / gr 1	c 3	Hochbauscutt, Ziegelschutt, Kohle, Koks
yjC3 126 - 147	Ld 2	h 3 / gr 1	c 2	Industrie-schlamm

Profil B:

Pseudovergleytes Parabraunerdekolluvium

Horizont Tiefe (cm)	Ld	Humus / Skelett	CaCO ₃	Technogene Beimengungen
Ah1 0- 6	Ld 1	h 5 / gr 1	c 1	Ziegel, Kohle, Glas
Ah2 6- 12	Ld 1	h 4 / gr 1	c 1	Ziegel, Kohle
RrAh 12- 25	Ld 3	h 3 / gr 1	c 1	Ziegel
MBv1 25-40	Ld 3	h 1 / gr 0	c 1	nicht vorhanden
MBv2 40-55	Ld 2	h 1 / gr 0	c 1	nicht vorhanden
Ae/Swe 55-75	Ld 2	h 0 / gr 0	c 1	nicht vorhanden
Bt/Sd 75->80	Ld 3	h 0 / gr 0	c 1	nicht vorhanden

Profil C:

Braunerde Regosol

Horizont Tiefe (cm)	Ld	Humus / Skelett	CaCO ₃	Technogene Beimengungen
Ah 0- 6	Ld 1	h 4 / gr 2	c 1	Grus, Ziegel, Kohle, Schutt
yjAh 6-11	k.A.	h 2 / gr 2	c 1	Grus, Ziegel, Kohle
rAh/yjC 11-31	Ld 3	h 3 / gr 2	c 1	Grus, Ziegel, Kohle
yjC 31-38	Ld 2	h 0 / gr 2	c 1	Grus, Ziegel, Kohle
Bv1 38- 90	Ld 2	h 0 / gr 0	c 1	nicht vorhanden
Bv2 90-155	Ld 2	h 0 / gr 0	c 1	nicht vorhanden
Bv3 155-160+	Ld 2	h 0 / gr 0	c 1	nicht vorhanden

Profil D:

Regosol über Ziegelschutt

Horizont Tiefe (cm)	Ld	Humus / Skelett	CaCO ₃	Technogene Beimengungen
Ah 0- 5	Ld 2	h 4 / gr 2	c 0	nicht vorhanden
rAh/yjC 5-23	Ld 2	h 3 / gr 2	c 0	nicht vorhanden
yjC 23-35	Ld 3	h 1 / gr 2	c 1	nicht vorhanden
yC1 35-52	Ld 2	h 3 / gr 5	c 0	Ziegel
yC2 52-82	k.A.	k.A. / gr 5	c 0	Ziegel, Kohle

Gefährdungsabschätzung

Aufgrund der inhomogenen Zusammensetzung der Bodenmatrix schwanken auch die erfaßten Schwermetallgehalte kleinräumig sehr stark und konnten deshalb nur stichprobenhaft auf der ganzen Fläche untersucht werden. Ein Vergleich der vorgefundenen Schwermetallgehalte mit den

Bodennormwerten der anerkannten Bewertungsverfahren (Klärschlammverordnung, Spielplatz-Erlaß, LÖLF-Liste, EIKMANN-KLOKE-Werte, Holland-Liste) zeigt, daß lediglich eine Nutzung als Park- und Freizeitanlage oder Industrie- und Gewerbefläche denkbar wäre. Gegen eine Nutzung als Grünanlage sprechen jedoch die im Zusammenhang mit anderen Untersuchungen gefundenen hohen Naphtalin-Gehalte. Eine Multifunktionalität der Fläche wäre nur nach Durchführung entsprechender Sanierungsmaßnahmen gewährleistet.

Tab. 3: Schwermetallgesamtgehalte in mg/kg TS in Profil A (Carbonathaltiger Regosol)

Horizont	Tiefe [cm]	Cd*	Pb*	Zn*	Cr*	Cu*	pH**	Eh [mV]
Ah1	0 - 3	2,7	196	699	110	56	6,70	433
Ah2	5 - 11	2,7	194	707	114	54	6,85	570
rAh	11-17	3,2	191	700	111	55	6,72	560
yjC1	27-32	1,4	152	393	144	56	7,18	496
	35-45	0,9	155	414	140	56	7,12	497
	50-60	1,0	145	353	115	54	7,20	497
yjC2	80-90	1,3	203	491	114	75	7,20	530
	105-115	1,5	203	490	132	77	7,26	532
yjC3	130-140	3,4	180	705	22	32	6,97	557

*) in Königswasseraufschluß

**) 0,01M CaCl₂

Tab. 4: Schadstoffgesamtgehalte in mg/kg TS der Sonderproben des Gemengehorizontes (27 - 126cm) in Profil A, gegliedert nach der Farbe der Bodenprobe

Farbe der Probe	Cd*	Pb*	Zn*	Cr*	Cu*	pH**
schwarz	3,1	545	1037	106	260	7,1
dunkel-grau	2,3	261	656	269	177	k.A.
ocker	0,4	21	50	32	8	7,1
grau	0,2	30	98	30	15	7,3
grau-ocker	0,3	20	25	24	11	k.A.

*) in Königswasseraufschluß

**) 0,01M CaCl₂

Zusammenfassung

Die Untersuchungsfläche ist ein Beispiel für die große Substratvariabilität von Aufschüttungsflächen im innerstädtischen Raum. Entsprechend schwankt auch die Gefährdung, die kleinräumig von diesen Flächen ausgeht. Nur durch eine umfassende Grundlagenermittlung einschließlich Bodenkartierung kann eine Abschätzung des Gefährdungs- bzw. Nutzungspotentials im Einzelfall vorgenommen werden.

Die Konzeptbodenkarte für das Stadtgebiet Rostock

von

Coburger, E. und H. Kretschmer¹

Aufgabenstellung

Um den steigenden Anforderungen kommunaler Anwender zur Beurteilung von Fragestellungen im Bereich der Grünplanung, der Stadtplanung, der Umweltberatung und -überwachung sowie Sanierung gerecht zu werden, ist eine fundierte Kenntnis der Vergesellschaftung und der Eigenschaften von Stadtböden notwendig. Eine Bodenkartierung stellt dabei die erste Grundlage für eine flächenhafte Bewertung des städtischen Bodeninventars dar.

Für das Stadtgebiet Rostock bestand im Rahmen des BMBF- Verbundprojektes zur Untersuchung anthropogener Stadtböden die Aufgabe der Erstellung einer Konzeptbodenkarte und der Durchführung von Detailkartierungen zur Unterstützung der Aussagen der Konzeptbodenkarte.

Vorstellung des Untersuchungsgebietes

Die Stadt Rostock wurde bereits im Jahre 1218 gegründet und erlebte vor allem während der Hansezeit ihre wirtschaftliche Blüte. Erst Ende des 18. Jahrhunderts entstanden die ersten Vorstadtsiedlungen außerhalb des mittelalterlichen Stadtkerns. Die industrielle Entwicklung vollzog sich fast ausschließlich im Westen der Stadt entlang des zunehmend verbauten Warnowufers. Durch Bombardements wurden im zweiten Weltkrieg 40 Prozent aller Häuser und Gebäude zerstört. Die nach dem Krieg verstärkte Entwicklung maritimer Wirtschaftszweige äußerte sich in einer weiteren Verdichtung der Industrieanlagen an der Warnow. Im Nordwesten der Stadt wurden für den Wohnungsbau fünf Trabantenstädte in Plattenbauweise errichtet. Erst in den 80er Jahren verlagerte sich die Stadtentwicklung nach Nordosten mit der Errichtung weiterer Neubaugebiete. Die derzeitige Stadtentwicklung konzentriert sich auf die Verdichtung der innerstädtischen Bebauung sowie die Anlage großflächiger Gewerbegebiete in Stadtrandlage.

Geologisch wird das Stadtgebiet von der ebenen bis flachwelligen Grundmoränenlandschaft der Rosenthaler Staffel des Pommerschen Stadiums der Weichselvereisung geprägt. Als beherrschendes Substrat steht der Geschiebemergel an, der z.T. großflächig von Sand überlagert wurde. Das große Waldgebiet der Rostocker Heide liegt demgegenüber auf spätpleistozänen Schmelzwassersanden. Weite Teile weisen Flugsanddecken auf.

Als organogene Bildungen treten im Stadtgebiet ausschließlich Niedermoore mit stark schwankender Mächtigkeit auf. Die mit über 10 m größten Torfmächtigkeiten wurden entlang des Warnowlaufs festgestellt.

Die Bodendecke des Rostocker Raumes wird maßgeblich durch grund- und stauwasserbeeinflusste

¹ Institut für Bodenkunde, Agrarwiss. Fakultät, Universität Rostock, 18051 Rostock

Bodengesellschaften geprägt. Auf den Geschiebemergelflächen östlich und nordwestlich der Warnow stehen Pseudogleye, Gley-Pseudogleye und Gley an. Im stärker reliefierten südlichen sowie im westlichen Teil der Stadt bestimmen vor allem Parabraunerden, Braunerden sowie Braunerde-Pseudogleye die Bodendecke. Die spätpleistozänen Sandgebiete der Rostocker Heide wurden vor allem durch Podsolierungsprozesse geprägt, so daß überwiegend Podsole als Braun-, Rost- und Eisenhumuspodsole in Vergesellschaftung mit Podsol-Gleyen, Podsolen über Pseudogleyen, Gleyen und Niedermooren auftreten.

Vorgehensweise

Methodisch erfolgte die Bodenkartierung für das Stadtgebiet Rostock über die Erstellung einer digitalen Konzeptkarte und Konzeptbodenkarte im Maßstab 1 : 25.000. Den Ausgangspunkt bildete dabei die Sammlung verfügbarer Unterlagen über die natürlich anstehende Bodendecke, über die für die Beeinflussung der Böden relevante historische Entwicklung des Stadtgebietes sowie über die gegenwärtige Nutzungs- und Versiegelungsstruktur des Untersuchungsgebietes.

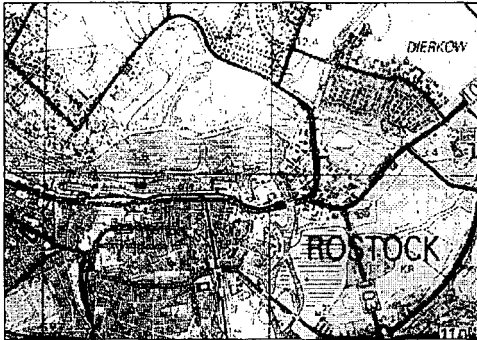
Für die Verarbeitung der Vorinformationen wurde das geographische Informationssystem ARC/INFO eingesetzt. Nach der Digitalisierung der Geometrien der Einzelkarten und der Zuweisung von Flächeninhaltsbeschreibungen erfolgte die Überlagerung der Informationsebenen. Im Ergebnis entstand eine Konzeptkarte, d. h. eine Flächenstruktur, die die Informationen aller verarbeiteten Karten enthält. Für die Durchführung der Detailkartierungen wurden im Stadtgebiet 10 Flächen ausgewählt. Folgende typische Nutzungen des urbanen Raumes sollten über diese Bohrstockkartierungen gekennzeichnet werden: Wohnbebauung (Kernstadt, Zeilenbebauung), gärtnerische Nutzung (Hausgärten, Kleingartenanlagen), Parkanlagen, Friedhofsstandorte, Industriegebiet, militärische Nutzung sowie Deponiestandorte. Die Kartierungen erfolgten in einem Raster mit 50 m Abstand der Bohrungen. Für die ausgewählten Standorte wurden 26 Leitprofile beschrieben und analysiert.

Ergebnisse

Im Rahmen der digitalen Bearbeitung wurden für die Stadtbodenkartierung Rostock drei Einzelkonzeptkarten zum natürlichen Bodeninventar, zum Wassereinfluß und zur anthropogenen Beeinflussung erstellt, die im Anschluß ebenfalls verknüpft wurden. Den Einheiten der Gesamtkonzeptkarte wurden im Anschluß Bodengesellschaften zugeordnet. Trotz der unterschiedlichen Informationsdichte für die Einzelflächen konnte aus der Kenntnis der Substrattypen, den Nutzungs- und Grundwasserverhältnissen sowie den Kartiererfahrungen in der Region eine Zuordnung zu den Einheiten der Konzeptbodenkarte vornehmen. Letztlich wurden 43 Einheiten für die Konzeptbodenkarte ausgewiesen.

Der dargestellte Ausschnitt der Konzeptbodenkarte zeigt den Kernbereich des Stadtgebietes Rostock mit einer deutlichen Dominanz aufgeschütteter Standorte, auf denen Pararendzinen und Regosole zur Ausprägung kamen.

Beim Vergleich der Konzeptbodenkarte mit den Bodenkarten der Detailkartierungen konnten bereits recht gute Übereinstimmungen festgestellt werden. Unschärfen entstehen jedoch vor allem durch die Verschneidung der verschiedenen Kartenmaßstäbe. Bedingt durch unzureichende Informationen aus dem hydrogeologischen Kartenwerk konnten die grundwasserbeeinflussten Standorte noch nicht befriedigend ausgewiesen werden. Für die aufgeschütteten Bereiche ergab sich weiterhin die Notwendigkeit der Angabe der Aufschüttungsmächtigkeiten.



Topographische Situation des Ausschnittes der Konzeptbodenkarte

Erstellung der Einzelkonzeptkarten aus vorhandenen Unterlagen

Konzeptkarte zum natürlichen Bodeninventar

- Bodenschätzung
- Geologische Karte
- Moorkartierung
- Forstliche Standortkartierung
- Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK)
- Moortiefenkarte nach GEINITZ

Konzeptkarte zum Nutzungseinfluß

- Realnutzungskartierung
- Versiegelungskartierung
- Erfassung der Aufschüttungen, Altdeponien und kriegsbeeinflußten Standorte

Konzeptkarte zum Grundwassereinfluß

- Hydrogeologische Grundkarte
- Höhenschichtlinien der Topographischen Karte 1: 25.000

Untersuchungen zur Stadtbodengeschichte Rostocks

von

Frankenberger, G.*

Einleitung

Ziel der Untersuchungen im Rahmen der Stadtbodenkartierung Rostocks war es, eine Übersicht über die Bodennutzungsgeschichte der Stadt sowie historische Flächennutzungsentwicklungen zu erarbeiten. Im Mittelpunkt standen folgende Fragen: Wie haben sich spezielle Nutzungsformen auf die Bodenentwicklung ausgewirkt? Wo befinden sich in der Stadt Flächen, die für die Herausbildung bestimmter Bodensubstrate prädestiniert sind? Der Schwerpunkt der Arbeit wurde auf die Erkundung der Bebauungsentwicklung in Rostock gelegt. Der Zeitpunkt von Erstbebauungen oder Erstversiegelungen sowie die Charakteristik der Standorte vor der Besiedlung stellen hierbei wichtige Untersuchungsgebiete dar.

Kontinuierliche Nutzungseinflüsse auf die Böden der Stadt Rostock

Die erste urkundliche Erwähnung der Burg Rastoku (Rastoku = Flußverbreiterung) geht auf das Jahr 1161 zurück. Die Burg war eine Wasserburg, die im Sumpf errichtet wurde und erhob sich auf der Petribleiche. Sie war von Erdwällen umgeben und wurde wasserseitig von einem Burgwall geschützt. In Richtung Westen befand sich eine weitere slawische Siedlung auf dem Gebiet des heutigen Fischer- und Gerberbruchs. Diese Siedlung wurde ebenfalls im Sumpf errichtet. Damit die Wohnbauten nicht versanken, wurden Baumstämme als Unterlagen auf den Boden verwendet. Ungefähr ab dem 12. Jahrhundert ließen sich deutsche Ansiedler in Rostock auf der Höhe des heutigen Alten Marktes nieder. 1218 wird dieser Siedlung das Lübische Stadtrecht verliehen. Zu dieser Zeit wird mit dem Bau der Petrikirche begonnen und daneben der Friedhof angelegt. Der älteste Straßenzug Rostocks führt heute vom nördlichen Teil der Grubenstraße über die Straßen -Beim Waisenhaus - Beim St. Katharinenstift - und -Amberg- zur Petrikirche und zum Alten Markt. Die ganze Altstadt war eine große Insel; im Norden floß die Warnow, im Westen die Grube (heute Grubenstraße). Die zweite deutsche Siedlung (Mittelstadt) wird planmäßig um den Neuen Markt angelegt. Der Boden ist hier einigermaßen eben. Begrenzt wird die Mittelstadt im Westen von einem Sumpfstreifen (der heutigen Faulen Grube und Buchbinderstraße), im Süden durch die Johannisstraße, im Osten durch die Große Scharrenstraße und im Norden durch den Vogelsang. Ab 1252 wird die Jakobikirche gebaut und somit die dritte deutsche Siedlung, die Neustadt, angelegt. Diese erstreckte sich auf der Fläche zwischen heutiger Langer Straße, Apostelstraße, dem heutigen Universitätsplatz und Eselböterstraße. Im Jahre 1265 erfolgt der Zusammenschluß von Alt-, Mittel- und Neustadt. Ende des 13. Jahrhunderts wird eine einheitliche Stadtmauer errichtet.

Um 1800 hat Rostock die durch die Mauer vorgegebene Begrenzung kaum überschritten und die geschlossene Gestalt weitgehend gewahrt. Stadtpläne aus dem 18. Jahrhundert zeigen einen fast geschlossenen Ring landwirtschaftlicher und gärtnerischer Nutzung um die Stadt. Vom Kröpeliner

* Fachbereich Landeskultur und Umweltschutz der Universität Rostock,
Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

Tor und Steintor führen zwei Landstraßen in südliche Richtung. Die dazwischen in Ost-West-Richtung verlaufenden Wege im Bereich der heutigen Steintorvorstadt erschließen das ausgedehnte Gartenland und führen als solche nur die Bezeichnung Gang. "Gang ist ein ursprünglich nicht straßenartig, sondern unregelmäßig, mit Hinter- oder Nebengebäuden, erst später wohl auch mit Buden angebauter Weg zwischen zwei Straßen, der zu Anfang und zu Ende überbaut ist" (HOPPMANN, 1902). Mit der späteren Bebauung der Steintorvorstadt erhalten diese Wege ungefähr 1870 ihre Namen: Friedrich-Franz-Straße (heute August-Bebel-Straße), Augustenstraße, Paulstraße und St.-Georg-Straße.

Ungefähr ab 1830 beginnt Rostock, sich über die mittelalterlichen Stadtgrenzen auszudehnen. Ende des 19. Jahrhunderts entstehen in Rostock die ersten Vorstädte; so die Kröpelintor-Vorstadt als Arbeiterstadtteil mit Mietskasernen aus der Gründerzeit und die Steintor-Vorstadt, die hauptsächlich mit Villen bebaut wird. Die Grenze zwischen beiden bildet das noch unbebaute Gelände des ehemaligen Vögenteiches. Die Flächeninanspruchnahme aus dem Umland war enorm. Die Bebauung der Steintor-Vorstadt erfolgt entlang der alten Wege durch das bereits im 17. Jahrhundert erschlossene Gartenland. Die Innenstadt Rostocks öffnet sich nach außen; die meisten Tore werden abgerissen, ein Teil der Wallanlagen zugeschüttet und der dort als Promenade dienende Rosengarten angelegt. Die industrielle Entwicklung vollzieht sich fast ausschließlich im Westen der Stadt entlang des zunehmend verbauten Warnowufers. In den Jahren der Weimarer Republik wird mit dem Bau der Vorstadtsiedlungen Dierkow, Brinckmansdorf, Stadtweide, Gartenstadt und Alt-Reutershagen begonnen.

Bis 1925 sind die Grünflächen bedeutend erweitert worden. Mit der Ausdehnung des Stadtgebietes werden viele Stadt- und Spielplätze neu geschaffen. Daneben werden ca. 1000 Schrebergärten und 8000 Ackerparzellen für den Kleingartenbau ausgewiesen (NEUBAUER, 1987). Diese befinden sich hauptsächlich in den damaligen städtischen Grenzbereichen, so Ende der zwanziger Jahre auch auf den Flächen des heutigen Komponistenviertels, des Hansaviertels und der Südstadt. Östlich und westlich des alten Dorfes Dierkow werden ab den 30er Jahren Wohnsiedlungen mit Ein- und Zweifamilienhäusern gebaut. Früher wurde auf diesen Flächen, zum Teil über Jahrhunderte, Land- und Viehwirtschaft betrieben.

Von den schweren Zerstörungen im 2. Weltkrieg und einer damit verbundenen drastischen Reduzierung des vorhandenen Wohnraumes sind hauptsächlich die innerstädtischen Bereiche sowie die Steintor- und Kröpelintor-Vorstadt betroffen. In den Nachkriegsjahren kommt es zu einer stetigen Verdichtung der Industriezone entlang des Warnowufers, insbesondere zwischen Kabutzenhof und Fischkombinat. Weitere Industriegebiete befinden sich 1951 südöstlich des Hauptbahnhofes sowie zwischen Östlicher Altstadt und Dierkow, zu beiden Seiten des Petridammes.

Mit dem Bau des Rostocker Überseehafens in einer bis dahin weitgehend unerschlossenen, nur teilweise landwirtschaftlich genutzten Zone wird 1957 begonnen. Der Ort Petersdorf, der 1950 in die Hansestadt Rostock eingemeindet wurde, verschwindet hierbei völlig. Die späteren Ausbaumaßnahmen des Überseehafens ab Mitte der sechziger Jahre nehmen auch weiterhin große Flächen in den Bereichen Hinrichsdorf, Nienhagen, Markgrafenheide, Peez, Langenort, Krummendorf und Schnatermann in Anspruch. Große Waldgebiete fallen den Bauarbeiten zum Opfer, so z.B. erhebliche Teile der Oldendorfer Tannen und der Swienskühlen.

Ab Mitte der sechziger Jahre erfolgt die intensive Bebauung zwischen Schutow und Warnemünde. Diese Flächen wurden in den vergangenen Jahrhunderten fast ausschließlich landwirtschaftlich genutzt und sind heute durch eine geschlossene Wohnbebauung und hochgradige Versiegelung gekennzeichnet. Mit Beginn der achtziger Jahre wird die Stadtentwicklung vom Nordwesten der Stadt in den Nordosten verlagert. Die hier entstehenden Stadtgebiete Dierkow und Toitenwinkel sind in der Regel durch eine fünf- bis sechsgeschossige Bebauung gekennzeichnet.

In den vergangenen Jahren wurden in Rostock, vor allem in den Stadtrandzonen, viele Flächen als Standorte für Gewerbegebiete ausgewiesen und zum Teil schon bebaut. Dieser Trend wird sich auch in den kommenden Jahren noch fortsetzen. Baustellen sind derzeit in nahezu allen Bereichen der

Stadt zu finden. Besonders in der Altstadt sind rege Bautätigkeiten zu verzeichnen. Das im Mittelalter über Jahrhunderte beständige Stadtbild Rostocks ist heute fast täglich Veränderungen unterworfen

Nutzungsänderungen von Stadtgräben und Teichen

Große Teile der mittelalterlichen Stadt lagen im Bereich vermoorter und vertorfeter Flächen; hauptsächlich die nördlichen Bereiche der Alt-, Mittel- und Neustadt, die Faule Straße, die Grubenstraße, Küter-, Fischer- und Gerberbruch, Ellernhorst, Ellernbruch sowie der Aalstecherbruch. Bereits im 13. Jahrhundert wurden diese Bereiche durch zum Teil mehrere Meter starke Aufräge als Bauland nutzbar gemacht.

Die Grubenstraße bildet die Grenze zur heutigen Altstadt. Die *Grube* war ein Nebenarm der Warnow, deren Rinnenbreite einst fünfzig Meter betrug. In der Mitte des vorigen Jahrhunderts wurde die Grube zugeschüttet und versiegelt, um hier die Bahnschienen für die Verbindung Hafengüterbahnhof zu verlegen. Das Wasser wurde jetzt nur noch in einem schmalen Arm in die Warnow geführt.

Der ehemalige *Stadtgraben* der Mittelstadt gegen die Neustadt verlief entlang der Königstraße, Buchbinderstraße, Faule Grube und Lagerstraße. Als dieser seine Bedeutung verloren hatte, wurde der untere natürliche Teil (Lagerstraße) sofort bebaut, während der obere künstliche Teil verschlammte und erst später zugeschüttet wurde. In dem Bereich zwischen Eselböterstraße und Fauler Grube befand sich ebenfalls ein Sumpfgelände, das aber schon Ende des 13. Jahrhunderts aufgeschüttet und trockengelegt wurde.

Rostocks Stadtpläne aus dem 18. Jahrhundert weisen in den heute innerstädtischen Arealen eine Vielzahl von Gräben und Teichen aus. Die meisten der Gewässer verschwanden jedoch mit der Bebauung der Kröpelintor- und der Steintor-Vorstadt. Dafür einige Beispiele:

Der *Vögenteich* (auch Stampfmüllerteich) mit der dazugehörigen Mühle erstreckte sich auf dem Gelände zwischen Stampfmüllerstraße und Helenenstraße. In den sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts wurde der Teich abgelassen und in Acker umgewandelt. Auf den Boden des ehemaligen Teiches wurde die Helenenstraße aufgeschüttet. Etwa 1910, nach der Kanalisation des Kupfergrabens, wurde das Gelände in einen Spiel- und Erholungsplatz umgestaltet. Im Jahr 1969 wurde ein Großteil der Flächen erstmals versiegelt, und es erfolgte die Bebauung des Platzes mit Studentenwohnheimen und Wohnblocks.

Der *Kopperteich* erstreckte sich auf der Fläche zwischen Doberaner Platz, Patriotischem Weg sowie Alter und Neuer Werderstraße. Die heutige Friedrichstraße führt mit ihrem südlichen Teil mitten durch den alten Teichgrund. Vor der Durchschüttung dieser Straße diente die Fläche des ehemaligen Kupfermühlenteiches als Wiese.

Der *Poggenpohl* lag zwischen dem Kupfermühlenteich und dem Vögenteich auf dem Gelände der heutigen Stampfmüllerstraße. Als Kröpelintorzingel gehörte er einst zur Stadtbefestigung. Mitte des 19. Jahrhunderts wurde der Teich abgelassen, schon 1875 ist die Fläche völlig überbaut. Das nördliche Ende der Flächen zwischen Friedhofsweg und Doberaner Platz ist mitten durch das Gelände des einstigen Poggenpohls geschüttet worden.

In den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts wurden auch die letzten natürlichen Gräben in der Stadt zugeschüttet, so 1954 der *Gerbergraben* und 1955 der *Mühlgraben* entlang der Stadtmauer.

Nutzungsänderungen von Straßen und Plätzen

Viele Rostocker Straßen sind nach ehemaligen Nutzungen benannt, die zum Teil über Jahrhunderte hinweg am selben Ort stattfanden. Im Folgenden einige Hinweise zu Nutzungsänderungen von Straßen und Plätzen der Stadt sowie zur Herkunft alter Straßennamen:

Die *Alexandrinestraße* bildete den Anfang der alten Landstraße von Rostock nach Schwaan und Bützow und war als solche im Gegensatz zu den übrigen Wegen in den Vorstädten schon früh geflästert. Nach diesem gepflasterten Fahrdamm bezeichnete man sie daher als 'Am Damm vor dem

Steinthore'. "Straßennamen mit 'Damm' bezeichnen zunächst einen durch Aufschüttung hergestellten Kunstweg, später auch die gepflasterte Straße" (HOPPMANN, 1902).

Der *Neue Werder* war früher ein Gehöft an der Nordoststrecke des einstigen Kupfererteiches; ursprünglich wohl das alte Mühlengrundstück der Kupfermühle. Später diente das Grundstück mehrere Jahre als Holzlagerplatz. Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde die Fläche bei der Verlängerung der Neuen Werderstraße nach Norden über den Patriotischen Weg hinaus in Hausgrundstücke aufgeteilt und bebaut.

Am Brink - damit bezeichnete man ursprünglich das ganze unbebaute Gelände außerhalb des Wallgrabens vor dem Kröpeliner Tor. In den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts wurde das Gebiet eingeebnet und anschließend mit Bäumen und Buschwerk bepflanzt.

Der *St.-Georg-Platz*, auch als Köppen- oder Köpkenberg bezeichnet, diente in der Zeit von 1621 bis 1800 als Gerichtsberg der Stadt für Enthauptungen. Nach 1800 wurde das Gelände planiert und im Anschluß daran mit Linden und Pappeln bepflanzt. Die Bebauung erfolgte Ende des 19. Jahrhunderts mit der Entstehung der Steintor-Vorstadt.

Der *Kabutzenhof* wurde im Jahr 1604 erstmals erwähnt. Der Name ist auf das Wort 'Kabuz' zurückzuführen, was soviel wie Kohl bedeutet. Die heutige Straße führt zum Teil über die einstige Ackerfläche und wurde Ende des 19. Jahrhunderts gebaut.

Die *Kröpelinerstraße* entstand mit dem Bau der Mittelstadt im 13. Jahrhundert. Sie hieß früher im oberen Teil Blutstraße. Diese Bezeichnung kommt von 'blote strate' und deutet darauf hin, daß sie zunächst mehrere Jahrhunderte unbefestigt war. Seit 1961 ist sie für den Verkehr gesperrt.

Die *Steinstraße* war die erste gepflasterte Straße in Rostock, was auch der ursprüngliche Name 'stone strate' zum Ausdruck bringt.

In der *Großen Wasserstraße* lag ab dem 15. Jahrhundert eine Wasserleitung, durch die der Neue Markt mit Wasser versorgt worden ist. Das Ende der Straße führte in die 'Grube'.

In der *Lohgerberstraße* wohnten hauptsächlich die Lohgerber, die auf dem Gerberbruch die Felle mit Eichenlohe gerben. Im Gegensatz dazu benutzten die Weißgerber Alaun zum Gerben.

Die *Pläterstraße* erhielt ihren Namen durch die dort ansässigen Plattenschläger, welche Metallplatten für Harnische herstellten.

Mühlenstraße/Mühlendamm - Die Namen dieser Straßen erinnern an die vielen Wassermühlen, die hier und in der Grubenstraße bis Ende des 19. Jahrhunderts standen. Ein Großteil der Häuser in der Mühlenstraße brannte im 1. Weltkrieg nieder.

Neben kontinuierlichen Nutzungseinflüssen haben auch diskontinuierliche Ereignisse wie Brände, Kriege und Sturmfluten die Böden in Rostock beeinflußt und geprägt. Diese Aspekte wurden aber in der vorliegenden Arbeit weniger ausführlich untersucht.

Literatur

AUTORENKOLLEKTIV, Rostock - Geschichte der Stadt in Wort und Bild, Berlin, 1980

AUTORENKOLLEKTIV, Rostocks Stadtgeschichte in Zahlen, Rostock, 1958

AUTORENKOLLEKTIV, Rostock von 1945 bis zur Gegenwart, Rostock, 1969

BERNITT, H., Zur Geschichte der Stadt Rostock, Rostock, 1956

HOPPMANN, K., Die Straßennamen Rostocks, in: Beiträge zur Geschichte der Stadt Rostock, Rostock, Band 3, 1902

KRAUSE, L., Die Straßen der Kröpeliner Tor- und der Steintorvorstadt, in: Beiträge zur Geschichte der Stadt Rostock, Rostock, Band 10, 1917, Band 13, 1925

NEUBAUER, S., Untersuchungen zur Stadtentwicklung Rostocks aus landschaftsökologischer und stadtgestalterischer Sicht, (Masch.-schr.), Diss., Rostock, 1987

PROBST, L., (Hrsg.), Rostock - Stadt an der Warnow, Bremen, 1991

RIEDICK, M./SCHADE, A., (Hrsg.), Kleine Chronik der Hansestadt Rostock, Rostock, 1992

Rostocker Zeitung, Die Rostocker Anlagen, Rostock, 19.1.1902

(Locker-) Syrosem..., Technolith..., Intrusol....? Kriterien zur Typisierung von Stadtböden - getestet an einem Kokerei-Altstandort

von

Gerth, S. B. und T. Mansfeldt*

1 Einleitung

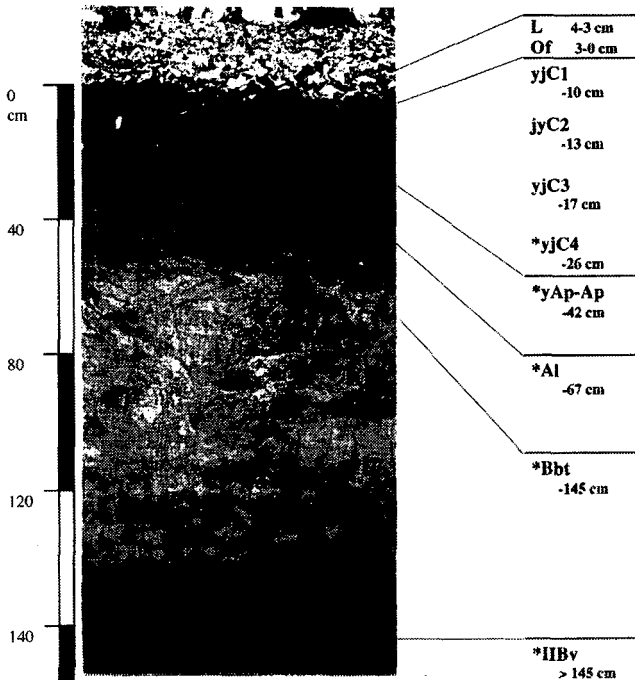


Abbildung 1: Industrieboden eines Kokerei-Altstandortes (* kennzeichnet die Horizonte/Schichten, aus denen Mikroproben genommen wurden)

Auf einem Kokerei-Altstandort in Herne/Westfalen wurde eine **Parabraunerde aus Sandlöß über glazifluvialen Ablagerungen** mit einem ca. **30 cm mächtigen anthropogenen Auftrag** überdeckt (Abbildung 1), der eine deutliche Schichtung aufweist.

Unter der organischen Auflage liegt zwischen 13 und 17 cm eine nicht durchgehend vorhandene Koks- und Kohleschicht. Darunter folgen Schichten, die aus einem Gemenge von sandigem Schluff, Ziegelsplitter und vor allem **Cyanidschlämmen** (Gasreinigungsmassen) bestehen. Bei den Gasreinigungsmassen handelt es sich um

* Arbeitsgruppe Bodenkunde und Bodenökologie, Geographisches Institut, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

verbrauchte Eisenhydroxidmassen, die zur trockenen Reinigung des Kokerei-Rohgases für die Stadtgaserzeugung eingesetzt wurden. Dabei wurden die im Rohgas enthaltenen Schwefelverbindungen und der korrosiv wirkende Cyanwasserstoff (HCN) an die Reinigungsmassen gebunden und so aus dem Gas entfernt. Die Gasreinigungsmassen kamen nach 1- bis 2maliger Verwendung im zähflüssigen Zustand zur Ablagerung. Die Anwesenheit des Eisencyanidkomplexes Berliner Blau ($\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$) bedingt die blaue Farbe dieser Reinigungsmassen. In dem Auftrag entwickelte sich ein Boden, deren Durchwurzelungsintensität bis ca. 17 cm sehr stark ist und in den nachfolgenden Schichten und Horizonten fehlt.

Unter dem anthropogenen Auftrag liegt bis 42 cm Tiefe der **Ap-Horizont** der Parabraunerde, der vor allem im oberen Bereich durch die abgelagerten Gasreinigungsmassen gestört ist. Darunter folgt bis 67 cm Tiefe der **Al-Horizont**. Der **Bbt-Horizont** hat seine untere Grenze bei ca. 145 cm. Auffallend ist die hohe Grobporendichte (7 Vol.-%) in Form von reliktschen Regenwurmgingen, die bei Eintritt in den nachfolgenden Horizont enden. Diese Röhren sind tiefblau bis schwarz gefärbt. Außerdem sind örtlich diffuse blaue Bereiche zu erkennen. In 160 cm Tiefe folgt die Steinsohle, eingebettet in glazifluvialen Sanden (S12), die bis 250 cm Tiefe zu einem **IIBv-Horizont** verwittert sind. Darunter steht der Emschermergel der Oberkreide an.

Zur Beschreibung des Bodens wurden neben den allgemeinen chemischen und physikalischen Kenndaten auch die Verteilung der kokereispezifischen Stoffgruppen wie Cyanide (CN_{tot}) und Schwefel (S_{tot}) im Profil untersucht. Dazu wurde das Profil bis 150 cm Tiefe horizontweise beprobt. Gleichzeitig erfolgte eine Mikrobeprüfung der Regenwurmginge und der auffallend blauen Bereiche. Darüber hinaus fand eine Beprobung in 50 cm Intervallen bis zum Erreichen des Kluftgrundwasserleiters (Emschermergel, 550 cm Tiefe) statt.

2 Chemische Eigenschaften des Industriebodens

Hervorzuheben ist die sowohl äußerst starke ($\text{pH} < 3$) als auch äußerst tiefreichende Versauerung (bis 300 cm) des Bodens (Abbildung 2). Mögliche Quelle für die Versauerung sind vor allem die oberflächlich abgelagerten Gasreinigungsmassen. Diese enthalten neben Eisencyanidkomplexen ebenfalls Eisensulfide, deren Oxidation eine derartige pH-Erniedrigung bewirken kann.

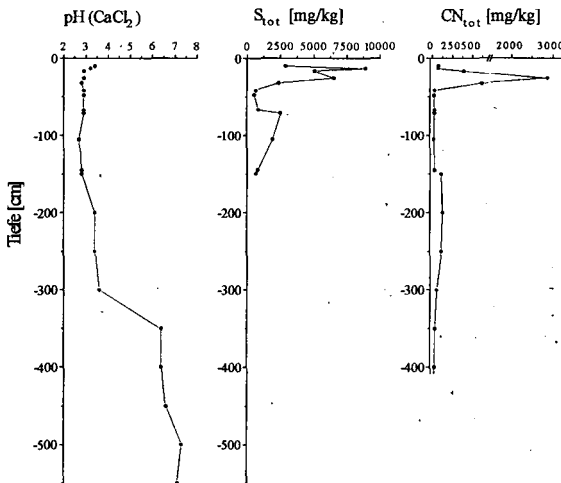


Abbildung 2: Bodenreaktion, Schwefelgesamt- und Cyanidgesamtgehalte des Industriebodens.

Die Verteilung der Schwefelgesamtgehalte spiegelt diese Belastungssituation wieder (Abbildung 2). Sehr hohe Gehalte finden sich im anthropogenen Auftrag. Die Schwefelkonzentrationen der Parabraunerde liegen um das 10- bis 30fache höher als die mineralischer Unterbodenhorizonte natürlicher Böden. Auffallend ist eine Akkumulation zwischen 70 und 145 cm Tiefe. Das hier auftretende enge C/S-Verhältnis von 1 ist ein Indikator für die Dominanz der anorganischen Sulfatfraktion ($\text{SO}_4\text{-S}$).

Die Verteilung der **Gesamtcyanidgehalte** zeigt eine ähnliches Bild (Abbildung 2). Die Cyanide liegen in diesem Profil nahezu ausschließlich komplexisch gebunden als Berliner Blau vor. Hervorzuheben ist das tiefreichende Vorkommen (bis 550 cm) an Cyaniden. Erwartungsgemäß zeigt der anthropogene Auftrag die höchsten Gehalte. Die Cyanidakkumulation zwischen 150 und 250 cm Tiefe (IIBv, sekundäre Cyanidquelle) bestätigt die Geländebeobachtung von blau-grünen Bändern in den glazifluvialen Sanden (> 145 cm Tiefe). Aufgrund der Mikrobeprobung kann geschlossen werden, daß die Cyanide, vermutlich als Teilchen (Kolloid), mit dem Sickerwasserstrom bevorzugt entlang der Regenwurmgänge in große Tiefen transportiert werden. An der Schichtgrenze in ca. 145 cm Tiefe können sie durch die daran gebundene Porendiskontinuität herausgefiltert werden und sich lateral verteilen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß der ca. 30 cm mächtige Auftragsboden zu einer tiefgreifenden Veränderung des chemischen Stoffbestandes der Parabraunerde geführt hat. Sie ist daher als **Relikt-Parabraunerde** anzusprechen.

3 Ansprache des Industriebodens in Abhängigkeit der Gliederungskriterien

Nach derzeit diskutierten Gliederungskriterien von Stadtböden, gibt es mehrere Möglichkeiten, den oben beschriebenen Industrieboden anzusprechen. Hier werden drei Alternativen vorgestellt und diskutiert (Tabelle 1). Dabei wird vorausgesetzt, daß bei der Bodenansprache der anthropogene Auftrag unabhängig seiner Mächtigkeit immer Berücksichtigung findet. Eine Zuweisung der entsprechenden Horizontsymbolik soll in den Einzelfällen nicht erfolgen.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der möglichen Alternativen der Bodentyp-Ansprache

(Locker-)Syrosem	Technolith (Burghardt, 1995)	Intrusol (Schraps, 1988)
Gliederungskriterien:		
Bezeichnung nach einem genetischen Kriterium:	Bezeichnung mit deutlicher Substratbetonung:	Bezeichnung nach einem genetischen Kriterium:
– Horizont mit initialer Bodenbildung (Ai-Horizont)	– Belebter Horizont aus anthropogenem Substrat ohne sichtbare Neubildung von Humus	– Horizonte mit Verlagerung der von außen zugeführten Stoffe (Stoffgruppen).
Vorteile:		
– Anlehnung an quasi-natürliche Bodenbildung	– Da initiale Bodenbildungen in anthropogenen, häufig kohlenstoffhaltigen Substraten nur schwer zu erkennen sind, ist diese Einstufung in der Praxis gut anwendbar.	– Eindeutige Bezeichnung des Prozesses der Verlagerung von anthropogenen Stoffen
– Klassifikation nach der herkömmlichen Bodensystematik		– Berücksichtigung von möglichen Änderungen im Bodenchemismus
– keine neuer Bodentyp		– Kennzeichnung einer potentiellen Grundwassergefährdung
Nachteile:		
– Autochthone Humusbildung nicht immer eindeutig zu erkennen	– Da in der Praxis neben dem Bodentyp auch das Substrat angesprochen wird ist diese Bezeichnung redundant.	– Zur näheren Charakterisierung ist die Nennung der Stoffgruppen und der von der Verlagerung beeinflusste Bodentyp erforderlich.
– Bezeichnung erfaßt nur die Prozesse an der Oberfläche	– Bei der Bezeichnung bleiben pedogene Prozesse weitgehend unberücksichtigt.	
– Rezente oder subrezente Stoffverlagerungen im Untergrund werden vernachlässigt		
Vollständige Bezeichnung des oben beschriebenen Bodens:		
(Locker-)Syrosem aus Kokereirückständen über Relikt-Parabraunerde aus Sandlöß	Technolith aus Kokereirückständen über Relikt-Parabraunerde aus Sandlöß	Relikt-Parabraunerde-Intrusol aus Kokereirückständen über Sandlöß

4 Bezeichnung des vorgestellten Industriebodens

Mit der Verwendung des bisher im Arbeitskreis Stadtböden eingeführten Bodentyps **Intrusol** können die bei diesem Boden im Vordergrund stehenden Verlagerungsprozesse und Merkmale hinreichend beschrieben werden. Aus der Sicht des hier behandelten Bodens liegt die Einstufung als Intrusol nahe. Dafür sprechen im speziellen folgende Gründe:

- Durch den anthropogenen Auftrag und die Verlagerung wurde die liegende Parabraunerde in ihrem chemischen Stoffbestand bis in eine Tiefe von 2 m erheblich verändert. Die Verlagerung der anthropogen eingebrachten Stoffe ist im Profil durch das Berliner Blau gut zu erkennen. Mit der Ausweisung als Intrusol kann neben dem Auftragsboden auch die tiefgreifende Beeinflussung des überdeckten Bodens beschrieben werden.
- Gleichzeitig fand eine tiefreichende Verlagerung (> 2m) kokereispezifischer Stoffgruppen aus dem Boden statt, so daß das Grundwasser ebenfalls eine Belastung aufweist. Diese rezente bis subrezente Verlagerung kann mit der Bezeichnung Intrusol gut gekennzeichnet werden.
- Für die Praxis kann die Bezeichnung Intrusol wichtige Hinweise bezüglich Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen und deren Umfang geben.

Die Verwendung des Bodentyps Intrusol macht die Einführung eines diagnostischen Horizontes notwendig. Hierfür wird die Bezeichnung als **I-Horizontes** vorgeschlagen. Reine Intrusole sind in anthropogenem und natürlichem Substraten oder in Mischungen derselben ausgebildet. Entsprechend der Eindringtiefe der sichtbaren bzw. organoleptisch wahrnehmbaren Stoffe können die Übergangstypen gebildet werden, z.B. Intrusol-Parabraunerde bei <50 cm Eindringtiefe, Parabraunerde-Intrusol bei > 50 cm Eindringtiefe. Die Nennung der verlagerten Stoffe im Bodentyp oder Subbodentyp ist nicht erforderlich, da die Stoffe bzw. Stoffgruppen durch den Substrattyp gekennzeichnet werden.

Mit Anerkennung der rezenten und subrezenten Verlagerung von anthropogener Substanzen als einen pedogenetischen Prozeß erscheint es durchaus diskussionswürdig einen Bodentyp einzuführen. Aufgrund der Industriegeschichte ist der untersuchte Boden repräsentativ für viele Standorte im Ruhrgebiet. Auch dies rechtfertigt die Ausweisung eines eigenständigen Bodentyps. Mit der oben vorgenommenen Ansprache als Relikt-Parabraunerde-Intrusol wurde auf einen bereits diskutierten bzw. bestehenden Bodentyp in der Stadtbodenkunde zurückgegriffen.

Literatur

- Arbeitskreis Stadtböden (1989):** Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). Bundesumweltamt, Texte 1989, Berlin, 162.
- Burghardt, W. (1995):** Zur Gliederung von Stadtböden und ihrer Substrate. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Ges.* 76II, 997-1000.
- Müller, S.B. (jetzt Gehrts) (1996):** Bindungsformen und Mobilität von Cyaiden in zwei Böden des Kokereialtstandortes der Zeche Mont Cenis I/III in Herne/Westfalen. Diplomarbeit (unveröff.), Ruhr-Universität Bochum.
- Schraps, W.G. (1989):** Zur Systematik anthropogener Böden im Ruhrgebiet. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Ges.* 61, 145-148.

Klassifizierung urban-industriell veränderter Böden als Pflanzenstandort

von

Hiller, D. A. und W. Burghardt

Als wichtige Boden- bzw. Substrateigenschaften, die das Wachstum der Pflanzen beeinflussen, werden die Tab. 1 aufgeführten Punkte angesehen. Wenngleich bei den Böden urban-industrieller Ballungsgebiete nicht, wie in agrarisch genutzten Räumen, die Leistungsfähigkeit des Standorts zur Erzeugung pflanzlicher Substanz im Vordergrund des Interesses steht, so haben die oben genannten Punkte weiterhin grundsätzliche Gültigkeit.

Basis zur Ableitung der Bodeneigenschaften der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Stadtböden waren die in Tab.1 aufgeführten Feld- und Labordaten. Auf der Grundlage der bewerteten Bodeneigenschaften von 38 urban-industriell veränderten Bodenprofilen des Ruhrgebiets wurde ein fünf Klassen umfassendes Klassifikationsschema entwickelt (Tab. 2).

Die Umsetzung des Klassifikationsschemas auf das Profilkollektiv von HILLER (1996) ergibt folgende Verteilung:

- Von den untersuchten 38 urban-industriell veränderten Bodenprofilen kann aufgrund der bestehenden Schwermetallakkumulation kein Profil der **Klasse I** zugeordnet werden. Trotzdem ist die Ausweisung einer solchen Klasse sinnvoll. Kommunen gehen immer mehr dazu über, im Rahmen von Umnutzungen oder Wiederherstellungen von Altablagern, Verkehrsflächen- oder Infrastrukturflächen bzw. (Spielplatz-)Sanierungen diese Areale mit unbelasteten Bodenschichten zu überdecken. Dabei wird der künftige Wurzelraum der Begrünung häufig noch mit Komposten versehen.
- In **Klasse II** finden sich vorwiegend Bodenprofile, die aus Grünflächen von Wohnanlagen der 50er Jahre stammen. Die Auftragsschichten enthalten vorwiegend carbonatfreies oder -armes Ausgangssubstrat aus umgelagertem Bodenmaterial bzw. Bergematerial mit Bauschuttbeimengungen. Die Schwermetallanreicherungen sind weitgehend immobil.
- Die Auftragsschichten der Profile, welche in **Klasse III** eingeordnet werden, enthalten zum überwiegenden Anteil carbonathaltiges bzw. alkalisierendes Skelettmaterial, bzw. solches ist mit einer Bodenschicht abgedeckt. Der Wurzeltiefgang ist dort meist gleichzusetzen mit der Mächtigkeit des Bodenauftrages. Auf stillgelegten Bahnanlagen wird durch die Schotterung vor allem die Wasserspeicherkapazität, der Nährstoffvorrat und die Sorptionskapazität deutlich herabgesetzt. Die sukzessive Verfüllung der Skelettzwischenräume mit Aschen, Stäuben und Natursubstrat auf alten Bahnanlagen begünstigt die Ansiedlung einer an Trockenheit angepassten Vegetation.
- Durchgehend mangelhaftes Wasserspeichervermögen infolge des hohen Skelett- und Sandgehaltes sowie eine starke Akkumulation von Schwermetallen ist für die Böden der **Klasse IV** charakteristisch. Weite Bereiche der Halden, Zechen- und Eisenhüttenbrachen, die nur eine flache oder keine Überdeckung von Bergematerial, Bauschutt, Aschen oder Schlacken besitzen,

sind zunächst nur von Pionierarten besiedelbar. In diese Klasse sind auch aufgelassene Bahnanlagen einzuordnen, die nach 1970 in Betrieb genommen und auf denen keine kohlegefeuerten Lokomotiven gefahren wurden. Diese Schienentrassen besitzen vorwiegend keine bzw. erst sehr geringe Feinsubstratverfüllung der Schotterzwischenräume.

- Die Standorte der Klasse V sind in der Mehrzahl aus carbonathaltigem bzw. alkalisierendem Ausgangssubstrat aufgebaut, das häufig verfestigt ist (z.B. Bolzplätze, ehemalige Wegflächen, Fundamentbereiche u.a. oder Areale von Kokereien mit ausgelaufenen, polymerisierten Teerölen. Eine weitere Ursache ist häufig das Fehlen von Feinsubstrat (z.B. auf jungen Gleisanlagen), was eine erfolgreiche Keimung bzw. Wasser- und Nährstoffspeicherung verhindert. Erste Pioniervegetation solcher Standorte sind Moose

Tab. 1: Bodeneigenschaften zur Kennzeichnung der Standortmerkmale und Bewertungsgrundlagen zur Ableitung der Eignung von Stadtböden als Pflanzenstandort		
Bodeneigenschaft	Kennzeichnung eines fruchtbaren Bodens	Bewertungsgrundlage
1. Durchwurzelbarkeit	Große Profiltiefe; ausreichende Wurzelzone und großes Bodenvolumen für Nährstoffaufnahme	Physiologische Gründigkeit (Wp): Wurzeltiefgang gemäß Feldaufnahme, Bewertung nach AG BODENKUNDE (1994)
2. Textur und Struktur	Mittlere Körnung und gute Struktur als wichtige Faktoren für günstige Porenverteilung bestimmen Durchwurzelbarkeit, Wasserdurchlässigkeit und -speicherung sowie Durchlüftung	Nutzbare Feldkapazität im durchwurzelten Raum (nFKWe): Ableitung aus Bodenart und Skelettgehalt, Bewertung nach AG BODENKUNDE (1994)
3. Bodenreaktion	Optimaler pH-Wert hat Einfluß auf Struktur des Bodens und die Verfügbarkeit vieler Nähr- und Schadstoffe	Ökologische Gruppierung nach Pufferbereichen entsprechend ULRICH (1981)
4. Nährstoffgehalt	Hoher Gehalt an Nährstoffreserven und optimaler Gehalt an mobilen Nährstoffen bedingen gute Versorgung der Pflanze mit verfügbaren Nährstoffen	N- und P-Gesamtgehalte sowie potentiell pflanzenverfügbare P-, K- und Mg-Gehalte, Bewertung siehe HILLER (1996)
5. Humusgehalt/-zusammensetzung	Relativ hoher Gehalt an nährelementreichem, sorptionsstarkem Humus hat günstigen Einfluß über Struktur, Sorption, Nährstoffe, Bodenleben	Aufgrund mangelnder Trennschärfe zwischen Humus und Kohle durch die Labormethoden wurde keine Bewertung durchgeführt
6. Sorptionseigenschaften	Hohe Sorptionsfähigkeit bedingt starke Speicherung von Nährstoffen in lockerer Bindung: Pufferung gegen Überangebot, Schutz vor Auswaschung	Potentielle Kationenaustauschkapazität, Bewertung siehe HILLER (1996)
7. Gehalt an schädlichen Stoffen	Abwesenheit anorganischer und organischer toxischer Stoffe	Schwermetallgesamtgehalt, Bewertung auf der Basis der nutzungs- und schutzgutbezogenen Orientierungswerte für Schadstoffe in Böden, Schutzgut Mensch (BW I-III), nach EIKMANN und KLOKE (1993)

Tab. 2: Klassifikationsschema zur Eignung von Stadt- und Industrieböden des Ruhrgebietes (ohne kapillaren Grundwasseranschluß) als Pflanzenstandort

Klasse I: Weitgehend uneingeschränkte Eignung als Pflanzenstandort		
	0 - 3 dm	> 3 - 10 dm
pot. Durchwurzelbarkeit	mittel bis tief	
nFKWe	vorwiegend mittel bis hoch	
pH _{H2O}	6 - 6,5	6,5 - 5,5
Nährstoffgehalte	hohe und verfügbare Vorräte	hohe und verfügbare Vorräte
KAK	hoch	vorwiegend mittel bis ausreichend
Schwermetalle	unter BW I	
Klasse II: Frischer Pflanzenstandort, weitgehend uneingeschränkte Eignung		
pot. Durchwurzelbarkeit	mittel bis tief	
nFKWe	vorwiegend mittel	
pH _{H2O}	6 - 6,5	6,5 - 5,5
Nährstoffgehalte	hohe und verfügbare Vorräte	hohe und verfügbare Vorräte
KAK	hoch	vorwiegend mittel bis ausreichend
Schwermetalle	zumeist > BW I und < BW III	
Klasse III: Ausreichende Standorteignung für vorwiegend trockenstrebtolerante Begrünung		
pot. Durchwurzelbarkeit	mittel bis tief	
nFKWe	meist gering	
pH _{H2O}	7 - 5,0	7 - 5,0
Nährstoffgehalte	mittlere bis geringe verfügbare Vorräte	mittlere bis geringe verfügbare Vorräte
KAK	mittel bis gering	mittel bis gering
Schwermetalle	vorwiegend > BW III	
Klasse IV: Starke Standortrestriktionen, primärer Standort für Pioniergesellschaften		
pot. Durchwurzelbarkeit	vorwiegend flach	
nFKWe	gering bis sehr gering	
pH _{H2O}	vorwiegend > 5,0	< 7 - 5,0
Nährstoffgehalte	mittlere verfügbare Vorräte	mittlere verfügbare Vorräte
KAK	gering	gering bis mittel
Schwermetalle	zumeist > BW III	
Klasse V: Sehr starke Standortrestriktionen, teilweise auch für Pioniergesellschaften		
pot. Durchwurzelbarkeit	keine bis flach	
nFKWe	gering bis sehr gering	
pH _{H2O}	z.T. > 9; i.R. < 5 - 3,5	< 5 - 3,5
Nährstoffgehalte	geringe verfügbare Vorräte	mittlere bis geringe verfügbare Vorräte
KAK	gering	gering
Schwermetalle	zumeist > BW III	

Basis zur Ableitung der Bodeneigenschaften der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Stadtböden waren die in Tab.1 aufgeführten Feld- und Labordaten. Auf der Grundlage der bewerteten Bodeneigenschaften von 38 urban-industriell veränderten Bodenprofilen des Ruhrgebiets wurde ein fünf Klassen umfassendes Klassifikationsschema entwickelt (Tab. 2).

Die Umsetzung des Klassifikationsschemas auf das Profilkollektiv von HILLER (1996) ergibt folgende Verteilung:

- Von den untersuchten 38 urban-industriell veränderten Bodenprofilen kann aufgrund der bestehenden Schwermetallakkumulation kein Profil der **Klasse I** zugeordnet werden. Trotzdem ist die Ausweisung einer solchen Klasse sinnvoll. Kommunen gehen immer mehr dazu über, im Rahmen von Umnutzungen oder Wiederherstellungen von Altlagerungen, Verkehrsflächen- oder Infrastrukturf lächen bzw. (Spielplatz-)Sanierungen diese Areale mit unbelasteten Bodenschichten zu überdecken. Dabei wird der künftige Wurzelraum der Begrünung häufig noch mit Komposten versehen.
- In **Klasse II** finden sich vorwiegend Bodenprofile, die aus Grünflächen von Wohnanlagen der 50er Jahre stammen. Die Auftragsschichten enthalten vorwiegend carbonatfreies oder -armes Ausgangssubstrat aus umgelagertem Bodenmaterial bzw. Bergematerial mit Bauschuttbeimengungen. Die Schwermetallanreicherungen sind weitgehend immobil.
- Die Auftragsschichten der Profile, welche in **Klasse III** eingeordnet werden, enthalten zum überwiegenden Anteil carbonathaltiges bzw. alkalisierendes Skelettmaterial, bzw. solches ist mit einer Bodenschicht abgedeckt. Der Wurzeltiefgang ist dort meist gleichzusetzen mit der Mächtigkeit des Bodenauftrages. Auf stillgelegten Bahnanlagen wird durch die Schotterung vor allem die Wasserspeicherkapazität, der Nährstoffvorrat und die Sorptionskapazität deutlich herabgesetzt. Die sukzessive Verfüllung der Skelettzwischenräume mit Aschen, Stäuben und Natursubstrat auf alten Bahnanlagen begünstigt die Ansiedlung einer an Trockenheit angepassten Vegetation.
- Durchgehend mangelhaftes Wasserspeichervermögen infolge des hohen Skelett- und Sandgehaltes sowie eine starke Akkumulation von Schwermetallen ist für die Böden der **Klasse IV** charakteristisch. Weite Bereiche der Halden, Zechen- und Eisenhüttenbrachen, die nur eine flache oder keine Überdeckung von Bergematerial, Bauschutt, Aschen oder Schlacken besitzen, sind zunächst nur von Pionierarten besiedelbar. In diese Klasse sind auch aufgelassene Bahnanlagen einzuordnen, die nach 1970 in Betrieb genommen und auf denen keine kohlegefeuerten Lokomotiven gefahren wurden. Diese Schienentrassen besitzen vorwiegend keine bzw. erst sehr geringe Feinsubstratverfüllung der Schotterzwischenräume.
- Die Standorte der **Klasse V** sind in der Mehrzahl aus carbonathaltigem bzw. alkalisierendem Ausgangssubstrat aufgebaut, das häufig verfestigt ist (z.B. Bolzplätze, ehemalige Wegflächen, Fundamentbereiche u.a. oder Areale von Kokereien mit ausgelaufenen, polymerisierten Teerölen. Eine weitere Ursache ist häufig das Fehlen von Feinsubstrat (z.B. auf jungen Gleisanlagen), was eine erfolgreiche Keimung bzw. Wasser- und Nährstoffspeicherung verhindert. Erste Pioniervegetation solcher Standorte sind Moose

Literatur:

AG BODENKUNDE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. **Eikmann, T. und A. Klope** (1993): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe in Böden. Bodenschutz Nr. 3590, 1-26, Erich Schmidt, Berlin. **Hiller, D.A.** (1996): Merkmale und chemische Eigenschaften urban-industriell beeinflusster Böden des Ruhrgebietes. Habilitationsschrift am Fachbereich 9, Bio- und Geowissenschaften, Landschaftsarchitektur der Universität-GH Essen.

Sorptionseigenschaften ausgewählter Skelettbestandteile von Stadtböden

von

Kahle, P. und M. Sokoll⁺

Problematik

Böden städtischer Verdichtungsräume sind durch eingeschränkte natürliche Bodenfunktionen charakterisiert. Als eine Ursache hierfür kommen künstliche Aufträge in Frage, die insbesondere in den Böden kriegszerstörter Städte Skelettreichtum bewirken.

Bisher vorliegende Arbeiten zum Fragenkomplex Genese, Ökologie und Nutzungspotential dieser Böden konzentrieren sich auf die Feinerde. Das Bodenskelett, das in Stadtböden in erheblichen Anteilen vorkommen kann, wird bislang nur unzureichend berücksichtigt.

Vor diesem Hintergrund wurden ausgewählte Bestandteile des Bodenskeletts einer näheren Betrachtung zugeführt mit dem Ziel, ihren Beitrag zur Ausprägung von Bodeneigenschaften besser abschätzen zu können. Als Prüfkriterium wurde die als Maß für das Nährstoff- und Schadstoffspeichervermögen aufzufassende Kationenaustauschkapazität (KAK) herangezogen. In methodischer Hinsicht sollte die Anwendbarkeit des Methylenblauverfahrens nach PETER und MARKERT (1961) zur Bestimmung der KAK ausgewählter Skelettkomponenten getestet werden.

Untersuchungsmaterial

Gegenstand der Untersuchung waren ca. 60 Proben der Skelettkomponenten Ziegel, Mörtel, Plast, Keramik, Glas, Schlacke, Holz u.a.. Sie entstammen den im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Stadtböden“ am Standort Rostock angelegten Leitbodenprofilen (Bauschutt, Hausmüll) bzw. stellen Einzelproben dar, die verschiedenen Ausgrabungsstätten im Rostocker Altstadtgebiet (Standorte: Petrikirche, Fischbank, Katharinenstift, Große Wasserstraße) im Zeitraum 1993-94 entnommen und durch den Stadtarchäologen datiert wurden.

Hauptaugenmerk wurde auf Ziegelmaterialien als dominierendes technogenes Substrat im Stadtgebiet von Rostock gelegt. Die einbezogenen Untersuchungsmaterialien unterscheiden sich im Hinblick auf Alter, Herkunft und visuelle Eigenschaften (s. Tab. 1).

Zu Vergleichszwecken wurden fabriekneue Ziegel bzw. deren Rohstoffe in die Betrachtungen einbezogen.

Methodik

Zur Bestimmung der Kationenaustauschkapazität wurde das von PETER et al. (1959) für natürliche Böden entwickelte Methylenblauverfahren genutzt, bei dem die KAK des Bodens nach Ausschüttelung mit einer gepufferten Methylenblaulösung (0,25 %) über Lichtintensitätsmessung

⁺ Universität Rostock, Institut für Bodenkunde, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock

(Wellenlänge 640 nm, Schichtdicke der Küvette 5 mm) am Spektrofotometer kalkuliert wird. Die Vorbehandlung der Proben umfaßte die manuelle Trennung der Komponenten, die Trocknung an der Luft und die Herstellung der Korngrößenfraktion < 2 mm.

Tab.1: Einbezogene Untersuchungsmaterialien

1. Leitbodenprofile

Standort	Komponenten	Entnahmetiefe (cm)
Petrikirche (Pararendzina aus Bauschutt)	Ziegel, Mörtel, Ziegel-Mörtel-Mischung, Schlacke, Holz	35 - 120
Diedrichshäger Moor (Reduktosol aus Hausmüll)	Dachpappe, Keramik, Glas, Plast, Schlacke, Kohle, Holz	0 - 75

2. Einzelproben

Standort	Komponenten	Alter (Jahrhundert)
Katharinenstift	Ziegel	13., 14., 19.
Fischbank	Ziegel	13./14., 14./16., 15./16., 19.
Petrikirche	Ziegel	13./14.
Große Wasserstraße	Ziegel	15./16

3. Vergleichsmaterialien

Standort	Komponenten
Ziegelei Woldegk	Ziegel (neu, unterschiedliche Farbe)
	Rohstoffe

Ergebnisse

Tab.2: KAK qualitativ unterschiedlicher Skelettkomponenten
(Korngrößenfraktion < 2 mm)

Skelettkomponente	KAK (mmolc/100g)
Ziegel	0,7 - 4,0
Mörtel	1,4 - 15,7
Holz	7,4 - 46,8
Schlacke	0,9 - 4,7
Plast	1,9
Kohle	6,4
Dachpappe	4,1
Keramik	0,75
Glas	0,8

- Die Substrate Glas, Keramik und Plaste sind sorptionsschwächer (KAK < 2 mmolc/100g) als Dachpappe, Kohle und Schlacke (KAK < 6 mmolc/100g). Am sorptionsstärksten erwies sich Holz.
- Die im Rostocker Stadtgebiet verbreitet vorkommenden Ziegel- und Mörtelmaterialien sowie deren Mischungen sind durch stark variierende Kationenaustauschkapazitäten charakterisiert (KAK: 0,7 - 15,7 mmolc/100g)

- Als Ursache dafür kommen die stoffliche Zusammensetzung und die Oberflächenbeschaffenheit der Substrate sowie die daraus resultierende Zugänglichkeit der Austauschplätze in Frage.

- Der stoffliche Aspekt wird am Beispiel des Substrats Mörtel deutlich: Die im Bereich der „Fischbank“ im 14./16. Jahrhundert verwendeten Lehmörtel weisen deutlich höhere KAK (ca. 15 mmol./100g) als die auf der Basis der Zuschlagsstoffe Kies und Sand sowie entsprechender Bindemittel hergestellten Mörtel (KAK: 1,4 - 1,7 mmol/100g) im Bereich der Petrikerche auf.

- Die am Beispiel der Ziegelmaterialien vorgenommene Prüfung zum Einfluß der Farbe (Brenntemperatur), des Alters und der verwendeten Rohstoffe auf das Kationenaustauschvermögen zeigte:

* Zwischen der durch die Brenntemperatur bestimmten Farbe und der KAK der Ziegel existiert keine Beziehung. Das belegen die mittleren KAK der nach Farben zusammengefaßten Ziegel:

gelb: 1,10 mmol/100g orange: 1,28 mmol/100g rot: 2,11 mmol/100g

In jeder Gruppe ist vom Einfluß weiterer Faktoren auszugehen, darunter vom nicht nachvollziehbaren Farbmittelzusatz.

* Mit zunehmendem Alter der Ziegel und damit verbundenen Verwitterungserscheinungen deutet sich eine Zunahme der spezifischen Oberfläche und somit der KAK an (s. Tab. 3). Eine eindeutige Zuordnung war aufgrund der gleichzeitigen Wirkung und der Überlagerung weiterer Einflußfaktoren nicht sichtbar.

Tab.3: KAK von Ziegelmaterialien unterschiedlichen Alters
(Korngrößenfraktion < 2 mm)

Alter	KAK (mmol/100g)
1. Hälfte 13. JH	3,94
Mitte 13. JH.	1,26
14. JH.	1,16
Mitte 19. JH.	1,24
um 1866	1,00
Lochziegel 19. JH.	0,97
Ende 19. JH. (Reichsformatziegel)	0,98

* In Abhängigkeit vom Einbauort der Ziegel (ober-oder unterirdisch, Außen-oder Innenseite von Gemäuern) ist von unterschiedlichen Bedingungen für Durchfeuchtung, Trocknung, Frost, Sonneneinstrahlung, Kontakt zur Bodenmatrix und somit der Verwitterbarkeit der Substrate auszugehen.

* Die Qualität der zur Ziegelherstellung verwendeten Lehm- und Tonmaterialien bestimmt die KAK der daraus hergestellten Produkte maßgeblich mit, was die Angaben der Tabelle 4 belegen.

Tab.4: KAK von Ziegelrohstoffen und daraus gefertigten Ziegeln
(Korngrößenfraktion < 2 mm)

Material	KAK (mmolc/100g)
Ziegel (rotbraun-bunt)	0,713
Rohstoff	40,80
Ziegel (rot)	1,307
Rohstoff	29,71
Ziegel (gelb-grün)	0,803
Rohstoff	155,31

* Gebrannte Ziegel können als sorptionsschwach angesehen werden. Ihre KAK ist deutlich geringer als die der verwendeten Rohstoffe.

Schlußfolgerungen

- * Das Methylenblauverfahren ist zur Abschätzung des Kationenaustauschvermögens verschiedener Skelettkomponenten prinzipiell geeignet.
- Entsprechend der in der Bodenkundlichen Kartieranleitung (1994) für mitteleuropäische Mineralböden ausgewiesenen Klassifikationsmöglichkeit ist die Kationenaustauschkapazität der geprüften Komponenten technogener Substrate zumeist sehr gering bis gering.
- Aus der KAK der Einzelkomponenten kann nicht auf die KAK des Gesamtskeletts geschlossen werden, ohne die Mengenanteile und -verhältnisse zu berücksichtigen. Zur weiteren Abklärung der Rolle des Bodenskeletts sollte für die Beurteilung der Sorptionseigenschaften von Böden städtischer Verdichtungsräume ein repräsentativer Ausschnitt des Gesamtskeletts erfaßt und analysiert werden.
- Die KAK von Ziegeln leitet sich aus einem Komplex unterschiedlicher Faktoren (Rohstoffe, Alter, Nutzung, Brenntemperatur u.a.) ab, die gleichzeitig oder nacheinander wirken, sich gegenseitig unterstützen oder hemmen. Daher bleiben die aufgestellten Beziehungen zwischen einer Einflußgröße und der KAK ohne eindeutige Aussage.
- Die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit qualitativ unterschiedlicher Komponenten von Substraten nach visuellen Merkmalen vermag erste wichtige Hinweise zur Abschätzung des Kationenaustauschvermögens zu liefern.

Literatur

Peter, H.; Markert, S.; Gericke, G.: Die Bestimmung der Sorptionseigenschaften von Böden mit Methylenblau. Z. f. landw. Versuchs- und Untersuchungswesen, 5 (1959), 165-172

Methodische Untersuchungen zur Anwendbarkeit des Methylenblauverfahrens bei Stadtböden

von

Kahle, P. und B. Piltz⁺

Einleitung und Zielstellung

Bei bodenkundlichen Fragestellungen wird die Kationenaustauschkapazität (KAK) als Maß für die Gesamtheit sorbierter Kationen im Boden häufig zur Einschätzung seiner Filter-, Puffer- und Transformationsfunktion herangezogen. Zur Bestimmung dieser Kenngröße sind in der Laborpraxis verschiedene Verfahrensprinzipien gebräuchlich. Generell lassen sich Perkolations- und Ausschüttelungsverfahren unterscheiden. Im Rahmen des BMBF-Projektes „Stadtböden“ eingeleitete methodische Untersuchungen haben zum Ziel, die Eignung des aus der Literatur (PETER et al., 1959) bekannten Methylenblauverfahrens zur Bestimmung der KAK an ausgewählten Böden des Rostocker Stadtgebietes zu testen, die Reproduzierbarkeit der Untersuchungsergebnisse zu prüfen und auf effektive Gestaltungsmöglichkeiten einer serienmäßigen Untersuchungstätigkeit für bestimmte Anwendungsbereiche hinzuweisen.

Untersuchungsobjekte

Das Untersuchungsmaterial bilden 22 über das gesamte Stadtgebiet von Rostock verteilte Leitprofile mit insgesamt 93 Horizonten. Sie entsprechen den Nutzungsweisen: Garten (6 Profile), Park (4 Profile), Friedhof (2 Profile) und Wohnbebauung (10 Profile), letztere in die im Stadtkern vorkommende Blockbebauung und die Zeilenbebauung der Neubaugebiete in Stadtrandlage unterteilt.

Kurzkennzeichnung der Verfahrensprinzipien

Methylenblauverfahren: Boden mit gepufferter 0,25 % iger Methylenblaulösung 2 Stunden schütteln, sedimentieren lassen, Extinktion der überstehenden Lösung kolorimetrisch messen.

Mehlichverfahren: Perkolations des Bodens mit gepufferter Austauschlösung (Triäthanolamin und Bariumchlorid), Rücktausch Ba^{2+} gegen Mg^{2+} , Fällung von Ba^{2+} als Bariumchromat; Titration des überschüssigen Ammoniumchromats.

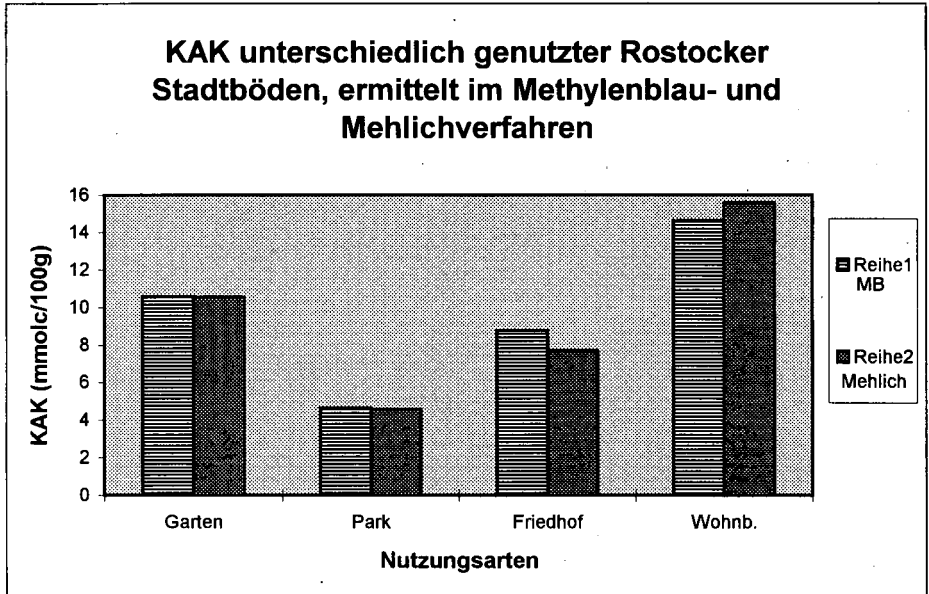
Ergebnisse

* Die Fähigkeit der untersuchten Böden zur Kationensorption variiert in einem weiten Bereich. Dieser Effekt zeigt sich innerhalb eines Bodens, beim Vergleich von Böden gleicher Nutzung und bei unterschiedlich genutzten Böden. Ausdruck dafür sind die mittleren Werte der KAK im Bereich von

⁺Universität Rostock, Institut für Bodenkunde, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock

1,9 bis 141,2 mmol./100g. Bedingt durch die Humusakkumulation in der Krume weisen die Oberböden ($x = 13,6$ mmol./100g) erwartungsgemäß zumeist höhere KAK auf als die Unterböden ($x = 10,4$ mmol./100g), in der Krume. Als Ursache für die teilweise in großer Bodentiefe festgestellten erhöhten KAK (max. 68,2 mmol./100g) kommen die Erfassung begrabener A-Horizonte bzw. Torfhorizonte oder erhöhte Tongehalte im Unterboden in Frage.

* Die nach 2 verschiedenen Verfahrensweisen ermittelte KAK unterschied sich bei 75 % der untersuchten Proben weniger als 3 mmol./100g. Mit größeren Abweichungen ist bei sorptionsstarken Böden zu rechnen, ohne eindeutige Zuordnung zu einer Methode.



* Die Prüfung der Reproduzierbarkeit der Befunde mittels Korrelations- und Regressionsrechnung ergab für das Gesamtmaterial einen Korrelationskoeffizienten von 0,9600 und einen Regressionskoeffizienten von 1,18. Das bedeutet, daß sich die nach den Verfahren Mehlich und Methyleneblau ermittelten KAK annähernd entsprechen und eng miteinander korreliert sind. Damit wird die Möglichkeit zur Übertragung der von PETER et al. (1959) für natürliche Böden aufgestellten Faktoren zur Umrechnung der MB-Sorption auf vollständigen Umtausch auf Stadtböden mit stark variierenden Eigenschaften aufgezeigt.

* Dieses Ergebnis findet bei differenzierter Betrachtung des Untersuchungsmaterials -geordnet nach Nutzungsweisen - prinzipiell Bestätigung. Es zeigte sich folgendes Bild: (vgl. Beispieldarstellungen 1 - 3)

Nutzungsweise	Lineare Regressionsgleichung	Korrelationskoeffizient
Garten	$y = 0,98$	0,8296***
Park	$y = 0,99$	0,9550***
Friedhof	$y = 0,86$	0,9757**
Wohnbebauung	$y = 1,23$	0,9672***

Abb.1: Vergleich der KAK (in mmolc/100g) von Gartenböden, ermittelt nach zwei Verfahrensprinzipien

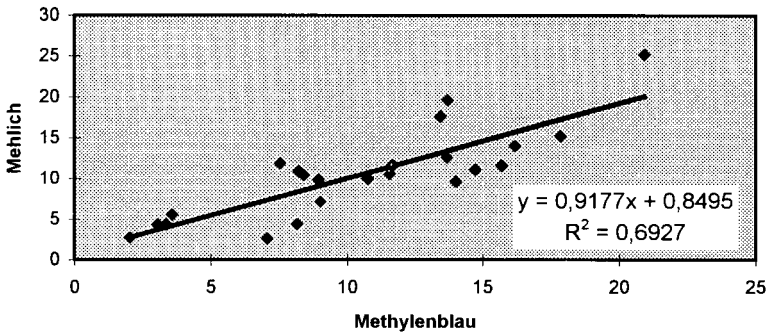


Abb.2: Vergleich der KAK (in mmolc/100g) von Parkböden, ermittelt nach zwei Verfahrensprinzipien

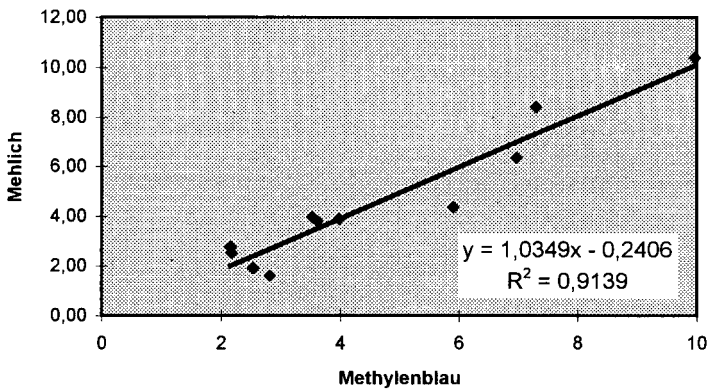
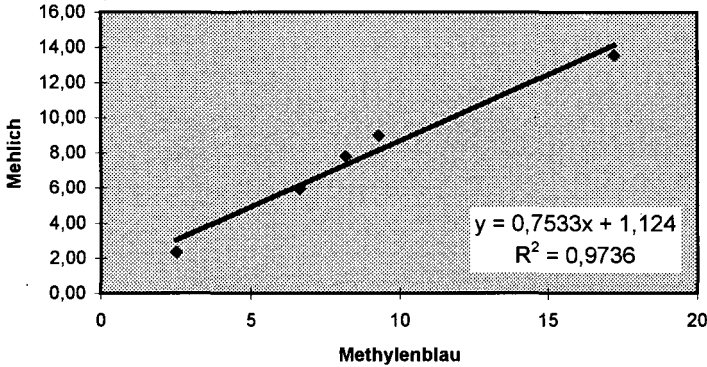


Abb.3: Vergleich der KAK (in mmolc/100g) von Friedhofsböden, ermittelt nach zwei Verfahrensprinzipien



Schlußfolgerung

Das Methylenblauverfahren ist einfach und leicht handhabbar. Der notwendige Arbeits- und Zeitaufwand für die Analysentätigkeit ist vergleichsweise geringer als beim Mehlichverfahren. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse verdeutlichen die Möglichkeit, die aufwendigere Methode nach Mehlich in bestimmten Anwendungsbereichen durch das Methylenblauverfahren zu ersetzen. Bei der Entscheidungsfindung für ein Verfahrensprinzip sollte allerdings auch berücksichtigt werden, daß das Perkulationsverfahren zusätzlich zur KAK die Erfassung austauschbarer sorbierter Kationen und die Kalkulation der Basensättigung erlaubt und somit eine tiefgründigere Kennzeichnung der Sorptionseigenschaften zuläßt.

Literatur

Peter, H.; Markert, S.; Gericke, G.: Die Bestimmung der Sorptionseigenschaften von Böden mit Methylenblau. Z. f. landw. Versuchs- und Untersuchungswesen, 5 (1959), 165 - 172

Herleitung von Kenngrößen zur Schadstoffbelastung des Schutzgutes Boden durch den Straßenverkehr

von

Kocher, B. und D. Prinz

1. Zielsetzung:

Die Schadstoffbelastung der Luft und des Straßenablaufwassers durch den Straßenverkehr ist ein relativ gut untersuchtes Gebiet. In beiden Bereichen existieren Abschätzungsmodelle für die Frachten und Konzentrationen der wichtigsten ausgetragenen Stoffe, die sich zum Teil auch in Richtlinien für die Praxis niedergeschlagen haben (z.B. MLuS-92).

Auch die Bodenbelastung neben Straßen wurde schon häufig untersucht. Aufgrund der vielen zu berücksichtigenden Randbedingungen existiert bis jetzt aber kein Verfahren, das eine quantitative Abschätzung der tatsächlich im Boden akkumulierten Konzentrationen persistenter Schadstoffe erlaubt.

Ein im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen durchgeführtes Forschungsvorhaben soll die Erkenntnisse über die verkehrsbedingten Schadstoffimmissionen an Straßen und über die Schadstoffkonzentrationen in den Böden neben Straßen bündeln und quantitative Aussagen über die Belastung des Schutzgutes Boden durch diese Immissionen ermöglichen. Beispielsweise für Planfeststellungsverfahren soll eine Handlungsanleitung zur besseren Abschätzung der Zusatzbelastung der Böden durch den Straßenverkehr gegeben werden.

Einen eindrücklichen Überblick über die Schadstoffverteilung im Boden neben Straßen hat GOLWER (1991) entwickelt. Er entwarf eine Einteilung in Belastungsbereiche in Abhängigkeit vom Transportprozeß, zu sehen in Abb. 1.

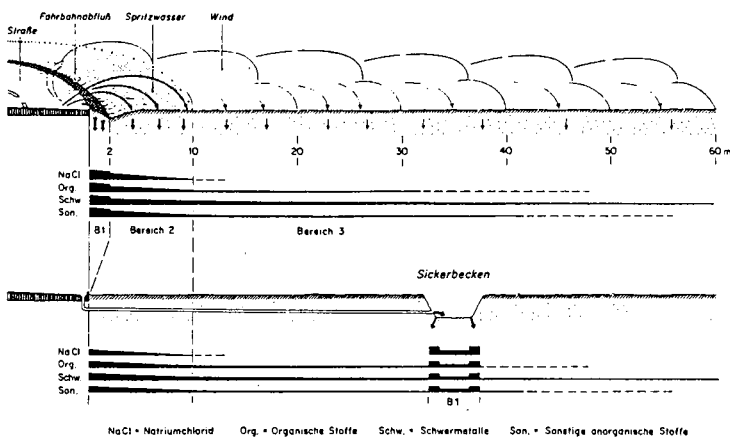


Abb. 1: Belastung von Böden und Grundwasser durch Straßen (Golwer 1978 in GOLWER 1991)

Diese Einteilung in Belastungsbereiche reicht zur Ermittlung von Zeitpunkt und Ausmaß möglicher Grenzwertüberschreitungen jedoch nicht aus.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden durch Literaturo Auswertung und Umfrage bei Umwelt-, Planungs- und Straßenbaubehörden möglichst viele gut dokumentierte Daten über Schadstoffgehalte in Straßenrandböden und die für Transport und Akkumulation wichtigen Randbedingungen erfaßt. Etwa achtzig Untersuchungen aus der nationalen und internationalen Literatur liegen inzwischen vor, darunter auch viele unveröffentlichte Arbeitsberichte mit teilweise sehr umfangreichem Datenmaterial.

Untersuchte Substanzen:

Schwer- und Edelmetalle: *Blei, Cadmium, Zink, Kupfer, Nickel, Chrom, Quecksilber, sowie die Platingruppenelemente (PGE) Platin, Palladium, Rhodium*

Organische Schadstoffe: *PAK, PCDD / PCDF, PCB, C_nH_m, Benzol*

Methodik des Vorgehens

Die Schadstoffgehalte im Boden sollen als Ergebnis der verschiedenen Transportmöglichkeiten in den Boden (ablaufendes Wasser, Spritzwasser, trockene und nasse Deposition) sowie der Transport-, Speicher- und Abbau- bzw. Austragsprozesse im Boden gesehen werden, weil sich durch diese Prozesse die räumliche und zeitliche Konzentrationsverteilung im Boden ergibt. Zur Zeit werden die gut dokumentierten Arbeiten ausgewertet und die Daten in Excel-Tabellen und eine Access-Datenbank eingegeben.

Felder der Datenbank:

Die untersuchten Arbeiten werden auf die folgenden Angaben hin ausgewertet:

- Straßentyp, DTV (=mittlere tägliche Kfz-Anzahl)
- Standortbezeichnung und Anmerkungen, interne Probennummer, Jahr der Probenahme
- Bodennutzung, Abstand vom Straßenrand, beprobte Tiefenstufe
- Aufschluß und Extraktionsverfahren vor der Analyse der anorganischen und organischen Schadstoffe
- Analysemethoden - anorganische / organische Substanzen
- Analyseergebnisse / Konzentrationen der anorganischen und organischen Substanzen
- Ausgangsgestein der Bodenbildung, Bodentyp, Bodenart, Skelettanteil / Trockendichte, pH-Wert, Tonanteil, organische Substanz, Kalkgehalt
- Alter der Straße zum Probenahmezeitpunkt, Zeitpunkt und Art von Aus- oder Umbaumaßnahmen
- LKW-Anteil, Besonderheiten des Fahrverhaltens (häufige Staus - starke Steigung)
- Straßenbelag (Teeranteil), Trassenlage (Eben - Einschnitt - Dammlage), Hochbord vorhanden (ja/nein)
- Jahresmittel des Niederschlages, Windrichtung, Windstärke

Zu pedogenen Oxiden und Hydroxiden, der Kationenaustauschkapazität und dem Redoxzustand der beprobten Böden wurden in fast keiner der ausgewerteten Arbeiten Angaben gemacht, obwohl diese Faktoren zur Beurteilung des Schadstoffbindungsvermögens bedeutsam sind.

Die Datenbank umfaßt bisher ca. 3500 Datensätze für Schwermetallkonzentrationen (Bodenproben mit jeweils 1-8 Schwermetallanalysedaten) und ca. 400 Datensätze für Platingruppenelemente. Der Aufbau der Datenstruktur für die Eingabe der organischen Substanzen und dazugehörigen Parameter ist momentan in Bearbeitung.

Vergleichbarkeit

Verschiedene Faktoren sind als problematisch für die Vergleichbarkeit der ausgewerteten Untersuchungen anzusehen:

- Der zeitliche Verlauf der Immissionen und Emissionen ist nicht gleichbleibend, sondern instationär. Er soll aus dem zeitlichen Verlauf der Kfz-Zahlen (DTV) und dem zeitlichen Verlauf der Gehalte von Problemstoffen in Kraftstoff, Öl, Bremsbelägen sowie aus Emissions- und Immissionsmessungen abgeschätzt werden.
- Die Probenahmetiefe der ausgewerteten Untersuchungen sind sehr unterschiedlich. Die meisten Werte liegen für die Entnahmetiefe 0-30 cm vor. Um die übrigen Daten ebenfalls nutzen zu können, soll eine Interpolation der Schadstoffgehalte für den Bereich 0-30 cm stattfinden. Dies muß schadstoffspezifisch und unter Berücksichtigung der mobilitätsbeeinflussenden Bodenparameter gesehen.

- Wegen der schlechten Vergleichbarkeit der Aufschluß- und Extraktionsverfahren scheint eine Beschränkung auf die häufigsten Verfahren (Königswasseraufschluß, 2n HCl-Aufschluß, Ammoniumnitratextraktion) und eine getrennte Auswertung der entsprechenden Meßdaten sinnvoll. Dadurch wären aber etwa 40% der gesammelten Daten für den direkten Vergleich nicht nutzbar.

Abgrenzung von Hintergrund- und Zusatzbelastung

Unter „Hintergrundwert“ wird im folgenden die durchschnittliche geogene und diffuse anthropogene Schadstoffkonzentration im Boden verstanden, unter „Vorbelastung“ eine außergewöhnliche geogene oder emittentenbezogene anthropogene Belastung und unter „Zusatzbelastung“ die durch ein Straßenneubau- oder Ausbauprojekt zu erwartende zusätzliche Schadstoffbelastung. Für den Königswasseraufschluß wird von der linearen Überlagerung von Hintergrundwert und Zusatzbelastung ausgegangen. Das folgende Entscheidungsschema zeigt das Vorgehen zur Abgrenzung der Hintergrundwerte von der Zusatzbelastung für die untersuchten Schwermetalle. Dabei sind

- A = gemessener Schadstoffgehalt** in der weitesten beprobten Entfernung von der Straße
- B = Hintergrundwert nach LABO (1995)**, (50-Perzentil) für den entsprechenden Boden und Standort
- C = Vorbelastung zu erwarten ?** (erhöhte Raum-, emittentenbezogene oder geogene Vorbelastung; 0 = nein, 1 = ja, Ermittlung aus Angaben der AutorInnen und Belastungskarten)

- A wird als Hintergrundwert verwendet, **wenn $A < B$ (mit $C = 0$ oder 1)**
- B wird als Hintergrundwert verwendet, **wenn $A > B$ und $C = 0$** (belasteter Raum neben Straße ist größer als untersuchter Raum)
- A wird als Hintergrundwert verwendet, **wenn $A > B$ und $C = 1$** (belasteter Raum neben Straße ist größer als untersuchter Raum und/oder es handelt sich um ein überdurchschnittlich belastetes Gebiet)

So kann für jede Studie und jeden Schadstoff entschieden werden, welche Schadstoffkonzentrationen als Hintergrundwerte bzw. Vorbelastung in die Berechnung der Zusatzbelastung eingehen sollen.

Erste Ergebnisse

Die Abbildung 2 zeigt das Ergebnis einer ersten Regressionsanalyse für eine Auswahl von Studien. Dargestellt sind die Werte der dort bestimmten Bleikonzentrationen, gegliedert nach Entfernung vom Straßenrand und täglicher Kfz-Zahl (DTV). Die Daten stammen von Bodenproben, die auf Acker, in 0-30 cm Tiefe, vorwiegend auf Löß, entnommen wurden. Es handelt sich um Gesamtgehalte (Königswasseraufschluß), die Hintergrundwerte sind nicht subtrahiert. Als Nachbildung der Verteilung scheinen sich Potenzfunktionen der Form $y = mx^n$ gut zu eignen, wie sie in der Abbildung eingefügt sind.

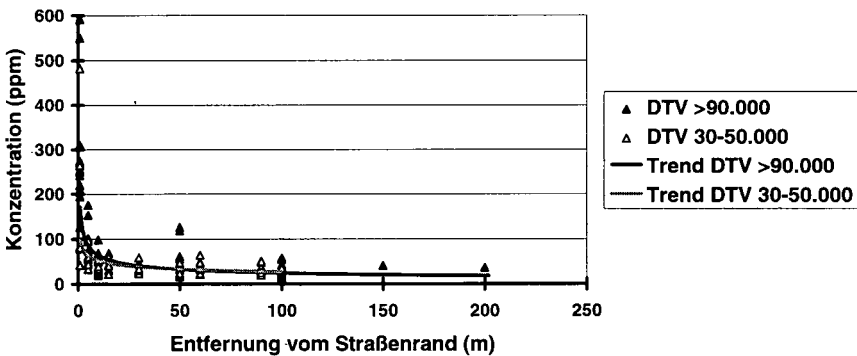


Abb. 2: Bleikonzentrationen im Boden neben Straßen (Acker, 0-30 cm Tiefe, vorwiegend Löß, Königswasseraufschluß).
Quellen: siehe Literaturverzeichnis

Weiteres Vorgehen:

Mit weiterer Differenzierung der vorliegenden Daten nach wichtigen Randbedingungen und mit Hilfe von Verfahren der bi- und multivariaten Analyse soll versucht werden, die bestmöglichen Nachbildung der Konzentrationsverteilung der Schadstoffe im Boden zu ermitteln. Die statistischen Verfahren sollen das Herausfiltern der Variablen, die signifikant zur Aussage über die Schadstoffgehalte beitragen, erleichtern. Diese Variablen werden dann zur Formulierung von Abschätzungsfunktionen für die Schadstoffverteilung im Boden verwendet.

Um die langfristige Belastung des Bodens abzuschätzen und Überschreitungen von Bodenricht- und Grenzwerten zu prognostizieren, soll mit den vorhandenen Daten und Verteilungsfunktionen eine räumliche und zeitliche Extrapolation der Immissionen und Bodenkonzentrationen durchgeführt werden.

Hiermit möchten wir uns bei der Bundesanstalt für Straßenwesen Bergisch-Gladbach für die Auftragserteilung und freundliche Unterstützung sowie bei allen Personen und Institutionen, die uns Daten zur Verfügung gestellt haben, bedanken.

Literatur

- BIOPLAN-Landeskulturgesellschaft (1994, unveröff.):** Bodenuntersuchung entlang A6 von AS Sinsheim bis zur Kreuzung mit B39 nach 2. und 3. VwV des UM Baden-Württemberg v. Sept. 93. Planfeststellungsunterlagen für den Ausbau des Streckenabschnittes Sinsheim-Sinsheim/Steinsfurt., 6 S. + Anhang, Landesamt für Straßenwesen Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1995):** Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPVwV) GMBI (Bundesgesetzblatt) 46 Nr. 32, 671-694, Bonn.
- Fränkle O., Schmotz W., Krintz L., Hertling T., Florinski M., Permtin W., Plochlebkina L., Müller J. (1996):** Handlungsanleitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden, Teil I und II. Umweltbundesamt Texte 26/95, 95 S. + Anhang, Umweltbundesamt, Berlin.
- Golwer A., Schnelder W. (1991):** Belastung von Böden und Grundwasser durch Verkehrswege. Forum Städte-Hygiene 42 September/Oktober, 266-275.
- Kasperowski E., Frank E. (1989):** Boden- und Vegetationsuntersuchungen im Bereich der Scheitelstrecke der Tauernautobahn. Monographien Band 15, 126 S., Umweltbundesamt, Wien.
- LABO Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1995):** Hintergrund- und Referenzwerte für Böden. In: Rosenkranz et al. (Hrsg.), Bodenschutz: Ergänzbare Handbuch, 18. Lfg. V/95, Kap. 9006, 123 S., Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Mikkelsen P.S., Häfliger M., Boller, M. (1995, unveröff.):** Pollution from Two Infiltration Systems for Road Run-Off in Switzerland / Kontamination von zwei schweizerischen Anlagen zur Versickerung von Straßenabwasser. Bericht aus dem EAWAG-Forschungsschwerpunkt "Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung", ca. 90 S., EAWAG, Dübendorf.
- MLuS-92 (1992):** Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen, Teil: Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit, Köln.
- Müller G. (1994, unveröff.):** Die Behandlung des Faktors Boden nach der Eingriffsregelung des § 8 BNatSchG in der landschaftspflegerischen Begeitplanung - dargestellt am Beispiel des Bundesfernstraßenbaus. Diplomarbeit, 87 S., Fak. Geowiss. Ruhr-Universität Bochum, Sept. 1994.
- Radtke U., Galda R., Sauer K.-H. (1990):** Verteilung von Blei und Zink in autobahnnahen Podsolen und Parabraunerden. In: Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Böden - Einträge, Bewertung, Regelungen - Teil 1. 129-150, VDI-Berichte 837, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Schweikle V. (1997, unveröff.):** Schadstoffbelastung an Straßen. unveröffentlichte Meßwerte, ca. 40 S., LfU Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- Schweikle V. (1996):** Schadstoffbelastung an Straßen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 80, 61-64, Oldenburg.
- Umlandverband Frankfurt (1991a):** Umweltschutzbericht Teil V Bodenschutz Band 1: Bodenschutzkonzept des UVF und Bericht über die verkehrsbedingte Bodenschwermetallbelastung im Verbandsgebiet. 72 S., Umlandverband Frankfurt Referat Umweltschutz, Frankfurt.
- Umlandverband Frankfurt (1991b, unveröff.):** Umweltschutzbericht Teil V Bodenschutz Band 1: Datenband mit vollständigen Bodenuntersuchungen, ca. 50 S., Umlandverband Frankfurt Referat Umweltschutz, Frankfurt.
- Unger H.J., Prinz D. (1992):** Verkehrsbedingte Immissionen in Baden-Württemberg - Schwermetalle und organische Fremdstoffe in straßennahen Böden und Aufwuchs. Luft Boden Abfall 19, 191 S., Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Stuttgart 1992.
- Veit-Meya R. (1992, unveröff.):** Untersuchung von Boden und Aufwuchs auf anorganische und organische Schadstoffe im Flurneubaugebiet Stuttgart-Flughafen. Ministerium Ländlicher Raum und Umweltministerium Baden-Württemberg, 22 S. + Anhang, Stuttgart.

Schlacken und Aschen in anthropogenen Stadtböden

von

Mekiffer, B.* und M. Renger**

Einleitung

In anthropogenen Böden treten häufig als technogene Komponenten Schlacken oder Aschen auf. Da Schlacken und Aschen Produkte unterschiedlichster technischer Prozesse sind, variiert die chemische Zusammensetzung dieser Komponenten ebenso wie ihre Belastung mit Schwermetallen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen. Die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der beiden Komponenten, z.B. Kornform und Korngröße beeinflussen ihr Verwitterungsverhalten und damit das Schadstofffreisetzungsvermögen aus Schlacken und Aschen.

Die Ansprache von Schlacken und Aschen wird bei der Bodenkartierung nicht einheitlich gehandhabt. Durch rein prozessorientierte Einteilung dieser technogenen Komponenten nach dem Prinzip "Verhüttung bewirkt Schlackebildung und Verbrennung produziert Aschen" werden häufig Schlacken den Aschen zugeordnet. Das führt zu Fehleinschätzungen der ökologischen Eigenschaften von technogenen Substraten. Grundsätzliche Merkmale von Schlacken und Aschen, Literaturdaten und eigene Analyseergebnisse zur chemischen Zusammensetzung sowie Schadstoffbelastung dieser technogenen Komponenten aus anthropogenen Stadtböden werden vorgestellt, um zur Begriffsbestimmung beitragen zu können.

Entstehung von Aschen und Schlacke

Aschen entstehen bei der Verbrennung natürlicher Rohstoffe oder technischer Produkte unter nahezu vollständiger Oxydation organischer Bestandteile, so daß Aschen im Wesentlichen aus anorganischen Verbindungen bestehen. Ascheverfestigungen können z.B. durch Verkitung von Aschebildnern mit Kalziumkarbonat auftreten.

Schlacken sind ebenfalls Verbrennungsprodukte. Sie entstehen durch Erweichung und Verschmelzung von Rückständen thermischer Prozesse und erstarren bei

Abkühlung [1]. Bei hohen Verbrennungstemperaturen und gedrosselter O₂- Zufuhr kommt es zu bevorzugter Schlackebildung. Die Zusammensetzung der Schlacken ist abhängig vom Ausgangsmaterial und der Prozesstemperatur. So werden z.B. die Rückstände der Müllverbrennung entweder bei Temperaturen von ca. 1000°C gesintert, so daß poröse Schlacken entstehen, oder bei Temperaturen von <1500°C verglast, um eine Schadstoffimmobilisierung zu erreichen. Die Prozesstemperaturen verschiedener Kohlevergasungsverfahren liegen zwischen 650°C und 1500°C [4]. Die Schmelzpunkte der Verbrennungsrückstände werden durch das Vorhandensein von Alkalimetallen herabgesetzt (Beispiel Vergasung von Salzkohlen), so daß unter bestimmten Bedingungen hohe Gehalte unverbrannter organischer Substanz in der Schlacke enthalten sein können. In Schlacken bestimmter Kohlevergasungsanlagen sind verfahrensbedingt 5% Corg vorhanden. Hauptschlackebildner sind Ca-, Mg- und Fe-Verbindungen.

Merkmale von Aschen und Schlacken

Aschen weisen im Wesentlichen Einzelkorngefüge auf. Aschebildner aus der Verbrennung von Pflanzen sind wasserlösliche Kalium- und Natriumkarbonate, -sulfate und -chloride. Die Aschen aus der Verbrennung von Kohlen bestehen hauptsächlich aus Tonmineralen, Eisenoxiden, Sulfaten oder Silikaten. Die Aschebildner liegen größtenteils kristallin vor. Aschen können geringe Korngrößen mit Tongehalten bis zu 40% aufweisen [7]. Das thermische Verhalten in der TG/ DTA/ DTG entspricht dem der einzelnen Aschebestandteile. Wasserabspaltungsreaktionen treten v.a. im Temperaturbereich zwischen 100°C und 500°C auf, wobei z.B. aus wasserhaltigen Ca-Sulfaten Anhydrit entsteht bzw. sich aus wasserhaltigen Al-Hydrosilikaten Kaolinit bildet [6]. Aschen haben ein geringes spezifisches Gewicht. Aschekonglomerate können in thermischen Prozessen auftreten. Sie stellen jedoch im Gegensatz zu Schlacken kein Schmelzgefüge dar, sondern entstehen durch Verkitung bzw. Anwachsen von Mineralen aus der Lösungsphase.

** Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, FG Bodenkunde

* Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, FG Bodenkunde

In der Kohlepetrographie wird der Begriff "Asche" für kohligen Rest benutzt. Er umfasst den gesamten anorganischen Phasenbestand von Roh-

Tabelle 1: Beispiele für Zusammensetzung von Schlacken und Aschen [nach Jubelt/ Schreiter]

Komponente	Mineralbestand [%]	Gefüge	Farbe	Verwendung
Heizölschlacke	Thenardit α - Na_2SO_4 Na-Vanadylvanadat Ni-Fe-Olivin (Ni/Fe)[SiO ₄] Ni-Fe-Spinell (NiFe ₂ O ₄)	feinkristallin	schwarz	tw. als Vanadium-Rohstoff
Hochofenschlacke	Melilith CaNa[AlSiO ₇] Merwinit Ca ₃ Mg[SiO ₄] Dikalziumsilikat	feinkristallin bis glasig	hellgrün, braun, schwarz	Zementzumahlstoff Isoliermaterial, Stra- ßenbaustoff
Braunkohlenschlacke	Pyroxen, 35-60 Magnetit 1-5 Glas 30-50 Quarz 10-30	feinkörnig, hyalokristallin	braun	tw. als Straßenbaustoff
Braunkohlenfilterasche	Glas 35-60 Quarz 2-15 Magnetit u. Hämatit 3-12 Anhydrit 8-20 Kalk 5-10 Koks 1-6	staubförmig, locker	hellgrau bis braun	Zementzumahlstoff, Füllstoffe im Stra- ßenbau, Filtration von Abwasser
Siemens-Martin-Schlacke	Trikalziumsilikat Dikalziumsilikat Wüstit Fe _{(1-x)O} Periklas MgO Manganosit MnO	makroskopisch dicht, mikropor- phyrkörnig	hell- bis dunkelbraun	wenig als Düngemittel, Straßenbaustoff, neu- erdings als Zementzu- mahlstoff

Schlacken sind gekennzeichnet durch ein Schmelzgefüge. Auf Grund dessen ist der Mineralbestand von Schlacken häufig amorph bzw. röntgenamorph. Der Habitus von Schlacken kann sowohl Entgasungsmerkmale wie Grobporen aufweisen (z. B. Sinterung von Rückständen aus Müllverbrennungsanlagen bei ca. 1000°C),

als auch völlig dicht und unstrukturiert erscheinen. Eigene Untersuchungen zum thermischen Verhalten von Schlacken zeigen deutliche Unterschiede zum Umsetzungsverhalten von Aschen auf. So zeigt die Schlacke aus Trümmerschutt während der DTA im Temperaturbereich von 100°C sehr geringe Wasserverluste.

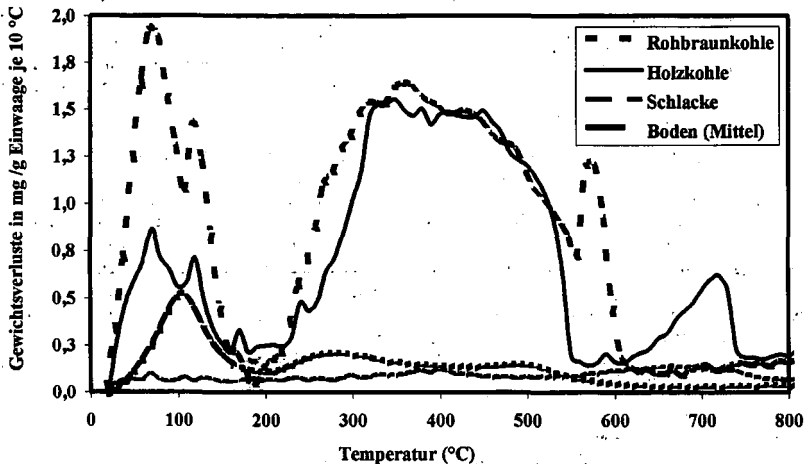


Abbildung 1: Kennzeichnung von Substraten und Komponenten mittels Differentialthermogravimetrie

Im Temperaturbereich >600°C ist dagegen ein Gewichtsverlust festzustellen, der zum Einen auf die Abspaltung von Kristallwasser zurückzuführen sein kann, zum anderen durch Umwandlung von Mineralphasen z.B. unter Abgabe von Schwefel erklärt werden kann (Abb. 1).

Die thermogravimetrisch analysierte Rohbraunkohle und die Holzkohle haben die größten Gewichtsverluste bei 100°C durch Wasserabgabe sowie im T-Bereich von 300-500°C.

Tabelle 2: PAK und Schwermetalle in verschiedenen Schlacken und Aschen anthropogener Stadtböden

Probe	16 PAK (EPA) [mg/kg]	Schwermetallgehalte/ AAS [mg/kg]			
		Pb	Cu	Zn	Fe
Halle Trotha/ Spülaschedeponie (vier Horizontproben)	0,12- 0,30	12,2-19,1	72,9- 106,9	40,8 -72,8	16728-35835
Halle Pulverweiden Kippaschedeponie	0,02- 1,36	0,0- 53,4	18,3- 46,4	4,9- 162,8	2379,7-6159,1
rote Asche/ Hausfeuerung	0,51	280	144,6	435	40715
graue Asche/ Hausfeuerung	Sp.	4080	320,8	1290	13400
Schildhorn/ p9/ Asche, technol. Prozeß unbekannt	sp.	39,5	55,4	65,1	57934,4
Schildhorn/ p12/ Asche, technol. Prozeß unbekannt	0,238	549,7	394,0	580,3	78152,92
Schlacke/ evtl Vergasungsschlacke	99,15	101,45	210,35	212,0	-
Wilh.-aue/O.-Profil, rote Schlacke, vermutl. Hausfeuerung	24,508	201,0	265,1	307,7	29186
HPES Schlacke/ Trümmerschutt	643,64	265,5	568,8	3577,4	79640
Schildhorn/ p13/ Schlacke, technol. Prozeß unbekannt	0,006	0,9	3,3	17,3	60732,5
Freiberg/ Schlacke Grobberghalde Bleiverhüttung	3,046	10610	1396,2	81	44990

Schadstoffgehalte von Schlacken und Aschen aus anthropogenen Stadtböden

Metallhüttenschlacken sind mit Schwermetallen stark kontaminiert, jedoch kaum PAK-belastet [7]. Im Rahmen eigener Stadtbödenuntersuchungen v.a. auf Trümmerschutt und Industrieflächen in Berlin wurden verschiedene Schlacken und Aschen hinsichtlich ihrer PAK- und Schwermetallgehalte analysiert (Tab.2).

Die Ergebnisse verdeutlichen, daß insbesondere die Schlacken aus anthropogenen Stadtböden hohe PAK-Gehalte aufweisen, wobei die Schlacke aus Trümmerschutt mit ca. 644mg/kg TS am stärksten belastet ist. Diese Schlacke ist offensichtlich durch Gebäudebrand während des zweiten Weltkrieges und Verschmelzung verschiedenster Baumaterialien entstanden. Schlacken

dieser Art sind im Trümmerschutt als technogene Komponenten häufig vertreten. Die in diesem Rahmen untersuchten Aschen sind nicht PAK-kontaminiert. Die Schwermetallgehalte erreichen erwartungsgemäß bei der Schlacke aus der Bleiverhüttung die höchsten Werte, jedoch auch eine Asche, die als Horizontprobe auf einer Trümmerschuttfläche genommen wurde und ihrem Habitus entsprechend der Hausfeuerung zuzuordnen ist, weist hohe Schwermetallgehalte auf. Die Zuordnung einzelner Schlacke- und Asche-Komponenten zu bestimmten technologischen Prozessen ist in den sehr heterogenen technogenen Substraten und Stadtböden nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Untersuchung der bodenkundlichen Parameter Glühverlust, Gesamt-C/N (gaschromatographisch) sowie Fe₂O₃- und SiO₂-Gehalt von Schlacken und Aschen ergab, daß beide technogene Komponenten hohe C-Gehalte aufweisen können. Einer-

seits sind diese auf nicht vollständige Verbrennung von organischem Material (z.B. Kohle) zurückzuführen, andererseits lassen sich hohe C-Gehalte in Schlacken evtl. durch Rußauflagen sowie besondere thermische Bedingungen bei Bombardements oder großflächigen Bränden während des II. Weltkrieges erklären. Schlacken haben höhere Fe₂O₃- und SiO₂-Gehalte als Aschen, die Carbonatgehalte sind in den untersuchten Aschen höher.

Tabelle 3: Kennzeichen von Schlacken und Aschen

	Schlacke	Asche
Fe ₂ O ₃ [% des Gesamtmineralbestandes]	10-18	3-8
SiO ₂ [% des Gesamtmineralbestandes]	31-46	3-37
C [%]	7,6-24	5,3-34,19
Glühverlust [%]	6,1-14,94	3,4-31,6
N [%]	0,2-0,3	0,13-0,27
Karbonat [%]	0,5	2,0-3,7

Zusammenfassung

In der KA 4 werden unter der Hauptkomponentengruppe „Schlacke“ Rückstände der metallverarbeitenden Industrie zusammengefaßt. Verschiedene andere technologische Prozesse produzieren ebenfalls Schlacken, die sich in ihren chemischen Parametern von denen der Verhüttung unterscheiden. Die Schlacken der Glasindustrie, der Kohle- und Öl- verarbeitenden Industrie sowie der Müllverbrennung müßten der Hauptkomponentengruppe „Schlacken“ hinzugefügt werden. Anhand der vorgestellten Beispiele (Tab.2) ist ersichtlich, daß Schlacken, die der Kohleveredlung oder Trümmerschutt entstammen, im Gegensatz zu Schlacken der Metallverhüttung mit extrem hohen PAK-Gehalten kontaminiert sein können. Ebenso weisen diese Schlacken häufig hohe C-Gehalte auf. Die in diesem Rahmen untersuchten Aschen der

Braunkohlenverarbeitung und aus Hausbrandanlagen weisen keine Belastung mit PAK auf, sind jedoch tw. mit Schwermetallen stark kontaminiert.

Literatur

1. *Arbeitsausschuß "Vergasung" Deutsche Brennstofftechnische Gesellschaft (1965): Ascheverhalten bei Druckvergasung: Freiburger Forschungsheft A 338*
2. *Arzt, R. (1997): Untersuchungen zum Desorptionsverhalten von PAK-kontaminierten Schlacken. Diplom-Arbeit FU Berlin*
3. *Facklam, M., Mekiffer, B., (1995): Bodenkartierung und Schadstoffbelastung Schildhorn. Bericht*
4. *Falbe, Jürgen (1977): Chemierohstoffe aus Kohle. Georg-Thieme-Verlag Stuttgart*
5. *Jubelt, Rudolf (1976): Gesteinsbestimmungsbuch. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig*
6. *Kalbe, U. (1995): Untersuchungen zum anorganischen Phasenbestand von Braunkohlen und deren Verarbeitungsrückständen. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin*
7. *Meuser, H. (1996): Technogene Substrate als Ausgangsgestein der Böden urban-industrieller Verdichtungsräume. Habilitationsschrift. Schriftenreihe Inst. f. Pflanzenernähr. u. Bodenkunde Universität Kiel, Nr.35*
8. *Renger, M., Mekiffer, B. (1997): Schlußbericht BMBF "Charakterisierung von Trümmerschutt hinsichtlich seiner Belastung mit PAK. Abgrenzbarkeit von Trümmerschutt gegenüber anthropogenen Stadtböden.*

Zur Kennzeichnung der Schwermetallgehalte und ihrer Herkünfte - dargestellt am Beispiel der Stadt Poznan

von

Lewandowski, P.¹, W. Burghardt² und P. Ilnicki¹

1 Einleitung

Schwermetalle liegen als Schadstoffe im Boden natürlich vor oder wurden aus verschiedenen Quellen eingetragen. Solche Quellen können durch typische Begleitelemente sichtbar werden. So wird angenommen, daß die Anreicherung von Schwermetallen aus der Kohleverbrennung mit verstärkter Ba-Immission, aus der eisenschaffenden Industrie mit erhöhten Eisengehalten und Siedlungsabfälle mit Anstieg der P-Gehalte einhergehen. Immissionen des Verkehrs bringen weitere Schwermetalle in die Umwelt. In westeuropäischen Städten überlagern sich diese Wirkungen. Es wird daher im Folgenden versucht, die Beziehungen in einer Stadt mit vermutlich einfachen Belastungsstrukturen aufzuzeigen. Weitere Ergebnisse aus dieser Untersuchung werden in Lewandowski et al. (1996) vorgestellt.

2 Untersuchungsgebiet und Methoden

Die Untersuchung erfolgte an 5 Schnitten durch das Warthetal bei Poznan. Die 1253 gegründete Stadt liegt am Westufer der Warthe. Dabei wurden mehrfach die Aue oberhalb und unterhalb der Stadt sowie an beiden Ufern beprobt (Schnitt I, II, III, IV, V). In einem Schnitt wurden außerhalb der Aue besonders Waldflächen (Schnitt I) erfaßt. In einem weiteren (Schnitt II) vor allem Parkflächen. Schnitt III führte durch die alten Siedlungskerne der Stadt. Somit war ein Vergleich der Nutzungsformen Flußaue, Wald, Park und Altstadt möglich.

Beprobt wurde in 0-5 cm, in der Altstadt in 0-25 cm Tiefe. Dadurch sollten bevorzugt die oberflächennah akkumulierten Einträge erfaßt werden. Die Elemente Fe, Ba, P, Cd, Zn, Pb und Cu wurden im Königswasseraufschluß (DIN 38414) bestimmt. Der pH-Wert wurde in 0,01 mol CaCl₂-Suspension ermittelt.

3 Ergebnisse

Die Böden sind lehmige Sande. Die pH-Werte liegen außer bei 2 Waldstandorten über 5. Verlagerung von Metallen ist daher nur selten zu erwarten. Es zeigen sich aber noch deutliche Niveauunterschiede der pH-Werte zwischen den Nutzungsformen (Abbildung 1a). Kennzeichnend für Stadtböden ist außer den vergleichsweise erhöhten pH-Werten das Auftreten deutlicher Skelettgehalte (Abbildung 1b).

Von den bestimmten Begleitelementen kommt Ba verstärkt in der Altstadt vor (Abbildung 2a). In der Aue ist dies für das westliche Wartheufer der Fall. Eisengehalte treten nur in einigen Standorten der Aue und der Altstadt mit erhöhten Werten auf (Abbildung 2b). Sehr deutlich kennzeichnet Phosphor den Siedlungseinfluß, wie an den Auenböden unterhalb der Stadt und an den Altstadtböden ersichtlich ist (Abbildung 3a).

¹ Akademia Rolnicza, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, 60-594 Poznan, ul. Dabrowskiego 159, Polen

² Universität-GH Essen, Institut für Ökologie, Abteilung Angewandte Bodenkunde, Universitätsstr. 15, 45141 Essen

Die Untersuchung der Schwermetalle ergab für Zink (Abbildung 3b), daß es in der Altstadt und am westlichen Wartheufer angereichert ist. Dieses entspricht auch den Ergebnissen der Ba-Gehalte. Bei Blei (Abbildung 3c) ergab sich noch eine Differenzierung nach Nutzungsformen. Dies ist jedoch wesentlich schwächer ausgeprägt. Auffallend sind jedoch in der Altstadt einige Belastungsschwerpunkte durch Blei. Noch schwächer ist der Nutzungseinfluß bei Kupfer (Abbildung 3d). Auch hier sind in der Altstadt einzelne Belastungsschwerpunkte feststellbar. Ein davon abweichendes Bild der Verteilung zeigt Cadmium (Abbildung 3e). Starke Anreicherung sind nur in der Aue unterhalb der Stadt feststellbar. Vereinzelt schwach erhöhte Gehalte liegen im Wald und der Altstadt vor.

Die Beziehungen von Zink und Phosphorgehalten (Abbildung 4a) machen deutlich, daß Zink ebenso wie Phosphor Indikatoren für eine Belastung des Bodens durch Siedlungstätigkeit sind. Bei Blei besteht zu Phosphor nur in Ausnahmefällen eine Beziehung (Abbildung 4b).

4 Schlußfolgerung

Belastungszentren sind nur für Zink in Altstadt und Aue und für Cd in der Aue erkennbar. Vereinzelt treten daneben in der Altstadt Anreicherungsschwerpunkte von häufiger und bereits im Mittelalter verwendeten Metallen wie Blei und Kupfer auf. Eisen und Blei weisen auf einen bisher nur geringen Einfluß von Industrie und Verkehr als Belastungsquelle hin. Zink, Barium und Phosphor kennzeichnen das Gebiet als durch Hausbrand und Abfälle bzw. in Teilbereichen mit Abwasser belastet. Auf letzteres weisen auch die Cd-Gehalte hin.

Literatur:

Lewandowski, P., W. Burghardt und P. Ilnicki (1996): Metale ciekzkie w glebach doliny Warty w obrebie miasta Poznania. Roczn. Gleb. (im Druck).

Lewandowski, P., W. Burghardt und P. Ilnicki (1997): Schwermetalle in Oberböden des Warthetaales unter städtischen Einfluß. Z.f. Pflanzenern. Bodenkd. (eingereicht).

Danksagung

Die Untersuchungen wurden vom Deutschen Akademischen Austauschdienst gefördert.

Abbildung 3e: Verteilung der Cd-Gehalte der Nutzungsformer

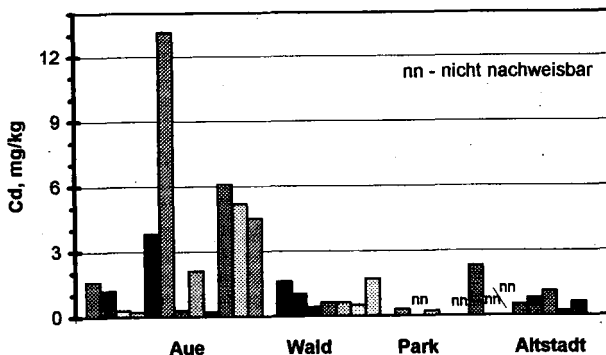


Abbildung 1a: Verteilung der pH-Werte der Nutzungsformen

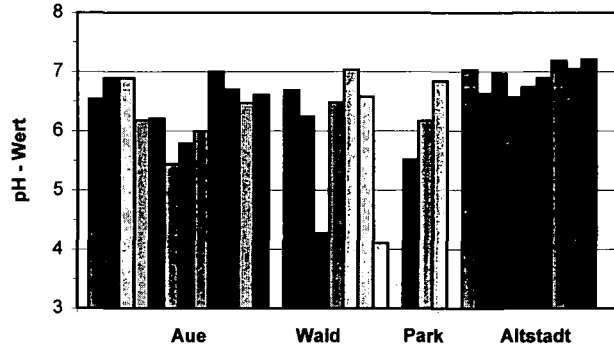


Abbildung 1b: Verteilung der Grobbodengehalte der Nutzungsformen

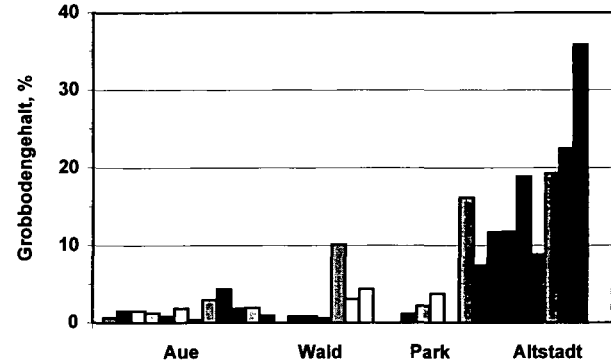


Abbildung 2a: Verteilung der Ba-Gehalte der Nutzungsformen

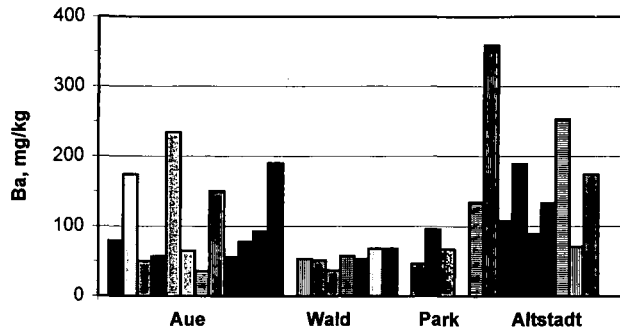


Abbildung 2b: Verteilung der Fe-Gehalte der Nutzungsformen

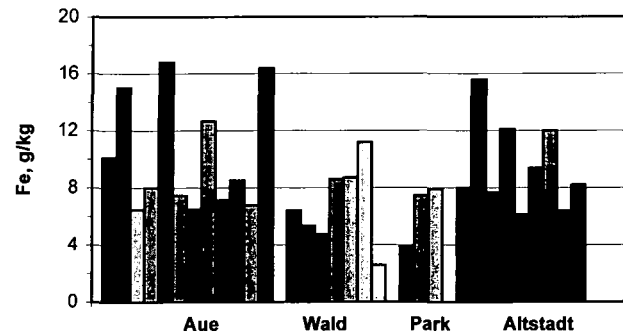


Abbildung 3a: Verteilung der P-Gehalte der Nutzungsformen

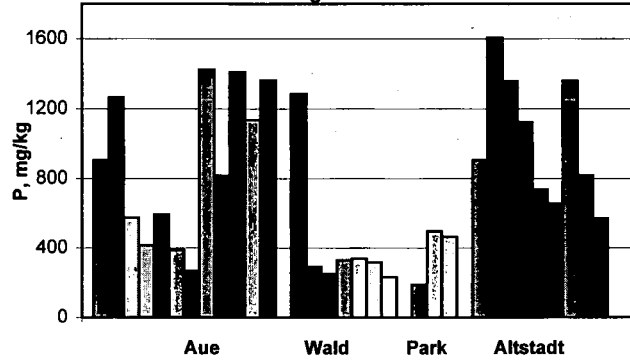


Abbildung 3b: Verteilung der Zn-Gehalte der Nutzungsformen

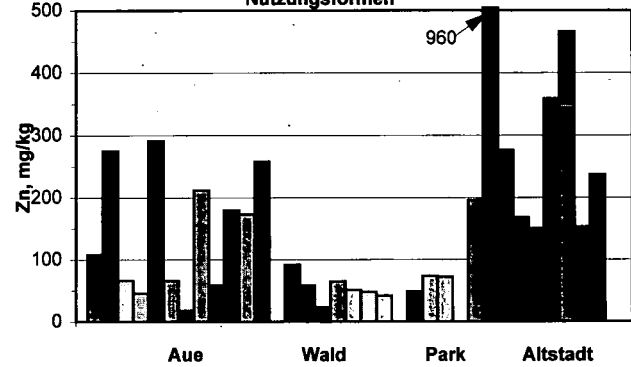


Abbildung 3c: Verteilung der Pb-Gehalte der Nutzungsformen

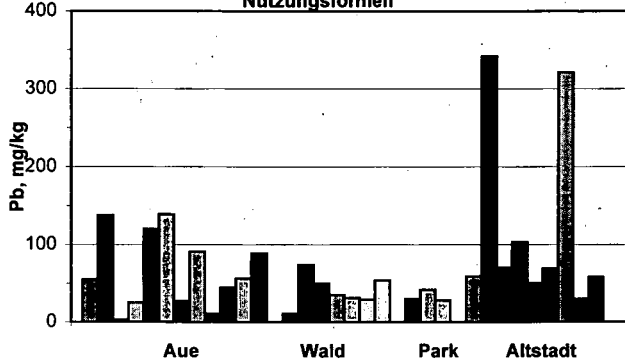
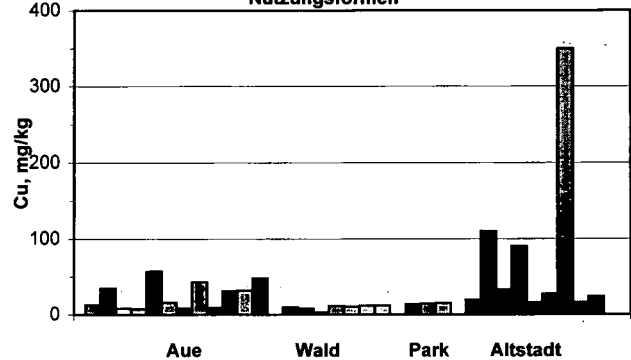


Abbildung 3d: Verteilung der Cu-Gehalte der Nutzungsformen



Auswertung von Bohrungen in der Altstadt von Rostock

von

Tietböhl, P., H. Kretschmer und R. Mulsow

1. Zielstellung

Durch Auswertung bautechnischer Bohrungen und archäologischer Grabungen sollte versucht werden, die Entwicklung des Landschaftsbildes (Reliefs) in der (vorwiegend östlichen) Altstadt von Rostock zurück zu verfolgen, um Aussagen zur Mächtigkeit von Aufschüttungen, zum Substrataufbau und Hinweise zum Siedlungsgeschehen in diesem Gebiet zu ermöglichen (Abb. 1).

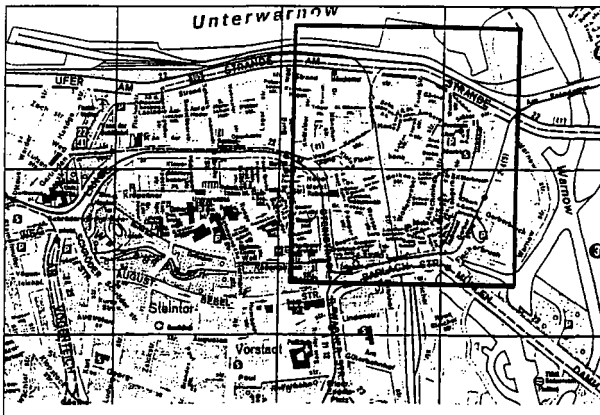


Abb. 1: Innenstadt von Rostock - Eingrenzung des Untersuchungsgebietes

2. Lösungsweg

Es sind archivierte und eigene Bohrungen bis zu 25 m Tiefe sowie archäologische Grabungen aus den Jahren 1931 - 1996 ausgewertet worden. Die unterschiedliche Qualität der Bohrprotokolle (Maßstab, Nomenklatur, Beschreibung) wurde soweit als möglich nach derzeitigem Stand vereinheitlicht. Aus den Bohrprofilen sind Ost-West- und Nord-Süd-Bohrtrassen und daraus Profilschnitte konstruiert und rasterförmig über das Untersuchungsgebiet gelegt worden (Abb. 2).

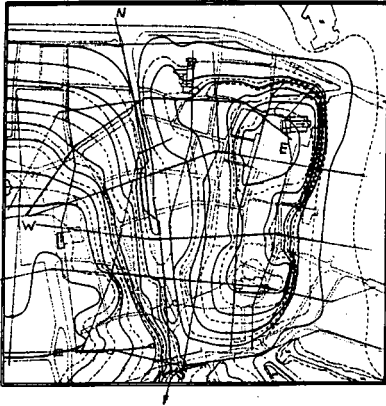


Abb. 2: Heutiges Relief der östlichen Altstadt mit Bohrtrassenraster

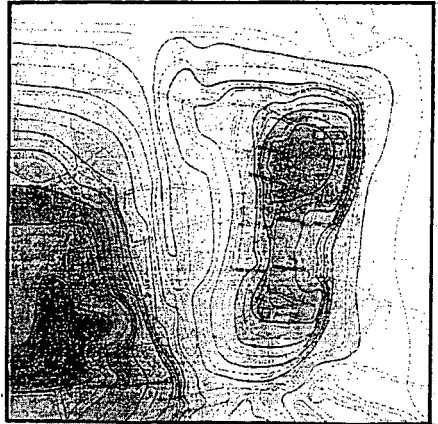


Abb. 3: Relief der heutigen Oberfläche

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Altstadt steht auf 2 relativ stark reliefierten Geschiebemergelkernen (Abb. 6), die von inzwischen versandeten und teils vermoorten Niederungen umgeben sind (Abb. 7). Mit zunehmender Besiedlung wird ein immer stärkerer Reliefausgleich nachweisbar (Abb. 3). Baugrundgewinnungen in den Niederungen führten besonders dort zu mächtigen Aufschüttungen (bis zu 5 m und darüber). Verstärkt wurden die Reliefveränderungen auch dadurch, daß nach diskontinuierlichen Ereignissen (Stadtbrände, Kriegszerstörungen) häufig auf planierten Bauschuttschichten wieder aufgebaut wurde.

Häufig anzutreffende Substratartenschichtungen sind in:

Kuppen- und Oberhangpositionen Auffüllungen (meist Bauschutt)/ Geschiebemergel und in

Mittel-, Unterhang- und Senkenpositionen zunehmend differenziertere Schichtungen, z. B. Auffüllung/Torf/Mudde/Sand/Geschiebemergel (Abb. 4 und 5).

Die heutigen Gebäude mit meist höherem Bodendruck erfordern den Austausch überdeckter organogener Schichten, der früher nicht immer notwendig war.

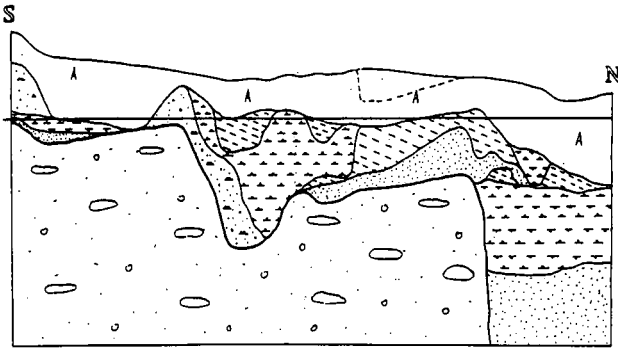


Abb. 4 : Süd-Nord-Profil entlang der Grubenstraße
(Verlauf gemäß Abb. 2)

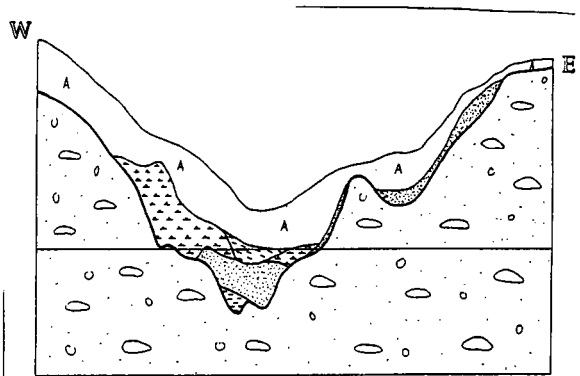
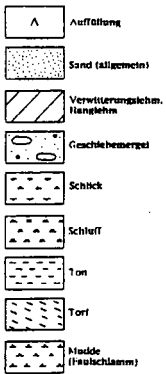


Abb. 5: West-Ost-Profil zwischen Neuem u. Altem Markt
(Verlauf gemäß Abb. 2)



Abb. 6: Relief der eiszeitlich geformten Geschiebeeböden



Abb. 7: Relief mit Beckenablagerungen

4. **Schlußfolgerung**

Die Auswertung der Bohrungen zeigte, daß durch die jahrhundertelangen Baumaßnahmen häufig der ursprüngliche Oberboden zerstört wurde, der zur Markierung des präurbanen Reliefs herangezogen werden sollte. Auch unzerstörte Bodenbildungen unter Aufschüttungen sind infolge Pressung und unvollständiger, älterer Schichtenbeschreibung nicht immer sicher ausdeutbar.

Zur Vervollständigung der bisher gewonnenen Ergebnisse sollten die Baugrundgutachter veranlaßt werden, ihre Ergebnisse künftig zentral zu deponieren, um damit die Grundlage für eine Digitalisierung und Oberflächenmodellierung zu verbessern. Dadurch könnten mit geringerem Aufwand z. B. Wasserstände, Strömungskräfte oder Erosionsdispositionen - auch in nichturbanen Landschaften - simuliert werden.

Erfassung und Dokumentation des Stoffbestands der Böden im Land Bremen

von

Pluquet, E. und H. Lenz*

EINLEITUNG

Seit 1986 werden vom NLFb - Bodentechnologisches Institut Bremen im Auftrag der Freien Hansestadt Bremen (Senator für Frauen, Gesundheit, Jugend, Soziales und Umweltschutz) Bodenuntersuchungen in Bremen und Bremerhaven durchgeführt (EBERLEIN 1992, EBERLEIN et al. 1994). Die Ergebnisse werden, den einzelnen Untersuchungsabschnitten entsprechend, seit 1987 vom SENATOR FÜR FRAUEN, GESUNDHEIT, JUGEND, SOZIALES UND UMWELTSCHUTZ (SFFGJSU 1987, 1990, 1991, 1993, 1995) veröffentlicht. Sämtliche erhobenen Daten werden digital in den entsprechenden Datenbanken des NLFb vorgehalten.

Um einen Überblick über die Belastungssituation der Böden zu gewinnen, wurde im ersten Untersuchungsabschnitt damit begonnen, in den Außenbereichen beider Städte mittels einer Rasterbeprobung (Rasterweite 500 m) den Gehalt an anorganischen Spurenstoffen (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As, Tl) zu bestimmen. Weiterhin wurden ausgewählte Parameter zur Bodenfruchtbarkeit (pH-Wert, organ. Substanz, N_i, K_{DL}, P_{DL}) untersucht. An jedem Probennahmepunkt erfolgte eine bodenkundliche Profilaufnahme bis 2 m Tiefe. Insgesamt wurden ca. 28000 ha der Fläche Bremens und Bremerhavens untersucht und dafür etwa 1200 Rasterproben analysiert (Abb. 1).

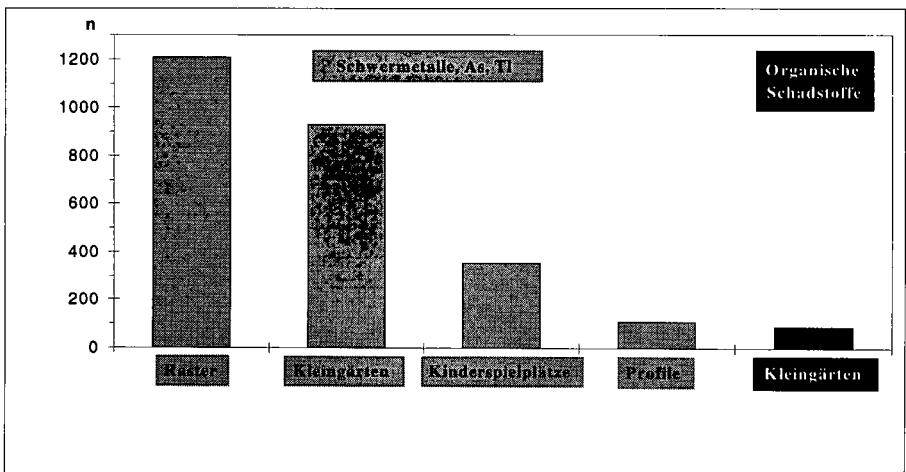


Abb. 1: Untersuchte Proben in unterschiedlichen Bereichen Bremens und Bremerhavens

* NLFb-Bodentechnologisches Institut Bremen, Friedrich-Mißler-Str. 46/50, 28211 Bremen

In den folgenden Jahren wurde das 500 m Raster durch die Untersuchung von Flächen mit besonders sensibler Nutzung (Kleingartengebiete, Kinderspielplätze) verdichtet. Die Probennahme erfolgte hierbei deutlich engmaschiger (< 50 m bis 350 m), wobei die Bodenproben wie bei der Rasterbeprobung volumenbezogen überwiegend dem Oberboden (Ap: 0-20 cm; Ah: 0-10 cm) entnommen wurden. Böden auf ca. 1100 ha kleingärtnerisch genutzten Flächen in Bremen und Bremerhaven wurden von EBERLEIN (1994) besonders intensiv untersucht (Abb. 1).

Weiterhin wurden insgesamt etwa 100 Profile horizontweise bis in zwei Meter Tiefe beprobt und analysiert. 1994 wurde damit begonnen, die Böden auch auf organische Schadstoffe (PAK, PCB, DDT, HCH-Isomere, HCB) zu untersuchen.

ANORGANISCHE SPURENSTOFFE

Im Rahmen des Bodenmeßprogrammes des Landes Bremen wurden 2176 Oberbodenproben auf anorganische Spurenstoffe (Schwermetalle, As: Königswasserextraktion; Tl: HNO₃-Extrakt) untersucht. Dabei ergab sich nur für Blei eine deutliche Anreicherung (Median 54 mg/kg) gegenüber den Hintergrundwerten von Böden des Umlandes.

Der Gehalt an anderen untersuchten Elementen (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn, As, Tl) ist in den Böden des Landes Bremen bis auf wenige punktuelle bzw. lokale Anreicherungen als unproblematisch anzusehen. Punktuelle Anreicherungen finden sich häufig in Kleingartengebieten oder im ehemaligen Abwasserverrieselungsgebiet des Bremer Blocklandes, einem Niederungsgebiet mit Grünlandnutzung (EBERLEIN et al. 1994).

Tab. 1 zeigt wichtige statistische Kennwerte der anorganischen Bodenuntersuchungen aus den Oberböden.

Tab. 1: Statistische Kennwerte anorganischer Spurenstoffe in Bremer und Bremerhavener Böden (0-10 cm bzw. 0-20 cm Tiefe), n=2176

Element mg/kg	Min	Max	Median	10 %-Perz.	90 %-Perz.
Cd	0,01	10,9	0,3	0,1	1,2
Cr	0,1	616	23	8	60
Cu	1,0	8400	17	6	48
Hg	0,001	18,6	0,13	0,03	0,50
Ni	0,8	89	9	2	30
Pb	2,0	1335	54	19	155
Zn	4,0	2550	100	28	280
As	0,20	93,6	5,1	1,8	13,4
Tl	n.b.	1,29	0,10	0,03	0,29

Die Gehalte der anorganischen Spurenstoffe in den Unterböden liegen für alle untersuchten Elemente signifikant unter den Gehalten in 0-10 bzw. 0-20 cm Tiefe. Die höheren Gehalte der Oberböden sind elementspezifisch nutzungsbedingt und / oder immissionsbedingt zu erklären (EBERLEIN 1994).

ORGANISCHE SCHADSTOFFE

In 1994 wurden 87 Oberbodenproben aus Kleingärten Bremens und Bremerhavens auf organische Schadstoffe untersucht. Folgende Schadstoffe wurden bestimmt: Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (16 PAK (EPA)), Polychlorierte Biphenyle (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180), Organochlorpestizide (DDT, HCH) und Hexachlorbenzol (HCB).

Nach den bisherigen Ergebnissen sind von den untersuchten organischen Schadstoffen HCB und das Pestizid γ -HCH (Lindan) sowie die darin enthaltenen Verunreinigungen α - und β -HCH nur in sehr geringen Gehalten in Böden der Kleingärten zu finden. Diese Werte bewegen sich überwiegend im Bereich der Bestimmbarkeit der Einzelsubstanzen, die sich in den aufgeführten Minimalwerten widerspiegelt (Tab. 2).

Tab. 2: Statistische Kennwerte organischer Schadstoffe in Bremer und Bremerhavener Böden (0-10 cm bzw. 0-20 cm Tiefe), n=87

Schadstoff mg/kg	Min	Max	Median	10 %-Perz.	90 %-Perz.
HCB	0,001	0,012	0,002	0,001	0,005
α -HCH	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001
β -HCH	0,001	0,028	0,001	0,001	0,002
γ -HCH	0,001	0,009	0,001	0,001	0,002
Σ HCH	0,003	0,030	0,003	0,003	0,005

Einzelne lokale Anreicherungen sind bei PCB sowie DDT und seinen Metaboliten festzustellen (Abb. 2). Es liegen jedoch nur die Maximalwerte deutlich über entsprechenden Hintergrundwerten.

Bei den PAK wurden dagegen in Einzelfällen sehr hohe Gehalte gemessen (Abb. 2), vor allem dann, wenn eine deutliche anthropogene Überprägung der Böden anhand von technogenen Beimengungen wie z.B. Schlacken, Aschen und anderen Verbrennungsrückständen bei der Beprobung zu erkennen war. Technogene Substrate wie Schlacken wurden z.T. gezielt zur Bodenlockerung besonders auf tonreichen Marschböden ausgebracht. Kleingartenparzellen mit hoch anstehendem Grundwasser wurden auch teilweise mit Trümmerschutt aufgefüllt.

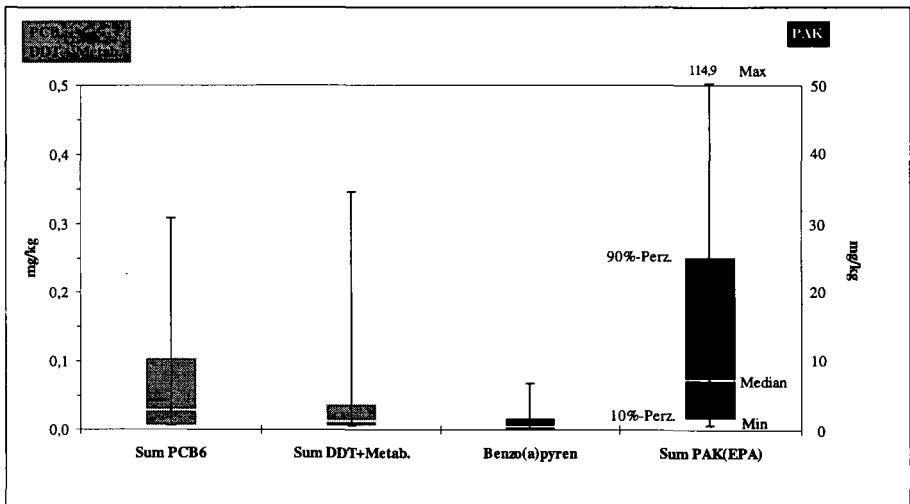


Abb. 2: Statistische Kennwerte organischer Schadstoffe in Bremer und Bremerhavener Böden (0-10 cm bzw. 0-20 cm Tiefe), n=87

Die Untersuchung von 71 Bodenproben einer zweiten Tiefenstufe (20-50 cm) erbrachte in der Regel nur dann erhöhte Gehalte, wenn sich auch im Oberboden des gleichen Probenahmeortes hohe Werte fanden.

ZUSAMMENFASSUNG

Für das Bundesland Bremen liegt mit ca. 2200 Oberbodenanalysen und ca. 100 horizontweise untersuchten Profilen eine fundierte, repräsentative Datengrundlage über den anorganischen Stoffbestand der Böden vor. Etwa 1200 Rasterproben aus den Außenbereichen von Bremen und Bremerhaven können als Grundlage zur Ermittlung von Hintergrund- und Referenzwerten für die entsprechenden Standorte herangezogen werden. Der Gehalt an organischen Schadstoffen wurde bisher an etwa 90 Oberbodenproben aus Kleingartenanlagen ermittelt. Zur Zeit werden Oberböden aus dem dichtbesiedelten Innenstadtdistrikt und den Außenbereichen Bremerhavens auf ihren Gehalt an organischen Schadstoffen untersucht. Um auch für den organischen Stoffbestand der Böden eine ähnlich gute Datenlage wie bei den Schwermetallen zu schaffen sind weitere Untersuchungen dringend erforderlich.

LITERATUR

- EBERLEIN, K. (1994): Schwermetallgehalte kleingärtnerisch genutzter Standorte in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer - Untersuchungen an ausgewählten Kleingartenanlagen Bremens. Diss. Universität Erlangen-Nürnberg, 166. S.
- EBERLEIN, K. (1992): Aufbau eines Schwermetallkatasters und Bodeninformationssystems für die Stadt Bremen unter Einsatz DV-gestützter Verfahren. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 67, 21-24.
- EBERLEIN, K., E. PLUQUET & J. KUES (1994): Bericht über das Bodenmeßprogramm Bremen. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Archiv-Nr. 112670, 55 S. + Anlagen, Hannover.
- SFFGJSU (SENATOR FÜR FRAUEN, GESUNDHEIT, JUGEND, SOZIALES UND UMWELTSCHUTZ) (Hrsg.) (1995): Böden, Schwermetallbelastung und Parameter zur Bodenfruchtbarkeit südlich der Weser und in Hemelingen. 22 S. + Anhang, Bremen.
- SFFGJSU (Hrsg.) (1993): Böden, Schwermetallbelastung und Parameter zur Bodenfruchtbarkeit in Kleingartenanlagen. 33 S. + Anhang, Bremen.
- SFFGJSU (Hrsg.) (1991): Schwermetallbelastung der Böden auf Kinderspielplätzen in der Stadtgemeinde Bremen. 10 S. + Anhang, Bremen.
- SFFGJSU (Hrsg.) (1990 a): Böden, Schwermetallbelastung und Parameter zur Bodenfruchtbarkeit in Bremen-Nord und im Werderland. 27 S. + Anhang, Bremen.
- SFFGJSU (Hrsg.) (1990 b): Böden, Schwermetallbelastung und Parameter zur Bodenfruchtbarkeit in Horn-Lehe, Borgfeld und Oberneuland. 23 S. + Anhang, Bremen.
- SFFGJSU (Hrsg.) (1987): Schwermetallbelastung der Böden im Blockland. 13 S. + Anhang, Bremen.

Batch- und Durchbruchuntersuchungen von Schwermetallen an Bauschutt

von

Pohlmann, M. und H. Kretschmer

1. Aufgabenstellung

Die Untersuchungen sollten an Bauschutt-Feinboden aus Rostock durchgeführt werden, um über die Bestimmung des Retardationsfaktors (R) und des Dispersions-Diffusions-Koeffizienten (D) zu Erkenntnissen über die Schwermetallmigration bei diesen technologischen Substraten zu gelangen. Ferner sollte die Anwendbarkeit des Simulationsprogrammes CXTFIT (PARKER, VAN GENUCHTEN 1984) zur Prozeßbeschreibung überprüft werden. In die Bestimmung der Adsorptionskennwerte wurde auch Hausmüll einbezogen.

2. Versuchsdurchführung

Das Feinbodenmaterial entstammte den jeweils oberen Horizonten einer Pararendzina aus Sand über Bauschutt (Leitprofil 1¹) und eines Reduktosols aus Hausmüll (Leitprofil 4¹). Neben der allgemeinen bodenkundlichen Kennzeichnung der Proben wurden Batch-Versuche in Anlehnung an die OECD-Prüfrichtlinie 106 (1986) durchgeführt. Aus den Ergebnissen erfolgte die Ableitung von Adsorptionsisothermen. Zum Test der entwickelten Säulenadsorptionsanlage (Abb. 1) wurden zunächst Salzlösungen (0,5 M NaCl; 0,1 (Abb. 2) bzw. 0,5 M CaCl₂) und anschließend Cd- und Ni-Lösungen eingesetzt (Ni-Konz. in Abb. 3). Der Einbau des Feinbodens < 2 mm Äquivalentdurchmesser erfolgte lagenweise. Die Versuche fanden unter gesättigten, stationären Bedingungen statt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Das Adsorptionsverhalten von Cd und Ni konnte gut durch die FREUNDLICH-Isotherme beschrieben werden. Im Vergleich zu der von BRÜMMER et al. (1987) entwickelten Klassifizierung liegen die K_F -Werte insbesondere für Cd sehr hoch (Tab. 1).

¹s. BLUME, H.-P. et al. (1997): Abschlußbericht zum BMBF-Verbundprojekt „Bewertung anthropogener Stadtböden“. Univ. Kiel.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministers für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 0339506A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

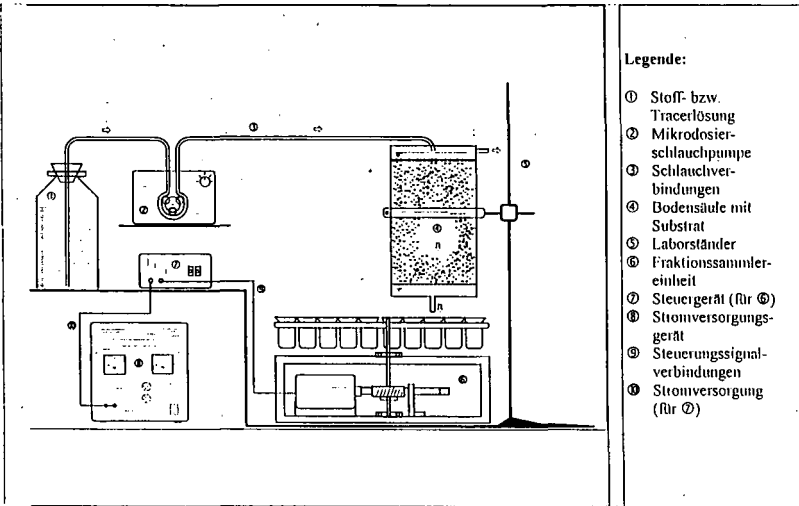


Abb. 1: Schema der Säulenversuchsanlage

Tabelle 1: Kennwerte der FREUNDLICH- und der linearisierten Adsorptionsisothermen

Substrat/Schwermetall	Kennwerte				
	K_{fr}	$1/n$	r^2	K_d	r^2
Bauschutt/Ni	137	0,40	0,99	14	0,54
Bauschutt/Cd	621	0,60	0,99	435	0,67
Hausmüll/Ni	224	0,49	0,99	40	0,66
Hausmüll/Cd	597	0,70	0,99	571	0,86

Die anfänglich verwendete NaCl-Lösung mußte durch CaCl₂-Lösung ersetzt werden, weil Na Feinbodensuspension verursachte. Mit CaCl₂ ergaben sich dann die für einen Impulsinput typischen Durchbruchkurven (Abb. 2). Die Modellierung mit CXTFIT ergab eine sehr gute Anpassung und führte zur Ermittlung der scheinbaren Dispersion der Bodensäule.

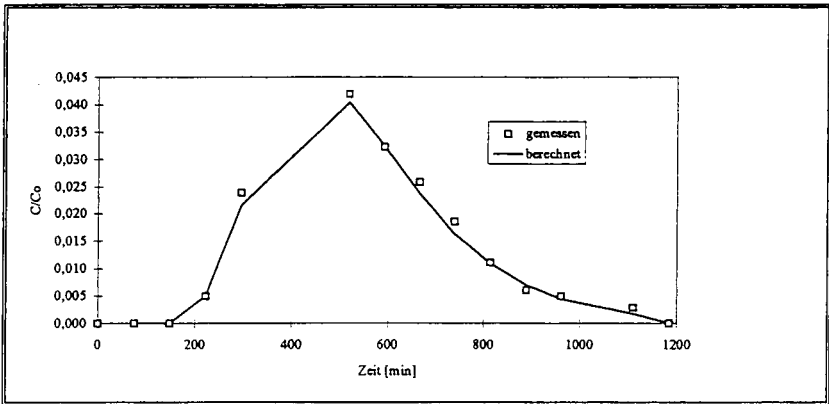


Abb. 2: Chloriddurchbruchskurve für Bauschutt mit 0,1 M CaCl₂-Lösung

Tabelle 2: CXTFIT-Parameter für Bauschutt bei Verwendung von CaCl₂-Lösung

CaCl ₂ -Lösung	v* (cm/min)	D* (cm ² /min)	P	R*	r ²	v ** (cm/min)	r ²
0,1 M	0,0422	0,046	15,6	1,26	0,99	0,0308	0,97
0,5 M	0,0363	0,027	22,9	1,23	0,96	0,0290	0,94

* D und R variabel ** v variabel, R fix auf 1, D fix

Auf Grund des hohen Adsorptionspotentials der technogenen Substrate wurden konzentrierte Schwermetall-Inputlösungen aufgebracht (Abb. 3). Dennoch ließen sich nur für Ni Outputlösungen messen (AAS, Flammtechnik). Auf Grund der langen Desorptionsphase dauerten die Experimente bis zu 35 Tagen. Kurzzeitige, hochkonzentrierte Inputs eigneten sich hier weniger als schwächer konzentrierte, kontinuierliche Inputs. Die Kurvenanpassungen mit CXTFIT ergaben nur teilweise befriedigende Ergebnisse, vermutlich durch die im Modell enthaltene lineare Beschreibung der Adsorption bzw. durch die Nichtbeachtung der Hysterese zwischen Ad- und Desorption.

4. Literatur

- PARKER, J. C., VAN GENUCHTEN, M. Th. (1984): Determining Transport Parameters from Laboratory and Field Tracer Experiments. Dep. of Agric., Blacksburg, Virginia.
 BRÜMMER, G. et al. (1987): Fortschreibung der OECD-Prüfrichtlinie 106. Univ. Kiel, Inst. f. Pflanzenernähr. u. Bodenk.

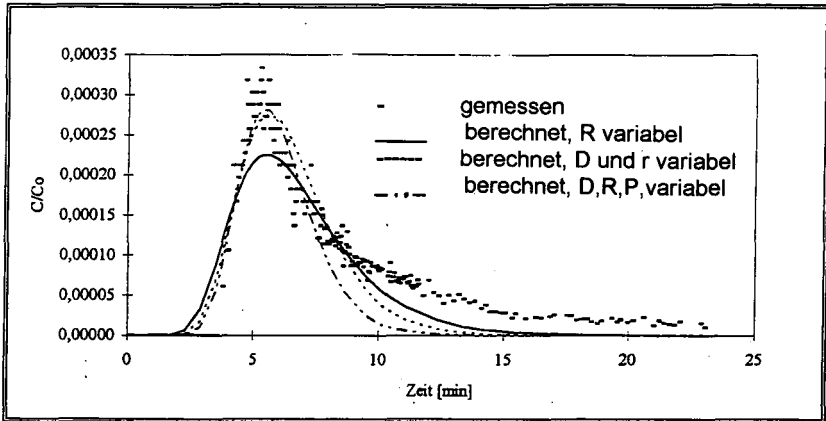
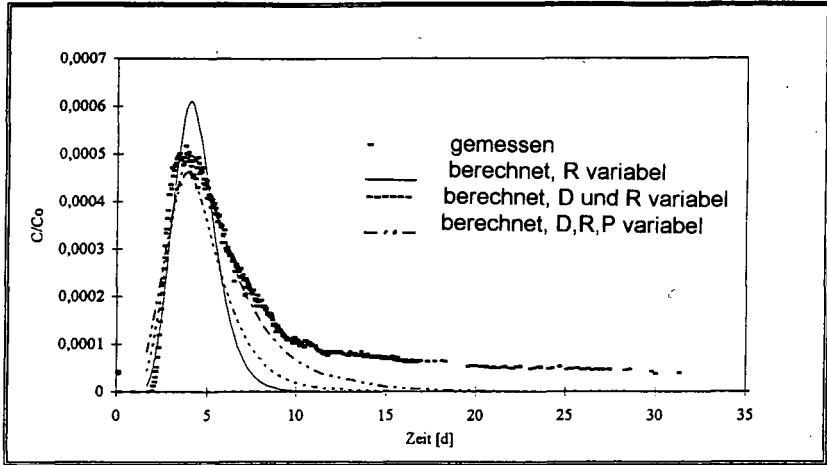


Abb. 3: Nickel-Durchbruchkurven und Kurvenanpassungen mit CXTFIT (oben 33, unten 6,6 g Ni/Liter)

Tabelle 3 : Parameter für Kurvenanpassungen an die Nickel-Durchbruchkurven (Abb. 3)

Variante	R*	r ²	R**	D** (cm ² /min)	r ²	R***	D*** (cm ² /min)	P***	r ²
33 g Ni/Liter	14,39	0,56	15,85	0,095	0,74	17,77	0,171	3522	0,87
6,6 g „	17,93	0,83	16,90	0,030	0,88	15,98	0,021	1432	0,89

* R variabel ** D und R variabel *** D, R und P variabel, P = Peclet-Zahl

Eine einfache Feldmethode zur Abschätzung des Sorptionsvermögens von Böden technogener Substrate mittels Methylenblau

von

Qinglan Wu, H.-P. Blume, U. Schleuß und M. Strieth*

Einleitung

Kenntnisse über das Sorptionsvermögen von Böden werden seitens der Landschaftsplanung mit zunehmendem Interesse nachgefragt, da hiervon Risiken einer Belastung von Böden selbst sowie von Pflanzen, Bodenorganismen und Grundwasser abhängen. Zur flächenhaften Ermittlung von Sorptionseigenschaften von Böden wird eine einfache Feldmethode benötigt.

Die für Böden natürlicher Gesteine vorgeschlagenen Abschätzungen zur Beurteilung des Bindungsvermögens, z. B. beruht auf der im Feld vorgenommenen Schätzung der Humusgehalte mittels Munsell-Farbtafel und der Bodensart mit Hilfe der Fingerprobe (Blume und Ahlsdorf 1993), -lassen sich nur bedingt auf Böden technogener Substrate (z.B. Hausmüll, Bauschutt, Asche, Klärschlamm usw.) übertragen. Deshalb wurde aus der Labormethode von Peter et al. (1959) ein einfaches Feldverfahren zur Ermittlung des Sorptionsvermögens von Böden mittels Methylenblau (MB) entwickelt. Der Farbstoff MB läßt sich dank seiner intensiven Blaufärbung als Indikator zur Schätzung des Sorptionsvermögens gegenüber kationischen organischen Chemikalien heranziehen.

Material und Methode

Bodenmaterial

Bodenproben unterschiedlicher technogener Substrate wurden in den Stadtgebieten von Kiel und Halle entnommen, luftgetrocknet und auf <2 mm gesiebt. Ausgewählte Eigenschaften der untersuchten Böden sind in Tab. 1 zusammengestellt.

MB-Test

MB dient hier als Modellverbindung für kationische Organika. Das Sorptionsvermögen von Böden gegenüber MB kann durch seinen K_d -Wert charakterisiert werden. Der K_d -Wert ist definiert als das Verhältnis der im Boden sorbierten MB-Konzentration x/m [mol/kg] zur MB-Konzentration in der Lösung C_e [mol/l] beim Sorptionsgleichgewicht $K_d = (x/m)/C_e$. (Green und Karickhoff 1990). Bei einer Ausgangskonzentration von C_0 und einem Boden/Lösung-Verhältnis von 1/10 besteht zwischen dem K_d und C_e folgende Beziehung: $K_d = 10(C_0 - C_e)/C_e$, so läßt sich der K_d -Wert durch die Messung der MB-Konzentration in der Gleichgewichtslösung C_e bestimmen.

2 g Bodenprobe werden mit 20 ml einer 1×10^{-3} M Methylenblau-Lösung (in 0,01 M CaCl_2) versetzt und per Hand kurz durchgeschüttelt. Während der ersten 30 min wird die Probe alle 10 min einmal kurz durchgeschüttelt und danach 30 min lang sedimentieren gelassen. Zum Versuchsende wird Testpapier (Filterpapier Nr. 589-Schwarzband der Firma Schleicher & Schüll) fixiert an einem Stäbchen in die Farblösung eingetaucht und fünf Minuten einwirken gelassen. Der Blauton des






* Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, CAU Kiel, Olshausenstr. 40-60, D-24118, Kiel

gefärbten Papiers wird mit den Farbstufen der Farbtafel in Tab. 2 verglichen und das Sorptionsvermögen des Bodens entsprechend bewertet.

Tab. 1: Eigenschaften der ausgewählten anthropogenen Böden

Proben	Hor.	pH	Ton%	Org%	C/N	KAK*	E/mS
Ki-1: Ockerreduktosol aus Klärschlamm							
Ki-1.1	Aho	7,4	26	9,2	11	525	2,5
Ki-1.2	Yro	7,4	36	9,9	12	671	2,6
Ki-1.3	Yr	7,8	30	12,0	14	511	2,6
Ki-4: Pararendzina aus Bauschutt							
Ki-4-1	Ah	7,3	14	2,1	17	144	0,4
Ki-4.2	yCB(v)	7,6	8	1,0	25	69	0,1
Ki-4.3	yC1	7,5	7	0,6	34	57	0,1
Ki-5: Hortisol-Pararendzina aus Hausmüll							
Ki-5.1	RAh1	6,8	8	7,5	27	210	0,3
Ki-5.3	jYR	7,3	7	5,2	58	94	0,2
Ki-5.6	juC	7,4	5	11,1	61	124	0,2
Ha-10: Pararendzina aus Flugasche							
Ha-10.1	yAh	7,7	6	14,5	89	265	2,5
Ha-10.2	yC1	7,8	3	23,5	121	235	2,6
Ha-11: Dys-Regolsol aus Braunkohle-Kipplehm							
Ha-11.1	jaH	3,5	27	7,0	59	264	0,4
Ha-11.2	juC1	3,1	19	5,3	58	179	0,3

Tab. 2: Farbtafel zur Bewertung der MB-Stufen

C _{Standard} /[M]	$9,5 \times 10^{-4}$	$3,3 \times 10^{-4}$	9×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-6}
Farbtafel					
MB-Stufe	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
K _d -Wert	0,5-10	10-100	100-10 ³	10 ³ -10 ⁴	> 10 ⁴
KAK/[mmol/kg]	<10	10-50	50-100	100-200	>200

Die schematisch in Tab. 2 dargestellte Farbtafel wird hergestellt, indem man Filterpapierstreifen für 5 min in die jeweiligen MB-Standardlösung eintaucht. Anschließend wurde die nassen gefärbten Papierstreifen auf einem weißen Hintergrund gelegt und fotografiert. Die fünf Konzentrationsstufen C_{Standard} wurden so ausgewählt, daß sich die Farbstufe der fünf gefärbten Papierstreifen optisch deutlich voneinander unterscheiden läßt.

Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 sind die visuell geschätzten MB-Stufen gegenüber den gemessenen K_d-Werten mehrerer Böden aus technogenen Substraten dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, daß sich der K_d-Wert von MB aus der MB-Stufe gut abschätzen läßt.

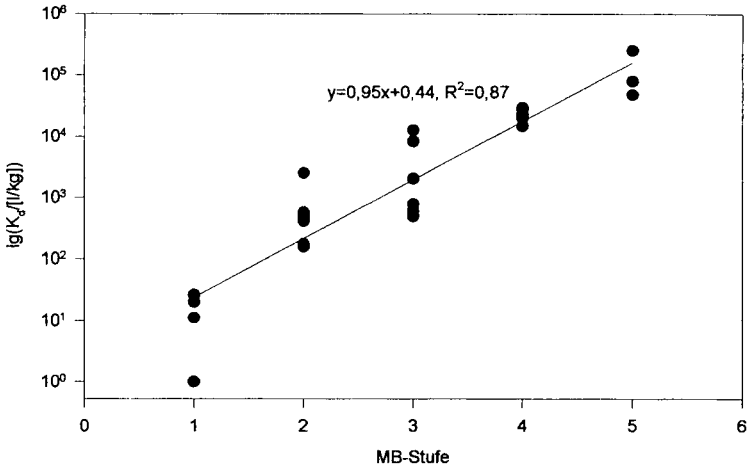


Abb. 1: Beziehung zwischen den gemessenen K_d-Werten und den geschätzten MB-Stufen

Der K_d-Wert von MB charakterisiert das Bindungsvermögen eines Bodens gegenüber kationischer organischen Verbindungen und gibt auch wertvoller Informationen über die Eigenschaften der Oberflächenladungen an Bodenpartikeln.

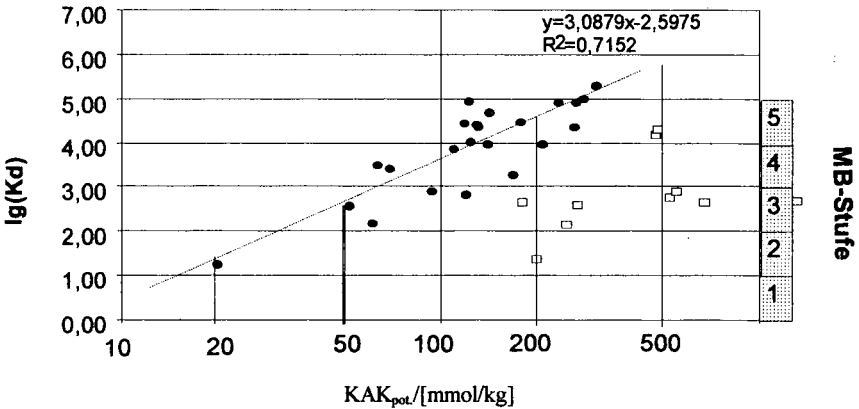


Abb. 2: Beziehung zwischen den K_d-Werten bzw. MB-Stufen und der KAK von Böden anthropogener Substrate; □ : Proben mit EC > 2 mS, ● : Proben mit EC < 2 mS,: Korrelation von Proben mit EC < 2 mS.

Da eine relative gute Korrelation zwischen den K_d-Werten von MB und der KAK_{pot.} besteht (Abb. 2), kann man die KAK_{pot.} ebenfalls aus der MB-Stufe grob abschätzen. Die Schätzung der KAK gilt

aber nicht für stark salzhaltige Böden (z.B. $EC > 2$ mS), wie die Abweichung in Abb. 2 verdeutlicht. Die Ursache dafür ist, daß die Ionenstärke in der Test-Lösung bei hoch salzhaltigen Böden nicht mehr durch die 0,01 M $CaCl_2$ -Lösung konstant gehalten werden kann.

Literatur

Blume, H.-P., und B. Ahlsdorf (1993): Prediction of pesticide behavior in soil by means of simple field tests, *Ecotoxicology and Environmental safety* **26**, 313-332

Green, R.E. & S. W. Karickhoff (1990): Sorption estimates for Modeling. in H.H. Cheng (ed): *Pesticides in the Soil Environment: Processes, Impacts, and Modeling*. SSSA Book Series No. 2, Madison, WI, p 79-101

Peter, H., S. Markert und G.Gericke (1959): Die Bestimmung der Sorptionseigenschaften von Böden mit Methylenblau (Erfahrungen und Arbeitsanleitung), *Z. f. landw. Versuchs- und Untersuchungswesen*, **5**, 165-172.

Untersuchungen zur Verbreitung anthropogener Substrate und der sich daraus entwickelnden Böden im Stadtgebiet von Eckernförde

von

Schleuß, U., H.-K. Siem und H.-P. Blume

1 Einleitung und Zielsetzung

Böden städtisch-industrieller Räume sind durch vielfältige Einflüsse gekennzeichnet, die häufig zu stark veränderten Bodeneigenschaften führen. Zu diesen Einflüssen gehören u.a. Grundwasserabsenkungen, Versiegelung, Verdichtung (BLUME 1996, SUKOPP & WITTIG 1993). Neben natürlichen Substraten treten vor allem technogene Substrate auf. Nach AK STADTBÖDEN (1989) können die technogenen Substrate den Hauptkomponentengruppen Bauschutt, Schlacken, Aschen, Schlämme, Müll sowie -in Eckernförde nicht vorkommend- Bergematerial zugeordnet werden. Sowohl die Hauptkomponentengruppen als auch die darin vorkommenden Komponenten (z.B. bei der Hauptkomponentengruppe Bauschutt: Ziegel, Gips, Mörtel, Beton u.a.) weisen hinsichtlich ihrer Oberflächenbeschaffenheit, Struktur, Körnung, Carbonatgehalt, Gehalt an Schadstoffen eine große Variabilität auf (vgl. MEUSER 1996, BURGHARDT 1996). Neben der Kenntnis des Stoffbestandes ist es für Planungszwecke wichtig, das Verbreitungsmuster der Substrate zu erfassen. Im folgenden soll am Beispiel der Stadt Eckernförde der Frage nachgegangen werden, in welchem Umfang natürliche und/oder technogene Substrate umgelagert wurden und welche Böden sich daraus entwickelt haben. Es handelt sich dabei um Ergebnisse einer Bodeninventur, die im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojektes 'Bewertung anthropogener Stadtböden' der Universitäten Berlin (TU), Halle-Wittenberg, Hohenheim, Kiel und Rostock in Kooperation mit verschiedenen weiteren Institutionen durchgeführt wurde.

2 Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet "Eckernförde" liegt im Naturraum Östliches Hügelland in Schleswig-Holstein und grenzt mit seinem Altstadtbereich unmittelbar an die Ostsee. Klimatisch ist das Stadtgebiet im langjährigen Mittel durch eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8,2°C und eine durchschnittliche Niederschlagsmenge von 825 mm p.a. gekennzeichnet. Die Größe des Stadtgebiets liegt bei ~1800 ha, die Einwohnerzahl bei ~22500. Die Oberflächenformen sind überwiegend durch die Weichselkaltzeit geprägt, modifiziert durch holozäne Küstenbildung und

anthropogene Einflüsse. Die Bodeninventur wurde auf Basis von AG BODENKUNDE (1982), modifiziert nach AG BODEN (1994) und SCHLICHTING et al. (1995) vorgenommen. Die Datenauswertung erfolgte im Ökologiezentrum der Universität Kiel.

3 Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 ist der Anteil der anthropogenen Auftragssubstrate zu entnehmen. Betrachtet man die Gesamtstadtfläche, so sind ~ 36 % in die Kategorie "Aufträge natürlicher und/oder technogener Substrate" zu fassen. Weiterhin kann Abb. 1 entnommen werden, daß es sich bei den Auftragssubstraten hauptsächlich um natürliche Substrate (umgelagerte Sande, Lehme u.a.) handelt [-70%]. Der Anteil technogener Substrate bzw. der Mischungen natürlicher und technogener Substrate beträgt ~30%. Bei den **Gemengen** handelt es sich überwiegend um Bauschutt-Sand-Gemenge und Müll-Sand-Gemenge. Einige der Böden -vor allem im Altstadtbereich- enthalten zusätzlich Aschen und Schlacken; reine Ablagerungen dieser Substrate, wie sie im Ruhrgebiet üblich sind (MEUSER 1996), wurden nicht gefunden.

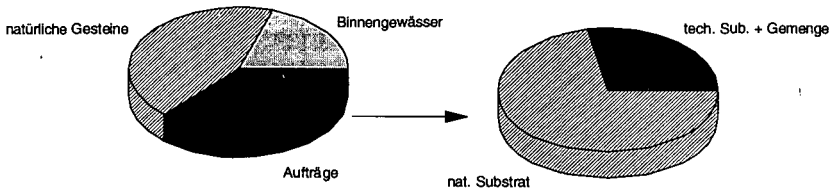


Abb. 1: Flächenverteilung der Substrate der Stadt Eckernförde

Abbildung 2 verdeutlicht am Beispiel eines ausgewählten Landschaftsbereiches [Sandkrug] die heterogene räumliche Verteilung anthropogener Substrate. Dieses Gebiet liegt auf einem ehemaligen Strandwallbereich und wurde als Kippe für Bauschutt, Straßenaufbruchmaterial und humoses Bodenmaterial genutzt. Flächenmäßig dominieren umgelagerte Sande und Lehme bzw. Mergel; aber es finden sich auch viele Gemenge natürlicher und technogener Substrate.

Im Stadtgebiet sind "**Böden anthropogener Lithogenese**" weit verbreitet, bedingt durch anthropogene Eingriffe (Bautätigkeit, Geländeneivellierung, Deponierung u.a). Dabei handelt es sich i.a. um junge Bildungen, bei denen viele Eigenschaften noch stark substratgeprägt sind. Derartige Böden sind bodensystematisch vorwiegend den Typen Lockersyrosem, Pararendzina, Regosol, Pseudogley, Reduktosol und Gley zuzuordnen.

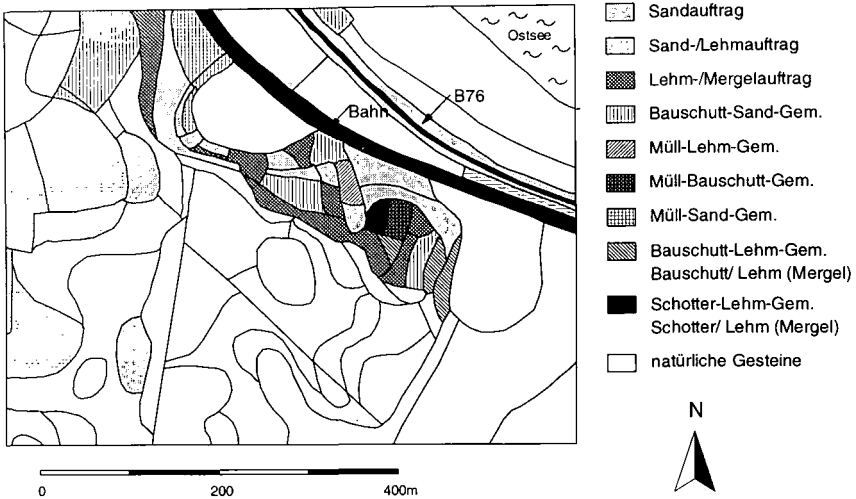
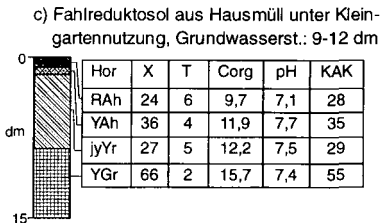
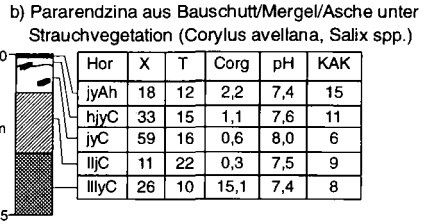
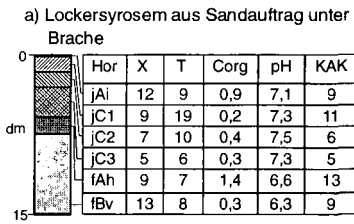


Abb. 2: Flächenverteilung anthropogener Substrate im Gebiet Sandkrug



Erl.:
 Hor= Horizontsymbol
 X= Skelettgehalt (%)
 T= Tongehalt der Feinerde (%)
 Corg= Organischer Kohlenstoff (%)
 pH= pH-Wert (CaCl₂)
 KAK= potentielle Kationenaustauschkapazität (cmol_ckg⁻¹)

Abb. 3: Eigenschaften ausgewählter Böden aus anthropogenen Substraten in Eckenförde

In Abb. 3 werden drei Böden des Stadtgebiets näher vorgestellt, die die Variationsbreite des vorgefundenen Bodeninventars aufzeigen sollen: Ein Lockersyrosem aus Sandauftrag (a), eine Pararendzina aus Bauschutt/Mergel/Asche (b) und ein Fahreduktosol aus Hausmüll (c).

Der **Lockersyrosem** aus Sandauftrag (a) liegt auf einer Fläche, die vormalig ackerbaulich genutzt wurde. Seit einigen Jahren liegt die Fläche nahe einem Bebauungsgebiet brach. Im Zuge einer Renaturierungsmaßnahme wurde eine Rohrdrainage geöffnet und als mäandrierendes Bachsystem freigelegt. Das dabei anfallende, vorwiegend sandige Bodenmaterial wurde am Untersuchungsstandort deponiert. Im Untergrund ist eine fossile Braunerde erhalten. Im Oberboden ist eine geringe Humusakkumulation (Ai-Bildung) zu erkennen. Es handelt sich um einen tiefgründig gut durchwurzelbaren, luftreichen trockenen Standort mit mittleren Nährstoffreserven. Die **Pararendzina** aus Bauschutt/Mergel/Asche (b) liegt in dem in Abb. 2 dargestellten Landschaftsausschnitt. Es wurden auf dem Strandwallsand Aschen und Schlacken abgelagert, die zur Oberfläche hin von einem Mergelauftrag abgedeckt sind. Darüber wurde Bauschutt mit nach oben hin abnehmendem Skeletgehalt deponiert. Es sind horizontweise hohe Skeletgehalte, stark schwankende Gehalte an organischem Kohlenstoff und abrupte Horizontwechsel (dadurch mittelgründiger Standort) festzustellen.

Der **Fahlreduktosol** aus Hausmüll tritt unter Kleingartennutzung im Verlandungsgebiet des Windebyer Noores auf. Der Bereich diente von 1920-1953 als Abfalldeponie der Stadt Eckernförde. Es wurde vorwiegend mit Hausmüll, Bauschutt und organischen Abfällen (Fäkalschlamm) beschickt. Es handelt sich um einen flachgründigen Standort, dessen Wurzelraum z.Zt. durch die Gasfreisetzung aus dem Müllkörper bei ~ 3 dm limitiert ist. Hohe Skelett- und Kohlenstoffgehalte sowie eine sehr hohe potentielle KAK zeichnen diesen Standort aus.

Danksagung

Die Untersuchungen entstammen dem BMBF-Verbundprojekt 'Bewertung anthropogener Stadtböden' (Förderkennzeichen 0339511 A3). Die Autoren danken für die finanzielle und administrative Förderung.

4 Literatur

- AK Stadtböden (Hrsg., 1989): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). Texte Umweltbundesamt 18/89, Berlin, 162 S.
- AG Boden der GLÄ und BGR (Hrsg., 1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 4. Aufl., 392 S.
- AG Bodenkunde der GLÄ und BGR (Hrsg., 1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 3. Aufl., 331 S.
- Blume, H.-P. (1996): Böden städtisch-industrieller Verdichtungsräume. In: Blume, H.-P., Felix-Henningsen, P., Fischer, W., Frede, H.-G., Horn, R. & Stahr, K. (Hrsg.): Handbuch der Bodenkunde. ecomed, Landsberg/Lech. Kap. 3.4.4.9.
- Burghardt, W. (1996): Substrate der Bodenbildung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen. In: AK Stadtböden (Hrsg.): Urbaner Bodenschutz. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 25-44
- Meuser, H. (1996): Technogene Substrate als Ausgangsgestein der Böden urban-industrieller Verdichtungsräume. SchR Institut Pflanzenernähr. Bodenk., 35, 221 S.
- Schlichting, E., Blume, H.-P. & Stahr, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. Blackwell, Berlin, 2. A., 295 S.
- Sukopp, H. & Wittig, R. (Hrsg., 1993): Stadtökologie, G. Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 402 S.

Exkursionsführer zur Tagung des AK Stadtböden am 7./8. März 1997 in Rostock

von

Coburger, E. und H. Kretschmer¹

Gliederung

1. Abriss der geologischen Entwicklung des Rostocker Raumes
2. Überblick über die natürlichen Böden des Rostocker Raumes
3. Geschichtliche Entwicklung
4. Versiegelung und Flächennutzung
5. Auswahl der Exkursionsstandorte

Erläuterungen zu den Exkursionsstandorten

Profil 1: Kernstadtbebauung - Fischerbruch

Profil 2: Kernstadtbebauung - Küterbruch

Profil 3: Hausgartenstandort in der Steintor-Vorstadt

Profil 4: Teerdeponie

Profil 5: Carbid Schlammdeponie

Profil 6: Hausmülldeponie "Diedrichshäger Moor"

1. Abriss der geologischen Entwicklung des Rostocker Raumes

Das Stadtgebiet von Rostock wird von der ebenen bis flachwelligen Grundmoränenlandschaft der Rosenthaler Staffel des Pommerschen Stadiums der Weichselvereisung geprägt. Als beherrschendes Substrat steht im Rostocker Raum Geschiebemergel an, der z.T. großflächig von Sand überlagert ist. Die Ausprägung des Geschiebemergels schwankt zwischen lehmigem Sand und nahezu sandfreiem Ton. Im allgemeinen stellt er jedoch einen sandigen Lehm dar. In unverwittertem Zustand weist der Geschiebemergel Kalkgehalte zwischen 5 bis 15 % auf. Die Entkalkungsgrenze liegt im Durchschnitt bei 1 - 2 m unter Flur. Die erbohrten Mächtigkeiten des oberen Geschiebemergels liegen zwischen 1 und 78 m.

Die Sande der Grundmoräne sind in der Regel fein- bis mittelkörnig und kalkhaltig. Größere, reine Sandflächen mit einer Mächtigkeit über 2 m sind selten (Rostocker Heide, Elmenhorst-Lichtenhagen). Meist tritt er als 4 - 8 dm mächtige Decksandschicht über dem Geschiebemergel auf.

Die Rostocker Heide stockt überwiegend auf spätpleistozänen Schmelzwassersanden, die über älteren Geschiebemergeln abgesetzt wurden. Weite Teile sind von nur wenigen Dezimeter mächtigen Flugsanden bedeckt. Diese wurden zum Teil zu Dünen aufgeweht, die im schmalen Küstenbereich und in der Heide auftreten.

Die Schmelzwasserströme entlang des heutigen Warnowlaufes gruben sich bis 50 m tief in die Geschiebemergelhochfläche ein und legten dabei die fluviatil sortierten Unteren Sande zum Teil großflächig frei. Im Zuge der Verlandung von wassergefüllten Rinnen und Senken kam es zur Bildung von Mudden und Torfen. Im Stadtgebiet Rostock treten ausschließlich Niedermoore mit stark

¹ Institut für Bodenkunde, Agrarwiss. Fakultät, Universität Rostock, 18051 Rostock

schwankender Mächtigkeit auf. Die größten Torfmächtigkeiten wurden entlang des Warnowtales festgestellt, das in einigen Teilen von über 10 m mächtigen organischen Sedimenten erfüllt ist. Schilf-, Seggentorf und gelegentlich Bruchwaldtorf sind die bestimmenden Torfarten. Durch intensive landwirtschaftliche Nutzung und Melioration erhöhten sich die Zersetzungsgrade, so daß Degradierungserscheinungen festgestellt werden müssen. Als Liegendes der Torfe sind häufig Mudden als Torf-, Detritus-, Silikat- und Kalkmudden anzutreffen, die z.T. von geringmächtigem Basistorf (Präatlantikum) unterlagert sind (z.B. Toitenwinkler Moor).

2. Überblick über die natürlichen Böden des Rostocker Raumes

Die Bodendecke des Rostocker Raumes wird maßgeblich durch grund- und stauwasserbeeinflusste Bodengesellschaften geprägt. Der Atlas DDR, Teil 6 - Böden, weist für die Geschiebemergelflächen östlich und nordwestlich des Warnowlaufes Lehm-Pseudogleye, Pseudogley-Gleye sowie Sand-Gleye aus. Im Westen der Stadt treten neben den stark nässegeprägten Böden zunehmend Sand-Braunerden auf. Südlich Rostocks stehen überwiegend halbhydromorphe und anhydromorphe Bodenformen auf den höher gelegenen und stärker reliefierten Geschiebemergelstandorten an. Tiefflehm-Fahlerden und Braunerde-Pseudogleye bestimmen neben Sand-Braunerden die Bodendecke. Die spätpleistozänen Sandgebiete der Rostocker Heide wurden vor allem durch Podsolierungsprozesse geprägt, so daß überwiegend Podsole als Braun-, Rost- und Eisenhumuspodsole in Vergesellschaftung mit Podsol-Gleyen, Podsolen über Pseudogleyen (bei nur geringmächtiger Sanddecke), Gleyen und Niedermooren anstehen.

3. Geschichtliche Entwicklung

An der Ausweitung der schmalen Oberwarnow zur breiteren Unterwarnow siedelten sich im 6. Jahrhundert elbslawische Stämme an. Im Jahre 1160 wurde Rostock (wendischer Name: "rastoku"= Ort, wo Flüsse sich ausbreiten) das erste Mal erwähnt.

Nach der Zerstörung der slawischen Burganlagen siedelten sich ab 1171 deutsche Einwanderer an. Die ersten Bauten befanden sich noch im sumpfigen Gelände der Warnowniederung, bis um 1200 auf der Anhöhe am jenseitigen Flußufer der älteste Stadtkern Rostocks entstand (um die Petrikirche). Im Jahr 1218 erhielt Rostock die Bestätigung des lübischen Stadtrechts. Bis 1250 waren zwei weitere Teilstädte (um St. Marien und um die Jakobikirche) entstanden.

Nach dem Erwerb der Rostocker Heide 1252 und der Rodung größerer Waldflächen dehnte sich die Besiedlung nach Nordosten aus. Das Dorf Warnemünde im Nordwesten befindet sich seit 1323 im Besitz der Stadt Rostock.

Der Untergang der Hanse, der Dreißigjährige Krieg sowie ein Stadtbrand im Jahre 1677 beendeten die bis zu diesem Zeitpunkt erfolgreiche wirtschaftliche Entwicklung Rostocks. Erst Ende des 18. Jahrhunderts entstanden in Rostock die ersten Vorstadtsiedlungen außerhalb des mittelalterlichen Stadtkerns. Die industrielle Entwicklung der Stadt vollzog sich fast ausschließlich im Westen der Stadt entlang des zunehmend verbauten Warnowufers.

Großflächige Neubebauungen auch auf der Ostseite der Warnow entstanden vor allem während der NS-Herrschaft.

Durch Bombardements wurden im zweiten Weltkrieg 40 Prozent aller Häuser und Gebäude zerstört.

Nach dem Krieg wurden die maritimen Wirtschaftszweige verstärkt entwickelt. Dies geschah vor allem durch Verdichtung der Industrieanlagen an der Warnow zwischen Kabutzenhof und Marienehe. Mit dem Bau des Rostocker Überseehafens in einer bis dahin weitgehend unerschlossenen, nur teilweise landwirtschaftlich genutzte Zone wurde 1957 begonnen. Große Waldgebiete fielen den Bauarbeiten zum Opfer (Oldendorfer Tannen, Swienskuhlen). Zuerst setzte die städtebauliche Erschließung des Nordwestens mit dem Bau von fünf Trabantenstädten in Plattenbauweise ein.

Erst in den 80er Jahren verlagerte sich die Stadtentwicklung auf den Nordosten mit der Errichtung weiterer Neubaugebiete. Die derzeitige Stadtentwicklung konzentriert sich auf die Verdichtung der innerstädtischen Bebauung sowie die Anlage großflächiger Gewerbegebiete in Stadtrandlage.

4. Versiegelung und Flächennutzung

Im Vordergrund der Versiegelungskartierung stand die Aufnahme der Versiegelungsgrade. Methodisch lehnten sich die Aufnahmen an die Arbeiten von BERLEKAMP/PRANZAS (1992) an. Als Arbeitsgrundlage dienten Kartenreproduktionen des ehemaligen VEB Geodäsie und Kartographie im Maßstab 1:5.000 (Stand 1983-1986) sowie Color-Infrarotluftbilder von 1991 im Maßstab 1:10.000, die allerdings nur zur Feststellung eventueller Bebauungsänderungen geeignet waren. Die Ungenauigkeit der Karten machte des weiteren Geländebegehungen erforderlich. Da eine computergestützte Auswertung des vorhandenen Kartenmaterials an der Fakultät bisher noch nicht möglich ist, wurden auf den Blättern der Stadtgrundkarte die Versiegelungsgrade baublockweise mittels eines Planimeters (Planix 5000) ermittelt. Es erfolgte eine getrennte Erfassung der Gebäude- und der versiegelten Freiflächen, aus denen sich der jeweilige Versiegelungsgrad ergab. In den ausgewählten Stadtgebieten wurden jeweils drei Testflächen, in der Regel zwischen 1 und 4 ha, mit Hilfe eines Planimeters (Planix 5000) vermessen. Die folgende Graphik zeigt die durchschnittlichen Versiegelungsgrade der untersuchten Bebauungstypen.

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wurden die Versiegelungsgrade für vergleichbare Flächen abgeschätzt. Für die flächendeckende Kartendarstellung erfolgte eine Einteilung der Versiegelungsgrade in 6 Stufen.

Versiegelung in %	Stufe	Bezeichnung
0 - 15	1	gering
15 - 35	2	mäßig
36 - 55	3	mittel
56 - 75	4	stark
76 - 90	5	sehr stark
> 90	6	extrem stark

Die derzeitige Versiegelungssituation im Stadtgebiet Rostock muß positiv betrachtet werden, da sich aus dem folgenden Diagramm nur ein Anteil von mäßig bis extrem stark versiegelten Flächen von 28 % ergibt. Die hohen Flächenanteile der Rostocker Heide verringern dabei den Gesamtanteil der versiegelten Flächen spürbar und täuschen über die extrem hohen Versiegelungsgrade im Stadtkerngebiet hinweg.

Neben der Versiegelung wurde die aktuelle Flächennutzung im Stadtgebiet Rostock auf der Grundlage der topographischen Karte im Maßstab 1 : 25.000 erfaßt. Folgende Nutzungstypen wurden dabei ausgliedert.

Bauliche Nutzungen

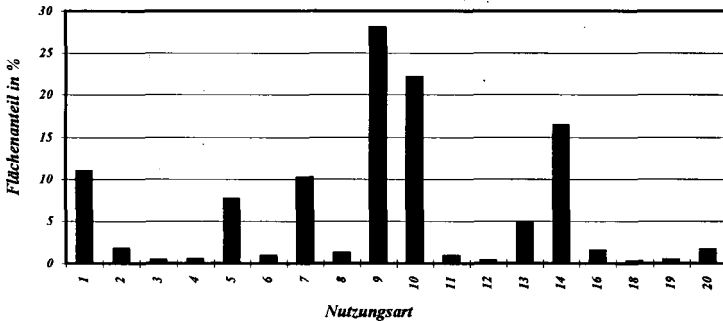
- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. Wohngebiet | 5. Gewerbegebiet, Industriegebiet |
| 2. Mischgebiet I (überwiegende Nutzung Wohnen) | 6. Gleisanlagen |
| 3. Mischgebiet II (überwiegende Nutzung Gewerbe) | 7. Gemeinbedarf |
| 4. Kerngebiet | 8. dörf. Struktur |

Freiflächennutzungen

- | | |
|---|----------------------------------|
| 9. Wald | 15. Campingplatz |
| 10. Landwirtschaftliche Nutzfläche | 16. Baumschule, Gartenbau |
| 10.1 Acker | 17. unbebaute Fläche, versiegelt |
| 10.2 Grünland | 18. sonstige bebaute Fläche |
| 11. Park, Grünfläche | 19. Sportplätze, Freibad |
| 12. Friedhof | 20. Milit. Nutzung |
| 13. Kleingärten | |
| 14. Freifläche | |
| 14.1 Freifläche unversiegelt, vegetationsfrei | |
| 14.2 Freifläche. Wiese | |

- 14.3 Freifläche, Mischbestand
- 14.4 Freifläche, Baumbestand
- 14.5 Freifläche, Schilf

Die Flächenanteile der unterschiedlichen Nutzungsstrukturen wurden in der folgenden Graphik dargestellt.



Erläuterungen zu den Exkursionsstandorten

- Profil 1: Kernstadtbebauung - Fischerbruch**
- Profil 2: Kernstadtbebauung - Küterbruch**

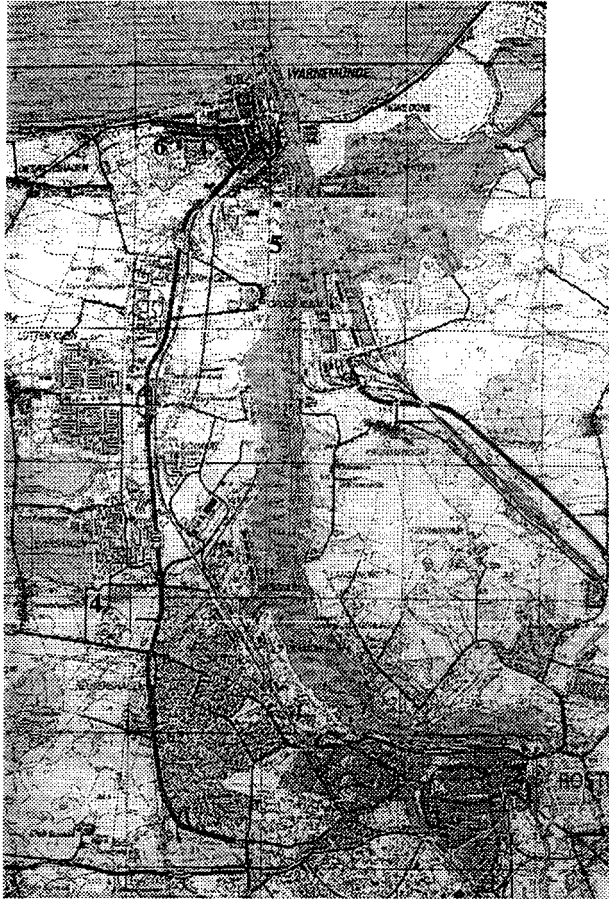
Als typische Standorte der durch hohe Versiegelungsgrade und dichte Blockbebauung gekennzeichneten Kernstadtbereiche wurden 2 Profile in der Östlichen Altstadt ausgewählt. In diesem Stadtgebiet befindet sich die ursprüngliche Rostocker Altstadt. Jahrhundertlange Beeinflussung durch den Menschen verursachten besonders große Veränderungen gegenüber den ursprünglich anstehenden Böden. Brände und Kriege führten zu starken Zerstörungen der Bausubstanz und zum weiteren Anwachsen der ohnehin mächtigen Aufschüttungen.

Der **Standort Fischerbruch** befindet sich im unmittelbaren Einflußbereich der Warnow und ist daher durch einen hohen Grundwasserstand und Überschwemmungsgefahr gekennzeichnet. Mittelalterliche Karten zeigen noch das verzweigte Grabensystem in diesem Bereich, das heute weitgehend verrohrt ist. Bereits im 13. Jahrhundert siedelten sich dort die sogenannten Bruchfischer an. Die Namen umliegender Straßen deuten auf die Ansiedlung der Loh- und Weißgerber hin, die zu den wichtigsten Gewerbetreibenden der Stadt zählten.

Ursprünglich standen in diesem Bereich Niedermoore an, die jedoch im Zuge der Besiedlung durch Aufschüttungen überlagert wurden. Im unmittelbaren Bereich des Fischerbruchs wurden ca. 3 m mächtige Aufschüttungen über 6 m mächtigen Torf- und Muddelagen festgestellt.

In dem nachfolgend beschriebenen Profil sind besonders die Anteile an Schlacke hervorzuheben, die sehr hohe Gehalte an Schwermetallen aufweisen.

Das **Profil Küterbruch** befindet sich bereits im Mittelhangbereich von der Warnowniederung zu einer Geschiebemergelkuppe. Nahegelegene Bohrungen zeigen jedoch auch für diesen Standort Aufschüttungsmächtigkeiten von ca. 3,5 m über geringmächtigen Feinsanden und Geschiebemergel.



**Lage der ausgewählten Profile im Stadtgebiet Rostock
(Ausschnitt aus der TK 1: 50.000, Bl. 0306-1/3)**

In der Umgebung des Profils wurde vor allem Holzhandel betrieben. Durch die Bombenabwürfe im Jahre 1942 wurde das Gebiet besonders stark betroffen. Nahezu alle Lagerplätze und Gebäude dieses Bereiches galten als Totalschaden. Bis Kriegsende wurde immer wieder Trümmerschutt verkippt. Das angelegte Profil zeigt die typischen heterogenen Lagen der innerstädtischen Aufschüttung mit unterschiedlichen Gehalten an Bauschutt.

Profilbeschreibung: Kernstadtbekbauung - Fischerbruch

Lage: Rostock, Fischerbruch

Ausgangsgestein: schlacke- und bauschuthaltiger Sandauftrag

Relief: Ebene, Warnowniederung

Vegetation/Nutzung: ehemals Gartengrundstück, Goldrute, Quecke, Schilf

Versiegelung: 0%

...25 m: 0%

Entfernung Straße: 25m

Grundwasser: 5 dm u. GOK

Horizont	Tiefe [dm]	Beschreibung	Kennzeichnung des Substrates
ijeAh	- 1,0	sehr dunkel gräulich braun (10YR3/2), Mischung aus umgelagerten Sanden und Bauschutt (Ziegel, Schlacke), stark humos, schwach carbonathaltig, feucht, geringe Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³ , stark durchwurzelt, Einzelkorn- bis Krümelgefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S12 (Fein)Bod.-artengr., hauptgr.: ls,s Grobodenart: (G2,X1) k Gesamtbodenart: (k)s Geogenese: oyj (Ybz,S) Substrat: oyj-(k)s (Ybz,S)
Go-eljC	- 2,7	leicht olivbraun (2,5 Y 5/6), Nebenfarbe: leicht gelblich braun (2,5Y6/4), Mischung aus umgelagerten Sanden und Bauschutt (Ziegel, Schlacke, Glas), sehr schwach humos, stark rostfleckig (Stauwasser), frisch, schwach carbonathaltig bis carbonatreich, geringe Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³ , sehr schwach durchwurzelt, Polyedergefüge, Einzelkorngefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: Su2 (Fein)Bod.-artengr., hauptgr.: ls,s Grobodenart: (X3, G2) n Gesamtbodenart: ns Geogenese: oyj (Ybz, S) Substrat: oyj-ns (Ybz, S)
Go-joyelC	- 4,0	schwarz, Mischung aus umgelagerten Sanden und Bauschutt (Schlacke, Ziegel, Glas, Holz, Keramik, Metall), schwach kohlehaltig, stark humos, feucht, mittel carbonathaltig, sehr geringe Dichte, Ld: <1,4 g/cm ³ , aber stark verfestigt, sehr schwach durchwurzelt, Einzelkorn- bis Kittgefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: Su2 (Fein)Bod.-artengr., hauptgr.: ls,s Grobodenart: (G5,X2) k Gesamtbodenart: sk Geogenese: oy (Ybz, Ys) Substrat: oy-sk (Ybz, Ys)
ylC-Go	- 5,0	rostbraun, dunkelrostbraun bis schwarz, Mischung aus umgelagerten Sanden und Schlacke, schwach kohlehaltig, schwach humos, frisch bis feucht, sehr carbonatarm, geringe Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³ , Einzelkorn-bis Kittgefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S12 (Fein)Bod.-artengr., hauptgr.: ls,s Grobodenart: (G5) k Gesamtbodenart: sk Geogenese: oy (Ys) Substrat: oy-sk (Ys)
iyGr1	- 6,2	schwarz, Mischung aus umgelagerten Sanden, Schlacke und Bauschutt (Ziegel, Glas, Keramik, Holz, Metall), schwach kohlehaltig; stark humos, feucht, stark carbonathaltig, geringe Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³ , sehr schwach durchwurzelt, Einzelkorn- bis Kittgefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: Su2 (Fein)Bod.-artengr., hauptgr.: ls,s Grobodenart: (X5) n Gesamtbodenart: sn Geogenese: oy (Ybz) Substrat: oy-sn (Ybz)
iyGr2	-8	Sand (marin), 50 - 70 % technogenes Skelett, gelbe und rote Ziegel, 1 % natürl. Skelett, Farbe: 2,5Y3/1, sehr dunkel grau, schwach humos, stark feucht bis naß, mittlere Dichte, Ld: 1,5 - 1,75 g/cm ³ , mittel carbonathaltig, Einzelkorngefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: Ss (Fein)Bod.-artengr., hauptgr.: ss,s Grobodenart: (X5) n Gesamtbodenart: sn Geogenese: oy (Ybz) Substrat: oy-sn (Ybz)

Klassifikation mit Beispiel für nutzerfreundliche Interpretation

Bodentyp: GG Gley

Subtyp: RZ-GG Pararendzina-Gley

Substrattyp: oyj-ns (Ybz,S) \ oy-sk(Ybz,Ys)

Bodenform: oyj-ns (Ybz,S) \ oy-k (Ybz,Ys) GG

Gley aus flachem Techno-Kipp-Schuttsand über Techno-Sandkies als Gemenge aus Ziegelschutt und Schlacke

aus Horizontbenennung folgt:

- Skelettanteil in den beiden oberen Horizonten < 30 %, ab 3. Horizont (27 cm Teufe) > 50 %

- nahezu gesamtes Profil karbonathaltig (= geringe Schwermetallmobilität)

- bei einem Grundwasserstand von 5 dm unter GOK zeigen sich ab 1 dm Profiltiefe untergeordnete und ab 4 dm starke Hydromorphiemerkmale

Profilbeschreibung: Kernstadtbebauung Küterbruch

Lage: Rostock, Küterbruch

Ausgangsgestein: bauschutthaltiger Sandauftrag

Relief: Steilhang, anthropogen

Vegetation/Nutzung: Blockbebauung, Knaulgras, Schöllkraut, Brennessel, Goldrute, Schilf

Versiegelung: 0 %

... 25 m: 20 %

Entfernung Straße: 20 m

Grundwasser: nicht erreicht

Horizont	Tiefe [dm]	Beschreibung	Kennzeichnung des Substrates
jAh	- 0.5	schwarz (5Y2,5/2), schwach bis mittel lehmiger Sand, 1-10 % technogenes Skelett, Bauschutt, mittel humos, schwach carbonathaltig, trocken bis frisch, geringe Dichte, Ld: 1,4 -1,6 g/cm ³ , stark durchwurzelt, Krümelgefüge, deutlicher Übergang	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S13 (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: ls, s Grobodenart: (G2,X2) n Gesamtbodenart: (n)s Geogenese: oyj (Ybz,S) Substrat: oyj-(n)s (Ybz,S)
jIC1	- 9.6	sehr dunkel gräulich braun (2,5Y3/2), Nebenfarbe: 10YR4/6, dunkel gelblich braun (5%), 2,5Y3/1, sehr dunkelgrau 40 %, mittel lehmiger Sand, 10-25 % technogenes Skelett, Ziegel, gelb, rot, Kalkmörtel, Knochen, Holzkohle, mittel humos, frisch, geringe Dichte, Ld: 1,4- 1,6 g/cm ³ , schwach (stellenweise stark) carbonathaltig, mittel durchwurzelt, Polyeder-, Subpolyedergefüge, Einzelkorngefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S13 (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: ls, s Grobodenart: (G2,X2) n Gesamtbodenart: (n)s Geogenese: oyj (Ybz,S) Substrat: oyj-(n)s (Ybz,S)
jIC2	- 13.0	schwarz (2,5Y2,5/1), Nebenfarbe: 2,5Y5/4, leicht olivbraun, 5Y5/6, oliv, mittel lehmiger Sand, 1 - 10 % technogenes Skelett, Bauschutt, Ziegel, Holzkohle, schwach rostfleckig, mittel humos, schwach kohlehaltig, frisch, sehr schwach bis schwach carbonathaltig, geringe Dichte, Ld: 1,4- 1,6 g/cm ³ , Polyedergefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S13 (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: ls, s Grobodenart: (G2,X2) n Gesamtbodenart: (n)s Geogenese: oyj (Ybz,S) Substrat: oyj-(n)s (Ybz,S)
jIC3-Sw	- 15.3	oliv (5Y4/4), Nebenfarbe: 10YR4/6, dunkel gelblich braun, mittel lehmiger Sand, 1-10 % Skelett (natürl. u. verwitterte Ziegel), stark rostfleckig, frisch, mittel carbonathaltig, mittlere Dichte, Ld: 1,4- 1,75 g/cm ³ , gerader, deutlicher Übergang	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S13 (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: ls, s Grobodenart: (G2,X2) n Gesamtbodenart: (n)s Geogenese: oyj (Ybz,S) Substrat: oyj-(n)s (Ybz,S)

ijlC4-Sw	- 16,3	sehr dunkel gräulich braun (2,5Y3/2), schwach lehmiger Sand, 1-10 % Skelett, Ziegel, natürl. Gruse, Kalk, schwach kohlehaltig, mittel humos, schwach carbonathaltig, dunkel rostfleckig, pixelartig, frisch, Polyedergefüge, gerader, deutlicher Horizontübergang	
ijlC5-Sw	-18,0 +	sehr dunkel gräulich braun (2,5Y3/2), schwach lehmiger Sand, 1-10 % Skelett, Ziegel, natürl. Gruse, sehr schwach humos, sehr carbonatarm, dunkel rostfleckig, pixelartig, frisch, Polyedergefüge	

Klassifikation:

Bodentyp: RZ Pararendzina

Subtyp: RZn Normpararendzina

Substrattyp: oyj-(n)s (Ybz,S) schutführender Techno-Kippsand als Gemenge aus Bauschutt und Sand

Bodenform: oyj-(n)s (Ybz,S) RZ

Profil 3: Hausgartenstandort in der Steintor-Vorstadt

Eine große Gruppe anthropogen geprägter Böden bilden die Kultosole, zu denen die Gartenböden gehören. Durch die regelmäßige Zufuhr von Kompost, der die Bodendecke anwachsen ließ und durch intensive Bodenbearbeitung entstanden abhängig von der Intensität und Dauer der Nutzung mächtige humose Oberböden. Derartige Hortisole werden als lockere Böden mit relativ hohem Wasser- und Nährstoffbindungsvermögen gekennzeichnet. Das nachfolgend beschriebene Profil befindet sich in der Rostocker Steintor-Vorstadt. Dieses um die Jahrhundertwende bebaute Gebiet wurde bereits auf mittelalterlichen Karten als Gartenland ausgewiesen. Auch nach der Bebauung wurde der Standort als Hausgarten genutzt. Dieser langjährige anthropogene Einfluß zeigt sich in der Ausprägung eines 7 dm mächtigen Humushorizontes. Profile mit ähnlichem Horizontaufbau wurden mehrfach im Gebiet erfaßt.

Untypisch für diesen Standort sind die relativ hohen Gehalte an Blei, die wahrscheinlich auf eine Autowerkstatt auf dem Nachbargrundstück zurückzuführen sind.

Profil beschreibung: Hausgartenstandort - Steintor-Vorstadt

Lage: Rostock, Karlstr. 14

Gestein: umgelagerte Geschiebesande bis Geschiebelehm

Relief: eben, anthropogen geprägt

Vegetation/Nutzung: Hausgarten

Versiegelung: 0 %

.... 25 m: 10 % (Wohnhaus)

Grundwasser: nicht erreicht

Horizont	Tiefe [dm]	Beschreibung	Kennzeichnung des Substrates
Ap	- 2,5	schwarzgrau, schwach lehmiger Sand, schwach kiesig, sehr schwach anthrokiesig (Ziegel), stark humos, stark durchwurzelt, carbonatarm, Krümelgefüge, sehr geringe Dichte, Ld: < 1,4 g/cm ³	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S13 (Fein)Bod.-artengr., -hauptgr.: ls, s Grobodenart: (G2) k Gesamtbodenart: (k)s Geogenese: gm Substrat: gm-(k)s

Ex/Ah	- 7,0	dunkelgrau, mittel lehmiger Sand, schwach kiesig, mittel humos, carbonatarm, mittel durchwurzelt, Polyedergefüge, sehr geringe Dichte, Ld: < 1,4 g/cm ³	(Fein)Bodenartenuntergruppe: SI3 (Fein)Bod.-artengr.: ls, s Grobodenart: (G2) k Gesamtbodenart: (k)s Geogenese: gm Substrat: gm-(k)s
Bt-Sg	- 8,5	gelblich braun, stark lehmiger Sand, marmoriert, rostfleckig, leichte Tonhäutchen, sehr schwach humos, sehr carbonatarm, Polyedergefüge, geringe Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³	(Fein)Bodenartenuntergruppe: SI4 (Fein)Bod.-artengr.: sl, l Grobodenart: - Gesamtbodenart: l Geogenese: gm Substrat: gm-l
Sg1	- 13,0	gelblich braun, stark lehmiger Sand, marmoriert, rostfleckig, sehr carbonatarm, Kohärentgefüge, geringe Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³	(Fein)Bodenartenuntergruppe: SI4 (Fein)Bod.-artengr.: sl, l Grobodenart: - Gesamtbodenart: l Geogenese: gm Substrat: gm-l
Sg2	- 18,0	gelblich braun, stark lehmiger Sand, marmoriert, rostfleckig, sehr carbonatarm, Kohärentgefüge, geringe Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³	
elSg	- 26,0	gelbgrau, stark lehmiger Sand, marmoriert, rostfleckig, carbonatreich, Kohärentgefüge, mittlere Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³	

Klassifikation:

Bodentyp: YO Hortisol
Subtyp: SS-YO Pseudogley-Hortisol
Substrattyp: gm-(k)s / l kisführender Moränensand über -lehm
Bodenform: gm-(k)s / l YO

Profildaten: Hausgarten Steintor-Vorstadt

Nr.	O_Teufe	U_Teufe	Horizont	pH	CaCO ₃ [%]	C _i [%]	N _t [%]	C _{org} [%]	OBS [%]	C/N
1	0	2,5	Ap	6,4	0,62	2,54	0,18	2,47	4,25	14
2	2,5	7	Ex/Ah	6,4	0,71	1,82	0,14	1,73	2,99	12
3	7	13	Bt-Sg/Sg1	6,4	0,15	0,45	0,05	0,43	0,74	9
4	13	15	Sg2	6,6	0,15					
5	25	26	elSg	7,4	11,26					

Nr.	Körnung										
	T	fU	mU	gU	Σ U	fS	mS	gS	Σ S	Skelett	Bod.-art
1	10,7	2,5	7,6	9,2	19,3	36,3	26,7	4,5	67,5	2,9	SI3
2	10,6	1,2	8,1	8,3	17,6	38,9	24,7	4,6	68,2	4,3	SI3
3	15,3	6,3	18,4	9,6	34,3	29,5	16	3,6	49,1	1,6	SI4
4	11,7	3,4	8	8,6	20	38,4	21,3	5,1	64,8	4,3	SI3
5	11,1	3,9	8,2	14,5	26,6	38,5	17,6	4,2	60,3	1,6	SI3

Sorptionskennwerte / Nährstoffgehalte									pflanzenverf. Nährstoffe [mg/kg]			
Nr.	KAK _{pot}	H-Wert	S-Wert	V-Wert [%]	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	P
1	15,22	1	14,22	93,4	12,78	0,43	0,31	0,13	0	3,9	6,8	24,4
2	12,6	0,5	2,1	96	11,65	0,34	0,33	0,06	0	3,2	5,4	28,3

3	10,58	4,24	6,34	59,9	7,55	0,43	0,21	0,04	0	3,4	3,6	22,2
Nr.	Wasserhaushalt					Dichten						
	GP [%]	MP[%]	FP[%]	SV	PV	pm	pd	ps				
1	21,8	26,6	5,3	46,3	53,7	1,42	1,19	2,57				
2	19,35	24,8	5,7	50,2	49,8	1,54	1,3	2,59				
3	13,21	19,7	7,8	59,3	40,7	1,73	1,57	2,65				
	Schwermetallgesamtgehalte [mg/kg]				mobile Gehalte nach NH ₄ NO ₃ - Extr. [mg/kg]							
Nr.	Zn	Cu	Pb	Cd	Zn	Cu	Pb	Cd				
1	168,3	45,8	329,7	0,85	0,39	0,68	0,06	0				
2	110,7	48,3	789,9	0,71	1,38	0,67	0,09	0				
3	37,63	7,48	40,52	0,73	0,02	0,18	0,05	0				

Profil 4: Teerdeponie

Nordöstlich des Schutower Ringes am Verbindungsweg zum Stadtteil Evershagen liegt die Teerdeponie Rostock.

In den 60er Jahren wurden erhebliche Mengen eines Gasteerschlammes im Bereich aufgelassener Sandabbauverkippt. Der betrachtete Standort blieb bis Anfang der 70er Jahre völlig ungesichert. Da keine Möglichkeiten zur schadlosen Ablagerung auf geeignete Deponien bz. der Verbrennung bestanden, wurde eine Stabilisierung des Teers durch Gipseinmischungen durchgeführt. Diese Konfektionierung mit Gips erfolgte in 7 künstlich angelegten Gräben durch Handarbeit.

Die Gräben besitzen Längen zwischen 83 und 101 m und die obere Breite der Teergräben schwankt zwischen 5 und 10 m. Die Überdeckungshöhen des Teers sind als problematisch einzustufen, da sie im Minimum 1 dm und im Durchschnitt zwischen 5 und 10 dm liegen.

Das den Teer überdeckende Material ist in seiner Zusammensetzung sehr heterogen und zumeist kalkhaltig (2-5 % CaCO₃). Es dominieren lehmige Sande bis sandige Lehme, die wahrscheinlich Ausbmassen der Gräben darstellen.

Zwischen den Teergräben gestaltet sich die Substratschichtung sehr heterogen. Unterboden und Untergrund bestehen teilweise aus reinem Sand und anderenorts aus sandigem Lehm und Lehm. Übergänge sind verbreitet. Tendenziell läßt sich eine Abnahme des Tongehaltes nach Norden feststellen. Die Hydromorphie der Böden nimmt dagegen nach Norden zu infolge geringerer Grundwasserflurabstände. Die Fließbewegung des Grundwassers ist nach Nordosten gerichtet.

Durch teilweise hohe Wasserdurchlässigkeit der anstehenden Böden ist eine Verlagerung von Teerinhaltstoffen durchaus zu erwarten. Ein Austrag aus dem Teerkörper wird durch die Ausbildung einer Infiltrationsschicht (unterhalb des Teerkörpers) verdeutlicht. Diese Schicht ist bei anstehenden sandigen Substraten deutlich mächtiger ausgeprägt als bei sandigen Lehmen.

Bei bereits durchgeführten Untersuchungen ergab sich eine sprunghafte Abnahme der IR-KW-Spektren und des Phenol-Index in geringer Entfernung vom Teerkörper. Es wird jedoch vermutet, daß der größte Teil der leicht flüchtigen Teerbestandteile bereits ausgetragen wurde. Letzte Studien zum Gefährdungspotential der Ablagerung ergaben keinen akuten Handlungsbedarf zur Sanierung des Standortes.

Profilbeschreibung: Teerdeponie

Lage: Rostock, Messestraße

Ausgangsgestein: umgelagerter Moränenlehm über Teer-Gips-Gemisch

Relief: Ebene, anthropogen beeinflusst

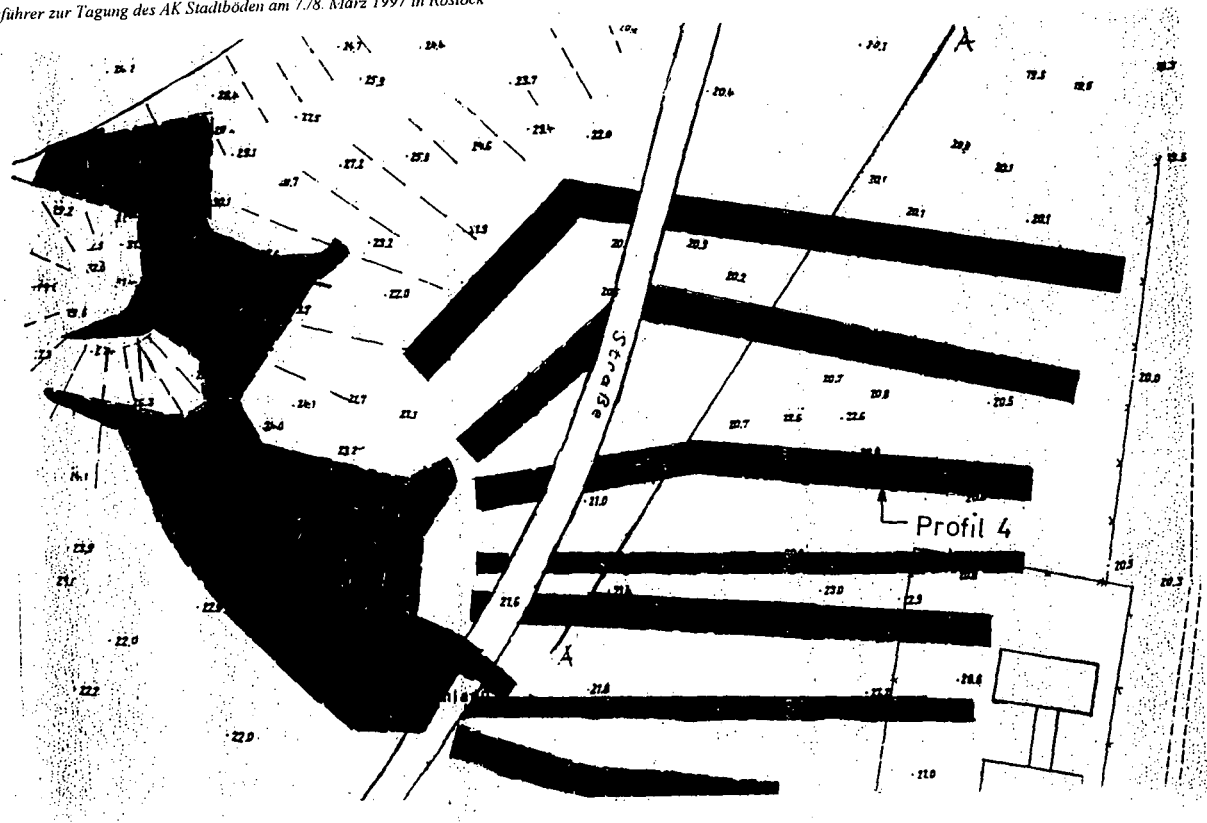
Vegetation/Nutzung: Freifläche, Ahorn-, Pappel-, Roteichenpflanzung

Versiegelung: 0 %

... 25 m: 0 %

Entfernung Straße: 40 m

Grundwasser: nicht erreicht



Lage der Teergräben im Untersuchungsgebiet

Horizont	Tiefe [dm]	Beschreibung	Substratkennzeichnung
jelC-Ah	- 0.5	braun (10YR4/3), stark lehmiger Sand, schwach kiesig, sehr schwach steinig, mittel humos, schwach rostfleckig, stark carbonathaltig, mittel durchwurzelt, Krümel- bis Subpolyedergefüge, geringe Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³ , frisch	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S14 (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: sl, l Grobodenart: (G2, X1) k Gesamtbodenart: (k)l Geogenese: oj Substrat: oj-(k)l
Sg-jelC	- 7.5	dunkel gelblich braun (10YR4/4), stark lehmiger Sand, schwach kiesig, sehr schwach steinig, schwach humos, rostfleckig, stark carbonathaltig, sehr schwach durchwurzelt, Polyedergefüge, geringe bis mittlere Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³ , feucht	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S14 (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: sl, l Grobodenart: (G2, X1) k Gesamtbodenart: (k)l Geogenese: oj Substrat: oj-(k)l
IIymC	- 23.0	schwarz (N2,5), Teer und Gips, Kohärentgefüge, mittlere Dichte, Ld: 1,6 - 1,8 g/cm ³	(Fein)Bodenartenuntergruppe: - (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: - Grobodenart: (> 75 % Yit) Gesamtbodenart: Yit Geogenese: oy (Yit) Substrat: oy-Yit
IIISg	- 25.0 +	braun (10YR5/3), rostfleckig, stark carbonathaltig, mittlere Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³ , feucht	

Klassifikation:

Bodentyp: RZ Pararendzina

Subtyp: SS-RZ Pseudogley-Pararendzina

Substrattyp: oj-(k)l // oy-Yit

kiesführender Kipplehm über tiefem Teer-Gips-Gemisch

Bodenform: oj-(k)l // oy-Yit RZ

Profilaten: Teerdeponie

Nr.	O_Teufe	U_Teufe	Horizont	pH	CaCO ₃ [%]	OBS [%]	Körnung						
							T	fU	mU	gU	Σ U	fS	mS
1	0	1,5	jelC-Ah	6,94	2,13	2,43	7,3	1,8	4,3	8,9	15	58,6	14,9
2	1,5	8,5	jjC	6,68		0,43	2	0,7	1	4,5	6,2	81,5	9,1
				Wasserhaushalt				Dichten					
Nr.	gS	Σ S	Bod.-art	pF1,7	pF2,18	pF2,78	GF [%]	SV	PV	kf-Wert [m/d]	ρm	ρd	
1	3,8	77,3	S12	27,95	25,23	19,6	11,35	60,7	39,3	1,46	1,83	1,61	
2	0,4	91	Ss	32,71	24,67	15,13	6,59	60,7	39,3	0,61	1,9	1,61	

Profil 5: Carbidschlammdeponie

Als weiterer Haltepunkt wurde die Carbidschlammdeponie Rostock gewählt, die sich nordöstlich des Dorfes Groß Klein befindet.

Das Gebiet wird begrenzt durch das Betriebsgelände der Kvaerner-Werft und eine Kiessanddeponie sowie ein ausgedehntes Feuchtgebiet, das 1990 den Status "Einstweilig gesichertes Schutzgebiet" erhalten hat und die Warnow. Im Bereich der Deponie mündet der Laak-Kanal in die Warnow.

Auf einer Fläche von 10.000 m² wurden seit 1975 Carbidschlamm und Carbidwasser verkippt. Der Carbidschlamm (Ca(OH)₂) fiel bei der Azetylgewinnung aus Carbid und Wasser als Abprodukt an.

Restmengen von Carbid und damit die weitere Bildung von Azetylen ist durch die lange Lagerungszeit nur noch in sehr geringem Ausmaß zu erwarten. Die oberflächennahen Ablagerungen wurden durch Luftzutritt zu Calciumcarbonat umgesetzt.

Die Brisanz erhält das Gebiet durch die meist punktförmige Verkippung von Beizsäure (ca. 5 %-ige HCl) aus der Verzinkerei der ehemaligen Warnowwerft, die seit 1980 zur Neutralisation aufgebracht wurde.

Die Verbringung von Carbidschlamm und Beizsäure erfolgte bis 1988. Die Ablagerungen erreichen im Bereich des Warnowufers eine Mächtigkeit von 2 m und im Bereich des Schilfgürtels an der westlichen Begrenzung des Untersuchungsgebietes 0,5 m.

Profilbeschreibung: Carbidschlammdeponie

Lage: Rostock, Groß Klein, südl. Kvaerner-Werft

Ausgangsgestein: Carbidschlamm

Relief: Uferkante zur Unterwarnow

Vegetation/Nutzung: ungenutzte Ruderalfläche

Versiegelung: 0 %

... 25 m: 10 %

Entfernung Straße: 20m (Zufahrtsweg)

Grundwasser: direkte Anbindung an Wasserspiegel der Warnow, zum Zeitpunkt der Aufnahme bei 19 dm

Horizont	Tiefe [dm]	Beschreibung	Kennzeichnung des Substrates
yyelC-Ai	- 0,5	hell gelblich braun (10YR6/4), Mischung mariner Sande mit Carbidschlamm, stellenweise humos, Rostmischungen durch Zugabe von Beizsäure, Muschelreste, extrem carbonatreich, mittel durchwurzelt, sehr geringe Dichte, Ld: < 1,4 g/cm ³ , trocken bis frisch, Einzelkorngefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S13 (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: ls, s Grobodenart: (25-50 % Yiv) Gesamtbodenart: s Geogenese: oy (Smb,Yiv) Substrat: oy-s (Smb,Yiv)
yyelC1	- 2,5	hell gelblich braun (10YR6/4), Mischung mariner Sande mit Carbidschlamm, Rostmischungen durch Zugabe von Beizsäure, extrem carbonatreich, geringe Dichte, Ld: 1,4-1,6 g/cm ³ , frisch, Schichtgefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: Su3 (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: us, s Grobodenart: (50-75 % Yiv) Gesamtbodenart: s Geogenese: oy (Smb,Yiv) Substrat: oy-s (Smb,Yiv)
yyelC2	- 10,3	weiß (8/N), Carbidschlamm, Roststreifen bis-bänder durch Zugabe von Beizsäure, extrem carbonatreich, geringe Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³ , frisch, Schichtgefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: Su2 (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: us, s Grobodenart: (>75 % Yiv) Gesamtbodenart: s Geogenese: oy (Yiv) Substrat: oy-s (Yiv)
llijeG1	- 17,0	hell oliv braun (2,5Y5/3), geschichtete Seesande mit torfmuddeartigen oder schlackigen Einlagen, wahrscheinlich gespült, mittel humos, sehr geringe Dichte, Ld: < 1,4 g/cm ³ , mittel carbonathaltig bis carbonatreich, feucht, Schicht- bis Einzelkorngefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: Ss (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: ss, s Grobodenart: - Gesamtbodenart: s Geogenese: ojs (Smb) Substrat: ojs-s (Smb)
yyelG2	- 19,0	schwarz (5Y2,5/1), Torfmudde, Schlack mit Grobsandanteilen, Muschelreste, stark humos, carbonatreich, geringe Dichte, Ld: 1,4 - 1,6 g/cm ³ , stark feucht, Schichtgefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: Uls (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: lu,u Grobodenart: - Gesamtbodenart: u Geogenese: ojs Substrat: ojs-u

Klassifikation:

Bodentyp: OL - Lockersyrosem

Subtyp: OLn - Norm-Lockersyrosem

Substrattyp: oys-s(Smb;Yiv) // ojs-s (Smb,F) Techno-Sand als Gemenge aus marinen Sanden und Carbid Schlamm über tiefen gespülten, marinen-Muddesanden

Bodenform: oy-s (Smb,Yiv) // ojs-s (Smb) OL

Profildaten: Carbid Schlammdeponie

						Körnung									
Nr.	O_Teufe	U_Teufe	Horizont	pH	CaCO ₃ [%]	T	fU	mU	gU	ΣU	fS	mS	gS	ΣS	
1	0	2,5	ijelC-Ai	12	53,64	10	2,2	5,3	9,1	16,6	45,7	23,8	2,6	72,1	
2	2,5	6,5	ijelC1	12,3	82,32	0	1,5	10	24,5	36,3	12,7	15,8	17,4	45,9	
3	6,5	7,5	yelC2	9,8	66,68	2,4	1,7	5,9	16,2	23,8	21,6	24	19,5	65,1	
4	7,5	14	IljjeG1	8,6	5,6	1,2	0,5	0	1,4	1,9	64,5	31,5	0,5	96,5	
5	14	18	ijjeG2	7,1	24,6	14	2,2	36	14,2	52,4	17,3	2,7	0,5	20,5	
6	18	20	ijjeG3	7,7	14,16	5,5	2,2	3,7	4,8	10,7	48	34,1	1,4	83,5	
Wasserhaushalt						Dichte [g/cm ³]				Schwermetallgesamtgehalte [mg/kg; Hg in µg/kg]					
Skelett [%]		Bod.-art	pF1,7	pF2,18	pF2,78	GP[%]	SV	PV	pd	Zn	Cu	Pb	Cd	Hg	
0,9		Sl3								2.025	20	36,33	3	12	
		Su3*													
0,1		Su2*								23.750	83,33	45	5,33	21,33	
		Ss	37,38	15,08	14,36	15,6	47	53	1,24	14,67	1,67	4	0,33	30	
0,1		Uls**	76,18	73,32	70,48	2,6	21,2	78,8	0,5	111,7	17	19,67	2	47	
		Sl2								22,67	6	20,33	1	96,67	
Sequentielle Extraktion - NH ₄ NO ₃ [mg/kg; Hg in µg/kg]						Sequentielle Extraktion - NH ₄ Acetat [mg/kg; Hg in µg/kg]									
Nr.	Zn	Cu	Pb	Cd	Hg	Zn	Cu	Pb	Cd	Hg					
1	365	6,5	2,75	<0,125	0,01	296,32	3,37	1,5	0,37	0,01					
2	213	27	12	2	0,02	12,75	7,13	3	0,75	0,01					
3	3.500	17	3,75	<0,125	0,47	3.488,37	8,63	2,62	0,37	0,07					
4	6,25	3,75	1,5	<0,125	0,12	22,13	3,75	2,62	<0,19	0,01					
5	2,75	1,25	2,25	<0,125	0,01	4,88	0,75	<0,37	<0,19	0,02					
6	3,25	1,5	1,75	<0,125	0,01	4,13	1,5	1,12	<0,19	0,01					

Profil 6: Hausmülledeponie "Diedrichshäger Moor"

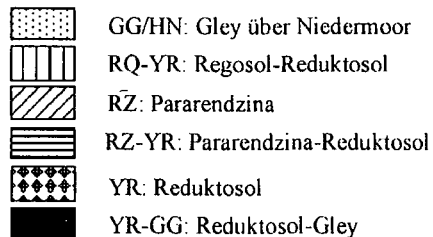
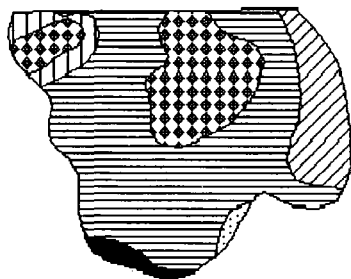
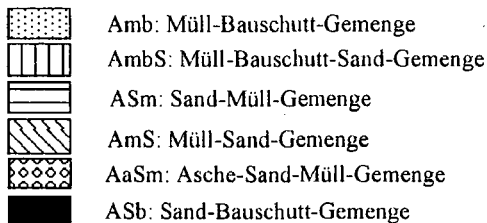
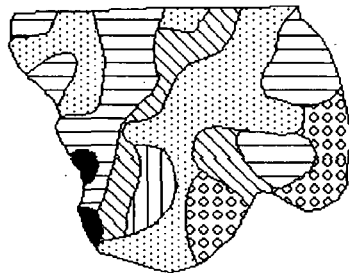
Im südwestlichen Randgebiet der Ortslage Warnemünde bzw. im nordwestlichen Randbereich des Niederungsgebietes Diedrichshäger Moor befindet sich das Gelände der Deponie "Diedrichshäger Moor".

Die Deponie grenzt im Norden an ein Sportplatzgelände, im Westen, Süden und Südosten an Grünlandflächen bzw. Schilfbestände und im Osten an eine Restwasserfläche sowie an eine Gartenkolonie. Die Deponie wurde 1961 eingerichtet und bis 1976 bewirtschaftet. Nach der offiziellen Schließung der Deponie wurden bis in die jüngste Gegenwart Bauschutt und Erdstoffe dort abgelagert. Das Deponiegelände umfaßt eine Fläche von ca. 11,3 ha, davon die südliche Hälfte als wilde Verkipfung nach 1976.


Die Ablagerungen setzen sich wie folgt zusammen:

- Siedlungsabfälle mit relativ großen Mengen von Hausbrand- und Heizkraftwerksaschen
- Siedlungsabfallähnliche Gewerbeabfälle
- Gewerbeabfälle aus der ehemaligen Warnowwerft
- Bauschutt und Bodenaushub

Substrate und Bodentypen auf der Hausmülldeponie "Diedrichshäger Moor"



0 0,1 0,2 km



Die Mächtigkeit der Müllablagerungen beträgt durchschnittlich 3,50 m. Die Deponie weist eine besonders hohe Belastung mit Chlorphenolen und AOX auf.

Das sich, wie bereits oben erwähnt, anschließende Niederungsgebiet "Diedrichshäger Moor" stellt ein Küstenüberflutungsmoor mit einer Gesamtfläche von 161 ha dar. Die Moormächtigkeiten erreichen maximal 5 - 6 m. Es stehen vor allem Schilf- und Seggentorfe in mittlerer bis hoher Zersetzung an. Unter dem heutigen Deponiekörper konnten nur geringmächtige bzw. keine organogenen Sedimente erbohrt werden. Eine Erklärung dafür liegt in der Abtorfung des Gebietes südlich des Sportplatzgeländes mittels Stechmaschinen. Die ehemaligen Torfstiche befinden sich möglicherweise direkt unter dem Deponiekörper.

Das Organogen des Moores wird von mehrere Meter mächtigen z. T. marinen Feinsanden unterlagert.

Die Ergebnisse Bodenkartierung zeigen die deutlichen Heterogenität der abgelagerten Substrate. Die reduktiven Merkmale sind im Zentrum der Deponie am stärksten ausgeprägt, so daß dort reine Reduktosole ausgewiesen werden konnten. Die reduzierende Wirkung der Deponiegase wird dort durch einen relativ hohen Grundwasserstand verstärkt. Im Grundwasserkörper hat sich ein sogenannter Grundwasserdome mit besonders hohen Grundwasserständen im Zentrum der Deponie herausgebildet. Der größte Flächenanteil wird durch Pararendzina-Reduktosole eingenommen. Im Übergangsbereich zum angrenzenden Niedermoor wurden Reduktosol-Gleye und Gleye über Niedermoor kartiert.

Das als Leitprofil des BMBF-Projektes "Bewertung anthropogener Stadtböden" untersuchte Profil befindet sich unter nitrophiler Holundervegetation etwa im Zentrum der Deponie. Für die Exkursion am 8. 3. 1997 wird ein nahegelegenes, besser zugängliches Profil mit gleichartiger Horizontierung vorgestellt. Ergebnisse eines Gutachtens zur Gefährdungsabschätzung weisen für diesen Bereich Müllmächtigkeiten von 3,40 m aus. Darunter stehen etwa 0,15 m schwach zersetzter Niedermoorortof an, der von Feinsand unterlagert wird. Der Grundwasserstand liegt bei 2 m unter Geländeoberfläche. Im nächstgelegenen Gasmeßrohr wurden 58 % CH₄, 35 ppm CO und 20 ppm H₂S festgestellt. Der Höhepunkt der Entgasung ist zum Zeitpunkt der Exkursion überschritten.

Profilbeschreibung: Hausmülldeponie "Diedrichshäger Moor"

Lage: Rostock, Deponie "Diedrichshäger Moor"

Relief: Ebene (anthropogen beeinflusst)

Versiegelung: 0%

...25m: 0%

Vegetation/Nutzung: Holunder, Brennessel

Grundwasser: 10 dm

Horizont	Tiefe [dm]	Beschreibung	Kennzeichnung des Substrates
jeAh	- 1,0	dunkelbraun, schwach lehmiger Sand, 20% technogenes Skelett, Müll, Glas, Holz, Metall, stellenweise sehr schwach rostfleckig, mittel carbonathaltig, stark durchwurzelt, sehr stark humos, kiesig, schwach steinig, Einzelkorn- bis Krümelgefüge, sehr geringe Dichte, Ld: < 1,4 g/cm ³	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S12 (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: ls, s Grobodenart: (fX3) n Gesamtbodenart: (n)s Geogenese: oy (Ybz, Yüh) Substrat: oy-(n)s (Ybz, Yüh)
jyeYo1	- 5,0	dunkelgraubraun, schwach lehmiger Sand, 50% technogenes Skelett, Müll, Bauschutt, Glas, Metall, Plastik, schwach rostfleckig, Einzelkorngefüge, mittel carbonathaltig, mittlere Durchwurzlung, schwach humos, sehr geringe Dichte, Ld: < 1,4 g/cm ³	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S12 (Fein)Bod.-artengr.,-hauptgr.: ls, s Grobodenart: (fX5) n Gesamtbodenart: sn Geogenese: oy (Ybz, Yüh) Substrat: oy-sn (Ybz, Yüh)

jyeYo2	- 7,5	dunkelgraubraun, schwach lehmiger Sand bis stark sandiger Lehm, 50% technogenes Skelett, Müll. Bauschutt, Glas, Plastik, Metall, stark rostfleckig, subpolyedrisch, mittel carbonathaltig, sehr schwach durchwurzelt, sehr sehr stark humos, sehr geringe Dichte, Ld: < 1,4 g/cm ³	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S12 (Fein)Bod.-artengr.-hauptgr.: ls, s Grobodenart: (fX5) n Gesamtbodenart: sn Geogenese: oy (Ybz, Yüh) Substrat: oy-sn (Ybz, Yüh)
jyeYr	-10,0	schwarz, schwach lehmiger Sand, 50% technogenes Skelett, Müll, Bauschutt, Glas, Plastik, Holz. Schwarzfärbung durch Reduktion, Sulfid-Bildung, schwach carbonathaltig, Einzelkorngefüge	(Fein)Bodenartenuntergruppe: S12 (Fein)Bod.-artengr.-hauptgr.: ls, s Grobodenart: (fX5) n Gesamtbodenart: sn Geogenese: oy (Ybz, Yüh) Substrat: oy-sn (Ybz, Yüh)

Klassifikation:

Bodentyp: VV - Reduktosol

Subtyp: VVx - Ockerreduktosol

Varietät: VVxd- Deporeduktosol

Substrattyp: oy-sn (Ybz, Yüh) Technosandschutt als Gemenge aus Bauschutt und Hausmüll

Bodenform: oy-sn (Ybz, Yüh) VVx

Profildaten: Hausmülldeponie "Diedrichshäger Moor"

											Körnung		
Nr.	O_ Teufe	U_ Teufe	Horizont	pH	CaCO ₃ [%]	C _i [%]	N _i [%]	C _{org} [%]	OBS [%]	C/N	T	U	S
1	0	5	jeAh/ jyeYo1	7,3	5,9	8,79	0,22	8,08	13,93	36	7,4	12,8	79,8
2	5	7,5	jyeYo2	7,3	4,6	5,72	0,23	5,17	8,91	22	6,3	14,9	78,8
Sorptionskennwerte / Nährstoffgehalte im Perkolat										pflanzenverf. Nährst. [mg/kg]			
	Skelett [%]	Bod.-art	KAK _{pos}	S-Wert	V-Wert [%]	Ca	Mg	K	Na	K	P		
	44	S12	18,2	18,2	106	33,1	0,9	0,5	0,1	20,6	0,9		
	55	S12	13	13	105	25,6	0,6	0,5	0,1	14,9	1,4		
Bodenphysikalische Kennwerte					Dichten [g/cm ³]			Schwermetallgesamtgehalte [mg/kg]					
Nr.	GP [%]	MP [%]	FP [%]	SV	PV	pd	ps	pd*	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
1	n.b.	n.b.	12	34,6	65,5	0,82	2,38	0,93	838	622,5	423	3,3	37,8
2	n.b.	n.b.	14	23,6	76,4	0,49	2,08		715	58,1	159	4,4	18,1
Gehalte nach NH ₄ NO ₃ -Extraktion [mg/kg]						Gehalte nach NH ₄ -Acetat-Extraktion [mg/kg]							
Nr.	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni			
1	1,34	2,08	0,04	0,01	0,06	35,6	2,9	4,5	0,45	0,62			
2	1,55	0,66	0,02	0,01	0,09	34,5	0,6	3	0,41	0,43			



MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT

Referate

Sitzung der Arbeitsgruppe Böden in Schleswig-Holstein

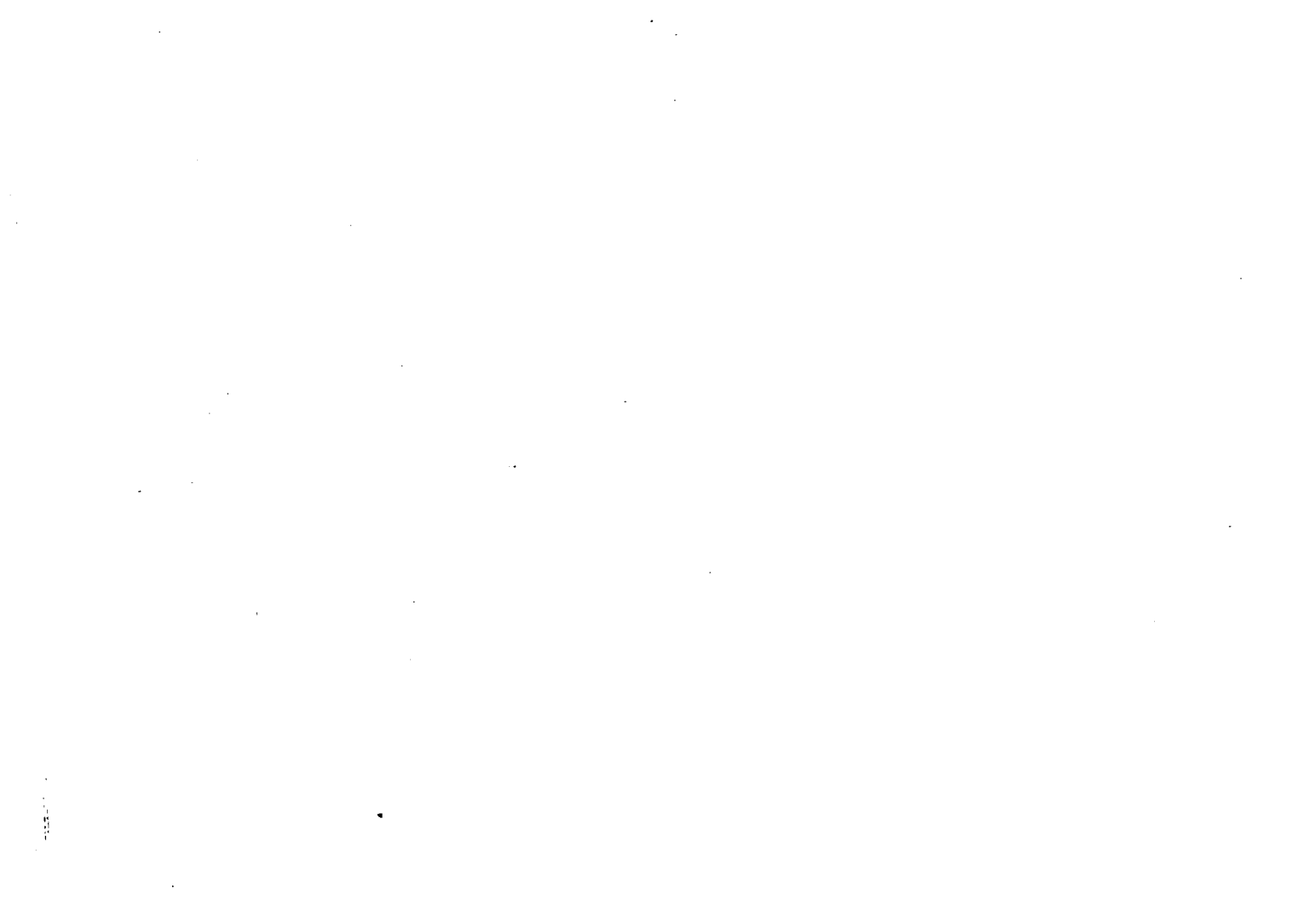
"Bodenschutz und landwirtschaftliche Bodennutzung"

24. April 1997

RENDSBURG

Band 84

1997



Bodennutzung und Nutzungswandel in Schleswig-Holstein

von

Filipinski, M., E. Cordsen* und H.-S. Grunwaldt[†]

Schleswig-Holstein hat nach dem Gebietsstand vom 31.12.1995 eine Fläche von 15730 km². Dieses Bundesland ist in vier in nord-südlicher Richtung verlaufende Hauptnaturräume gegliedert. Im Osten des Landes liegt das Östliche Hügelland. Dieser Hauptnaturraum nimmt ca. 42 % der Landesfläche ein und ist aus vorwiegend lehmigen Ablagerungen (Geschiebemergel) der letzten Vereisung (Weichselglazial) entstanden. Im Westen schließt sich die Vorgeest an. Dieser Hauptnaturraum ist durch unterschiedlich mit Flugsand überprägte und flach geneigte Sanderflächen sowie flächenhaft verbreitete Niederungen gekennzeichnet. Er nimmt ca. 16 % der Landesfläche ein. Westlich der Vorgeest liegt die Hohe Geest. Es sind Ablagerungen der vorletzten Eiszeit (Saaleglazial), die aufgrund starker periglaziärer Überprägungen relativ flach geneigt sind. Auf diesen Hauptnaturraum entfallen ca. 28 % der Landesfläche. Im Westen des Landes finden wir die flachen Marschen vor. Diese entstanden aus holozänen Sedimenten, die unter Tideeinfluß abgelagert worden sind. Dieser Hauptnaturraum nimmt ca. 14 % der Landesfläche ein.

Aufgrund der unterschiedlichen Substrate, der Reliefformen sowie des Alters ergibt sich eine Vielzahl von Standorteigenschaften. Daraus leiten sich sehr unterschiedliche Nutzungen der Böden ab. Wie die Bodennutzung sich in Schleswig-Holstein gewandelt hat, soll nachfolgend diskutiert werden.

In Abhängigkeit von dem Ausgangsmaterial, den Wasserverhältnissen, dem Klima, der Nutzung (Vegetation, Mensch) sowie den Reliefformen ist Schleswig-Holstein durch eine Vielzahl von Bodenformen gekennzeichnet. Aufgrund des Ausgangsmaterials dominieren im Östlichen Hügelland Parabraunerden aus Geschiebelehm. In ebenen Lagen sind sie mit Pseudogleyen vergesellschaftet. Aus sandigen Substraten, wie den Geschiebe- und Schmelzwassersanden, haben sich Braunerden entwickelt.

In der Vorgeest entstanden aus den Sandersanden in trockenen Lagen Braunerden. In grundwasserbeeinflussten Bereichen entwickelten sich aus den Flugsanden Podsole bzw. Gleye; die zuerstgenannten sind häufig vergleyst. In den flächenhaft ausgebildeten Niederungen dominieren Niedermoore bzw. Hochmoore. In der Hohen Geest entstanden aus den periglaziären Bildungen wie den Fließerden sowie den Geschiebedecksanden Braunerden und aus Geschiebemergel Pseudogleye. Bei stärkerer Überdeckung mit Flugsand prägen Prozesse der Podsolierung die Böden, worauf die Vergesellschaftung von Podsolon und Pseudogleyen zurückzuführen ist.

In den Marschen wurden im Stillwasserbereich vorwiegend tonreichere Sedimente abgelagert, aus denen sich die wenig durchlässigen Knick- und Dwogmarschen entwickelten. Im Bereich des Bewässerungswassers entstanden aus schluffreicheren Ablagerungen Kalk- und Kleimarschen.

Im Vergleich zum übrigen Bundesgebiet ist Schleswig-Holstein ein vorwiegend landwirtschaftlich geprägtes Gebiet (s. Tab. 1).

* Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Abt. Geologie und Boden,
Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek

† Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein, Fröbelstr. 15-17, 24113 Kiel

Tab. 1: Anteil der Nutzungsarten an der Bodenfläche in Schleswig-Holstein und im Bundesgebiet im Jahre 1993

	Schleswig-Holstein	Bundesrepublik
	%	%
Landwirtschaftsfläche	73,5	54,7
Waldfläche	9,2	29,2
Erholungsfläche	0,7	0,6
Wasserfläche	4,7	2,2
Betriebsfläche	0,6	0,7
Gebäude- und Freiflächen	5,5	5,8
Verkehrsfläche	4,0	4,6
Flächen anderer Nutzungen	1,9	2,2

Aus Tabelle 1 ist zu erkennen, daß in Schleswig-Holstein die Landwirtschaftsfläche mit mehr als 73 % deutlich über dem Bundesdurchschnitt von knapp 55 % liegt. Außerdem ist das nördlichste Bundesland mit einem Anteil von nur 9 % der Landesfläche ein waldarmes Gebiet, der von weniger als 1 % in den Marschen bis nahezu einem Viertel im Kreis Herzogtum Lauenburg reicht.

Für den Bodenschutz ist die Nutzung von Böden und deren Veränderung von besonderer Bedeutung (s. Tab. 2).

Tab. 2: Änderung der Bodennutzung in Schleswig-Holstein von 1979 bis 1993 in 1000 ha

	1979	1993	Zu-/Abnahme (ha)
Landwirtschaftsfläche	1192,1	1157,0	- 35100
Waldfläche	136,6	144,5	+ 7900
Erholungsfläche	9,7	10,5	+ 800
Wasserfläche	69,7	73,8	+ 4100
Betriebsfläche	8,0	9,3	+ 1300
Gebäude und Freifläche	75,7	86,2	+ 10500
Verkehrsfläche	59,5	62,4	+ 2900
Flächen anderer Nutzungen	19,6	29,5	+ 9900

Tab. 2 verdeutlicht die Zunahme der nichtlandwirtschaftlichen Bodennutzung. So nahm die Waldfläche seit dem Kriegsende um 17000 ha und seit 1979 um 7900 ha zu. Hier ist das angestrebte Ziel der Landesregierung, den Waldanteil auf 12 % der Landesfläche zu erhöhen, zu erkennen. Bei der Waldneuanpflanzung besteht zunächst die Gefahr einer Nährstoffmobilisierung, aber auch der Winderosion. Weiterhin ist eine Zunahme von Verkehrs- und Siedlungsflächen zu beobachten. Durch die Bereitstellung von Flächen für den Wohnungsbau, die Gewerbeansiedlung und den Verkehrsausbau nahmen sie in der Nachkriegszeit um mehr als 70000 ha, seit 1979 um 17000 ha zu. Verinselung der Landschaft und Verdichtung sind die Folgen der zunehmenden Siedlungstätigkeiten. Die Zunahme dieser Bodennutzungen vollzieht sich zu Lasten der landwirtschaftlichen Bodennutzung, die im ausgewiesenen Zeitraum um mehr als 30000 ha abnahm.

Das Verhältnis von Acker- zu Grünlandfläche von 1,3 zu 1 in Schleswig-Holstein hat sich langfristig kaum verändert; wandelte sich aber in den Hauptnaturräumen erheblich.

Im Östlichen Hügelland mit Ackerzahlen von überwiegend zwischen 45 und 65 dominierte 1995 mit 78 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) die Ackernutzung. Demgegenüber entfallen in der Vorgeest mit Ackerzahlen bis zu 35, aber auch häufig unter 20, 58 % der LF auf das Grünland.

In der Hohen Geest mit Ackerzahlen um 36 bis 46 fällt der als Grünland genutzte Flächenanteil mit

64 % am höchsten in Schleswig-Holstein aus. In den Marschen mit Ackerzahlen um 50 bis 85 Punkten entfallen auf das Grünland 52 % der Fläche (Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein, 1994, 1996 und 1997).

Im Zeitablauf vollzogen sich unter den Naturräumen erhebliche Nutzungsverchiebungen (s. Tab. 3).

Tab. 3: Anbau in den Naturräumen von 1949 bis 1995

Fläche (ha)	Marktfruchtfläche			Hauptfutterfläche		
	1949	1970	1995	1949	1970	1995
Schleswig-Holsteins	484818	555738	400492	655324	589603	579657
davon in %						
Hügelland	49	53	64	37	29	23
Vorgeest	15	14	7	17	19	23
Hohe Geest	25	21	13	30	35	38
Marschen	11	12	16	16	17	16

Im Hügelland wurde entsprechend der Vorzüglichkeit seiner Böden für Marktfruchtanbau das Grünland - bis auf steile Hanglagen und Niederungen - in eine Ackernutzung überführt und gleichzeitig der Futterbau aus dem Ackerfruchtbau genommen. Gleiches erfolgte mit zeitlicher Verzögerung in den nicht zu tonreichen sowie im Unterboden nicht verdichteten Marschen. Demgegenüber wurde in annähernd gleichem Umfang auf den leichteren Böden der Vorgeest und der Hohen Geest Ackerland in Dauergrünland umgewandelt und ein vermehrter Anteil des Ackerlandes für die Erzeugung von Ackerfutter (Feldgras, Silomais) verwendet. Mit dieser Nutzungsänderung war auch eine Verschiebung der Rindvieh-/Milchkuhhaltung im Lande verbunden (Grunwaldt, 1996).

In der Agrargeschichte wird häufig der Wandel der Nutzungsformen beobachtet. So wurde im Mittelalter Wald in Acker umgewandelt. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden auch in Schleswig-Holstein naturnahe Flächen urbar gemacht. Für die landwirtschaftliche Nutzung wurden Moore entwässert und nasse Standorte (Pseudogleye) drainiert.

Am Beispiel des Silomais sollen Folgen des jüngsten Nutzungswandels für den Bodenschutz erläutert werden. Auf den Silomais entfielen 1996 in Schleswig-Holstein 71829 ha oder 6,8 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Der Anbau verteilt sich zu 38 % auf die Hohe Geest, zu 35 % auf die Vorgeest, zu 26 % auf das Östliche Hügelland sowie zu 1,8 % auf die Marschen. Der Mais zählt zu den erosionsgefährdenden Kulturen. Mit dem Maisanbau, der vorwiegend auf sandigen Böden erfolgt, beträgt der Bedeckungszeitraum des Bodens nur ca. 4 Monate. Damit sind diese sandigen Böden, hauptsächlich in der Vorgeest und Hohen Geest, stark durch Winderosion gefährdet. In hängigen Lagen ist die Gefährdung durch Wassererosion groß. In Betrieben mit intensiver Viehhaltung fällt vermehrt organischer Dünger an, der auf die Felder ausgebracht werden muß. Die Gefährdung des Grundwassers mit Nitrat ist in diesen Gebieten nicht ausgeschlossen. Das Grund- und Oberflächenwasser kann durch spezifische Pflanzenschutzmittel beeinträchtigt werden. Der Maisanbau wurde in den letzten Jahren durch Flächenprämien gefördert und stark ausgeweitet. Mit Zunahme des Maisanbaus ging eine Abnahme anderer Kulturen des Futterbaus einher. Die ganzjährige Bodenbedeckung sowie weitere positive Eigenschaften der Grasnarbe gehen daher verloren.

Mit dem Anbau von Zwischenfrüchten wie Phacelia können Nährstoffausträge sowie Bodenabträge deutlich reduziert werden. In den Ackerbaubetrieben Schleswig-Holsteins mit dem dominierenden Anbau von Winterweizen, Wintergerste, Winterraps, Zuckerrüben, Kartoffeln und Kopfkohl ist der Anbau von Zwischenfrüchten kaum noch möglich. In den Futterbaubetrieben mit dem späträumenden Mais ist der Anbau von Zwischenfrüchten ebenfalls nicht möglich (Geisler, 1980). Aus diesen Gründen beschränkt sich der wünschenswerte Anbau von Zwischenfrüchten auf einen geringen Teil der Ackerfläche und ist von mehr als 30000 ha in den Jahren vor 1970 auf weniger als 5000 ha im Jahre 1995 zurückgegangen.

Eine Ausweitung der Fruchtfolge und eine stärkere Bodenbedeckung erfolgt in der Regel in Betrieben mit ökologischer Wirtschaftsweise. Von 1989 bis 1994 wurden 11600 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche vom konventionellen auf den ökologischen Landbau umgestellt (MUNF, 1997). Durch eingeschränkte Düngung, Verbot synthetischer Stickstoffverbindungen, Verbot leichtlöslicher Phosphate, Verbot chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel sowie Vermeidung des Umbruches von Grün- in Ackerland soll eine bodenschonende/bodenschützende Wirkung erzielt werden.

Neben dieser Umstellung wird in Schleswig-Holstein im Rahmen zahlreicher Extensivierungs- und Stilllegungsprogramme Einfluß auf die landwirtschaftliche Nutzung genommen.

Dazu gehören a) die „Biotop-Programme im Agrarbereich“ mit 26000 ha pro Jahr und b) die Flächenstilllegung der EU zur Begrenzung des Anbaus von Getreide und Ölfrüchten mit 84000 ha, darunter 66000 ha Brachflächen und 17000 ha mit nachwachsenden Rohstoffen im Jahre 1995.

Auch der integrierte Pflanzenbau trägt durch verminderten Pflanzenschutzmitteleinsatz zu einer Entlastung der Böden bei.

Neben den Anbauverfahren können auch Bodenbearbeitungssysteme die Böden von physikalischen Eingriffen entlasten. So werden neben dem herkömmlichen Bodenbearbeitungsverfahren mit dem Wendepflug Systeme der minimalen Bodenbearbeitung und sogar der Direktsaat verwendet (BASF, 1985). Diese Verfahren haben den Vorteil, daß der Boden das ganze Jahr über bedeckt bleibt und somit vor Erosion geschützt wird. Erhöhter Pflanzenschutzaufwand, problematischer Einsatz bei zu hoher Feuchtigkeit der Böden sowie zusätzliche Investitionskosten sind Gründe, weshalb der Wendepflug das vorherrschende Bodenbearbeitungsgerät ist (Voßenrich, 1993).

Literatur

BASF (1985): Unserer Boden. 70 Jahre Agrarforschung der BASF Aktiengesellschaft. Bibliothek, Technik und Gesellschaft, Köln.

Geisler (1980). Pflanzenbau. Ein Lehrbuch - Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Grunwaldt, H.-S. (1996): Landwirtschaft im Wandel. Statist. Monatsh. SH. 10/1996. Kiel.

MUNF (Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein), (1997): Ziele und Strategien des Bodenschutzes in Schleswig-Holstein - Bodenschutzprogramm, Kiel.

Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein (1994, 1996 und 1997): Flächenerhebung. Bodennutzungshaupterhebung. Statistische Berichte. Kiel.

Voßenrich, H.-H. (1993): Chance der minimalen Bodenbearbeitung in Schleswig-Holstein. Schriftenreihe der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel, 76.

Umsetzung von Stoffen in Böden

von

Schimming, C.-G. und H. Wetzel¹

Einleitung

Mögliche Umweltbelastungen der Landwirtschaft sind in starkem Maße Folge der Überbeanspruchung des Puffer-, Filter- und Transformationsvermögens der Böden. Ziel einer umweltverträglichen Landwirtschaft ist es, Überschreitungen dieser Potentiale durch ökologisch sinnvolles und ökonomisch vertretbares Management zu vermeiden. Das heißt, Bodenprozesse über den Betriebsablauf so zu steuern, daß die folgenden Stoffflüsse nicht zur Belastung benachbarter Ökosysteme oder des Grundwassers führen. Eine wichtige Zielsetzung des Managements besteht darin, betriebliche Nährstoffkreisläufe möglich geschlossen zu halten und damit unter anderem die Nährstoffauswaschung aus den Böden zu minimieren. Diesen Prinzipien folgen auch stabile Ökosysteme. Ziele der synökologischen Forschung am Ökologie-Zentrum der Universität Kiel bestehen darin, das Ausmaß landwirtschaftlicher Aktivitäten anhand der Prinzipien weitgehend unbeeinflusster Ökosysteme zu beurteilen.

Material und Methoden

Die Arbeiten am Ökologiezentrum zum Stoffhaushalt von Ökosystemen befassen sich unter anderem mit zwei geologisch und pedologisch weitgehend gleichen sandigen Braunerden eines Buchenwald- und eines ackerbaulich genutzten Ökosystems. Das Buchenwaldökosystem ist stark versauert, während die Braunerde unter Acker aufgrund der Düngung basenreich ist (Tab. 1). In sechs bzw. vier Tiefen der Böden wird Bodenlösung über Zeiträume von 14 Tagen mit keramischen Saugkerzen und mit Streulysimetern unterhalb der Humusaufgabe beprobt.

Tab. 1: Eigenschaften der untersuchten Braunerden und Beprobungstiefen der Bodenlösung bis 150 cm Tiefe, eine weitere Beprobungstiefe liegt bei 400 cm (aus RAMBOW et al. 1993, erweitert)

saure Braunerde unter Buchenwald							basenreiche Braunerde unter Acker								
Hor.	Untere Tiefe	Bepr. Tiefe	SkI.	C _{org}	Körnung T U S	pH	KAK _{eff}	Hor.	Untere Tiefe	Bepr. Tiefe	SkI.	C _{org}	Körnung T U S	pH	KAK _{eff}
	---- [cm]	----	-----	----- [%]	-----		mmol _c		---- [cm]	----	-----	----- [%]	-----		mmol _c
L+Of	3,5 - 0	0	-				3,7 513								
Aeh	5	5	12	4,9	5 16 79	3,2	67								
rAp	28	12	26	1,3	4 15 81	3,9	27	Ap	35	10	11	1,5	5 14 81	5,2	46
AhBv	38		59	0,7	3 13 84	4,4	9	ApBv	47		10	0,6	3 12 85	5,5	25
IIbV1	60	50	56	0,2	2 5 93	4,6	6	Bv1	66	50	11	0,3	2 6 92	5,5	9
Bv 2	91		23	0,1	1 2 97	4,4	6	Bv2	84		11	0,1	3 11 86	5	13
rGBv	110		11		1 2 97	4,5	9	IIbV	112		10		20 31 49	4,2	66
Bbsv	130		12		1 2 97	4,5	5	IIIbV	120		25		7 7 86	4,2	29
IIIbVc	154	150	2		0 1 99	4,7	3	IVrGBv	147		20		3 2 95	4,4	12
IVBvC	165		21		1 1 98	5,7	10	BvC	180	150	11		2 1 97	4,4	9

¹ Ökologie-Zentrum der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Schauenburger Str. 112, D-24118 Kiel

In den Proben werden die Konzentrationen ionischer Bindungsformen der wesentlichen Elemente (Na, K, Ca, Mg, Al) und die pH-Werte bestimmt und Stoffflüsse mit dem Sickerwasser berechnet. Außerdem werden die gedüngten, entzogenen und atmosphärisch deponierten Elementmengen quantifiziert.

Ergebnisse

Die im Jahre 1989 gedüngten Stickstoffmengen (Abb. 1), bei Übernahme der Flächen in das Forschungsvorhaben von insgesamt 338 kg ha⁻¹ bei Mais, davon 151 kg ha⁻¹ in Form von Stallmist, können einer ordnungsgemäßen Landwirtschaft in keiner Weise gerecht werden. An Ernteentzug stehen dem nur 206 kg ha⁻¹ gegenüber. Zusätzlich zur Düngung setzt die Nettomineralisation erhebliche Stickstoffmengen frei die in den Kreislauf eintreten. Nach unterschiedlicher Methodik zur Ermittlung bewegen sich die Mengen zwischen 138 und 221 kg N ha⁻¹a⁻¹. Fast ein Drittel der gedüngten Menge verließ den Stickstoffkreislauf mit dem Sickerwasser.

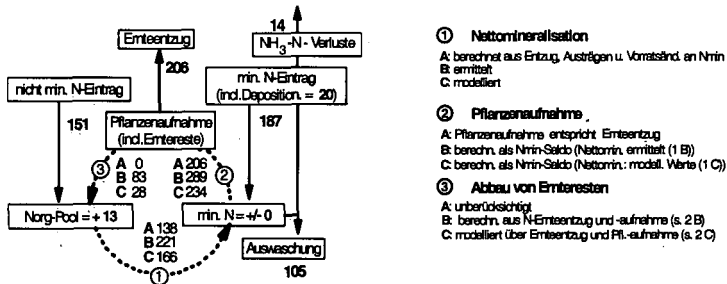


Abb. 1: Differenzierte Betrachtung von Stickstoffumsetzungen beim Anbau von Mais auf einer sandigen Braunerde. Die internen Umsätze 1 - 3 wurden auf verschiedenen Wegen ermittelt, A, B und C (aus SCHIMMING et al. 1995)

Auch über den längeren Untersuchungszeitraum von 5 Jahren bestehen im Stickstoffkreislauf der untersuchten Ackerbraunerde mit hohen Auswaschungsraten (60 kg NO₃-N ha⁻¹a⁻¹) verknüpfte Ungleichgewichte zwischen Düngung und den Entzügen (Abb. 2). Zeitliche Unterschiede zwischen den Umsatz- und Aufnahmearten von Ammonium- und Nitratstickstoff aus der organischen Düngung und der anderer Elemente führen zur Entkopplungen der Flüsse und entsprechenden Verlusten mit dem Sickerwasser.

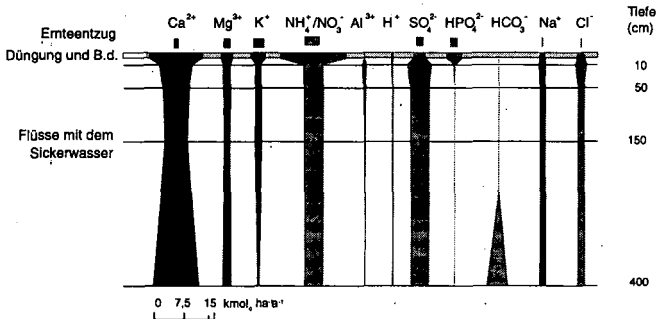


Abb. 2: Ernteentzüge, Düngung und atmosph. Deposition und Entwicklung der Flüsse maßgeblich an der Zusammensetzung der Bodenlösung beteiligter Elemente in der sandigen Braunerde unter Acker (Datengrundlage WETZEL, 1997 und BRANDING 1997 und weitere Quellen des Ökologiezentrums)

Die Elemente mit den höchsten Austragsraten stammen hauptsächlich aus der Düngung basisch wirkender Stoffbestände. Die starke Mobilisierung der gedüngten Calcium- und Magnesiummengen sowie an Hydrogencarbonat belegt starke Versauerungsvorgänge. In der Gegenüberstellung von Ionenäquivalenten wird deutlich, daß die Versauerung fast ausschließlich auf die Transformation von Ammoniumstickstoff aus dem Stallmist und mineralischem Dünger (Kalkammonsalpeter) in Nitratstickstoff beruht.

Um die Bodenreaktion langfristig im produktiven Bereich zu halten, ist eine regelmäßige Ergänzung der Basenverluste durch Kalkung und Düngung erforderlich. Aus Sicht der Ökosystemforschung wird bei Auswaschung unproduktiver Stickstoffmengen die weitere Funktion des Produktionssystems mit äquivalenten Basenmengen aufrecht erhalten, deren

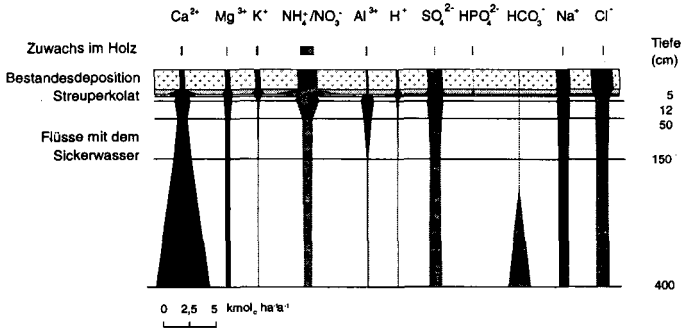


Abb. 3: Bestandesdeposition und Entwicklung der Flüsse maßgeblich an der Zusammensetzung der Bodenlösung beteiligter Elemente in der versauerten Braunerde unter Buchenwald. (Datengrundlage WETZEL, 1997 und BRANDING 1997 und weitere Quellen des Ökologiezentrums).

Nährstoffpotential ebenfalls nicht in Form von Entzügen mit den Ernteprodukten genutzt werden kann. Größenordnungsmäßig sind die Calciumausträge um ein vielfaches höher als die gedüngten Mengen und doppelt so hoch wie im vergleichend untersuchten Buchenwaldökosystem, dessen Boden erheblich stärker versauert ist (Abb. 3).

Die weitere Versauerung der Braunerde unter Buchenwald erfolgt derzeit in starkem Maße durch die atmosphärisch deponierten Stickstoffmengen, von denen etwa 2/3 Ammoniumstickstoff aus landwirtschaftlicher Emission sind und die bereits in den Sickerwässern unterhalb der Humusaufgabe fast vollständig nitrifiziert sind. Die resultierende Acidität der Sickerwässer wird ebenfalls durch die Lösung des Basenbestandes, hauptsächlich von Aluminium herabgesetzt. Aufgrund der noch besser funktionierenden Selbstregulationsmechanismen ist das Buchenwaldökosystem in der Lage mit dem produktionslimitierenden Element Kalium ökonomischer umzugehen, als das agrische System mit Stickstoff, weil Kalium nur in sehr geringen Mengen aus dem Wurzelraum ausgewaschen wird.

Die Kaliumlimitierung des Buchenwaldökosystems führt dazu, daß die anthropogenen Stickstoffeinträge in der Höhe von 30 bis 40 kg ha⁻¹ a⁻¹ nicht mehr im Stickstoffkreislauf in Form von Biomasse gebunden werden können und als Nitrat mit entsprechender Folge für die weitere Versauerung und Verstärkung der Ungleichgewichte zwischen Elementein- und -austrägen ausgewaschen werden.

Schlußfolgerungen

Das Verständnis von Systemen, die weitgehend unbeeinflussten Selbstregulationsmechanismen unterliegen, liefert wichtige Erkenntnishilfen für das Management von einfach strukturierten agrarisch genutzten Systemen, in denen es insbesondere die Entkopplung von Düngung und Pflanzenaufnahme schwierig macht, Stoffkreisläufe zu schließen und dadurch Austräge in die Umwelt zu minimieren.

Es wurde gezeigt, daß die Kreisläufe im untersuchten Buchenwaldökosystem, das sich weitgehend selbstreguliert, im allgemeinen zyklischer sind als beim agrarisch genutzten System. Die Verhältnisse zwischen den atmosphärischen Einträgen und den Austrägen sind weitaus enger als im vergleichend untersuchten agrarischen System.

Die Minimierung von Austrägen ist zu erreichen, indem die Entkopplungen der einzelnen Stoffflüsse bei agrarischer Nutzung so kurz wie möglich gehalten werden. Weitgehend gängige Praxis der Stickstoffdüngung ist bereits das Bemühen, die gedüngten Nährstoffmengen dem zeitlichen Verlauf der Entzüge anzupassen.

Der zeitliche Verlauf von Stickstoffumsetzungen, insbesondere die Mineralisation, die häufig hohe Mengen an Stickstoff mobilisiert, müssen zum Beispiel durch die vorläufige Stickstoffbindung in Zwischenfrüchten möglichst so gestaltet werden, daß wenig Nitratverluste mit dem Sickerwasser auftreten können. Insbesondere in den Umsetzungen von Ammoniumstickstoff im Überschuß liegt das maßgebliche Potential für die Versauerung von Böden und der Entkopplungen von Elementflüssen, bei Waldökosystemen und agrarischen Ökosystemen gleichermaßen.

Für die agrarische Nutzung sind daher die verstärkten Basenverluste zwangsläufig durch Mineraldüngung und Kalkung auszugleichen, um Produktionspotentiale zu erhalten. Die weitgehende Kopplung aller Elementkreisläufe zu erreichen und Kreisläufe zu schließen, legt nahe, bei der Düngung und dem Management die Entstehung von Stickstoffüberschüssen zu vermeiden. Großflächig sind damit auch die Stickstoffüberschüsse in Waldökosystemen zu verringern, die in Schleswig-Holstein überwiegend durch Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft über die atmosphärische Deposition verursacht werden.

Die Entwicklung dieses ökosystemtheoretisch basierten Wissens und die Möglichkeiten zur praktischen Umsetzung sind wichtige Ziel einer auch anwendungsorientierten Ökosystemforschung, wie sie am Ökologie-Zentrum betrieben wird (SCHIMMING et al. 1997).

Literatur

BRANDING, A. (1997): Die Bedeutung der atmosphärischen Deposition für die Forst- und Agrarökosysteme der Bornhöveder Seenkette. *EcoSys Suppl.* Bd. 14 (im Druck).

RAMBOW, K., SCHIMMING, C.-G. und WETZEL, H. (1993): Dynamik von Stickstoffumsetzungen und deren Auswirkungen im Stoffhaushalt. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 72, 429-432.

SCHIMMING, C.-G.; METTE, R.; REICHE, E.-W.; SCHRAUTZER, J. und WETZEL, H. (1995): Stickstoffflüsse in einem typischen Agrarökosystem Schleswig-Holsteins, Meßergebnisse, Bilanzen, Modellvalidierung. - *Z. Pflanzenern. Bodenkde.* 158, 313-322.

SCHIMMING, C.-G.; SCHRAUTZER, J.; REICHE, E.-W. und MUNCH, J.-C. (1997): Spatiotemporal variabilities of the terrestrial nitrogen cycle. In: LENZ, R., HANTSCHHEL, R. and TENHUNEN, J.: *Ecosystem Properties and Landscape Functions in Central Europe* (in Vorbereitung).

WETZEL, H. (1997): Prozessorientierte Deutung der Kationendynamik von Braunerden als Glieder von Acker- und Waldcatänen einer norddeutschen Jungmoränenlandschaft. *Diss. in Vorbereitung.*

Nährstoffausträge aus Böden Ergebnisse des Trendmeßnetzes in Schleswig-Holstein

von

Steinmann, F.¹

Einleitung

Die systematische Beobachtung der Grundwasserbeschaffenheit ist im Vergleich zu anderen wasserwirtschaftlichen Beobachtungen (z. B. der Beobachtung des Grundwasserdargebotes durch Messung der Wasserstände) relativ jung, und begann in Schleswig-Holstein mit der Einrichtung des Basismeßnetzes (*Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten 1992*). Wird mit dem Basismeßnetz die anthropogen noch weitgehend unbeeinflusste Grundwasserbeschaffenheit erfaßt, so dienen nach einer Definition der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) Trendmeßstellen dazu, die geringfügigen dispersen, das heißt aus größeren nicht exakt abzugrenzenden Flächeneinheiten stammenden anthropogenen Einflüsse, in ihrer zeitlichen Entwicklung (Trend) auf das Grundwasser zu erfassen. Die Notwendigkeit ergibt sich dabei nicht nur aus der Umsetzung der EG-Nitratrichtlinie ("Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 12.12.1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen"- 91/676/EWG), sondern vor allem aufgrund der national wie auch international immer wieder auftretenden Fälle anthropogener Grundwasserbelastungen. Die Auswahl der Meßstellenstandorte erfolgte so, daß dabei die von den beiden letzten Eiszeiten geprägte Landschaft Schleswig-Holsteins, welche sich von Osten nach Westen in die vier Naturräume Östliches Hügelland, Niedere Geest, Hohe Geest und Marsch einteilen läßt, mit ihren klimatischen, bodenkundlichen und agrartypischen Unterschieden entsprechend berücksichtigt wurde. Weil die Grundwasserneubildung überwiegend durch Infiltration von Niederschlagswasser in den Boden mit nachfolgender Passage des Sickerraumes bis zur Grundwasseroberfläche erfolgt, werden sich nutzungsbedingte Einflüsse am ehesten direkt an der Grundwasseroberfläche bemerkbar machen. Insofern dient das Trendmeßnetz dazu, die Einflüsse der Landwirtschaft auf das Grundwasser zu erfassen und langfristig ablaufende Beschaffenheitsänderungen zu beschreiben. Das Konzept zur Einrichtung des Trendmeßnetzes sah vor, an 40 Standorten in Schleswig-Holstein die obersten drei Meter des Grundwasservorkommens zu verfiltern.

¹ Dr. Frank Steinmann, Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek

Ursachen und Bedeutung der Stoffausträge

Die Ursachen der ganz allgemein verstärkt zu beobachtenden Stoffausträge, sind in der intensiven Nutzung der Landschaft und den damit verbundenen Eingriffen in die Ökosysteme zu suchen. Natürliche Ökosysteme sind selbstoptimierend und streben nach einer hohen Dauerhaftigkeit. Sie kann bei einer Minimierung der stofflichen Verluste nur durch eine funktionale Kopplung der zum Ökosystem gehörenden Organismen mit einer weitgehenden Schließung der Stoffkreisläufe erreicht werden. Diese ist nur über eine ständige Absenkung der Energieflußdichte möglich. Ein Ökosystem, wie auch das Agrarökosystem kann nur dann über längere Zeit nettoproduktiv bleiben, wenn ihm ständig Biomasse (Ernte der Ackerkulturen, Entzug durch Beweidung) entnommen wird. (Ripl, W. 1996). Die landwirtschaftliche Produktion mit dem Ziel einer für den Menschen möglichst hohen nutzbaren auf der Fläche erzeugten Nettoprimärproduktion hat zum Erreichen dieses Zieles intensiv in den Landschaftshaushalt eingegriffen.

Bodenmelioration, Vergößerung des Grundwasserflurabstandes, Beschleunigung des Wasserabflusses und ein insbesondere in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts gesteigener Energieeinsatz (u. a. durch Düngemittel) haben dazu geführt, daß ein großer Anteil der in dem System vorhandene Energie nicht in dem System umgesetzt werden kann, sondern als Restenergie und damit als Restpotential erhalten bleibt. Analog den Vorgängen in der Hydrologie, führt ein hohes Potential und damit einhergehende hohe Potentialunterschiede, zu Stoffflüssen. Ripl (1996) kommt in dem Untersuchungsbericht „Stör-Projekt“ zum Ergebnis, daß dem untersuchten Landschaftsteil pro Hektar und Jahr 1050 kg Salz verloren gehen. Bodenkundlich bedeutsam ist dabei nicht die Frage der mit den Stoffausträgen verbundenen Grundwasserbeschaffenheit, sondern die Tatsache, daß der Austrag der basenbildenden Kationen (Ca, Mg, K; Na) in der Gesamtbilanz deutlich über deren Gesamteintrag (einschließlich der Auswaschung aus tieferen Gesteinsschichten) liegt. Dieser Stoffverlust führt zu einer Bodendegradation und einer damit verbundenen Verminderung der natürlichen Stofffestlegemechanismen.

Ergebnisse

Für die Bewertung der Ergebnisse des Trendmeßnetzes muß jedoch festgehalten werden, daß ein qualitativer Rückschluß auf die Stoffausträge möglich ist, eine flächenbezogene Quantifizierung aber nur schwer abgeleitet werden kann. Dieses ist zum einen mit den zahlreichen und miteinander verbundenen Prozessen der Adsorption, Desorption und Stoffumwandlung der reaktiven Stoffe im System Grundwasser / Boden begründbar, aber auch in der Tatsache, daß die Ermittlung des mengenbestimmenden Abflusses am jeweiligen Meßstellenstandort nur mit einem hohen Aufwand möglich wäre.

Die wichtigsten statistischen Kenngrößen aller Untersuchungsergebnisse (außer PSM) finden sich in der Tabelle.

Die Ergebnisse der bisher ausgewerteten Beprobungsdurchgänge (Frühjahr / Herbst 1995) lassen sich wie folgt zusammenfassen.

Die Analysendaten beider Probenahmeterminen weichen nur geringfügig voneinander ab. Im Mittel weisen 15 Meßstellen (38 %) geringe bis sehr geringe Nitratgehalte auf (< 10 mg/l Nitrat), sechs Meßstellen (15 %) zeigen leicht erhöhte Nitratgehalte zwischen 10 und 25 mg/l Nitrat und weitere sechs Meßstellen wiesen deutlich erhöhte Nitratkonzentrationen zwischen 25 und 50 mg/l Nitrat

auf. An insgesamt 13 Meßstellen (33 %) wurden hohe (50 bis 90 mg/l Nitrat) bis sehr hohe (> 90 mg/l Nitrat) Nitratgehalte gemessen.

Tabelle: Statistische Kenngrößen aller untersuchten Meßstellen

Meßstellenbezeichnung		Statistische Kenngrößen		
Kreis/Gem.-Kennziffer		unter Einbeziehung aller Meßstellen		
Meßstellen-Nr.	Einheit	Minimum	Mittelwert	Maximum
Probenahmedatum	-	-	-	-
Uhrzeit / MEZ bzw. MESZ	-	-	-	-
GW-Stand in Ruhe u. MP	m	0,21	3,00	8,89
Färbung	Schl.ziff.	-	-	-
Trübung	Schl.ziff.	-	-	-
Geruch	Schl.ziff.	-	-	-
Wassertemperatur	°C	5,8	9,4	12,7
Leitfähigkeit mit TK	mS/m	16,9	58,5	195
pH-Wert	-	3,52	4,93	12,2
SAK bei 436 nm	l/m	<0,1	1,10	14,4
SAK bei 254 nm	l/m	1,40	15,4	77,7
DOC	mg/l	0,80	6,13	49
Sauerstoff	mg/l	0,1	3,2	11,1
Säurekapazität pH 4.3	mmol/l	0,03	2,96	10,9
Basekapazität pH 8.2	mmol/l	0,07	0,73	2,13
Ammonium-N	mg/l	<0,01	0,112	1,32
Nitrit-N	mg/l	<0,001	0,012	0,15
Nitrat-N	mg/l	<0,05	8,55	33,5
Nitrat	mg/l	<0,2	37,8	148
Gesamtstickstoff, filtriert	mg/l	0,08	9,75	50,8
o-Phosphat-P	mg/l	<0,005	0,015	0,216
Gesamtposphor, filtriert	mg/l	<0,005	0,021	0,240
Chlorid	mg/l	10	38,6	270
Sulfat	mg/l	9,97	55,2	169
Hydrogencarbonat	mg/l	1,83	181	662
Natrium	mg/l	6,5	18,9	79
Kalium	mg/l	0,54	10,3	34
Calcium	mg/l	13	85,8	220
Magnesium	mg/l	0,73	8,3	36
Eisen	mg/l	0,01	1,78	22,9
Mangan	mg/l	0,01	0,41	5,9
Aluminium	mg/l	<0,01	1,02	12,4
Aluminium, vor Ort filtriert	mg/l	<0,01	0,26	2,7

Die Ergebnisse der Untersuchungen auf Pflanzenschutzmittel (PSM) und deren Metabolite ergab an insgesamt 14 Meßstellen (35 %) positive Befunde. Von den 62 untersuchten Einzelkomponenten konnten 16 nachgewiesen werden. Bis auf eine Ausnahme (Fungizid = Pilzbekämpfungsmittel) handelt es sich bei allen Befunden um Verbindungen, die der Gruppe der Herbizide (Unkrautbekämpfungsmittel) zuzuordnen sind. Die größte Bedeutung kommt dabei dem seit 1991 verbotenen Atrazin und dessen Abbauprodukt Desethylatrazin zu. An sieben Meßstellen (17,5 %) wurde der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 0,1 µg/l überschritten.

Bei Kenntnis der Durchlässigkeiten der verfiltrierten Sedimente wird deutlich, daß hohe Nitratgehalte dort auftreten, wo die Stoffflüsse aus dem Boden in das beprobte Grundwasser relativ schnell erfolgen. Die an den flach verfiltrierten Meßstellen bestimmten kf-Werte (berechnet aus der abgepumpten

beprobte Grundwasser relativ schnell erfolgen. Die an den flach verfilterten Meßstellen bestimmten kf-Werte (berechnet aus der abgepumpten Menge und der damit verbundenen Wasserspiegelabsenkung) liegen bei den mit Nitrat hoch belasteten Meßstellen ($> 50 \text{ mg/l}$ Nitrat)überwiegend in einem Bereich von $1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ bis $> 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ (Berechnungsgrenze aufgrund eingeschränkter Pumpenleistung) und können damit nach DIN 18130, Teil 1 als stark bis sehr stark durchlässig bezeichnet werden. Entsprechende Berechnungen für die Meßstellen geringerer Nitratgehalte ($< 10 \text{ mg/l}$) ergaben Durchlässigkeiten von ca. $5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ bis $9 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. Sie gelten damit noch als durchlässig bis schwach durchlässig. Diese Beziehung zwischen der Transportgeschwindigkeit und den Stoffausträgen gilt nicht für die PSM-Befunde. Die mit PSM belasteten Meßstellen (siehe auch Abbildung) können sowohl in hoch durchlässigem Sediment verfiltert sein (z. B. Blunk, Fitzen, $K_f = > 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$), als auch in Sedimenten geringer Durchlässigkeiten (z. B. Fargemiel, $= 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$, Tiebensee, $= 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$). Da die Eigenschaft geringer Durchlässigkeiten in der Regel auch an eine relativ hohe Sorptionskraft gebunden ist, muß bei der Bewertung der Stoffausträge bei den untersuchten Nährstoffen und den Pflanzenschutzmitteln von unterschiedlichen Austragsmechanismen ausgegangen werden.

Löst man sich nun von den Einzelergebnissen und führt aus den in der Tabelle dargelegten Analysergebnissen eine generalisierende Betrachtung durch, so lassen sich folgende Stoffaustragsgrößenordnungen festlegen. Als Randbedingungen für das Gebiet Schleswig-Holstein kann man von rund 800 mm Jahresniederschlag ausgehen. Legt man die Werte der hydrologischen Abflußmessungen, wiederum generalisierend für Schleswig-Holstein, mit 30% - 70% der Niederschlagssumme zugrunde, so liegt diese Spanne zwischen 240 und 560 mm/a. Hieraus läßt sich ein Stoffaustrag von ca. 550 bis 1290 kg/ha und Jahr ableiten. Auch hier gilt, daß die basenbildenden Kationen den Hauptanteil dieser Stoffmenge ausmachen, wobei das Calcium mit dem so berechneten Verfahren mit 205 bis 480 kg beteiligt ist. Bei einem Calcium-Eintrag von ca. 80 - 90 kg/ha und Jahr über die Düngung (Statistisches Landesamt 1989) und einer Menge von ca. 4 kg/ha und Jahr mit dem Niederschlag (*Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein* 1995) wird anhand dieses Leit-Kations deutlich, daß langfristig nur durch eine geänderte Landnutzung die fortschreitende und großenteils irrservible Bodendegradation und Gewässerbelastung Einhalt geboten werden kann.

Literatur

- Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein* (1995); 1985 - 1994 Ein Jahrzehnt Beobachtung der Niederschlagsbeschaffenheit in Schleswig-Holstein, Kiel, N2 (Anm.: Zu beziehen über das Landesamt für Natur und Umwelt S.-H.)
- Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein* (1992); Bericht über die Beobachtung und Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Schleswig-Holstein, Einrichtung des Basismessnetzes mit Bewertung erster Meßergebnisse für den Zeitraum 1986 - 1990, Kiel, H4 (Anm.: Zu beziehen über das Landesamt für Natur und Umwelt S.-H.)
- Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein* (1997); Bericht zur Grundwasserbeobachtung Trendmeßnetz 1992 - 1995, Flintbek.
- Ripl, W. (1996); Entwicklung eines Land-Gewässer Bewirtschaftungskonzeptes zur Senkung von Stoffverlusten an Gewässer (Stör-Projekt I und II), Endbericht, 1996; Technische Universität Berlin.
- Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein* (1989); Lieferung von Düngekalk zum Verbrauch in der Land- und Forstwirtschaft. Statistische Monatshefte S.-H. 1989.

Nährstoffbilanzen landwirtschaftlicher Betriebe in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Betriebstyp

von

Taube, F.

Mit Einführung der Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeanwendungsverordnung) hat eine deutliche Sensibilisierung hinsichtlich der Bewertung von Stoffflüssen in landwirtschaftlichen Produktionssystemen stattgefunden. Dabei ist vor dem Hintergrund des Boden- und Gewässerschutzes zu fragen, welche Kriterien geeignet erscheinen, um Belastungspotentiale zu charakterisieren und zu quantifizieren. Während in der Vergangenheit häufig das Ausmaß der speziellen Intensität der Bewirtschaftung (z.B. Stickstoffdüngung zu einer bestimmten Kulturart) als Bewertungskriterium herangezogen wurde, gibt die flächendeckende Nährstoffbilanz auf Basis „Hoftor“ die Möglichkeit, strukturell bedingte Belastungspotentiale für ganze Landschaftsräume zu identifizieren und Strategien zu entwickeln, um dieses Belastungspotentiale zu reduzieren.

N-Hoftorbilanz verschiedener Betriebstypen in Norddeutschland

Historisch betrachtet haben sich in den letzten 30 Jahren in der agrarischen Produktion hinsichtlich der Nährstoffflüsse zwei parallel verlaufende Entwicklungen vollzogen. Zum einen stieg der durchschnittliche Nährstoffinput und auch der positive Bilanzsaldo intensitätsbedingt nachhaltig an, zum anderen kam es mit einer zunehmenden Spezialisierung der Betriebe zu einer strukturellen Differenzierung der Bilanzsalden in Abhängigkeit vom Spezialisierungsgrad und Spezialisierungstyp (Bach, 1987). Typ und Grad der Spezialisierung sind unter den spezifischen Bedingungen Schleswig-Holsteins nun wiederum landschaftsraumspezifisch geprägt. So haben sich in den fruchtbaren Regionen des östlichen Hügellandes und der Marsch vor allem viehschwache spezialisierte Ackerbaubetriebe etabliert, während auf den weniger fruchtbaren sandigen Böden der Geest vor allem viehstarke spezialisierte Milchvieh/Futterbaubetriebe etabliert wurden. Die folgende Tabelle zeigt für typische schleswig-holsteinische Betriebe in den entsprechenden Landschaftsräumen die ökologischen Belastungspotentiale ausgedrückt als Bilanzsaldo der Hoftorbilanz. Es wird deutlich, daß insbesondere die spezialisierten Milchvieh/Futterbaubetriebe der Geest mit durchschnittlichen positiven Bilanzsalden beim Stickstoff von 150-200 kg/ha/Jahr erhebliche Nährstoffüberschüsse produzieren. In Verbindung mit den sorptionsschwachen Sandböden der Geest fallen diese Überschüsse ökologisch besonders ins Gewicht. Dagegen zeigt sich für den typischen Marktfruchtbetrieb des östlichen Hügellandes ein vergleichsweise geringer Bilanzüberschuß, der insbesondere in Verbindung mit den tiefgründigen Lehmböden hinsichtlich potentieller Nährstofffrachten in tiefere Bodenschichten weniger problematisch erscheint. Es kann somit festgehalten werden, daß die spezialisierten Milchvieh/Futterbaubetriebe, die den Landschaftsraum Geest prägen, vergleichsweise hohe Belastungspotentiale in Bezug auf die Nährstofffrachten aufweisen. Andererseits zeigt die Tab. 1, daß aufgrund der vergleichsweise geringen Fruchtbarkeit dieser Standorte die Extensivierungspotentiale vergleichsweise hoch sind. Zu erklären ist dies an Hand eines vergleichsweise flachen Verlaufes der Stickstoffproduktionsfunktion im Vergleich zu Standorten des östlichen Hügellandes und dementsprechend vergleichsweise geringeren Kosten einer Extensivierung.

Tab. 1: Ökonomische und ökologische Bewertung der landwirtschaftlichen Flächennutzung in Schleswig-Holstein unter Berücksichtigung der großräumigen standörtlichen und agrarstrukturellen Gegebenheiten
 [Potentiale für Extensivierung: (++): hoch; (OO): mittel; (--) : niedrig]

Landschaftstyp/	Östliches Hügel- land, Marsch	Geest	Niedermoor
Betriebstyp	Marktfrucht/ M. + Veredlung	Grünland/Futter- bau-Milchvieh	Grünland- Milchvieh
Standortkriterien: Natürliches Produktions- potential des Standortes	hoch - sehr hoch (--)	mittel - niedrig (O-)	mittel - hoch (O+)
Ökonomische Kriterien: Nutzungskosten für die Fläche (Möglichkeit der alternativen Verwertung)	hoch - sehr hoch (gegeben) (--)	mittel - hoch (eingeschränkt) (OO)	niedrig - mittel (nicht gegeben) (OO)
Ökologische Kriterien: Aktuelle Belastungspotentiale der Landwirtschaft für den <i>biotischen</i> Ressourcenschutz	mittel - hoch (O+)	gering - mittel (-O)	gering - hoch (O)
Aktuelle Belastungspotentiale für den <i>abiotischen</i> Ressour- censchutz	gering - mittel (-O)	hoch - sehr hoch (++)	hoch (+)
N-Überschüsse „Hoftorbilanz“ (kg ha ⁻¹ a ⁻¹)	0-100* (geschätzt)	100-250 (Lüpping, 1997)	80-200 (Lüpping, 1997)

(* Bei intensiver Veredlungswirtschaft auch deutlich höher)

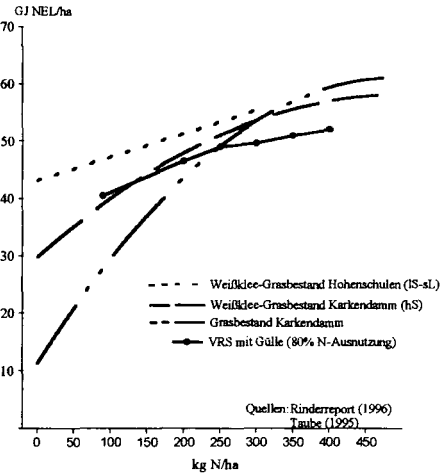
Strategien zur Reduktion von N-Überschüssen im spezialisierten Futterbaubetrieb

Im folgenden Teil der Ausführungen sollen Strategien diskutiert werden, die eine Reduktion der ökologischen Belastungspotentiale ermöglichen.

Zunächst zum Dauergrünland:

Die Abb. 1 zeigt die Beziehung zwischen dem N-Düngungsaufwand auf dem Grünland und den daraus resultierenden Nettoerträgen für die Rinderspezialberatungsbetriebe in S-H. Die Daten belegen, daß unter praktischen Bedingungen bereits mit N-Aufwendungen zwischen 150 und 200 kg N/ha/Jahr (incl. Gülle-N) maximale Nettoerträge erzielt werden. Sie zeigen weiterhin, daß es zudem Betriebe gibt, die mit reduzierten N-Aufwendungen im Bereich von 100 kg N/ha/Jahr vergleichsweise geringe Naturalertragseinbußen erleiden. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß der Durchschnittsbetrieb deutlich über 200 kg N/ha/Jahr düngt, ist daraus auch aus ökonomischer Sicht ein Reduktionspotential abzuleiten. In Abb. 1 sind weiterhin N-Produktionsfunktionen für Gras- und Klee-grasbestände aus unseren Versuchen dargestellt, um die Effekte einer weiteren Reduzierung der N-Intensität auf dem Grünland wiedergeben zu können. Die Funktionen zeigen, daß reine Grasbestände auf Geeststandorten mit weiterer Reduktion der Düngung überproportional im Ertrag abfallen und daher ökonomisch nicht interessant sind. Dagegen erreichen Weißklee-grassysteme ohne jegliche N-Düngung beachtliche Erträge. Bestätigt werden diese Ergebnisse durch die Grünlanderträge in den Beratungsbetrieben des ökologischen Landbaus in Schleswig-Holstein, die nur etwa um 17% unter den durchschnittlichen Erträgen der konventionellen Beratungsbetriebe liegen. Zusammenfassend kann damit festgehalten werden, daß die Übergänge zwischen reduzierten Intensitäten im konventionellen Landbau zur Futterproduktion im ökologischen Landbau fließend sind oder anders ausgedrückt: Ab N-Düngungsintensitäten unter 100 kg N/ha/Jahr findet bei entsprechendem Management eine Substitution von Mineräldünger-N durch Leguminosen-N statt. Wie ist eine solche N-

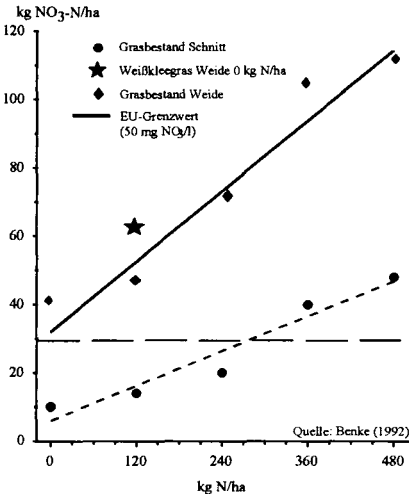
Abb. 1: Grünland-Nettoerträge von Parzellenversuchen und Praxiserhebungen



Düngungsreduktion aus ökologischer Sicht zu beurteilen? Stellvertretend seien hier Ergebnisse aus unserem Hause von Benke (1992) vorgestellt, der die Nitratfrachten auf Grünland in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität untersuchte.

Die Abb. 2 zeigt die Nitratfrachten in Abhängigkeit von der Nutzungsart, der N-Düngungsintensität und dem Pflanzenbestand mit dem Ergebnis, daß die Nutzungsart die primäre Einflußgröße auf die Nitratfrachten darstellt. Bedingt durch die punktuelle Verteilung der Exkremente auf der Fläche erhöht sich die Nitratfracht auf Weiden im Vergleich zu Schnittflächen bei gleicher N-Düngung etwa um den Faktor 3. Dies trifft sowohl für gedüngte Grasbestände als auch für ungedüngte Weißklee-grasbestände zu. Das bedeutet, daß die Umstellung eines spezialisierten Milchvieh/Futterbaubetriebes auf den ökologischen Landbau nicht per se eine Reduktion der Nitratfrachten induziert. Dies wird durch eigene Modellrechnungen (Wachendorf und Taube, 1996) untermauert. Diese zeigen, daß die positiven Bilanzsalden im spezialisierten Milchvieh/Futterbaubetrieb des ökologischen Landbaus mit 110 kg N/ha zwar niedriger ausfallen als bei einem durchschnittlichen konventionellen Milchviehbetrieb (199 kg N/ha), aber im Vergleich mit konventionellen Ackerbaubetrieben vergleichsweise hoch ausfallen. Damit wird ersichtlich, daß hinsichtlich der Nährstoffbilanzüberschüsse der Spezialisierungsgrad die primäre Einflußgröße im Vergleich zur speziellen Intensität darstellt. Somit haben reine Grünlandbetriebe, die den Pflanzenaufwuchs nur über Milch und Fleisch verwerten können weniger Anpassungsmöglichkeiten, da die prozessbedingt geringen N-Ausnutzungsraten nur bedingt durch produktionstechnische Maßnahmen zu kompensieren sind. Im Gegensatz dazu haben Standorte mit fakultativem Grünland die Möglichkeit andere Kulturarten einzusetzen.

Abb. 2: Nitrat auswaschung unter Grünland in Abhängigkeit von der N-Düngung und Nutzungsart (Karkendamm, 1989-91)



Auswahl der Kulturarten im Ackerfutterbau

Abbildung 3 zeigt aktuelle Stickstoffproduktionsfunktionen für verschiedene Kulturarten des Futterbaues auf Geeststandorten in Schleswig-Holstein. Die dargestellten Kulturarten Dauergrünland, Ackergras/Kleegras und Silomais stellen zusammen weit über 90% des Grundfutters in der Milch-/Fleischproduktion, wobei dem Grünland flächenmäßig mit etwa 70% eine überragende Bedeutung zukommt. Die Kurvenverläufe geben die hohe N-Verwertungseffizienz des Silomaises im Vergleich zu den Gräserbeständen wider. So ist für das Erreichen eines Jahresenergieertrages von 60 GJ/ha bei Mais nur die Hälfte des N-Inputs aufzuwenden wie beim Gras. Werden diese langjährig abgesicherten Daten in Relation zu den derzeit betriebsüblichen N-Inputs gesetzt, so ist zweifellos festzustellen, daß hohe Reduktionspotentiale im Bereich der N-Düngung nicht nur (wie gezeigt) zu Grünland sondern insbesondere zu Mais bestehen. Hinsichtlich der Kulturartenauswahl ist somit zu konstatieren, daß aus ökologischer Sicht durchaus eine Erhöhung des Maisanteiles in

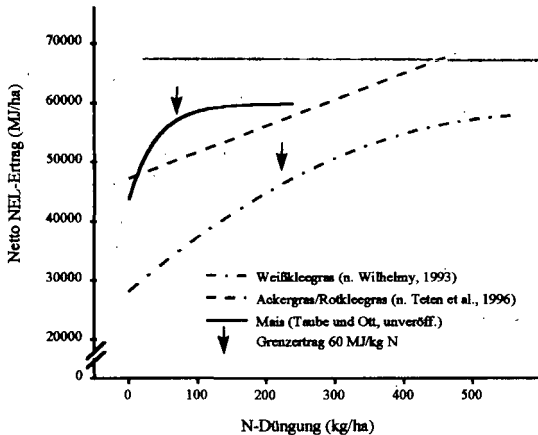
der Futterration und damit in der Flächennutzung zu diskutieren ist. Dies ist nur ein scheinbarer Widerspruch zu bisherigen Lehrmeinungen, denn der ökologisch verträgliche Maisanbau ist gekennzeichnet durch eine mengenmäßig wie zeitlich bedarfsorientierte Düngung, durch Maßnahmen zum Bodenschutz (z.B. Untersaaten) und durch die Integration des Maises in Fruchtfolgen statt der bisher häufig praktizierten Monokultur (Taube et al., 1997). Die Entwicklung von agronomisch leistungsfähigen und umweltverträglichen Ackerfutterbaufruchtfolgen unter spezieller Berücksichtigung des Silomaises auf den typischen Geeststandorten Norddeutschlands stellt vor diesem Hintergrund eine Herausforderung für die tiergebundene Pflanzenproduktion der Zukunft dar.

der Futterration und damit in der Flächennutzung zu diskutieren ist. Dies ist nur ein scheinbarer Widerspruch zu bisherigen Lehrmeinungen, denn der ökologisch verträgliche Maisanbau ist gekennzeichnet durch eine mengenmäßig wie zeitlich bedarfsorientierte Düngung, durch Maßnahmen zum Bodenschutz (z.B. Untersaaten) und durch die Integration des Maises in Fruchtfolgen statt der bisher häufig praktizierten Monokultur (Taube et al., 1997).

Die Entwicklung von agronomisch leistungsfähigen und umweltverträglichen Ackerfutterbaufruchtfolgen unter spezieller Berücksichtigung des Silomaises auf den typischen Geeststandorten Norddeutschlands stellt vor diesem Hintergrund eine Herausforderung für die tiergebundene Pflanzenproduktion der Zukunft dar.

Literatur

- Bach, M., 1987: Die potentielle Nitratbelastung des Sickerwassers durch die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Göttinger Bodenkundl. Ber., 93
- Benke, M., 1992: Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzenmethode in Abhängigkeit von der Nutzungsart, der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung und der N- Düngung. Diss. Agrarwiss. Fak. der CAU Kiel
- Lüpping, W., 1997: Persönliche Mitteilung
- Taube, F, C. Langbehn und M. Wachendorf, 1997: Perspektiven extensiver Produktionssysteme im Pflanzenbau. Schriftenreihe der Agrarwiss. Fak. der CAU Kiel, Heft 79
- Wachendorf, M. und F. Taube, 1996: Agronomische und ökologische Aspekte einer Grünlandbewirtschaftung im Ökologischen Landbau. Versuchsbericht Ökologischer Landbau, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein



Möglichkeiten der Tierernährung zur Senkung der Nährstoffgehalte von Gülle

von

Laue, H.-J.*

1. Bedarf landwirtschaftlicher Nutztiere

Grundsätzlich können der Energie- und Nährstoffbedarf unterschieden werden. Die Fütterung ist die Grundlage der Bedarfsdeckung. Der Energiebedarf kann gedeckt werden mit Kohlenhydraten wie Zucker, Stärke, Zellulose, mit Fetten, welche besonders energiereich sind und mit Proteinen, welche insbesondere Baustoffe des Körpers sind, aber z.B. in Zeiten einer energetischen Unterversorgung auch als Energiequelle herangezogen werden können. Aus der Sicht der Umweltschonung kommt den Proteinen eine besondere Bedeutung zu, da beim Umbau des Futtereisweißes zu körpereigenen Proteinen (Muskelmasse, Bindegewebe, Haare und ca. 2000 versch. Enzyme) und insbesondere bei der energetischen Nutzung große Mengen Stickstoff freigesetzt werden. Während Fette und Kohlenhydrate praktisch N-frei sind, enthalten Proteine ca. 16 % N, welche bei der energetischen Nutzung der Proteine vollständig und beim Umbau zu körpereigenen Proteinen teilweise - abhängig vom Aminosäuremuster des Futtereisweißes und des Bedarfes - ausgeschieden werden, überwiegend in Form von Harnstoff. Bei der Verdauung von Kohlenhydraten und Proteinen, besonders durch Wiederkäuer (Rinder, Schafe, Ziegen), fallen neben Kohlendioxyd größere Mengen Methan an, welche zwar nicht für die Gülle, aber für die Atmosphäre (Treibhauseffekt) von Bedeutung sind.

2. Ammoniak und Tiergesundheit

Da das im Proteinstoffwechsel anfallende Ammoniak eine zellgiftige Verbindung ist, haben die Tiere im Laufe der Evolution einen Stoffwechselweg entwickelt, mit dem Ammoniak unter Energieverbrauch in ungiftigen Harnstoff überführt wird (Harnstoffzyklus). In dieser Form wird der Harnstoff mit dem Harn von den Tieren ausgeschieden, so daß er in die Gülle oder auf die Weide gelangt. Da Pflanzen den Harnstoff als N-Quelle nicht nutzen können, haben diese nun wiederum ein harnstoffspaltendes Enzym (Ureasen) entwickelt, welches den Harnstoff in Ammoniak zurückverwandelt, welcher dann als Ammonium oder nach der Nitrifikation als Nitrat von den Pflanzen genutzt werden kann. Ureasen sind weit verbreitet und auch in der Gülle gegenwärtig, so daß ein erheblicher Teil des Harn-N bereits im Stall freigesetzt wird. Dieses Ammoniak schädigt u.a. die Schleimhäute der Atemwege, welche mit ihrem Flimmerepithel die Lunge von Staub befreien. Als Folge der Störung durch Ammoniak treten vermehrt Husten und Lungenentzündungen auf. Auch Einrichtungen im Stall und die Umgebung des Stalles können beeinträchtigt werden.

* Prof. Dr. Hans-Joachim Laue, Fachhochschule Kiel, Fachbereich Landbau

3. Umweltschonende Rinderhaltung

3.1. Methan

Die gesamte Methanproduktion von ca. 465 MT entfällt nach CRUTZEN 1991 zum überwiegenden Teil (32 %) auf die Freisetzung aus sauerstoffarmen Feuchtgebieten. 19 % stammen aus der Verbrennung fossiler Energieträger, 16 % aus landwirtschaftlichen Nutztieren, so daß auch die Tierproduktion, insbesondere die Erzeugung von Rind- und Schaffleisch und die Milchproduktion zur globalen Erwärmung beitragen können. Dieses Methan entsteht nicht im Tierkörper, sondern im Magen-/Darmkanal (besonders im Pansen) durch die Aktivität von Mikroben unter den sauerstoffarmen Bedingungen. Die Methanproduktion kann grundsätzlich nicht verhindert, aber insgesamt minimiert werden, und zwar am wirksamsten durch eine möglichst hohe Leistung (Zuwachs, Milch) der Tiere. Je höher die Leistung desto besser verteilt sich die im Erhaltungsstoffwechsel produzierte Methanmenge auf die produzierten Einheiten. Nach KIRCHGESSNER et al. 1991 führt eine Milchleistungssteigerung von 10 auf 30 kg je Tag zu einer Senkung der Methan-Produktion je kg Milch von 30 g auf ca. 14 g, so daß insbesondere in Gegenden mit niedriger Milchleistung (z.B. Indien) ein bedeutendes Einsparungspotenzial besteht.

Auch der Einsatz von speziellen Leistungsförderern kann die Freisetzung von Methan aus dem Pansen verringern, weil diese Stoffe gezielt jene Mikroben unterdrücken, welche Methan bilden. Ein weiterer positiver Effekt ist dann, daß die üblicherweise mit dem Methan verlorengelassene Energie für Fleisch- und Milchbildung, also für Nettoleistung zur Verfügung steht.

3.2. Stickstoff

Auch für die mit dem Kot und Harn ausgeschiedene N-Menge je Produktionseinheit gilt ein hoher Einfluß der Leistung, d.h. je höher die Leistung, desto besser wird die im Erhaltungsstoffwechsel ausgeschiedene N-Menge auf die Produktionseinheiten (z.B. Milch) verteilt. Werden z.B. bei 10 kg Milchleistung 22 g N/kg Milch ausgeschieden, sinkt dieser Wert bei 30 kg Milchleistung unter sonst vergleichbaren Bedingungen auf ca. 10 g N (KIRCHGESSNER, 1991). Aus diesem kleinen Zahlenbeispiel läßt sich bereits ableiten, daß auch der N-Anfall in der Gülle durch konsequente Leistungssteigerung erheblich verringert werden kann, ähnlich wie bei Methan.

Insgesamt sind aber bei den N-Ausscheidungen die verdaunungsphysiologischen Zusammenhänge komplexer und die Einflußnahme durch Fütterungsmaßnahmen größer als bei Methan. Durch Vermeidung von Luxuskonsum und Einsatz von Futtermitteln mit niedrigerer Pansenabbaubarkeit und bedarfsgerechtem Aminosäuremuster kann der Gülle-N-Anfall bei Kühen und Bullen weiter gesenkt werden, was aber u.U. höhere Futterkosten zur Folge hat.

4. Umweltschonende Schweinehaltung

4.1. Fruchtbarkeit, Tageszunahmen

Eine Steigerung der Ferkelzahl von 15 auf 20 je Sau und Jahr bedeutet, daß der Sauenbestand zur Erzeugung der notwendigen Mastschweine um ein Drittel verringert werden kann. Die N-Ausscheidungen der 2 Föten, welche zusätzlich im Mutterleib sind, ist im Vergleich zu dem hohen N-Erhaltungsstoffwechsel der Sau so gering, daß er zu vernachlässigen ist, so daß insgesamt alle

Bemühungen um eine Verbesserung der Fruchtbarkeit bei den Sauen ein direkter Beitrag zur Umweltschonung sind. Auch die N- und P-Ausscheidungen in der Schweinemast lassen sich durch eine konsequente Leistungssteigerung wirksam verringern. Höhere Tageszunahmen bedeuten weniger Masttage und damit weniger Erhaltungsstoffwechsel. Eine Erhöhung der Tageszunahmen von 500 auf 700 g senkt nach SPIEKERS 1993 die P-Ausscheidung von 1,22 kg je Tier auf 0,98 kg, also um ca. 20 %. Aus dieser Sicht sind auch Leistungsförderer eindeutig positiv zu beurteilen.

4.2. P-Reduktion durch Phytase

Große Mengen des Phosphors, welchen auch die Pflanze für den Energiestoffwechsel benötigt, werden nach der Resorption aus dem Boden als Phytat gespeichert. Dieser sogenannte Phytin-P hat insbesondere für Schweine und Geflügel eine niedrige Verdaulichkeit, so daß ein Großteil dieses P ungenutzt in die Gülle gelangt. Während früher ausschließlich durch Zulage von anorganischem P der Bedarf der Tiere gedeckt wurde, hat in den letzten Jahren der Einsatz von Phytase, einem speziellen Enzym, welches den P aus Phytat freisetzen kann, Eingang in die Praxis gefunden. Nach JONGBLOED, 1987 kann die P-Ausscheidung in der Schweinemast durch Phytase um über 30 % reduziert werden.

4.3. N-reduzierte Futtermischungen

Ein Mastschwein, welches mit dem kostengünstigen Proteinträger Sojaextraktionschrot gemästet wird, erhält insgesamt ca. 50 kg Eiweiß über das Futter, von denen nur ca. 15 kg angesetzt werden. Neben dem Kot-N ist auch der resorbierte N zu einem Teil als unvermeidlicher N-Verlust und damit als zwangsläufig auftretende N-Quelle für die Gülle anzusehen. Ein großer Teil des N aber fällt bei dieser Fütterung an, weil das Aminosäuremuster der Ration nicht optimal zum Bedarf des Schweines paßt, d.h. es wird ein großer Teil überflüssiger Aminosäuren "mitgeschleppt" um eine ausreichende Versorgung mit der häufig knappen essentiellen Aminosäure Lysin zu gewährleisten. Dieses "Ballasteiweiß" führt natürlich zu bedeutenden N-Ausscheidungen in die Gülle. Durch den Einsatz von synthetische Aminosäuren kann das Aminosäuremuster des Futters besser dem Bedarf der Tiere angepaßt und der Gesamteiweißgehalt des Futters verringert werden. Nach SPIEKERS 1993 kann bei Einsatz von Lysin und Methionin in der Endmast von Schweinen der Proteingehalt der Ration von ca. 17 auf 14 % gesenkt werden, was die N-Ausscheidung je Schwein von 2,9 kg auf 2,3 kg senkt, also eine Reduktion um ca. 20 % bedeutet. Eine Verschlechterung der tierischen Leistung ist bei der N-reduzierten Schweinemast nicht zu erwarten. Die Leber, welche für die Umwandlung von Ammoniak in ungiftigen Harnstoff zuständig ist, wird durch die Futterumstellung entlastet. Leider sind synthetische Aminosäuren teuer, so daß die Futterkosten bei der umweltschonenden Variante erhöht sind. Selbstverständlich sind diese Aussagen auch auf die Sauenhaltung und die Ferkelaufzucht übertragbar.

4.4. Multiphasenfütterung

Der Energiebedarf eines Schweines steigt während der Mast von 25 bis 115 kg LM kontinuierlich von ca. 15 MJ ME auf ca. 35 MJ an, so daß die Schweine zum Mastende eine immer größere Futtermenge auf-

nehmen müssen. Im Vergleich zum Energiebedarf (z.B. Stärke) ist der absolute Proteinbedarf während der Mast relativ konstant, mit der Konsequenz, daß der relative Proteingehalt im Futter von ca. 18 % bei 25 kg LM auf ca. 12 % zum Mastende hin sinken kann. Eine ständige Anpassung des prozentualen Proteingehaltes im Mastfutter an den Bedarf der Tiere wird als Multiphasenfütterung bezeichnet. Eine konsequente M-Fütterung führt zu einer erheblichen Senkung der N-Ausscheidungen in die Gülle, bringt aber auch erhebliche fütterungstechnische Probleme, weil verschiedene Futtermittel auf dem Betrieb gelagert und verabreicht werden müssen. Nach KIRCHGESSNER 1991 können die N-Ausscheidungen um 12 % verringert werden, wenn statt der weit verbreiteten Universalmast mit einem Futter für die verschiedenen Gewichtsabschnitte 4 Futtermittel mit unterschiedlichem Proteingehalt zur Verfügung stehen.

Alternativ besteht auch die Möglichkeit, aus zwei Futtermitteln (Proteinträger und Energieträger) in Abhängigkeit vom Gewicht der Schweine mit jeweils unterschiedlichen Mischungsanteilen ein bedarfsgerechtes, angepaßtes Futter herzustellen.

Am Fachbereich wurde im Rahmen eines Entwicklungsprojektes und praktischen Diplomarbeiten ein Fütterungsautomat für Schweine entwickelt, der, gesteuert durch das Gewicht des jeweiligen Tieres, welches sich im Automaten befindet, ein gewichtsspezifisches, optimales Mischungsverhältnis von Energie und Protein herstellt. Durch diesen Automaten ist es möglich, bei der Lagerung von nur 2 Futterkomponenten und Haltung von Schweinen mit verschiedenen Gewichten in einer Gruppe eine bedarfsgerechte Fütterung in allen Mastabschnitten bei allen Tieren zu gewährleisten.

5. Schlußbetrachtung

Es gibt wirksame Möglichkeiten, die Nährstoffgehalte der Gülle zu verringern, sowohl beim Rind als auch beim Schwein.

Die verschiedenen Maßnahmen lassen sich wie folgt einteilen:

1. Erhöhung der Tierleistungen, um den relativen Erhaltungsanteil bei den Ausscheidungen zu verringern
2. Einsatz von Leistungsförderern
3. Einsatz von Enzymen, um die im Futter vorhandenen Nährstoffe besser zu nutzen
4. Einsatz von synthetischen Aminosäuren als Grundlage für eine N-Senkung des Futters
5. Bedarfsgerechte Futterrationen in den verschiedenen Abschnitten
6. Einsatz von tiergesteuerter Fütterungstechnik zur automatischen wachstumsangepaßten Optimierung der Futtermischung

(Ein Literaturverzeichnis kann beim Verfasser angefordert werden)

Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Böden.

von

Schlüter, K.

Verbrauch von Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland

Seit Mitte der achtziger Jahre liegt der Verbrauch an Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen in Deutschland bei jährlich gut 30.000 t (s. Tab. 1).

Table 1: Verbrauch von Pflanzenschutzwirkstoffen in der Bundesrepublik Deutschland von 1987-1995. Angaben in t. (ANONYM, 1997a)

Jahr	1987*	1988*	1989*	1990*	1991	1992	1993	1994	1995
Wirkstoffverbrauch (t)	36367	36774	34625	33146	36944	33570	28930	29769	34531

* bis einschließlich 1990 wurden nur die alten Bundesländer erfaßt, ab 1991 alte und neue Länder

Im Jahr 1987 betrug die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland ca. 13.719.000 ha; im Jahre 1995 waren es -bedingt durch die Wiedervereinigung- 19.543.000 ha (ANONYM, 1997b). Daraus errechnet sich für 1987 ein durchschnittlicher Pflanzenschutzmittel-Einsatz von ca. 2,65 kg/ha. Im Jahre 1995 waren es dagegen nur noch ca. 1,8 kg/ha. Diese Verringerung ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen. Einerseits ist die Anwendung moderner Wirkstoffe ausgedehnt worden, deren Aufwandmengen pro ha deutlich niedriger liegen als es bei älteren Wirkstoffen der Fall war; andererseits wird der Pflanzenschutzmitteleinsatz beispielsweise bei der Regulation pilzlicher Krankheiten in steigendem Umfang epidemiebezogen durchgeführt. Dadurch ist es möglich, die zur Erzielung einer ausreichenden biologischen Wirkung erforderlichen Wirkstoffmengen niedriger anzusetzen, als es von den Herstellern empfohlen wird und über die Zulassung erlaubt ist. In der landwirtschaftlichen Praxis ist die Reduktion der ausgebrachten Wirkstoffmengen nicht allein durch den Wunsch nach einer möglichst geringen Bodenbelastung zustande gekommen, sondern es ist auch ein Weg, die Produktionskosten zu senken.

Unterschiede in der Bodenbelastung

In der Öffentlichkeit wird oft vermutet, daß die potentielle Bodenbelastung durch chemische Pflanzenschutzmittel bei allen Stoffklassen gleich sei, was in der Praxis aber nicht zutrifft. Tabelle 2 verdeutlicht, daß etwa 50% der verbrauchten Präparate auf die Gruppe der Herbizide entfallen; der Rest verteilt sich in der Reihenfolge der Bedeutung auf Fungizide, Insektizide und sonstige Produkte.

Tabelle 2: Anteil der unterschiedlichen Stoffgruppen am Gesamtverbrauch von Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. Angaben in %. (ANONYM, 1997a)

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Herbizide	59,2	59,2	54,6	51,2	51,4	46,8	43,9	49,8	46,5
Fungizide	28,2	28,0	31,2	33,1	26,4	27,9	26,5	25,9	28,0
Insektizide	3,5	3,2	3,9	4,6	10,6	12,2	15,0	13,5	14,3
Sonstige	9,2	9,6	10,4	11,1	11,6	13,1	14,7	10,9	11,3

Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln

Pflanzenschutzmittel werden in den Kulturen mit unterschiedlichen technischen Verfahren ausgebracht, wobei immer gewisse Verluste in Kauf genommen werden müssen. Die chemischen Wirkstoffe liegen in Form komplexer Suspensionen, Emulsionen oder einer speziellen Kombination in der wäßrigen Phase vor. In Pflanzenschutzgeräten wird diese Flüssigkeit über Pumpen durch Spezialdüsen gepreßt, wobei eine Zerstäubung erfolgt. Die technische Optimierung der Düsen hat es gerade bei der Ausbringung in Flächenkulturen des Ackerbaues möglich gemacht, bei definiertem Druck ein stabiles Tropfengrößenspektrum zu erzeugen, das mit großer Wahrscheinlichkeit die Kultur bzw. die Zielfläche erreicht, ohne daß nennenswerte Flüssigkeitsmengen durch Abdrift verlorengehen. Je nach Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit kommt ein Teil der Spritzbrühetropfen aber nicht auf der Zielfläche an und geht vorher durch Verdunstung verloren.

Verbleib der Pflanzenschutzmittel nach der Ausbringung

Die potentielle Bodenbelastung durch Pflanzenschutzmittel hängt davon ab, welche Zielfläche getroffen wird. Hier gibt es in Abhängigkeit von der ausgebrachten Stoffgruppe erhebliche Unterschiede.

Beim praxisüblichen Einsatz von Herbiziden im frühen Nachauflauf der Kulturpflanzen gelangt nur ein kleiner Teil der ausgebrachten Wirkstoffmengen unmittelbar auf die keimenden Unkraut- und Ungraspflanzen; der weitaus größte Teil trifft direkt auf den Boden und entfaltet dort seine Wirkung (PAWLITZKI, 1990). Das Verhalten der Herbizidwirkstoffe im Boden wird von den chemischen Eigenschaften dieser Substanzen, den physikalisch-chemischen Bodenfaktoren und der mikrobiellen Aktivität bestimmt.

Insektizide und Fungizide werden eingesetzt, wenn die Kulturpflanzen schon weit entwickelt sind und sich ein Befall mit tierischen Schädlingen oder pilzlichen Krankheitserregern aufbaut. Beim Einsatz dieser Pflanzenschutzmittel in stehenden Kulturen gelangen die Wirkstoffe zum überwiegenden Teil auf die Blattoberfläche. Restliche Wirkstoffmengen werden im Stoffwechsel der Pflanze spätestens bis zur Ernte so weit abgebaut, daß über die Ernterückstände oft nur noch Rückstandsmengen in den Boden gelangen, deren Konzentrationen weit unterhalb der analytischen Nachweisgrenzen liegen. Beim Einsatz von Fungiziden und Insektiziden gelangen meistens weniger als 5% der ausgebrachten Wirkstoffe direkt auf den Boden; weit über 90% werden an die Pflanze angelagert, und ein kleiner Rest geht durch Verdunstung verloren.

Diese Unterschiede in der Applikation von Herbiziden einerseits und Fungiziden/Insektiziden andererseits machen verständlich, daß gelegentlich im oberflächennahen Grundwasser nachgewiesene

Wirkstoffrückstände überwiegend den Herbiziden zuzuordnen sind (HOCK et al., 1995). Fungizide und Insektizide werden dagegen nur in Ausnahmefällen gefunden (HÄFNER, 1996; HERZEL, 1995).

Verbleib der Wirkstoffe im Boden

Wenn PSM unmittelbar nach der Ausbringung auf den Boden gelangen, dann sind sie zuerst dem Licht ausgesetzt, so daß es zur fotochemischen Zersetzung kommt. Die Verlagerung von Wirkstoffen in tiefere Schichten durch Bodenbearbeitung, Einarbeitung behandelter Pflanzenrückstände oder perkolierendes Regenwasser hat Prozesse wie Hydrolyse, chemischen Abbau und vor allem die mikrobiologische Zersetzung zur Folge (BLUME et al, 1992).

Bodenmikroorganismen erlangen bei der Umsetzung von Wirkstoffen im Boden die weitaus größte Bedeutung, zumal manche Wirkstoffe häufig sogar als C-Quellen genutzt werden können. In diesem Fall kommt es zu einem metabolischen Abbau. Dieser beginnt mit einer Adaption (lag-Phase), in der nur eine zögernde Zersetzung erfolgt. Danach schließt sich eine Massenvermehrung der Mikroorganismen an, die einen geradezu stürmischen Wirkstoffabbau zur Folge hat. Im weiteren Verlauf wird dieser Prozeß allmählich durch Sorptionsvorgänge im Boden verlangsamt. Beim cometabolischen Abbau dagegen werden Verbindungen abgebaut, die den Mikroorganismen nicht als Nahrung dienen, so daß sie keinen energetischen Nutzen daraus ziehen. Die durch freigesetzte Enzyme bewirkte Metabolisierung beginnt deshalb relativ schnell, verlangsamt sich dann aber mit der Abnahme des Wirkstoffgehaltes, bis dann die Sorptionseffekte des Bodens eine weitere Verringerung der Abbaugeschwindigkeit bewirken. Bei allen mikrobiologischen Abbauprozessen spielen Bodenfeuchte, Temperatur und pH-Wert eine wichtige Rolle. Auch das allgemeine Angebot an organischer Substanz sowie die Artenzusammensetzung der Mikroorganismen zum Zeitpunkt der Wirkstoffapplikation auf den Boden sind wichtig.

Bei der Interpretation von Abbauprozessen ist das Sorptionsverhalten des jeweiligen Bodens zu berücksichtigen. Die effektivsten Austauscher sind die Huminstoffe, gefolgt von Tonmineralen. Die Höhe der gebundenen Rückstände kann zwischen 10% und 90% der ausgebrachten Menge betragen (PAWLITZKI, 1992). Damit verbleibt nur eine geringe Wirkstoffkonzentration in gelöster Form im Bodenwasser. Hier sind sie einerseits den Mikroorganismen zugänglich und können metabolisiert werden, andererseits besteht bei hoher Wasserlöslichkeit dieser Stoffe aber die Gefahr einer Verlagerung in das oberflächennahe Grundwasser (PAWLITZKI und KÖNIGER, 1986). Diese nimmt mit steigender Persistenz eines Wirkstoffes zu und hängt außerdem sehr stark von der Niederschlagshöhe und Infiltrationsgeschwindigkeit ab (BLUME et al, 1992).

Persistenz von Wirkstoffen

Zur Beurteilung des Verhaltens von Herbiziden im Boden gibt es zwei Persistenzbegriffe. Unter der Persistenz der Gesamtrückstände versteht man jene Zeitspanne, die erforderlich ist, um eine Mineralisation von mindestens 75% der zugeführten Wirkstoffmenge zu erreichen. Für praktische Belange ist die Persistenz der biologischen Aktivität wichtiger. Sie umfaßt diejenige Zeitspanne, die für einen mindestens 75%-igen biologischen Aktivitätsverlust des ausgebrachten Wirkstoffes durch Abbau oder Inaktivierung erforderlich ist (PESTEMER, 1985). Um die Persistenz von Herbiziden vergleichen zu können, wird oft deren Halbwertszeit (DT_{50}) angegeben (HOCK et al., 1995). Da dieser Wert sehr stark von Klima- und Bodenfaktoren abhängig ist, lassen sich für gleiche Wirkstoffe sehr unterschiedliche Werte ermitteln, die einen Vergleich erschweren.

Zusammenfassung

In der Bundesrepublik Deutschland werden jährlich über 30.000 t. Pflanzenschutzwirkstoffe ausgebracht, woraus sich statistisch eine Aufwandmenge von weniger als 2 kg/ha errechnen läßt. Bei der Beurteilung der potentiellen Bodenbelastung durch diese Stoffe kommt es insbesondere darauf an, in welchem Entwicklungsstadium der Kulturpflanzen eine Pflanzenschutzmaßnahme erfolgt. Aus diesem Grund ergeben sich nach der Anwendung von Herbiziden sehr viel höhere Wirkstoffkonzentrationen in der obersten Bodenschicht als nach dem Einsatz von Fungiziden oder Insektiziden in stehenden Kulturen, deren grüne Blattmasse über 90% der ausgebrachten Wirkstoffmengen aufnimmt. Damit erklärt sich, daß insbesondere in der Vergangenheit der Einsatz von Herbiziden älterer Wirkstoffgruppen mit hohen Hektaraufwandmengen zu Problemen geführt hat. Dabei hatte insbesondere ein unzureichender Abbau von Wirkstoffen mit hoher Wasserlöslichkeit gelegentlich die Belastung oberflächennahen Grundwassers zur Folge.

Literatur:

ANONYM, 1997a: Schriftliche Mitteilung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Abt. für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik.

ANONYM, 1997b: Persönliche Mitteilung, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

BLUME, H.-P., E.A. LOOP und L. REXILIUS, 1992: Pflanzenschutzmittel. - In: Handbuch des Bodenschutzes; BLUME, H.P. (Hrsg.), 2. Aufl., ecomed Verlagsgesellschaft mbH, Landsberg/Lech, 325-353.

HÄFNER, M., 1996: Trinkwasserqualität als Spiegelbild von Wasserwirtschaft und Pflanzenschutzmittelanwendung in der Landwirtschaft. - Gesunde Pflanzen, 48/5, 163-179.

HERZEL, F., 1995: Pflanzenschutzmittel im Trinkwasser - Ein Überblick. - Gesunde Pflanzen, 47/6, 231-240.

HOCK, B., C. FEDTKE, R.R. SCHMIDT, 1995: Herbizide. - G. Thieme Verlag, Stuttgart.

PAWLITZKI, K.-H., 1990: Der Einfluß des Bodens auf Wirkung, Abbau und Ausbreitung der Pflanzenschutzmittel. - Schule und Beratung, H. 6, -Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, München, III/5 - III/7.

PAWLITZKI, K.-H. und M. KÖNIGER, 1986: Abbau und Persistenz von Herbiziden in Böden. - Gesunde Pflanzen, 38/2, 555-563.

PAWLITZKI, K.-H. und W. RINDER, 1992: Pflanzenschutzmittel-Rückstände im Boden. - Schule und Beratung, H. 6, -Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, München, III/6 - III/8.

PESTEMER, W., 1985: Herbiziddynamik im Boden. In: Pflanzenschutzmittel und Boden. Berichte über Landwirtschaft, 198. Sonderheft, 69-80.

Die Bedeutung von Bodenverdichtungen in Schleswig-Holstein

von

Baumgartl, T.¹

Probleme in der Landwirtschaft durch mechanische Belastung

Die Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung des Bodens hat in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen. Mit dieser Intensivierung einher geht eine zunehmende Mechanisierung und aufgrund der höheren Leistungsanforderung eine Erhöhung der Maschinengewichte. Aus Abb. 1 geht diese Änderung der Entwicklung in der Landwirtschaft deutlich hervor.

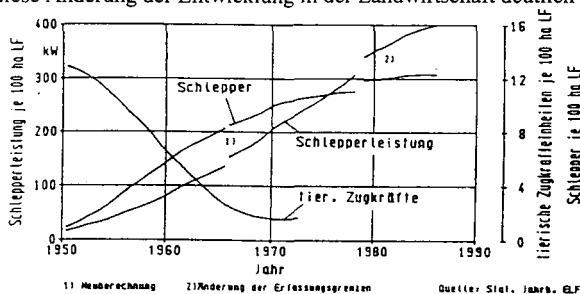


Abb. 1: Entwicklung des Zugkraftbesatzes in der Landwirtschaft

(aus Olfe, 1995)

Die Vorgänge, die eine Bodenbelastung hervorrufen, sind komplex und von verschiedenen Faktoren abhängig. Die Einflußfaktoren können hierbei in exogener und endogener Art unterteilt werden. Als bodenexogener Faktor, d.h. als maschinenspezifische Faktoren, sind Radlast, Karkassenaufbau, Reifenbreite, Reifendurchmesser, Reifeninnendruck, Führung des Rades, dynamische Effekte, Fahrgeschwindigkeit zu nennen. Die genannten Faktoren führen zu einer Belastung in der Fahrspur und umgebender Bodenbereiche. Die Höhe der Spurbelastung ist dabei abhängig von Bearbeitungszeitraum und von der Leistung der eingesetzten Maschinen (Abb. 2). Zunehmende Motornennleistung erfordert höhere Maschinengewichte und damit auch höhere Achslasten bzw. Drücke auf den Boden. Während eines Bearbeitungsjahres wird der größte Teil einer Fläche mit mehr als 2 oder 3 Überfahrten belastet. hinzu kommen noch die häufiger befahrenen Fahrgassen. Nach OLFE, 1995 kann angenommen werden, daß die durch Überfahrung gebildeten Spuren gleichmäßig über eine bearbeitete Fläche in einem Jahr verteilt sind (Abb. 3).

Diese mechanischen Belastungen haben sowohl Auswirkungen auf die Bodenfauna, Bodenflora und den Pflanzenenertrag. Durch Verdichtung wird der Boden in den verdichteten Bereichen schlechter erreichbar für Regenwürmer. Die Anzahl der Regenwürmer, die durch die Bildung von Ton-Humus-Komplexen eine wertvolle Struktur schaffen, nehmen ab. Dadurch verringern sich die Wasserleitfähigkeiten durch Zerstörung des Grobporensystems. Die Durchlüftung nimmt ab und verringert die Aktivität der Mikroorganismen. Durch eine vor allem in humidem Klima verursachte

¹ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel, 24118 Kiel

zeitweilige Verwässerung entstehen anaerobe Bereiche, in denen Denitrifikation dominiert und zu N-Auswaschungsverlusten führen kann. Des weiteren kann die Nitrifikation gehemmt werden und in vermehrtem Maß NH_4 gebildet werden.

Belastung in der Spur

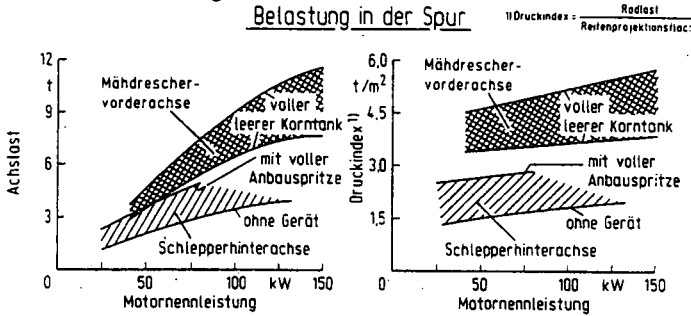


Abb. 2: Belastung des Bodens in Abhängigkeit von der Nennleistung der eingesetzten Maschinen

Bestimmung der Bodenstabilität

Neben bodenexogenen Faktoren bestimmen bodenendogene Größen die Bodenstabilität. Hierzu sind zu zählen: Textur, Gehalt an organischer Substanz, Aggregierungsgrad, Lagerungsdichte, Scherfestigkeit, Wassergehalt/-spannung.

Zur Abschätzung der Gefährdung einer Verdichtung durch Auflast muß das Verhalten dieser endogenen Faktoren auf mechanische Belastung bekannt sein.

Physikalisch bedeutet Verdichtung eine Einregelung von Bodenpartikeln in bestehende Hohlräume, wenn bestimmte Grenzwerte der Stabilität überschritten werden. Dies ist dann der Fall, wenn der Scherwiderstand, den ein Partikel oder ein Partikelverband mobilisieren kann, nicht mehr ausreicht, um einer von außen wirkenden Kraft Widerstand entgegenzusetzen. Folge ist eine Verdichtung, d.h. eine Volumenverringering bei gleichem Festsubstanzanteil.

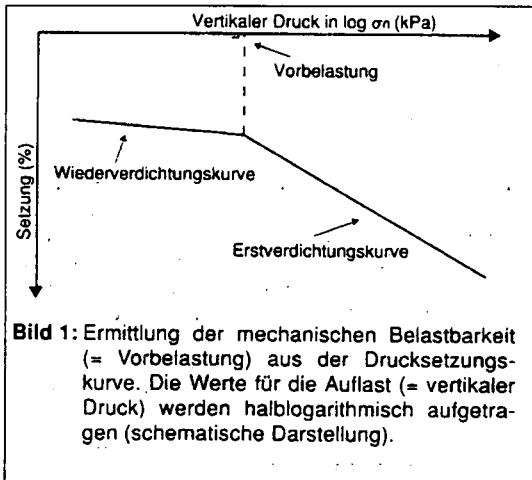


Bild 1: Ermittlung der mechanischen Belastbarkeit (= Vorbildastung) aus der Drucksetzungskurve. Die Werte für die Auflast (= vertikaler Druck) werden halblogarithmisch aufgetragen (schematische Darstellung).

Drucksetzungsmessungen im Labor erlauben eine Definition der Randbedingungen und geben eine Aussage über die Stabilität bei Auflasten, wie sie im Freiland auftreten können. Der Verlauf einer Drucksetzungskurve ist von zwei Verdichtungsphänomenen geprägt: Einem Wiederverdichtungsbereich und einem Erstverdichtungsbereich.

Der Wiederverdichtungsbereich beschreibt den Anteil von Auflasten, bis zu denen der Boden bereits Kräften ausgesetzt war, die zu seiner Stabilisierung beigetragen haben und ihn in erster Linie elastisch reagieren lassen. Bei diesen Kräften kann es sich sowohl um exogene Kräfte (Belastung durch Maschinen, Eigengewicht des Bodens) als auch um endogene Kräfte (Wasserspannungen, die im ungesättigten Boden als Zugspannung wirken und den Boden stabilisieren durch Bindungen zwischen Partikeln) handeln. Wird ein Grenzauflastbereich überschritten, folgt die Verdichtung einer Erstverdichtungsline, d.h. alle Kräfte, die zuvor auf den Boden eingewirkt haben, reichen nicht aus, um eine plastische Deformation zu verhindern; der Boden wird irreversibel zusätzlich verdichtet. Aus dem Verlauf der

Stabilisierung beigetragen haben und ihn in erster Linie elastisch reagieren lassen. Bei diesen Kräften kann es sich sowohl um exogene Kräfte (Belastung durch Maschinen, Eigengewicht des Bodens) als auch um endogene Kräfte (Wasserspannungen, die im ungesättigten Boden als Zugspannung wirken und den Boden stabilisieren durch Bindungen zwischen Partikeln) handeln. Wird ein Grenzauflastbereich überschritten, folgt die Verdichtung einer Erstverdichtungsline, d.h. alle Kräfte, die zuvor auf den Boden eingewirkt haben, reichen nicht aus, um eine plastische Deformation zu verhindern; der Boden wird irreversibel zusätzlich verdichtet. Aus dem Verlauf der

Erstverdichtungskurve und der Wiederverdichtungskurve läßt sich der Wert der Vorbelastung ermitteln. Die Vorbelastung wird im weiteren als Kriterium für die Verdichtungsabschätzung verwendet. Eine plastische Verformung, d.h. eine Verdichtung, die nach Entlastung (d.h. nach Überführung mit dem landwirtschaftlichen Gerät) irreversibel bleibt, kann nur dann stattfinden, wenn der Scherwiderstand überschritten wurde. Er wird unter definierten Bedingungen wiederum meist im Labor ermittelt. Aus der Erhöhung des Scherverhaltens bei zunehmenden Auflasten läßt sich die Mohr-Coulomb'sche Gerade ermitteln. Die beiden sie beschreibenden Größen, die Kohäsion sowie der Winkel der inneren Reibung, dienen ebenfalls als Grundlage zur Beurteilung der Bodenstabilität.

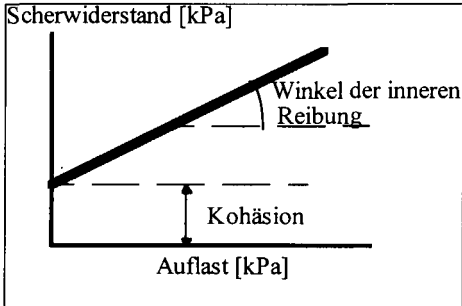


Abb. 3: Mohr-Coulomb'sche Schergerade mit Kenngrößen Winkel der inneren Reibung und Kohäsion

Weitere Faktoren stellen die Korngrößenverteilung und die daran geknüpfte Ausbildung von Gefügeformen dar. Je intensiver aggregiert ein Boden ist, umso größer ist seine Stabilität.

Durch die Verdichtung ändern sich auch Flußgrößen, die Luft- und Wasserleitfähigkeit, die aus ökologischer Sicht von großer Bedeutung sind. Eine Verringerung der beiden Leitfähigkeitsgrößen ist in der Regel mit einer Verschlechterung der Eignung aus landwirtschaftlicher Sicht verbunden.

Anhand von definierten Versuchen, die diese physikalischen Bodenkennwerte bestimmen, lassen sich für typische Böden die

Eigenstabilitätswerte ermitteln. Abb. 4 zeigt den Untersuchungsablauf. Damit kann eine Abschätzung getroffen werden, wie sich bei Überschreiten von bodentypcharakteristischen Grenzbelastungswerten die physikalischen Kennwerte ändern.

Explizit soll hier auf die Bedeutung des Wassers für die Stabilität und sein Einfluß auf die genannten bodenmechanischen Kenngrößen hingewiesen werden. Zunehmende Wassergehalte im Boden verringern in der Regel die Eigenstabilität durch Verringerung der Kohäsion (geringere Menisken-/Zugkräfte, die die Bodenpartikel stabilisieren) als auch des Winkels der inneren Reibung. Bei Belastung wird der maximal mobilisierbare Scherwiderstand schon bei kleineren Auflasten überschritten, das Bodenvolumen somit schon bei geringeren Belastungen verdichtet.

Berechnung der Bodenstabilität (Vorbelastung) aus Boden-Kennwerten

Mit Hilfe der genannten bodenphysikalischen und bodenmechanischen Größen ist es nun möglich, charakteristische Vorbelastungswerte verschiedener typischer Böden Deutschlands zu bestimmen, die

als Grundlage dienen zur Abschätzung einer Verdichtungsgefährdung eines Bodens bzw. Horizontes.

Mit Hilfe multipler linearer Regressionsgleichungen lassen sich damit unter Kenntnis bestimmter Eingangsgrößen die Vorbelastungswerte ermitteln. Für die Berechnung der (abhängigen) Variable Vorbelastung gehen die in Tabelle 1 aufgelisteten unabhängigen Variablen ein.

Die Werte für die unabhängigen Variablen können aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung abgeleitet werden. Zur Abschätzung der bodenmechanischen Kenngröße Winkel der inneren Reibung werden die Bodenkennwerte Textur, Wasserspannung, Struktur und Lagerungsdichte herangezogen, für die Kohäsion die Größen Textur, Wasserspannung, Aggregatstabilität, Lagerungsdichte.

Tab. 18: Abhängige und unabhängige Variablen zur Ermittlung der Bodenstabilität mit Hilfe der multiplen Regression

Variablen	Abkürzung	Dimension
Abhängige:		
Vorbelastung bei pF 1.8	Pv _{1,8}	kPa
Vorbelastung bei pF 2.5	Pv _{2,5}	kPa
Unabhängige:		
Lagerungsdichte	dB	g/cm ³
Luftkapazität bei pF 1.8	LK _{1,8}	Vol%
Luftkapazität bei pF 2.5	LK _{2,5}	Vol%
Nutzbare Feldkapazität bei pF 1.8	nFK _{1,8}	Vol%
Nutzbare Feldkapazität bei pF 2.5	nFK _{2,5}	Vol%
Totwassergehalt	TW	Vol%
Gehalt an organischer Substanz	org	Gew%
Kohäsion bei pF 1.8	c _{1,8}	kPa
Kohäsion bei pF 2.5	c _{2,5}	kPa
Winkel der inneren Reibung bei pF 1.8	phi _{1,8}	°
Winkel der inneren Reibung bei pF 2.5	phi _{2,5}	°
Sandgehalt	S	Gew%
Schluffgehalt	U	Gew%
Tongehalt	T	Gew%

Bodenverdichtungen in Schleswig-Holstein

Für Schleswig-Holstein ergeben sich damit aus den ermittelten Kennwerten unter Einbeziehung der landschaftlichen Gliederung (Jungmoränenlandschaft, Hohe Geest, Niedere Geest, Marschen), daß Böden im Bereich der Marschen bei eher feuchten Verhältnissen nur relativ kleine Vorbelastungswerte besitzen, d.h. bei Bearbeitung mit schwerem Gerät leicht verdichtet werden können. Hohe Werte für die Vorbelastung auch bei feuchten Bodenzuständen zeigen die Böden aus Sand (hauptsächlich im Bereich der Hohen Geest). Für Böden der Jungmoränenlandschaft ist die Kenntnis der (heterogenen) Verteilung der Bodentypen als Bewertungsgrundlage wichtig. Bei stauwasserbeeinflussten Böden bzw. semirestrischen Böden ist dabei mit geringeren Werten der Vorbelastung, d.h. mit einer höheren Verdichtungsgefährdung, zu rechnen.

Literatur:

- AG Bodenkunde (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, Hannover.
 DVWK (1995): Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden, Merkblätter 234, Hannover.
 Hartge, K.-H. und R. Horn: Einführung in die Bodenphysik, 2. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart.
 KTBL (1995): Bodenverdichtung. FAL7KTBL-Fachtagung am 18./19. Nov. 1993, Darmstadt.

Bodenschutz durch angepaßte Bodenbearbeitung

von

Voßhenrich, H.-H.

Eine Möglichkeit, durch angepaßte Bodenbearbeitung Bodenschutz zu betreiben, bietet sich durch eine reduzierte Intensität der Bodenbearbeitung an. Ihr Erfolg setzt bestimmte Bodenverhältnisse voraus und hängt ganz entscheidend von der Verarbeitung des Stroh ab. Die grundsätzliche Problematik und sich anbietende Lösungswege sind Thema des Beitrags.

Verfahren der Bodenbearbeitung

Der intensivste Eingriff in die natürlichen Bodenstrukturen entsteht durch eine Bearbeitung mit dem Pflug. Die Intensitäten nehmen ab in der Reihenfolge der Bodenbearbeitung mit Pflug - Konservierende Bodenbearbeitung mit/ohne Lockerung - Direktsaat. Im Gegensatz zu der Bearbeitung unter Einsatz des Pfluges, die ein vollständiges Verschwinden des organischen Materials von der Bodenoberfläche zu Folge hat, bewirkt die Direktsaat, daß dieses organische Material an der Oberfläche verbleibt. Bei einer Anwendung von Verfahren der Konservierenden Bodenbearbeitung wird das Stroh i. d. R. bis auf Arbeitstiefe eingearbeitet. In Hinblick auf die Belange des Bodenschutzes ist der Konservierenden Bodenbearbeitung und der Direktsaat der Vorzug gegenüber der Bearbeitung mit Pflug zu geben. Auf diese Weise würden beispielsweise die Erosionsgefahr in Hanglage und allgemein das Verschlammungsrisiko vermindert werden. Aufgrund dieser Vorzüge konnten sich bereits Verfahren der Mulchsaat im Zuckerrübenanbau in erosionsgefährdeten Hanglagen etablieren. Dennoch ist der Pflug als Gerät der Bodenbearbeitung zur Hauptfrucht allgemein vorherrschend. Dies hat eine Vielzahl von Gründen, auf die im einzelnen nicht näher eingegangen werden kann (Boden, Klima, Fruchtfolge, gesetzlicher Rahmen, Ertragsniveau, Saatbettbereitung, Strohandling, Intensität der Bodenbearbeitung, Technik der Samenablage). Bei Betrachtung der Machbarkeit muß sowohl im Bereich der Bodenbearbeitung als auch bei der Strohplazierung zwischen durch natürliche Umstände und durch beschränkte Möglichkeiten der technischen Umsetzung gesetzten Grenzen unterschieden werden. Dabei sind die Übergänge stufenlos, die Wechselwirkungen der Einflußmechanismen weisen einen komplexen Charakter auf.

Natürliche Grenzen der Bodenbearbeitung

Natürliche Grenzen eines Ackerstandortes bezüglich der Bodenbearbeitungsintensität sind durch den Boden und das vorherrschende Klima vorgegeben. So ist bekannt, daß auf durch Grund- oder Stauwasser geprägten Standorten oder bei extrem feuchtem Witterungsverlauf zwar Ackerbau mit dem Pflug betrieben werden kann, von Formen des Ackerbaues ohne Bodenbearbeitung dagegen abzuraten ist (Graham et al. 1986, Ball et al. 1994). Ein Klima, bei dem wie in weiten Bereichen Schleswig-Holsteins die Niederschlagsmengen deutlich oberhalb von 700 mm und die potentielle Verdunstung kaum höher liegt als 400 mm, begünstigt den Einsatz des Pfluges (Voßhenrich 1995).

Technische Grenzen der Bodenbearbeitung

Auf nicht zu Grund- und Stauwasser neigenden Standorten mit stabilen, nicht zu Verdichtung neigenden Strukturen kann hingegen grundsätzlich auf den Einsatz des Pfluges verzichtet werden. Dies ist bislang jedoch nur selten der Fall, obwohl die Erträge nach Konservierender Bodenbearbeitung ohne Bodenlockerung ein ähnliches Niveau erreichen können wie die Erträge nach wendender Bodenbearbeitung (Voßhenrich 1995). Hier bestimmen in wesentlichen Anteilen technische Grenzen im Umgang mit Stroh die Vorgehensweise. Je enger die Zeitspannen zwischen Ernte und Saat (Fruchtfolge) zusammenliegen und je mehr Strohmassen anfallen (Ertragsniveau), umso größer ist die Herausforderung an Saatbettbereitung und Saatvorgang und umso geringer liegt -realistisch betrachtet- die Chance für bodenschonende Konzepte wie Konservierende Bodenbearbeitung oder sogar Direktsaat. Durch die derzeit vorhandenen Scharssysteme ist eine ausreichende Sameneinbettung bei Strohmassen von 100 dt/ha und den üblichen Häcksellängen nicht gewährleistet.

Der Umgang mit Stroh

Dennoch müssen die Verfahren der Konservierenden Bodenbearbeitung oder auch der Direktsaat auf geeigneten Standorten keine Zukunfts-Vision bleiben. Ob Feldaufgänge in Größenordnungen von über 80 % bei 100 dt/ha nicht abgeernteten Strohs realisierbar sind, ist einzig und allein eine Frage des Strohhandlings. Stroh in Samennähe beeinträchtigt den Keimvorgang durch Einflußnahme auf die physikalischen Verhältnisse im Saatbett. Es unterbricht z. B. den kapillaren Aufstieg des Bodenwassers und setzt dem Keimling beim Durchstoßen des Bodens mechanischen Widerstand entgegen. Um dies zu verhindern, muß das Stroh zuallererst mit dem Mährescher absolut gleichmäßig verteilt werden. Außerdem sollte es so kurz wie möglich gehäckselt werden, wobei Häcksellängen von 1 - 2 cm anzustreben wären. Entscheidend ist, daß Stroh während des Sävorgangs mit dem Boden eine Einheit bildet und im abließenden Boden den Sävorgang nicht beeinträchtigt.

Versuche unter kontrollierten Bedingungen zeigen, wie sich durch die Ablage von Stroh hervorgerufene, nachteilige Effekte weitgehend vermeiden lassen. Auf übliche Weise gehäckselt Stroh (Abb. 1 oben) führt auch bei idealer Einbettung von Hand zu einer Beeinträchtigung der Feldaufgänge, diese Beeinträchtigung nimmt mit der Masse des eingebrachten Strohs zu. Demgegenüber sind Masseneffekte durch Stroh nicht mehr nachweisbar, wenn es, wie hier in einer Extremvariante gezeigt, gemahlen wird (Abb. 1 unten). Effekte treten nicht einmal dann auf, wenn das Stroh vollständig im Saatbett eingearbeitet wird. Um die keimmindernde Wirkung des Strohs zu verhindern, sollte es daher mechanisch so fein wie möglich aufbereitet werden. So können die Vorteile einer den Bodenschutz begünstigenden Bodenbearbeitung besser genutzt werden.

Rückschlüsse

Da eine Bereitstellung von Stroh mit den geforderten Häcksellängen von 1 - 2 cm zur Zeit in der Praxis nicht möglich ist, muß darauf zurückgegriffen werden, das Stroh auf 10 - 20 cm Tiefe einzuarbeiten, um so einen Verdünnungseffekt zu erreichen. Eine Einarbeitung von Häckselstroh auf Saattiefe kann nicht empfohlen werden, eine Ablage an der Oberfläche ist vertretbar.

Um dem Ziel einer bodenschonenden Bearbeitung noch näher zu kommen, bedarf es nur der Entwicklung technischer Lösungswege im Umgang mit Stroh. Bislang wurde davon ausgegangen, daß Stroh wegen seiner phytotoxischen Wirkung grundsätzlich nicht in Samennähe plaziert werden darf. Aus diesem Grund erschien es unnötig, technische Lösungsansätze durch mechanische Strohaufbereitung und geeignete Säsysteme zu suchen. Die vorliegenden Ergebnisse ermutigen aber dazu, an entsprechenden Konzepten zum aktiven Bodenschutz durch richtiges Strohhandling zu arbeiten. Was dabei grundsätzlich zu beachten ist, zeigt Tabelle 1 zusammenfassend.

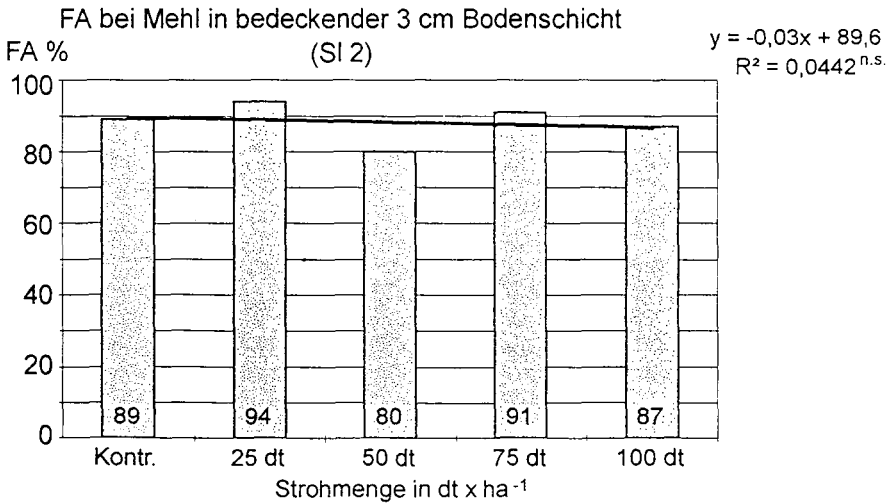
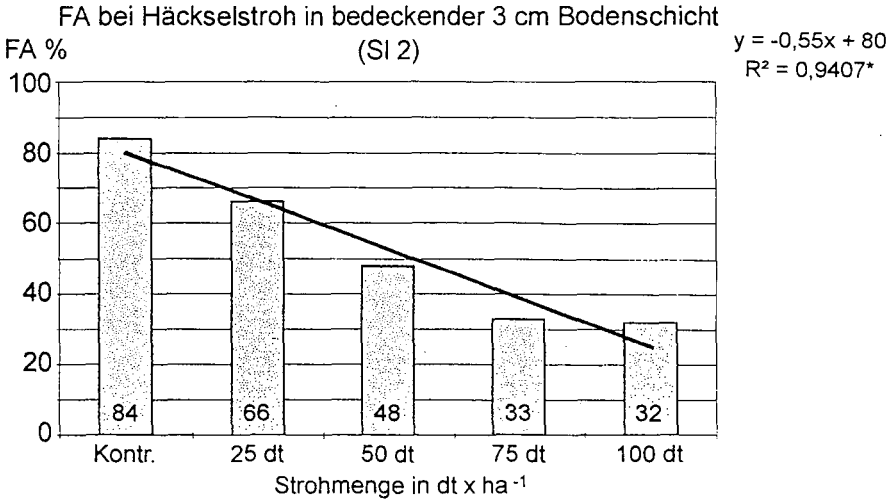


Abb. 1: Feldaufgang (FA) von Raps bei Gersten-Häckselstroh und -Strohmehl in 3 cm bedeckender Bodenschicht

Tab. 1: Bodenschutz durch Stroh

-Stroh kurz häckseln

-Stroh gleichmäßig über die Fläche verteilen

-bei konservierender Bodenbearbeitung mit Lockerung des Bodens:
Stroh auf Arbeitstiefe einarbeiten

-bei konservierender Bodenbearbeitung ohne Lockerung des Bodens:

a) bei heute üblichen Häcksellängen Stroh auf dem Saatbett ablegen

b) bei 1 - 2 cm Häcksellänge Stroh auf dem Saatbett oder bis auf Saattiefe, nicht aber unter dem Samen ablegen

-bei Direktsaat

Stroh liegt grunds. auf dem Saatbett, da der Boden unbearbeitet bleibt

Literatur

Ball B. C., R. W. Lang, E. A. G. Robertson und M. F. Franklin (1994): Crop performance and soil conditions on imperfectly drained loams after 20 - 25 years of conventional tillage or direct drilling. Soil and Tillage Research, 31, S. 97 - 118.

Graham J. P., F. B. Ellis, R. Q. Cannell und D. G. Christian (1986): Effekts of straw residues on the establishment, growth and yield of autumn-sown cereals. Journ. Agric. Eng. Res., H. 33, S. 39 - 49.

KTBL AG (1993): Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung und Bestellung. KTBL-Schrift 0236 (überarbeitet), Sonderdruck aus Landtechnik H. 1/2.

Voßhenrich H.-H. (1995): Vergleich zwischen Pflug -Kreiselegge-Drillsaat und Frässlensaat. VDI-MEG Schrift 280, Habil. Kiel.

Versorgung des Bodens mit organischer Substanz und Stickstoff in ökologisch orientierten Landnutzungssystemen

von

Loges, R. und F. Taube*

Ertragsbildung und Bodenfruchtbarkeit im organischen Landbau basieren im wesentlichen auf dem Anbau luftstickstoffbindender Leguminosen. Leguminosen führen dem Boden über ihre Sproß- und Wurzelmasse große Mengen an organischer Substanz und Stickstoff zu. Diese Zufuhr geschieht zum einen direkt und damit wenig variabel, über die Einarbeitung der Ernterückstände in den Boden, zum anderen indirekt und damit vom Landwirt beeinflussbar, nach Verfüterung der erntbaren Pflanzensubstanz, in Form von wirtschaftseigener Düngung.

Die Leguminosen des Ackerfutterbaus wie Luzerne und Rotklee zeichnen sich gegenüber den Körnerleguminosen durch eine besonders hohe Biomasseproduktion sowie N_2 -Bindeleistungen aus. Die Nutzung des hohen Stickstoffierungspotentials der Ackerfutterleguminosen kann über den Anbau als Reinbestand oder im Gemenge mit Futtergräsern im Feldfutterbau wie als häufig einjährige Gründüngung z.B. auf Stilllegungsflächen erfolgen. Die Entscheidung darüber, in welcher Form der Leguminosenanbau erfolgen soll, setzt eine möglichst genaue Kenntnis über das Leistungspotential leguminosenbasierter Fruchtfolgen in Futterbau- und Nachfruchtperioden in Abhängigkeit anbautechnischer Steuergrößen voraus. Im einzelnen interessieren dabei Trockenmasseertrag und symbiotische N_2 -Fixierungsleistung und deren Aufteilung auf erntbare Substanz und Ernterückstände des Leguminosenbestandes. Die Ableitung anbautechnischer Maßnahmen in der Nachfrucht erfordert eine genaue Kenntnis über Menge und Zeitpunkt der Stickstofffreisetzung aus den nicht erntbaren Pflanzenteilen. Neben Klima und Bodenfaktoren wird das Ausmaß der N-Freisetzung im wesentlichen durch C/N-Verhältnisse und N-Mengen in den Ernterückständen bestimmt (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 1992). Zahlreiche Untersuchungen (WACHENDORF, 1995; KÖNEKAMP, 1957; HEICHEL et al., 1985) weisen auf eine Beeinflussbarkeit der Menge, Qualität und Zusammensetzung der Sproßmasse bzw. der Ernterückstände von Kleeergrasbeständen durch die Faktoren Saatmischungszusammensetzung, Nutzungsdauer bzw. -art hin.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Prüfung des Einflusses der Faktoren:

- Klee/Gras-Ansaatverhältnis
- Begleitgrasart
- Nutzungsdauer
- Nutzungsart (Schnitt/Grünbrache)
- auf:
- Ertragsleistung des Kleeergrases
- Höhe der N_2 -Fixierung
- Menge und Zusammensetzung der Ernterückstände
- Größenordnung der Stickstofffreisetzung aus den Kleeergrasernterückständen nach dem Umbruch.

Material und Methoden

Der zugrunde liegende Feldversuch wurde auf dem Versuchsbetrieb Hohenschulen der Universität Kiel [(östliches Hügelland ; Bodenart/-typ: sL / lessivierte Braunerde aus Würmgeschiebelehm / 50-55 BP; Ø-Jahresniederschlag: 716 mm (1995: 681 mm); Ø-Jahrestemperatur: 7,8 °C (1995: 8,7 °C)]

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Lehrstuhl Grünland und Futterbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Holzkoppelweg 2, 24118 Kiel

in den Jahren 1994 - 96 im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 192 als Spaltanlage mit 4 Wiederholungen mit folgenden Versuchsfaktoren durchgeführt:

1. Aussaatmengenverhältnis:

- 100% Rotklee: (RK): (12 kg/ha)
- 33% RK + 67% Gras: (4 kg/ha + 20 kg/ha)
- 67% RK + 33% Gras: (8 kg/ha + 10 kg/ha)
- 100 % Gras: (30 kg/ha)

2. Begleitgrasart:

- Welsches Weidelgras (WW)
- Deutsches Weidelgras (DW)

3. Bestandestyp (Nutzungsdauer / Ansaatzeitpunkt / Nutzungsart):

- 1-jähr. Gründüngung / Ansaat August 1994 / 1995: 2 Mulchschnitte ohne Grüngutabfuhr
- 1. Jahr. Futterbau / Ansaat April 1995 / 1995: 3-Schnittnutzung
- 1. Jahr. Futterbau / Ansaat August 1994 / 1995: 4-Schnittnutzung
- 2. Jahr. Futterbau / Ansaat April 1994 / 1994: 3-Schnitt-, 1995: 4-Schnittnutzung
- 2. Jahr. Futterbau / Ansaat August 1993 / 1994: 4-Schnitt-, 1995: 4-Schnittnutzung

Die Kleeerträge wurden jeweils als Blanksaat etabliert. Während der Versuchsdauer erfolgte keine zusätzliche Stickstoffdüngung. Die Kleeerträge wurden am 21. September 1995 ohne vorheriges Einarbeiten umgebrochen. Es folgte am gleichen Tag die Bestellung mit Winterweizen. In den Jahren 1994-95 wurden zu den 4 Schnittzeitpunkten der Kleeertragsperiode folgende Parameter ermittelt:

- Trockenmasseertrag
- Klee- und Grasertragsanteile
- N-Gehalt im Pflanzenmaterial
- N_{min} - und N_{org} -Gehalte des Bodens im $CaCl_2$ -Extrakt:
- zum Zeitpunkt des letzten Schnittes im Oktober zusätzlich
- Menge und N-Gehalte der Ernterückstände (Mulch, Stoppel, Wurzeln)

Die Berechnung der Jahres- N_2 -Fixierungsleistung der Kleeerträge erfolgte mit der erweiterten Differenzmethode nach STÜLPNAGEL (1982). Die Vorfruchtwirkung der Kleeerträge wurde in der Folgefucht Winterweizen über Ertragsbildung und N-Aufnahme sowie über die Entwicklung der Bodenstickstoffgehalte untersucht.

Ergebnisse

In den oben genannten Arbeiten wurde jeweils der Kleeanteil im Trockenmasseertrag als Ursache für die Variation von Menge und Zusammensetzung der Sproß- und Wurzelmasse von Kleeerträgen genannt. In Abb. 1 sind die durch Bestandestyp, Begleitgrasart und Saatmischungsverhältnis beeinflussten Kleeanteile im Jahres-TM-Ertrag des Jahres 1995 dargestellt. Unabhängig von Begleitgrasart und Saatmischungsverhältnis ist mit zunehmendem Bestandesalter eine Zunahme des Klee-Ertragsanteiles zu beobachten. Deutsches Weidelgras als Begleitgras führt zu höheren Kleeanteilen im Jahresertrag

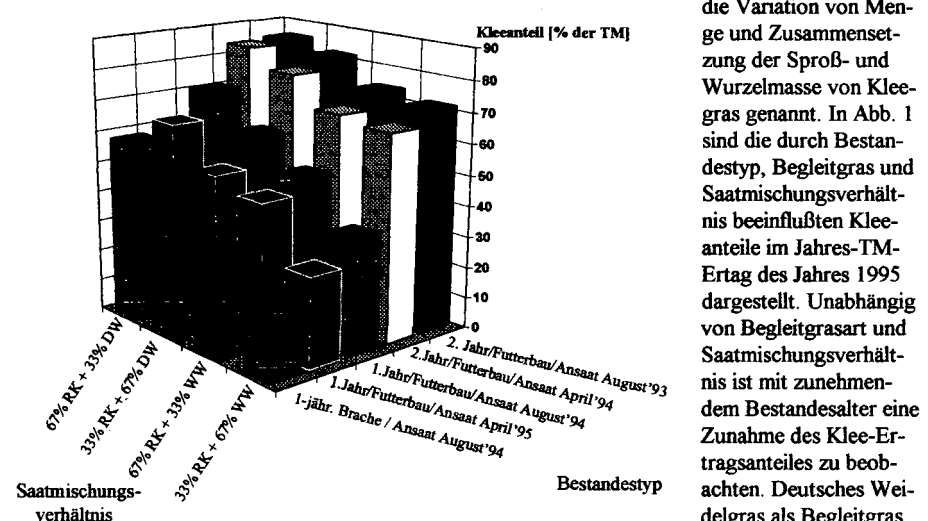


Abb. 1: Kleeanteile im Jahres-Trockenmasseertrag der Kleeertragsmischung (1995) in Abhängigkeit von Saatmischungsverhältnis und Bestandestyp

als das Welsche. Die durch die Saatmischung hervorgerufene Variation des Kleeanteiles im TM-Ertrag verringert sich mit zunehmendem Bestandesalter. Die futterbauliche Schnittnutzung führt im Gegensatz zum 2-maligen Mulchen der gleichalten Brachebestände zu höheren Kleeanteilen im Trockenmasseertrag. Tabelle 1 zeigt, für das Versuchsjahr 1995, den Einfluß des Bestandestyps auf die Parameter Trockenmasseertrag, N-Fixierungsleistung des Kleeergrasbestandes, Menge und Zusammensetzung der Ernterückstände sowie die N-Aufnahme der Folgefrucht Winterweizen. Zunehmendes Bestandesalter führt zu steigenden Trockenmasseerträgen. Die beschriebene Zunahme des Klee-Ertragsanteiles mit Zunahme des Bestandesalters (Abb. 1) hat einen großen Einfluß auf die Höhe der mit der erweiterten Differenzmethode ermittelten N₂-Fixierungsleistung. Bestände im 2. Nutzungsjahr zeigen höhere N-Fixierungsleistungen als Bestände im 1. Nutzungsjahr. Über Schnittnutzung werden im Vergleich zur Brache größere N-Mengen symbiontisch gebunden.

Tab. 1: Einfluß des Bestandestyps (Nutzungsart, Nutzungsdauer, Ansaatzeitpunkt) auf Trockenmasseertrag, N-Fixierungsleistung sowie Organische Masse, N-Menge und N-Konzentration der Ernterückstände von Kleeergras 1995 und auf die N-Aufnahme der Folgefrucht Winterweizen vor Winter 1995 sowie zur Ernte 1996 (Mittel 2 Begleitgrasarten, 4 Saatmischungsverhältnisse)

Bestandestyp bzw. Nutzungsart	1-jährige	1. N.J.	1. N.J.	2. N.J.	2. N.J.	GD
	Grünbrache	Futterbau	Futterbau	Futterbau	Futterbau	
Parameter / Ansaatzeitpunkt	August'94	April'95	August'94	April'94	August'93	0.05
Kleeergras-TM-Ertrag (dt/ha)	55.3	59.7	138.4	182.2	169.1	13.6
N ₂ -Fixierungsleistung (kg N/ha)	99.9	107.7	245.9	457.8	422.3	31.1
Ernterückstands-TM (dt OM/ha)	92.4	36.9	55.5	56.2	55.1	8.4
Ernterückstands-N (kg N/ha)	178.8	57.4	103.5	132	131.7	20.4
Ernterückstands-N-Konz. (%OM)	1.9	1.6	2	2.4	2.5	0.3
Weizen N-Aufn. v. Winter (kg N/ha)	14.3	-	14.4	16	17.1	2.5
Weizen N-Aufn. z. Ernte (kg N/ha)	70.5	-	62.4	75	75,3	6.8

Die Masse der Ernterückstände wird durch das Bestandesalter nur wenig beeinflusst. Es sind die Brachebestände, die neben Wurzeln und Stoppel, durch das zusätzlich anfallende, stickstoffreiche Mulchmaterial dem Boden die größten Mengen an organischer Substanz und damit auch an Stickstoff zuführen. Im Falle der schnittgenutzten Bestände ist es die sich mit zunehmendem Bestandesalter erhöhende N-Konzentration der Ernterückstände, die zu einem Anwachsen der N-Menge in den Ernterückständen bis zum 2. Nutzungsjahr führt. Unterschiedliche Bestandestypen führen im Versuchsjahr 1995/96 zu unterschiedlichen N-Mengen, die von der Folgefrucht Weizen vor Winter und zur Ernte aufgenommen werden. Die Vor-Winter-N-Aufnahme als Maß für die N-Freisetzung ist neben der in den Ernterückständen gebundenen N-Menge hauptsächlich von der N-Konzentration bestimmt. N-Menge und N-Konzentration der Ernterückstände bestimmen auch die N-Aufnahme zur Ernte. Trotz weit höherer N-Mengen in den Ernterückständen der Bracheparzellen, wirkte sich die im Versuchsjahr 1996 aufgetretene Trockenheit hemmend auf die N-Freisetzung aus und führte daher zu relativ geringen aufgenommenen N-Mengen bei diesen Beständen.

In Tabelle 3 ist der Einfluß des Saatmischungsverhältnisses im Versuchsjahr 95 auf die Parameter Trockenmasseertrag, N-Fixierungsleistung des Kleeergrasbestandes, Menge und Zusammensetzung der Ernterückstände sowie die N-Aufnahme vor Winter der Folgefrucht dargestellt. Im Falle der Klee- und Kleeergrasbestände führen höhere Kleeanteile in der Saatmischung, trotz gleicher Trockenmasseerträge, über höhere Kleegehalte am TM-Ertrag (Abb. 1) zu deutlich höheren N₂-Fixierungsleistungen. Die Saatmischung hat nur einen untergeordneten Einfluß auf die Masse der Ernterückstände. Wie schon beim Bestandestyp (Tab.2) wirkt sich auch die Saatmischung über unterschiedliche Kleeanteile im Bestand (Abb.1), über unterschiedliche N-Konzentrationen auf die N-Mengen in den Ernterückständen aus. Unterschiedliche N-Konzentrationen und N-Mengen in den Ernterückständen führen zu einer deutlichen Variation der N-Aufnahme der Folgefrucht im Herbst.

Höhere Kleeanteile in der Saatmischung führen zu höheren N-Mengen und N-Konzentrationen in den Ernterückständen sowie zu einem Anwachsen der vor Winter und zur Ernte von der Folgefrucht aufgenommenen N-Mengen.

Tab. 2: Einfluß des Saatmischungsverhältnisses auf Trockenmasseertrag, N-Fixierungsleistung sowie Organische Masse, N-Menge und N-Konzentration der Ernterückstände von Klee gras 1995 und auf die N-Aufnahme der Folgefrucht Winterweizen vor Winter 1995 sowie zur Ernte 1996 (Mittel 2 Begleitgrasarten, 5 Bestandestypen)

Saatmischungsverhältnis Parameter	100%	67% RK +	33% RK +	100%	GD
	Rotklee	33% Gras	67% Gras	Gras	
Kleegras-TM-Ertrag (dt/ha)	120.9	125.0	117.0	46.9	9.2
N ₂ -Fixierungsleistung (kg N/ha)	328.2	288.9	233.3	-	19.8
Ernterückstands-TM (dt OM/ha)	52.7	55.4	62.5	53.7	6.1
Ernterückstands-N (kg N/ha)	153.8	124.1	115.2	49.8	16.9
Ernterückstands-N-Konz. (%OM)	2.9	2.2	1.8	1.0	0.2
Weizen N-Aufn. v. Winter (kg N/ha)	24.6	18.9	14.6	8.6	2.2
Weizen N-Aufn. z. Ernte (kg N/ha)	103.2	73.8	63.8	47.7	15.1

Auch der Versuchsfaktor Begleitgrasart (ohne Abbildung) hatte einen signifikanten Einfluß auf die Parameter Trockenmasseertrag, N-Fixierungsleistung, Menge und Zusammensetzung der Ernterückstände der Klee grasbestände sowie die N-Aufnahme der Folgefrucht Winterweizen vor Winter und zur Ernte. Bei gleichen Trockenmasseerträgen führt das gegenüber Rotklee konkurrenzstärkere Welsche Weidelgras über niedrigere Kleeanteile im TM-Ertrag der Rotklee/Welsch-Weidelgrasgemenge (Abb.1) zu geringeren N₂-Akkumulationen als das Deutsche Weidelgras. Klee grasgemenge mit Deutschem Weidelgras führen dem Boden im Versuchsjahr 95 über größere Wurzel- und Stoppelmengen größere N-Mengen zu, als Gemenge mit Welschem Weidelgras. Nach Umbruch werden sowohl vor Winter, als auch zur Ernte, nach Gemengen mit Deutschem Weidelgras höhere N-Mengen freigesetzt, die jeweils zu einer höheren N-Aufnahme der Folgefrucht Weizen führen.

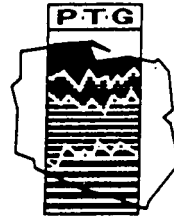
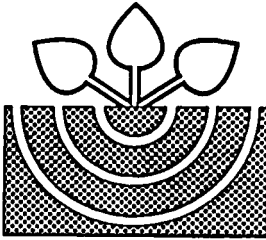
Schlußfolgerung

Trockenmasse- und Stickstofftrag von Klee gras sowie die Zufuhr an organischer Masse und Stickstoff in den Boden durch Klee grasernterückstände lassen sich durch verschiedene Kombinationen der Faktoren Bestandestyp (Bestandesalter/Nutzungsart), Kleeanteil in der Saatmischung sowie Begleitgrasart in weiten Bereichen variieren. Neben der direkten Wirkung der genannten Faktoren auf die Ertragsbildung vom Klee gras, wirken sie über unterschiedliche N-Mengen und N-Konzentrationen in den Ernterückständen auf die N-Aufnahme in der Folgefrucht, sie sind daher in die Anbauplanung mit einzubeziehen.

Literatur

- HEICHEL, G. H., C. P. VANCE, D. K. BARNES and K. I. HENJUM, 1985: Dinitrogen Fixation and N and Dry Matter Distribution during 4 Year Stands of Birdsfoot Trefoil and Red Clover. Crop Sci, 25, 101 - 105.
- KÖNEKAMP, A. H. 1957: Die Rolle von Klee und Gras bei der Humusversorgung der Böden. Z. Acker- u. Pflanzenbau 104, 89 - 102
- SCHEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL, 1992: Lehrbuch der Bodenkunde, F. Enke Verlag Stuttgart
- STÜLPNAGEL, R. 1982: Schätzung der von Ackerbohnen symbiontisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. Z. Acker- u. Pflanzenbau 151, 446-458
- WACHENDORF, M., 1995: Untersuchungen zur Ertrags- und Qualitätsentwicklung von Rotklee und Rotklee gras, in Abhängigkeit von der Nutzungsfrequenz, der Stickstoffdüngung und der Grasart. Dissertation Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

GERMAN SOIL SCIENCE SOCIETY POLISH SOIL SCIENCE SOCIETY



SOIL CLASSIFICATION IN GERMANY AND POLAND

Müncheberg and Szczecin

**Symposium and Excursion
in
Müncheberg, Germany and Szczecin, Poland**

05 - 07/05/1997

Organization in Germany

**H.-P. Blume and M. Filipinski, Kiel
H.-R. Bork and M. Frielinghaus, Müncheberg**

Organization in Poland

**A. Kowalkowski, Kielce, G. Marcinek, Poznan
A. Kocmit and E. Niedzwiecki, Szczecin**

Preface

On the initiative of A. Kowalkowski from Kielce, Poland, in October, 1995 the boards of the German Soil Science Society and of the Polish Soil Science Society agreed that an intensive cooperation of the two states should benefit soil science. Soil science research and teaching should be supported by joint conferences, seminars and lectures.

The first meeting took place in northern East-Germany und northern West-Poland in May, 1997. Goals of the meeting were

- learning about description and mapping of soils, and getting experienced by co-working,
- getting an approach to the national soil classifications, and finding out parallels and discrepancies,
- developing ideas of soil genesis as well as assessing of soils with their various functions.

Therefore experts from Germany and Poland met, mainly with knowledge of soil mapping, soil classification and soil genesis. In the Center for Agricultural Environment and Land Use research (Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung/ZALF) the national soil classifications were introduced by H.-P. Blume for Germany and J. Marcinek for Poland. M. Filipinski and A. Kowalkowski then worked out the parallels and discrepancies of the two classifications, using the newly published World Reference Base for Soil Resources (WRB) by the Committee on Standardization of the International Soil Science Society as an important means of forging the first links of understanding.

In the frame of an excursion then representative soils of moraines, fluviglacial sands, and river deposits of Brandenburg and Pomerania in Northwest Germany, and of the Gumieniecka and Wkrzanska plains in Northwest Poland were studied together, and nationally and internationally classified. A valuation of the results finally was done at the bird protection station in Swidwo.

We thank colleague M. Frielinghaus and colleague H.-R. Bork, D. Kühn and W. Schmidt as well as their co-workers for the excellent preparation of the workshop at the ZALF in Müncheberg, and of the excursion in the North-East-German region. Furthermore, we thank our colleagues A. Kocmit and E. Niedzwiecki from Szczecin for the outraging preparation of the excursion in the North-West-Polish region. Our colleagues M. Filipinski from Kiel and A. Kowalkowski from Kielce extremely made the experts' contacts easier by their translation. We are much obliged to the foundation for German-Polish cooperation in Warszawa and the ZALF in Müncheberg for the financial support of the meeting.

Piotr Sklodowski

President
of the Polish Society
of Soil Science

Hans-Peter Blume

President
of the German Society
of Soil Science

Table of Contents

Sklodowski, P. und H.-P. Blume:	Preface	249
Wittmann, O.:	Soil Classification of the Federal Republic of Germany	253
Marcinek, J.:	Principles of the Polish Soil Classification System	277
Kowalkowski, A. und M. Filipinski:	Comparison of the Polish and German Soil Classifications	305
Dalchow, C. und H.-R. Bork:	Guide - book of excursions in Germany Landscapes of Northeastern Germany	317
Bork, H.-R., C. Dalchow, et al.:	The Soil and Sediment Profile "Bäckerweg" in the Natural Reserve "Märkische Schweiz", East-Brandenburg, Germany	327
Kühn, D., U. Razke und W. Schmidt:	Representative Soils of North-Eastern Germany	331
Borowiec, S., A. Kocmit, et al.:	Guide - book of excursions in Poland 1. The itinerary in Poland	345
Marcinek, J., J. Komisarek, et al.:	2. Description of Soils in the Field and Applied Analytical Methods	355

Working Group on Soil Classification of the German Soil Science Society

SOIL CLASSIFICATION OF THE FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY

Short version

Adapted by Otto Wittmann

with supplement of Hans-Peter Blume¹⁾ and Marek Filipinski²⁾

Translation by Susanne Witt

The Soil Classification of the Federal Republic of Germany has been based on the mainly pedogenetically orientated conception of KUBIENA (1953). In the former states of the Federal Republic of Germany it has been developed by the Working Group on Soil Classification of the German Soil Science Society, edited by E. MÜCKENHAUSEN (MÜCKENHAUSEN 1962, 1977; Working Group on Soil Classification 1985). In the former German Democratic Republic a development of its own had started. It is true that it did not vary substantially from the originally common concept, but it had early tried to define the substrate components (parent material, soil strata profiles) in a system (LIEBEROTH 1967). Since Germany was united in 1990, it has been intended to equalize the classification systems of Soil Science including a common substrate classification. The development of modern soil information systems with its computer-logical definition of horizons, its symbols and its consequences means further efforts concerning improvement and precision (AG BODEN = Working Group on Soil Classification 1994).

The German Soil Classification is based on a morpho-genetical principle, i.e. the soil profile, its genesis-dependent horizon-sequence, is focussed. In future definition and systematic order of soil units shall be possible only by means of landscape characteristics. This is made easier by the descriptive character of the classification which also at polygenetical soil genesis records the actual status like it can be seen from a profile as a result of the complete former soil genetic processes.

1. FUNDAMENTAL PRINCIPLES

The German Soil Classification is divided into the following hierarchical categories:

- ABTEILUNGEN (ORDERS)
- are differentiated according to their water regime.
- KLASSEN (SUBORDERS)
- are differentiated according to soil dynamics and morphological properties caused by specific-dominant pedological processes.
- TYPEN (TYPES)
- are differentiated according to characteristic horizon sequences, for raised bogs and minor developed soils after geogenetic characteristics of the H- or C-horizon.
- SUBTYPEN (SUBTYPES)
- Norm subtype: has characteristic horizon sequence and properties of the type
- Deviation subtype: with significant supplementary properties
- Transition subtype: additionally with intermediate properties to other soils
- VARIETÄTEN (VARIETIES)
- qualitative modifications of a subtype with additional horizon properties deviating from the subtype (see list in section 4).

¹⁾ Symbols of soil units after AG Boden (1994); Intern. soil classification (Spaargaren 1994)

²⁾ Polish soil classification (Marcinek 1997)

- **SUBVARIETÄTEN (SUBVARIETIES)**
- Subdivision of subtypes or varieties with quantitative rather than qualitative aspects, e.g. layer depth or layer thickness of typical horizons, carbon content, pH value.
- **BODENFORMEN (SUBSTRATE SERIES)**
- no systematical unit of the hierarchically divided categories, but a combination of pedogenetic and lithogenetic properties, characteristic of the individually existing soil.

The revised version of the German Soil Classification shall give a view on the soil typical categories. It represents the actual status of the revised publication of the Soil Classification of the German Soil Science Society of 1985 (Working Group on Soil Classification 1985) and is derived from the basic informations, published in the soil classification part of the 4th edition of the *Bodenkundliche Kartieranleitung* (AG Boden 1994). The abridged edition is divided in:

Section 2: Listing of the horizon symbols including the rules for users.

Section 3: Description of soil types and subtypes.

Types, norm subtypes and transition subtypes are described with their horizon sequences. If there are deviation subtypes besides the norm subtype, the diagnostic horizons are typed in bold face.

The characterization of the transition subtypes is only carried out by diagnostic horizons, essentially containing the differentiating atypical properties. It is necessary to define a type in connection with the total horizon arrangement.

Section 4: Variety genesis criteria

2. SOIL HORIZON DESIGNATIONS

2.1 Master horizons

2.1.1 Subhydric horizon

F horizon at the bottom of lakes or rivers with organic matter content of >1% (if not H)

2.1.2 Organic horizons (>30wt.% organic matter)

H originating from residue of peat-forming plants (peat)

L originating from accumulated or unaltered litter (Föma) at the soil surface, w.<10vol.% of unstructured humic material

O originating from decomposed litter
w.>10vol.% material

2.1.3 Mineral horizons (<30wt.% organic matter content)

A mineral horizon of the topsoil (epipedon)

B mineral subsoil horizon characterized by a change of colour and mineral composition of the parent material resulting from the accumulation of topsoil constituents, which were removed from the overlying horizon or/and weathering *in situ*; contains less than 75% by vol. of residual parent rock and no lithogenic carbonate (primary carbonate) in the fine-earth fraction

C unaltered or unweathered material similar to parent material

P subsoil horizon on claystone or clay, w.>45wt.% clay, prismatic to subangular blocky structure and temporarily wide cracks (>1cm in 50cm depth) (P from Pelosol)

T subsoil horizon from the solution residue of carbonate rock; clay content >65wt.%, <5vol.% carbonate, bright brown. Yellow to brownish red colour and distinct angular blocky structure (T from terra)

S subsoil horizon affected by a perched watertable; surface water stagnation characterized by certain redoximorphic features (mottles, concretions, bleaching) or permanently inadequate aeration (air capacity<3% by vol., rH-value $\leq 19^x$) or free Fe²⁺ can be mesasured)

G horizon affected by groundwater, which causes the development of redoximorphic features

M horizon of fluvial, colluvial soils from translocated soil-material, humus content like Ah

E plaggen-horizon (humus content like Ah)

$$^x) rH = \frac{2 Eh}{59mV} + 2pH$$

- R** man made horizon by deep cultivation (>40cm), humus content like Ah
Y soil horizon affected by reductive gases (CH₄, CO₂, H₂S)

2.2. Letter suffixes (prefixes) for litho-, phyto- and anthropogenetic properties

- a** flood-plain dynamics; can be combined with A, C, G, M
b brown by Plaggenesch and flood-plain soils; can be combined with E, aAh
b brackish (tidal-brackish); can be combined with F, S, G
c calcareous material (> 75wt.% carbonate or gypsum); can be combined with lC and mC
e marly (2-75wt.% carbonate); can be combined with F, H, Ah, lC, mC, G, M, P, S
f fossile; can be combined with A, H, B, P, T, S, G
g grey by Plaggenesch and flood-plain soils; can be combined with E, aAh
h raised bog, moss peat, rainwater bog; can be combined with H
i gravelly, siliceous (< 2wt.% carbonate); can be combined with lC, mC
j natural substratum, translocated by man; can be combined with Ah, H, C, G
l unconsolidated substratum, can be dug with a spade; can be combined with C
m massive bedrock, solid rock; can be combined with C
m marine (tidal-marine); can be combined with F, S, G
n groundwater peat (fen), blanket bog; can be combined with H
o organic (sedimentary); can be combined with A, C, G
p perimarine (tidal-fluviatile); can be combined with F, S, G
q spring water affected; can be combined with G
r relic; can be combined with A, B, P, T, S, G
s influenced by slope water; can be combined with S, G
u transitional bog; can be combined with H
x stony, mostly free of fine soil (< 5wt.%), cherts and stones (> 2 cm); can be combined with C
y anthropogenic (man made) substrate (e.g. bricks, sludge slag); can be combined with lC, mC, G
z salt containing material, can be combined with F, A, G

II, III feature symbols for lithologic discontinuities, stratification

2.3 Letter suffixes (affixes) for pedogenic properties

- a** accumulation of well decomposed organic matter partially under reducing conditions (15-30% organic mat.); can be combined with A
a angular blocky to prismatic structure; can be combined with H
b accumulations in bands or thin pans (placic); can be combined with B
c secondary carbonate; can be combined with H, A, B, C, T, S, G, M
d dense, impermeable (kf<1cm/d), causing a perched water table, mottled; can be combined with S
e eluvial; Ae bleached by podzolization, Se bleached by water stagnation
f partly decomposed organic matter (10-70 vol%); can be combined with O
f loose structure; can be combined with Bv of Lockerbraunerde (e.g. Andosol)
g affected by capillary water, lacking coarse pores; can be combined with S
h humus accumulation (>0.6 (sands), 0.9 silts and loams), 1.2 (clays) wt.% humus; can be combined with A, B, G
h humified = strongly decomposed organic matter (>70vol%); can be combined w. O
i initial; humus content lower than required for h or horizon less than 2 cm thick or discontinuous; can be combined with F, A
j fersiallitic; can be combined with B, C, G

- k** concretions; can be combined with B, C, S, G
k enriched with bases and nutrients by fertilizing; can be combined with Ah
l eluviated by clay migration; can be combined with A
m massive, cemented; can be combined with Bs, Bbs, S, G
m strongly humified org. mat., water-repellent (vermulmt); combined with H
n unweathered (n = new, neu); can be combined with C
o oxidized; oximorphic properties, rH>19, can be combined with F, G, Y
p ploughed, can be combined with H, A
q impermeable horizon in coastal marsh soils; can be combined with S
r reduced; with reductomorphic features (has a rH-value of ≤ 19 , a Munsell colour hue of N1 (black) to N8 (white) or 5Y (gray), 5G (grayish green), or 5B (bluish gray), with a chroma <1.5 (if 5G<2.5), and less than 5% of the exposed profile surface are covered with rust-coloured mottles and/or carbonate spots (confined to root channels); can be combined with F, H, S, G, Y
s Fe/Al-enrichment (sesquioxides) by podzolization; can be combined with H, G, B
t clay illuviation; difference in clay content to Al horizon >3 (sands), >5 (silts and loams), >8 (clays) %; can be combined with B
t shrunk; can be combined with H
u rubifaction, soil reddening by hematite formation; can be combined with B, T
v weathered, brown, loamy; can be combined with B, C
w water-permeable soil horizon above an impermeable soil horizon, conveys subsurface water; can be combined with S
w ground water influenced soil horizon; can be combined with F, H; with G without redoximorphic properties
x mixed by bioturbation; can be combined with A, E
z secondarily enriched with salt; can be combined with H, A, G

2.4 General rules of description

TRANSITION HORIZONS: (with features of different pedogenetic processes) are characterized by

- a master symbol together with suffixes for pedogenetic properties, e.g. Bsv.
- up to 3 different master symbols including the appropriate feature symbols. They are linked by a hyphen, e.g. Bv-Go.

INTERLOCKED AND INTERFINGERED HORIZONS: (areas with properties of different horizons without mixing); are added with +, e.g. Al+Bt, ICv+Bv.

FOSSIL OR RELICTIC HORIZONS: The parts of the symbols are linked by a \bullet , e.g. fAh \bullet Sd = Stagnic horizon from Ah.

HORIZON SEQUENCES: The symbols for the single horizons are indicated by a /, e.g. Ah/Bv/Cv

ALTERNATIVE POSSIBLE HORIZON COMBINATIONS: are divided by a , : e.g. Ah,Ap/Bv/Cv.

HORIZONS IN BRACKETS: can be missing and do not lead to another systematical classification.

A free combination of horizon symbols is not wanted. The possible horizons are described in detail and, if necessary, defined with help of limits in the draft of the revised Soil Classification of the German Soil Science Society as well as in the Kartieranleitung.

3 SOIL CLASSIFICATION UNITS

In this chapter the units of the German Soil Classification and their typical sequence of diagnostic horizons as well as their short symbols (abbreviations?) used in maps are described. The international soil units of WRB (World Reference Base of Soils) as well as the short symbols of the Polish Soil Classification (comments see Marcinek in this volume) are printed in *italics* and in brackets. These assignments are not exact, as being based on other definitions of diagnostic properties.

- 3.1 TERRESTRISCHE BÖDEN (TERRESTRIAL SOILS)**
Terrestrial soils are mineral soils, which are unaffected by groundwater, at least in the first 40 cm.
- F 3.1.1 O/C-BÖDEN (OC-SOILS)**
O/C-Soils are soils with an organic layer (>30wt% organic matter) above solid rock or gravels, which are only water saturated for some days in a year (like folic h.)
- FF Type: FELSHUMUSBODEN (ROCK-HUMUS-SOIL)**
Soils with O/mC-profile on solid rock
- FFn Subtype:**
-(Norm-)Felshumusboden
O/mC-profile
no minimum thickness of the O-horizon
(*Foli-lithic Leptosol or Lithi-folic Histosol; IA1a*)
- FS Type: Skeletthumusboden (Skeletal Humus Soil)**
Soil with xC+O/C-profile of/on gravels and stones; organic matter in cavities
- FSn Subtype:**
Norm-Skeletthumusboden
xC+O/(xC)/mC, lC-profile
(*Skeleti-folic Histosol; IA2a*)
- O 3.1.2 TERRESTRISCHE ROHBÖDEN (TERRESTRIAL INITIAL SOILS)**
Initial stadium of soil formation, characterized by low organic matter accumulation and very low chemical weathering
- OO Type: Syrosem**
with Ai/mC-profile on/of solid carbonate-, sulphate- (gypsum-), siliceous- or silicate rock
- OOn Subtypes:**
- (Norm-)Syrosem
Ai/mC-profile A thin Ai-horizon overlies solid rock
(*Lithic Leptosol; IA1a, IA3, IB1a*)
- OOp -Protosyrosem**
mAi/mC-profile with low accumulation of organic matter in porous solid rock
- OL Type: LOCKERSYROSEM**
with Ai/lC-profile of carbonate-, sulphate-(gypsum-), siliceous or silicate unconsolidated rock

- OLn** Subtype:
(Norm-)Lockersyrosem
Ai/IC-profile
(*Haplic Arenosol or Regosol; IA2, a, b, IA3, IB2a*)
- R** **3.1.3 Ah/C-BÖDEN (Ah/C-SOILS)** (Ah<40 cm)
Soils of this unit (Ranker, Regosol, Rendzina and Pararendzina) are differentiated in relation to the parent rock and the properties of the A-horizon
- RN** **Type: RANKER**
with Ah/imC-profile of solid rock with little or no carbonates, <2% carbonates; Ah \geq 2 cm, <30cm beneath surface
- RNn** Subtypes:
-(Norm-)Ranker (dystric ranker) base saturation of Ah <50%
Ah(iilC) in C-profile
<3dm
(*special Leptosol or skeletal Umbrisol; IA4a*)
- RNr** -Euranker (eutric ranker)
Ah(iilC)imC-profile base saturation in Ah \geq 50%
<3dm
- Transition Subtypes:
- OO-RN** -Syrosem-Ranker: with Aih, always about 2 cm thick on solid rock
- BB-RN** -Braunerde-Ranker: under Ah a Bv+Ah or/and Bv-ilCv, Bv+ixCv up to <3dm depth
- PP-RN** -Podsol-Ranker: RN with a thin spodic B-horizon. Bhs-ilCv
- RQ** **Type: REGOSOL**
with Ah/iilC-profile with little or no carbonate content (<2 wt.% carbonate)
Unconsolidated siliceous or silicate rock of >3dm thickness; Ah 2 - 40 cm
- RQn** Subtypes:
-(Norm)Regosol (dystric Regosol)
Ah/iilC-profile base saturation of Ah <50%
>3dm
(*Special Regosol, Haplic Arenosol or Umbrisol; IA5*)
- RQr** -Euregosol (Eutric Regosol)
Ah/iilC-profile base saturation of Ah \geq 50%
>3dm
- Transition Subtypes:
- OL-RQ** -Lockersyrosem-Regosol: with Aih, always about 2cm thick
- BB-RQ** -Braunerde-Regosol: in subsoil, Bv-ilCv, Bv+iilC
- PP-RQ** -Podsol-Regosol: RQ w. a thin spodic B-horizon, up to <1.5dm depth.
- SS-RQ** -Pseudogley-Regosol: S₁ilCv-S₂, from 4-8dm and/or Sw-ilC, then above 4dm, too.
- GG-RQ** -Gley-Regosol: Go₁ilCv-Go₂, from 4-8dm
- RR** **Type: RENDZINA**
with Ah/cC-profile of consolidated or unconsolidated carbonate rock (>75% carbonate) or sulphate-(gypsum-)rock; Ah 2 - 40 cm

Subtypes:

- RRn** -(Norm-)Rendzina (Eurendzina)
(e)Ah/cC-profile base saturation $\geq 50\%$
(*Rendzic Leptosol, Lithi-calcic Chernozem or Calcaric Regosol; IB1b, IB2b*)
- RRs** -Sauerrendzina
Ah/cC-profile base saturation in Ah $< 50\%$

Transition Subtypes:

- OO-RR** -Syrosem-Rendzina: with Aih, always about 2cm thick on solid rock.
- OL-RR** -Lockersyrosem-Rendzina: with Aih, always about 2cm thick overlying unconsolidated rock
- BB-RR** -Braunerde-Rendzina: under Ah a Bv+Ah or/and Bv-cCv, Bv+Ccv
- CF-RR** -Terra fusca-Rendzina: in subbase saturationoil (Bv-)T+cCv
- GG-RR** -Gley-Rendzina: Go, e, cCv-Go from 4-8dm

- RZ** Type: **PARARENZINA**
with Ah/eC-profile, of unconsolidated or solid siliceous or silicate rock with 2-75% carbonate; Ah 2 - 40 cm

Subtypes:

- RZn** -(Norm-)Pararendzina (Eupararendzina)
(e)Ah/eC-profile base saturation $\geq 50\%$ in Ah
(*Calcaric Arenosol or -Regosol; IB1b, IB2b*)
- RZs** -Saure Pararendzina (dystric RZ)
Ah/eC-profile base saturation $< 50\%$ in Ah

Transition subtypes

- OO-RZ** -Syrosem-Pararendzina: with Aih, always about 2 cm thick overlying hard rock (emC)
- OL-RZ** -Lockersyrosem-Pararendzina: with Aih, about 2 cm thick, overlying unconsolidated rock (eC)
- BB-RZ** -Braunerde-Pararendzina: under Ah a Bv+Ah or/and Bv-eCv, Bv+eCv
- SS-RZ** -Pseudogley-Pararendzina: S, Cv-S from 4 - 8dm or Sw-Ah and/or Sw-eCv, then above 4dm, too
- GG-RZ** -Gley-Pararendzina: Go, eCv-Go from 4 - 8dm

- T** **3.1.4 SCHWARZERDEN (STEPPE SOILS)**
This class contains all soils with Axh-horizons of $> 4\text{dm}$ thickness. The Axh-horizons have Munsell chroma < 3.5 and value < 4.5 (transition units < 5.5).

- TT** Type: **TSCHERNOSEM (CHERNOZEM)**
with Axh/Axh+IC(c)/C(c)-profile Axh $> 4\text{dm}$
normally from unconsolidated rock with carbonates. Characteristic is a mixed horizon Axh+IC(c), formed by intensive bioturbation.

Subtypes:

- TTn** -(Norm-)Tschernosem
Axh/Axh+IC(c)/C(kc,c)-profile Axh $> 4\text{dm}$
(*Haplic Phaeozem or -Chernozem; IIA1a*)

Transition Subtypes:

- DD-TT** -Pelosol-Chernozem: with P-Axh
- BB-TT** -Braunerde-Tschernosem: with Bv-Axh and/or Bv in subsoil

- LL-TT** -Parabraunerde-Tschernosem: with A(h)l-Axh/B(h)t-Axh
SS-TT -Pseudogley-Tschernosem: Axh-Sw from 4 - 8dm or Sw-Axh, then above 4 dm, too
GG-TT -Gley-Tschernosem: Go and transition horizons from 4 - 8dm

TC Type: **KALKTSCHERNOSEM**
Acxh/Acxh+elCc/elCc-Profile Acxh>4dm
As a diagnostic horizon the Acxh+elCc-horizon is a result of intensive bioturbation. The solum shows opposite of TT a significant enrichment of secondary carbonate in form of pseudomycelia.

TCn Subtypes:
-(Norm-)Kalktschernosem
profile with Acxh
(*Calcaric Phaeozem or Calcic Chernozem*)

- DD-TC** Pelosol-Kalktschernosem with P-Acxh
BB-TC -Braunerde-Kalktschernosem: with Bv-Acxh, a little brownish
LL-TC -Parabraunerde-Kalktschernosem with A(h)l-A(c)xh/B(h)t-Acxh
GG-TC Gley-Kalktschernosem: eGco and transition horizons from 4 - 8dm.

D 3.1.5 PELOSOLS (CLAY RICH SOILS)

The soils of this class have developed from primarily clay-rich or clayey-marly parent rock. They are characterized by significant swelling and shrinking mechanisms, which cause a distinct detachment structure.

DD Type: **PELOSOL**
(P-)Ah/P/C-profile
P: subsurface horizon w.>45% clay, prismatic to angular blocky structure and sometimes >1cm wide cracks in 50 cm depth.

DDn Subtypes:
-(Norm-)Pelosol:
(P-)Ah/P/i,eC-profile Ah/P>3dm
(*Vertic Cambisol or Vertisol; IA3, IIB1a*)

DDh -Humuspelosol:
(P-)Ah/Ah-P/(P)i,eC-profile Ah-P deeper than 4dm, humus like Ah

- Transition Subtypes and their diagnostic subsoil horizons:
RN-DD -Ranker-Pelosol: (ilCv)-P up to 3dm depth overlying solid rock without or <2% carbonate content
RQ-DD -Regosol-Pelosol: ilCv-P on clay stone debris without or <2% carbonate
RZ-DD -Pararendzina-Pelosol: elCv-P of cleyey marl
BB-DD -Braunerde-Pelosol: Bv-P, brownish, without carbonates
SS-DD -Pseudogley-Pelosol: Sw-P/Sd-P
GG-DD -Gley-Pelosol: Go, P-Go from 4 - 8dm

B **3.1.6 BRAUNERDEN (BROWN SOILS)**
Soils of this class are characterized by a Bv horizon (resulting from brownification and clay formation)

BB **Type: BRAUNERDE (BROWN EARTH)**
with Ah/Bv/C-profile

Subtypes:

BBn -(Norm-)Braunerde (brown earth):
Ah/Bv/C-profile

(Cambisol, Cambic Umbrisol, -Arenosol; IIB2a, IIC1a,b)

BBc -Kalkbraunerde
A(c)h/Bcv/C(c)-profile
(Calcaric Cambisol)

BBh Humusbraunerde
Ah-Bv >4dm, humus content like Ah
Ah/Ah-Bv/(Bv)C-profile
(Umbric or Humic Cambisol)

BBi -Lockerbraunerde
with Ah/(Ah-)Bfv/IC- profile; Bfv: pore volume >60%
(Andosol) A of volcanic ashes or other easy-weatherable rock

Transition Subtypes

RN-BB -Ranker-BB: Ah+Bv or/and iCv+Bv up to 1.5dm thick
from or above solid rock, carbonate-free

RQ-BB -Regosol-BB: Ah+Bv or/and iCv+Bv up to 1.5dm thick from or above siliceous
or silicate substrate without carbonates

RR-BB -Rendzina-BB: (e)Ah+Bv or/and eCv+Bv up to 1.5dm thick
from and above carbonate- or sulphate rock

RZ-BB -Pararendzina-BB: (e)Ah+Bv or/and eCv+Bv up to 1.5dm thick
from and above silicious or silicate rock with carbonate content

DD-BB -Pelosol-BB: from 1.5-3dm P, overlying Bv

LL-BB -Parabraunerde-BB: with Al-Bv/Bt

PP-BB -Podsol-BB: spodic horizon up to 1.5dm depth

SS-BB -Pseudogley-BB: S or transition-S from 4 - 8dm or Sw-Bv, Sd-Bv, then above 4dm,
too

GG-BB -Gley-Braunerde: Go and transition horizons from 4 - 8dm

L **3.1.7 LESSIVES**

The soils of this class are characterized by vertical clay migration and by ± strong texture differentiation in its profiles.

LL **Type: PARABRAUNERDE**
with Ah/Al/Bt/C-profile
difference in clay content between Al- and Bt-horizon (in mass%): ≥3% at <17% clay and <50% silt; ≥5% at <17% clay and >50% silt as well as at 17-45% clay; ≥8% at >45% clay

Subtypes:

LLn -(Norm-)Parabraunerde
Ah/Al/Bt/C-profile
(Haplic Luvisol or -Alisol, IIB3a)

- LLd** -Bänderparabraunerde
Ah/AI/Bv+Bbt/(ilCv+Bbt)/C-profile
clay-enriched bands in Bv, ilCv<5cm respectively, mostly >1cm thick
(*Luvic Arenosol* or *Haplic Luvisol*)
- LLh** Humusparabraunerde
Ah/Alh/(Ah)-Bt/(B(t)v)/C-profile; horizons with Ah >4dm depth, with humus content like Ah
(*Haplic Luvisol*)
Transition Subtypes:
- TF-LL** -Tschernosem-LL: with Axx-AI/Axx-Bht up to 4dm depth
- BB-LL** -Braunerde-LL: with Bv-AI/Bvt or with B(v)t/Bv
- PP-LL** -Podsol-LL: spodic horizon up to 1.5 dm depth
- TT-LL** -Terra fusca-LL: Bt-T from 3-7dm depth
- SS-LL** -Pseudogley-LL: S or transition-S from 4-8dm or Sw-AI,Sd-Bt, then above 4dm, too
- GG-LL** -Gley-LL: Go and transition horizons from 4-8dm

- LF** Type: **FAHLERDE**
with Ah/Ael/Ael+Bt/Bt/C-profile
Vertical clay migration and texture differentiation stronger than in LL. Difference of clay content between Ael- and Bt-horizon: $\geq 9\%$ at <17% clay and <50% silt; $\geq 12\%$ at <17% clay and >50% silt as well as at >17% clay
The Ael-horizon is mostly pale grey (moist: $>6/\text{chroma} <4$ or value 5-6/chroma <3; dry: value $>7/\text{chroma} <3$ or value 4-5/chroma <2.5). The transition to Bt is sharp and/or tonguing.
(*Glossisol*; *IIB3c*, *IIB3g*)

- Subtypes:
- LFn** -(Norm-)Fahlerde:
Ah/Ael/Ael+Bt/Bt/C-profile
- LFd** -Bänderfahlerde
Ah/Ael/Ael+Bt/Bv+Bbt/(ilCv-Bbt)/C-profile. Clay bands <5cm, mostly, however, >1cm thick

- Transition Subtypes:
- BB-LF** -Braunerde-LF: with Bv-Ael or with Bt/Bv in subsoil
- PP-LF** -Podsol-Fahlerde: spodic horizon up to <1.5 dm depth
- SS-LF** -Pseudogley-Fahlerde: S or transition-S from 4-8dm, or Sw-Ael, Sd-Bt, then above 4dm, too
- GG-LF** Gley-Fahlerde: Go and transition horizons from 4-8dm

P 3.1.8 PODSOLE

The soils of this class have mostly developed from quartz-rich sands, sandstones, quartzites and siliceous shists. They are characterized by podzolization. In the topsoil they are extremely impoverished.

- PP** Type: **PODSOL**
with Ahe/Ae/B(s)h/B(h)s/C-profile

Subtypes:

- PPn** -(Norm-)Podsol (Eisenhumuspodsol)
(Ahe/Ae/B(s)h/B(h)s/C-profile ratio Cp:Fep¹⁾ in Bsh and Bhs 3-10
(*Haplic Podzol; II(2)*)
- PPe** -Eisenpodsol
(Ahe/Ae/Bs/C-profile ratio Cp:Fep¹⁾ in Bs <3
(*Duric or Haplic Podzol; IIC2*)
- PPh** -Humuspodsol
(Ahe/Ae/Bh/C-profile ratio Cp:Fep in Bh >10
(*Humic Podzol*)

Transition Subtypes:

- BB-PP** -Braunerde-Podsol: B(s)v under 1.5-7dm thick Podzol
- LL-PP** -Parabraunerde-Podsol: (Al)/Bt under 1.5-7dm thick Podzol
- SS-PP** -Pseudogley-Podsol: S or transition-S from 4-8dm or Sw-Ae,Sw-Bh,Sw-Base saturation, then above 4dm, too.
- SG-PP** -Stagnogley-Podsol (Ortsteinstaupodsol): Sd-B(h)ms under Srw-Ae
- YK-PP** -Kolluvisol-Podsol: M-horizon under 1.5-7dm thick Podzol
- YE-PP** Plaggenesch-Podsol: E-horizon under 1.5-7 dm thick Podzol
- GG-PP** Gley-Podsol: Go and transition horizons from 4-8dm

- PS** Type: **Staupodsol**
with (Sw-)Ahe, Sw-Aa/Sw-Ae/Sd-B(h)ms/C-profile

Subtypes:

- PSd** -Bändchenstaupodsol
(Ahe/Ae/Bh/Bbms/(Base saturation)/C-profile Bbms with thin iron-pans
- PSn** -(Norm)-Staupodsol
(Sw-)Ahe/Sw-Ae/Sd-B(h)ms/C-profile
- Psd** -Bändchenstaupodsol
(Ahe/Ae/Bh/Bbms/(Base saturation)/C-profile Bbms with thin iron pans

- C** **3.1.9 TERRAE CALCIS**
very clay-rich, brightly yellow-brown to brown-red coloured soils, developed from solution residues of carbonate rocks.

- CF** Type: **TERRA FUSCA**
with Ah/T/cC-profile
T-horizon >65 mass% clay, high water permeability because of a distinct angular blocky structure and karst drainage

Subtypes:

- CFn** -(Norm-)Terra fusca
Ah/T/cC-profile
(*Verti-ferralic (or chromic) Cambisol or Luvisol*)
- CFc** -Kalk-Terra fusca
A(c)h/Tc/cC-profile with secondary carbonate enrichment

¹⁾(p pyrophosphate extr.)

Transition Subtypes:

- BB-CF** -Braunerde-Terra fusca: with Bv-T; less clay content than in Norm-Terra fusca, e.g. by loess mixing
- LL-CF** -Parabraunerde-Terra fusca: with Bt-T up to the area above 3dm
- SS-CF** Pseudogley-Terra fusca: with Sd-T; with surface water stagnation because of reduced karst drainage

CR Type: **TERRA ROSSA**
with Ah/Tu/cC-profile
from carbonate rock, mostly low humus content, bright brown-red coloured by hematite; normally translocated; rubification under warmer climates; in Germany fossile or relictic.
(*verti-ferralic (or chromic) Cambisol or Luvisol*)

V **3.1.10 FERSIALLITIC and FERRALITIC PALEOSOLS**
Residues of tropical-subtropical weathering, formed during the Tertiary and in even earlier periods, occur on old land surfaces. Today these formations are found as relictic or fossil residues, often translocated by solifluction. Complete profiles are not known in Germany. At the very best, there are residues of subsoil to be found. They are always covered by younger stratum.

VV Type: **Fersiallit**
with .../IIBj/Cj/Cv-profile
Bj mostly kaolinized, plastic, often grey, but also yellow-brown, red-brown to red coloured.
(*Lixisol or Acrisol residues*)

VW Type: **Ferralit**
with .../IIBu/Cj/Cv-profile
Bu with stable earthy aggregates, intensively red or yellow coloured
(*Ferralsol residues*)

S **3.1.11 STAUWASSERBÖDEN (Soils with stagnic properties)**
The soils of this class show stagnic properties, caused by surface water stagnation. Significant is a change between wetness and reduction, followed by drought and migration of iron and manganese (bleaching, formation of concretions and mottles).

SS Type: **PSEUDOGLEY**
with Ah/S(e)w/(II)Sd-profile
often two-layer-profile. The redoximorphic horizons begin <4dm deep (mottling and concretions above)

Subtypes:

- SSn** -(Norm-)Pseudogley
Ah/S(e)w/(II)Sd-profile
(*Stagnosol or stagnic Glossisol; IIIC1a*)
- SSc** -Kalkpseudogley
A(c)h/Scw/(II)S(c)d-profile with secondary carbonate accumulation
(*Calcari-mollic Stagnosol*)
- SSg** -Hangpseudogley
Ah/sS(e)w/(II)sSd-profile on slopes with >9% inclination
- SSh** -Humuspseudogley
(*Humi-mollic (or histic) Stagnosol*)

Ah/Ah-Sw/Sd-profile; Ah/Ah-Sw>4dm, humus content like Ah

SSm -Anmoorpseudogley
Sw-Aa/Sew/(II)Sd-profile Sw-Aa >1dm thick

Transition Subtypes:

TT-SS -Tschernosem-Pseudogley: Axh-Sw above 4dm or Bv-Sw above and under 4dm
BB-SS -Braunerde-Pseudogley: Bv or Sw-Bv<4dm deep, above S
LL-SS -Parabraunerde-Pseudogley: Al or Sw-Al <4dm deep; above Bt-Sw or Bt-Sd S or transition-S above and under 4dm
LF-SS -Fahlerde-Pseudogley: Ael or Sw-Al <4dm deep, above Bt- S or transition-S above and under 4dm
PP-SS -Podsol-Pseudogley: spodic horizon; Sw or transition-Sw beginning above 4 dm
DD-SS -Pelosol-Pseudogley: with P-Sd
TT-SS -Terra fusca-Pseudogley: with T-Sd
YK-SS -Kolluvisol-Pseudogley: with M-Sw, beginning above 4dm
YE-SS -Plaggenesch-Pseudogley: with E-Sw, beginning above 4dm
GG-SS -Gley-Pseudogley (Amphigley): Go and transition horizons from 4-8dm

SH Type: **HAFTPSEUDOGLEY**
with Ah/Sg-profile, silt-rich, no differences in texture between top- and subsoil

Subtypes:

SHn -(Norm-)Haftpseudogley
Ah/Sg/(II)C-profile in Sg<17% clay at >50% silt and fine sand, clayey variety (>35% clay)
SHh -Humushaftpseudogley
Ah/Ah-Sg/Sg-profile Ah/Ah-Sg >4dm, humus content like Ah

Transition Subtypes:

BB-SH -Braunerde-Haftpseudogley: Bv or transition-Bv <4dm deep above Sg or Bv-Sg above and under 4dm
GG-SH -Gley-Haftnässepseudogley: Go and transition horizons from 4-8dm

SG Type: **STAGNOGLEY**
with Sw-Ah/S(e)rw/IISrd-profile
with strong redoximorphic properties because of long wetness (mottling and reduction bleaching)

Subtypes:

SGn -(Norm-)Stagnogley
Sw-Ah/S(e)rw/IISrd-profile; mostly low pH
(*Albic Stagnosol or Planosol; IIC1b*)
SGd -Bändchenstagnogley
(Sw-)Ahe/S(e)rw/Bbms-Srd,Srd-Bbms/C-profile Fe-oxide cemented horizon with 2-8mm thickness and perched watertable
SGm -Anmoorstagnogley
Sw-Aa/S(e)rw/IISrd-profile Sw-Aa >1dm thick
SGo -Moorstagnogley
H/(Ah-S(e)rw/)S(e)rw/IISrd-profile H <3dm thick
(*Histic Planosol or Histi-albic Stagnosol*)

Transition Subtype:

GG-SG -Gley-Stagnogley: G(r) from 4-8dm, groundwater influence within 8 dm

X **3.1.12 REDUKTOSOLS**

Reduktosols are soils formed by reducing or oxygen deficiency causing gases like methane, hydrogen sulphide and/or carbon dioxide with a Y-horizon as a diagnostic horizon. The gases evolve from postvolcanic mofettes, leaks of gaspipes, or are formed from easily decomposable organic matter under very reducing conditions by microorganisms in garbage, sludge or harbour mud.

XX Type: **REDUKTOSOL**
with Ah/Y-profile

Subtypes:

XXn -(Norm-)Reduktosol
Ah/Yo/Yr-profile

Yo <4dm depth

XXt -Rohreduktosol
(Y-)Ai/(Yo)Yr-profile

XXx -Ockerreduktosol
Ah/Yo/Yr-profile

Yo up to >4dm depth

XXu Fahlreduktosol
Ah/Yr-profile

only Yr, Yo is missing

Y **3.1.13 TERRESTRISCHE KULTOSOLE (Anthropogenic terrestrial soils)**

Soils of anthropogenic accumulations are classified as natural soils due to their horzontation. In the class of the Kultosols those soils are included which have been altered so strongly by direct human action that the original sequence of soil horizons has been mostly destroyed. However, this class does not include those soils which got an Ap-horizon by ploughing, under which a natural horizon sequence remained. A soil systematical unit of transferred solum material into the following units is necessary, as long as no new soil formation has completely transformed this material in its complete thickness.

YK Type: **KOLLUVISOL**

with Ah/M/II...-profile, Ah/M >4dm thickness, from translocated top soil material (solum sediment, humus content fits in the definition of the Ah-horizon), which is either washed off by water from slopes and deposited at the slope foot, in sinks and small valleys or eroded and accumulated by wind or by cultivation, respectively by anthropogenic transport.

Subtypes:

YKn -(Norm-)Kolluvisol
Ah/M/II...-profile

Ah/M >4dm thickness

(*Cumulic Anthrosol; Vba*)

Transition Subtypes:

PP-YK -Podsol-Kolluvisol: Podsol <1.5dm above M up to >4dm depth

SS-YK -Pseudogley-Kolluvisol: S or transition-S from 4-8dm, Sw-M above 4dm, too.

GG-YK -Gley-Kolluvisol: Go and transition horizons from 4-8dm

- YE** Type: **PLAGGENESCH**
with Ah/E/II...-profile; Ah/E >4dm thick, E-horizon from accumulated plaggen material (sods)
- YEn** Subtypes:
-(Norm-)Plaggenesch
Ap/EII-profile Ap/E >4dm thickness
(*Cumulic Anthrosol*)
- PP-YE** Transition Subtypes:
-Podsol-Plaggenesch: Podzol <1.5 above E up to >4dm depth
SS-YE -Pseudogley-Plaggenesch: S or transition-S from 4-8dm, Sw-E above 4dm, too.
GG-YE -Gley-Plaggenesch: Go and transition horizons from 4-8dm
- YO** Type: **HORTISOL**
with Ap/Ex/(Ex-)C-profile Ap/Ex >4dm thickness
Ex formed by longlasting intensive horticulture (frequent addition of organic matter, intensive cultivation, deep digging, additional water supply, shading) and intensive bioturbation.
(*Hortic Anthrosol*; VIIA1)
- YY** Type: **RIGOSOL (e.g. Vineyard Soil)**
with R-Ap/(Ah-)R/C-profile
The R-horizon was caused by recurrent 4 up to 10dm deep trench-ploughing („Rigolen“), mostly in vineyards. R-Ap= regularly cultivated upper part of R
(*Cumulic (or Hortic) Anthrosol*; VIIA2)
- YU** Type: **TREPOSOL (deeply disturbed by subsoiling)**
with R-Ap/R+.../...-profile
normally caused by a single deep ploughing or a single deep trench-ploughing. In connection with R+ the soil horizons of the ploughed soil are listed (i.e. Bt, Ae,Bhs).
(*Cumulic Anthrosol*)

3.2 SEMI-TERRESTRISCHE BÖDEN

Semi-terrestrial soils are influenced by groundwater less than 4 dm beneath soil surface

- A** **3.2.1 AUENBÖDEN (FLOODPLAIN SOILS)**
In this class soils from sediments or alluvial sediments in river and creek valleys are combined, which
-are flooded periodically (recently, if not dammed)
-normally have a fluctuating groundwater table, which generally is connected to the river water level.
The upper border of the aG-horizon (apart from the transitions to Gley) is >8dm; often it is deeper than 20dm below soil surface.
- AO** Type: **RAMBLA (AUENLOCKERSYROSEM)**
with aAi/aIc/aG-profile
from recent fluvial deposits; aG deeper than 8dm
(*Fluvisol*; VA1a)

AQ Type: **PATERNIA (AUENREGOSOL)**
with aAh/ailC/aG-profile
from recent fluvial deposits without or with <2% carbonates; aG deeper than 8dm
(*Haplic or Umbric Fluvisol; VA1c*)

Subtypes:

AQn -(Norm-)Paternia
aAh/ailC/aG-profile aAh/ailC >8dm thickness

Transition Subtype:

GG-AQ -Gley-Paternia: aGo and transition horizons from 4-8dm

AZ Type: **KALKPATERNIA (AUENPARARENDZINA)**
with aAh/aelC/aG-profile
from recent fluvial deposits with carbonate content >2% or even high carbonate
content;
aG deeper than 8dm

Subtypes:

AZn -(Norm-)Kalkpaternia
aAh/aelCaG-profile aAh/aelC >8dm thickness
(*Skeleti-calcaric Fluvisol; VA1b*)

Transition Subtype:

GG-AZ -Gley-Kalkpaternia: aGo and transition horizons from 4-8dm

AT Type: **TSCHERNITZA (CHERNOZEM-LIKE FLOODPLAIN SOIL)**
with aA_{xh}/(aM)aC/aG-profile; aA_{xh} >4dm thickness, aG deeper than 8dm
(*Gleyic Phaeozem or Mollic Fluvisol; VA1b*)

AB Type: **VEGA (BROWN FLOODPLAIN SOIL)**
with aAh/aM/(aIc)/aG-profile
aAh/aM >4dm thickness, aG deeper than 8dm

Subtypes:

ABn -(Norm-)Vega
aAh/aM/(IIaIc)(II)aG-profile, aAh >4dm, aG deeper than 8dm
(*Fluvic Cambisol; VA1c*)

Transition Subtype:

GG-AB -Gley-Vega: aGo and transition horizons from 4-8dm

G **3.2.2 GLEYE (GROUNDWATER AFFECTED SOILS)**
This class are groundwater influenced soils with redoximorphic features, at least in
parts of the upper 40 cm.

GG Type: **GLEY**
with Ah/Go/Gr-profile

Subtypes:

- GGn** -(Norm-)Gley
Ah/Go/Gr-profile **Go upper border above 4dm, Gr normally deeper than 4-8dm**
(*special Gleysol*)
- GGx** -Oxygley
Ah/Go-profile **only Go**, no Gr, because of O₂-saturated groundwater
- GGe** -Brauneisengley (bog iron gley soil)
Ah/(Go)Gso/(Gr)-profile with strong cementation of brown iron oxides, often
with iron pans (petro ferric)
(*Plinthic Gleysol*)
- GGi** -Bleichgley without ironoxides and oximorphic features
Ah/Gw/Gr-profile
- GGw** -Wechselgley (Gley with a strongly fluctuating groundwater table)
Ah/Go/Gor/(Gr)-profile **Ah/Go >8dm**; with strongly fluctuating groundwater,
outside floodplains
- GGc** -Kalkgley
A(c)h/Gco/G(c)r-profile with secondary carbonate
(*Calcic Gleysol*)
- GGh** -Humusgley
Ah/Ah-Go/(Go)/(Ah-Gr)Gr-profile **Ah/Ah-G >4dm**, humus content like Ah
(*Humi-Umbric Gleysol; IIIB1bf, IIIC2b*)
- GGa** -Auengley
aAh/(alC,aM)aGo/aGr-profile gley with floodplain dynamics in the whole
profile
(*Fluvic Gleysol*)
- GGg** -Hanggley
Ah/sGo/(sGr)-profile on slopes with >9% inclination
(*Gleysol*)
- GGq** -Quellengley
Ah/qGo/qG(o)r-profile formed by spring water

Transition Subtypes:

- RR-GG** -Rendzina-Gley: Ah/cC<4dm depth
- RQ-GG** -Regosol-Gley: Ah/ilC<4dm depth
- TT-GG** -Tschernosem-Gley: A_{xh}<4dm depth overlying Go-A_{xh} or A_{xh}-Go up to 4dm depth
- DD-GG** -Pelosol-Gley: Ah/P<4dm depth overlying P-Go
- BB-GG** -Braunerdegley: Ah/Bv<4dm depth
- LL-GG** -Parabraunerde-Gley: Ah/Al/(Bt)<4dm depth
- LE-GG** -Fahlerde-Gley: Ah/Ael/(Bt)<4dm depth
- PP-GG** -Podsol-Gley: Ae/(Bhs)<4dm depth
- SS-GG** -Pseudogley-Gley: Ah/Sw<4dm depth
- YK-GG** -Kolluvisol Gley: Ah/M<4dm depth above Go-M or M-Go>4dm
- YE-GG** -Plaggenesch-Gley: Ap(E)<4dm depth above Go-E or E-Go>4dm
- AB-GG** -Vega-Gley: aAh/aM<4dm depth above aGo-aM or aM-aGo>4dm

- GN** Type: **NASSGLEY**
with Go-Ah/Gr-profile **Go-Ah<4dm depth, long lasting groundwater saturation
close to soil surface**

- GNn** Subtypes:
-(Norm-)Naßgley
Go-Ah/Gr-profile **Go-Ah<4dm depth**
(*Gleysol*)
- GNc** -Kalknaßgley
Go-Ach/Gcr-profile **Go-Ach<4dm depth**
- GNh** -Humusnaßgley
Go-Ah/Ah-Gr/Gr-profile **Ah-Gr deeper than 4 dm, humus like Ah**
- GNg** -Hangnaßgley
Sgo-Ah/sGr-profile **sGo-Ah<4dm depth, slope water with >9% inclination**
- GNq** -Quellenaßgley
qGo-Ah/qGr-profile **qGo-Ah <4dm depth, influenced by spring water**
- GM** **Type: ANMOORGLEY**
with **Go-Aa/Gr-profile**
Go-Aa 1-4dm thickness, long-lasting groundwater near soil surface
- GMn** Subtypes:
(Norm-)Anmoorgley (Half-bog gley)
Go-Aa/Gr-profile **Go-Aa 1-4dm thickness**
(*Humic Gleysol; IIIC2b, IIIC2d*)
- GMc** -Kalkanmoorgley
Gco-Aa/G(c)r-profile **Gco-Aa 1-4dm thickness**
(*Calcari-humic Gleysol; IIIB1f*)
- GMg** -Hanganmoorgley
sGo-Aa/sGr-profile **sGo-Aa 1-4dm thickness, slope water with >9% inclination**
- GMq** -Quellenanmoorgley
qGo-Aa/qGr-profile **qGo-Aa 1-4dm thickness, influenced by sink water**
- GH** **Type: MOORGLEY (GROUNDWATER SOILS WITH PEATY TOPSOIL)**
with **H/IIGr-profile, H-horizon <3dm thickness**
(*Umbric Gleysol; IIIC2c,d*)
- HN-GH** Subtypes:
-Niedermoorgley
nH/Gr-profile **nH<3dm thickness**
- HH-GH** -Hochmoorgley
hH/Gr-profile **hH<3dm thickness, moss peats**
- GHg** -Hangmoorgley
H/sGr-profile **H<3dm thickness, slope water with 9% inclination**
- GMq** -Quellenanmoorgley
H/qGr-profile **H<3dm thickness, influenced by spring water**
- M** **3.2.3 MARSCHEN (MARSH SOILS)**
Soils of sediments deposited in tidal areas, under natural conditions with high daily fluctuating groundwater table.
- MR** **Type: ROHMARSCH**
with **(e)Go-Ah((e)Go)/(e)Gr-profile** from mostly tidal sediments with carbonate content, often high contents of sulphides
(*Thionic Fluvisol or Salic Fluvisol; VA2*)

Subtypes:

division in (Norm-)Rohmarsch (formerly Salzmarsch), Brackrohmarsh and Flußrohmarsh in dependence from sedimentation in sea-, brackish oder riverwater regions.

MC

Type: **KALKMARSCH**

with (e)Ah/eGo/(z)eGr-profile from unconsolidated tidal sediments with carbonates, at least in the first 3dm
(*Calcari-thionic Fluvisol; VA2*)

Subtypes:

identical to Rohmarsch

MN

Type: **KLEIMARSCH**

with Ah/Go/(z)(e)Gr-profile from mostly unconsolidated tidal sediments, decalcified deeper than 4 dm
(*Fluvi-mollic Gleysol; VA2*)

Subtypes:

identical to Rohmarsch

MD

Type: **DWOGMARSCH**

with Ah/Go-Sw/fAhSd/fGoSd/Go/Gr-profile from tidal sediments (upper boundary below 7dm; layered profile, often with humus- and/or ironwog (fossile Ah- or Go-horizon), compacted, (Sd).

MK

Type: **KNICKMARSCH**

with Ah/Sw/Sq/Gr-profile from tidal sediments (upper boundary of carbonate below 7dm) with strong compaction (Knick), beginning above 4dm below soil surface and >2dm thick.
(*Verti (or stagni)-fluvic Gleysol; VA2*)

MO

Type: **ORGANOMARSCH**

with oAh/oGo/oGr-profile from tidal sediment of humic clay; often interlayers of peats and muds, strongly acid, often Maibolt (mineral: Jarosite).
(*Fluvi-umbric Gleysol, Fluvi-Thianic Gleysol; VA2*)

3.3 SEMISUBHYDRISCHE UND SUBHYDRISCHE BÖDEN (SEMI-SUBHYDRIC AND SUBHYDRIC SOILS)

I 3.3.1 SEMISUBHYDRISCHE BÖDEN (SEMI-SUBHYDRIC SOILS)

Soils under marine tidal influence and in the lower basins of rivers between mean low water and mean high water tide levels; with a F-horizon. Mostly unvegetated

IW

Type: **WATT (TIDAL-FLAT SOILS)**

with (z)(e)Fo/(z)(e)Fr-profile from marine tidal sediments with mostly rich fauna and mixture with organic matter, partly above fossile or relictic marsh soil or peat, daily flooded

J 3.3.2 SUBHYDRISCHE BÖDEN (SUBHYDRIC SOILS)

Horizontation and subdivision of subhydryc soils are still discussed.

JP Type: PROTOPEDON (IMMATURE SUBHYDRIC SOIL)

Subhydryc soil of different sediments without macroscopic visible organic matter, but inhabited by organisms (with Fi-horizon).

JG Type: GYTIIA

Subhydryc soil of organic or/and mineral, mostly limnic sediments, usually muds; nutrient-rich, well aerated (with Fo-horizon).

JS Type: SAPROPEL

Subhydryc soil of mostly organic, limnic sediments (sapropel), often with sulphides; nutrient-rich, badly aerated (mostly with black Fr-horizon).

JD Type: DY

Subhydryc soil, mainly of dark brown, humic acids (brown mud); deficient in nutrients, badly aerated.

3.4 MOORE (PEAT SOILS)

Soils of peats (>30wt.% organic matter), >3dm thickness.

**H 3.4.1 NATÜRLICHE UND VERERDETE MOORE
(NATURAL AND EARTHY PEAT SOILS)**

Natural peats still have their original profiles. Generally peat forming as a pedogenic process continues. However, in many cases water-, structure- and nutrient dynamics have been altered by drainage and land use procedures, which has lead to more or less strong mineralization (Hv-horizon) and humification (Hm-horizon) of the upper soil and partially specific structure of the subsoil by shrinking, swelling and aerobic humification (coarse- to fine subangular blocky structure (Ha-horizon), coarse-prismatic peat-shrinking structure (Ht-horizon) as a result of drainage).

HN Type: NIEDERMOOR (Fen)

Niedermoore develop under the influence of continuously at or over land surface standing ground- or flooding water.

Subtypes of natural peat soil:

HNn -(Norm-)Niedermoore, base-rich
nHw/nHr/(F)/II(f)...-profile
(*Fibric or haplic Histosol; IV2a*)

HNc Kalkniedermoore (Calcareous fen)
((e)nHcw/(e)nHcr/(nHr)/(F)/II(f))...-profile
(*Calcari-haplic Histosol*)

HNu -Übergangs(nieder)moore (transition mire)
(uHw)uHr/(nHr)/(F)/II(f)...-profile
(*Fibric or Haplic Histosol; IV2c*)

Subtypes Niedermoore (of earthy peat soils)

-Erdniedermoore, base-rich
nHv/(nHt)nHw/nHr/(F)/II(f)...-profile
-Erdkalk(nieder)moore

(e)nHcv/**((e)nHct)/(e)nHcw/(e)nHcr/(F)II(f))**...-profile
-Erdübergangsmoor
uHv/**(uHt)uHw/uHr/(nH)/(F)II(f)**...-profile

earthy and segregated:

-Mulmiedermoor, base-rich

nHm/nHa/nHt/nHw/nHr/(F)II(f)...-profile

-Mulmkalk(nieder)moor

(e)nHcm/(e)nHca/(e)nHct/(e)nHcw/(e)nHcr/(F)II(f))...-profile

HH Type: **HOCHMOOR (RAISED BOG FROM MOSS PEAT)**
Raised-Bog Soils develop independently from groundwater (ombrogenic moors), but mainly under climatic conditions, i.e. from a positive climatic water balance with impeded soil drainage only from precipitation. Such conditions lead to very acid soils containing few nutrients.

HHn Subtype of natural peat soils
(Norm-)Hochmoor
(hHw)hHr/(uHr)/(nHr)/(F)II(f)...-profile
(*Fibric or Haplic Histosol; IV2c*)
Subtype of earthy peat soils
Erdhochmoor
hHv/hHw/hHr/(uH)/(nH)/(F)II(f)...-profile

3.4.2 MOORKULTOSOLE

Cultivated bog soils have lost their original soil profile and their significant bog soil-characteristics by human land use. This, however, does not mean the formation of strongly humified soils by drainage, but strong changes by cultivation like deep ploughing (sand mixing tillage), covering with a sand layer (cultivation by sand cover) or mixture of the mineral soil with well decomposed peats (German: „Fehnkultur“).

Soils are only characterized as Cultivated Bog Soils, if there is a peat layer (>30% organic matter) of at least 3dm thickness left at the soil surface, which may only be overlain by 2dm mineral soil cover. If bog soils are altered by anthropogenetic operations so heavily that they do not fit in the mentioned conditions, only a classification as a mineral terrestrial or semiterrestrial soil type should be considered.

4. CRITERIA FOR THE FORMATION OF VARIETIES UND THEIR DIAGNOSTIC HORIZONS

These separations are used as adjectives or prefixes of the subtype name.

Criteria, nomenclature of varieties	Diagnostic horizons
4.1 Humus form Mull (similar to mollic) Mull-Normbraunerde) Mullartig (Mullartige Normrendzina) Moder (similar to folic; e.g. Moder-Normbraunerde) Rohhumus (raw humus) (e.g. Rohhumus-Podsol-Braunerde) Tangel (e.g. Tangel-Norm-Rendzina) Feuchtmull (moist) Feuchtmoder (moist) Feuchtrohhumus (moist)	A _h >1dm, base saturation ≥50%, crumb structure, bioturbation; diagnostic horizons of Chernozems eA _h /cC, mostly >15 mass% organic matter, mixed with skeleton- and carbonate-rich mineral material, hardly clay-bound L/O _f /O _h /A _h e, A _h e, A _h e/...; indistinct transitions between the horizons L/O _f /O _h /A _h e/...; very distinct to distinct transitions between the horizons L/O _f /O _h /O _{vh} /... A _h 1-2dm thickness, >8-15wt.% organic matter dystric, O _h greasy dystric, O _h greasy
4.2 Humus-rich Ah- or Ap-horizon humus-rich	in A _h >8-15 mass% organic matter up to >1dm depth
4.3 Lithogenic carbonate content in Solumn (Calcareous residue) Calcareous (e.g. Calcareous Pelosol)	is still discussed
4.4 Precipitations e.g. Jarosite, iron sulphide, bog iron	is still discussed
4.5 Base saturation P, B _v , Al, A _e l, T, Sw, S _g , S _{rw} , Y, M, E, aM, G in 2-5 dm depth; for A/C-soils in A _h . basenreich, eutric mittelbasisch, medium basenarm, dystric e.g. Eutrophe Normbraunerde, Mesotropher Humuspseudogley	base saturation ≥50% base saturation 20-50% base saturation <20%
4.6 Podsoligkeit initial podzolization, not yet well differentiated in albic and spodic horizons podsolic subdivision on subvariety level slightly podsolic moderate podsolic strong podsolic	O/A _{eh} /A _h e, A _h e+A _e /... O/A _{eh} /... O/A _h e/... O/A _h e+A _e /...
4.7 Pseudovergleyung (stagnic) pseudogleyed deep pseudogleyed	upper boundary Sw or transition-Sw 8-13dm u. GOF or with only faint pseudogleying above 8dm upper boundary Sw or transition-Sw deeper than 13 dm u. GOF
4.8 Gleying gleyed deepgleyed	upper boundary Go or transition-Go 8-13dm u. GOF upper boundary Go or transition-Go deeper than 13

| dm u. GOF

4.9 Floodplain groundwater dynamics in terrestrial subsoils

Auenpelosol	Pelosol	
Auenparabraunerde	Parabraunerde	each with aG deeper than
Auenpodsol	Podsol	8dm u.GOF
Auenpseudogley	Pseudogley	

4.10 drainage (lowering of groundwater level) in semi-terrestrial soils with the result of a changing horizon sequence (drained Pseudogleys as varieties are being discussed)
drained | rG

4.11 Aufstau (raised ground water table)
By drowned soils the actual groundwater dynamics and their resulting characteristics are decisive factors for classification, e.g. Gley, developed from Podsol; classification as variety

4.12 Colour

Plaggenesch: grey, brown, grey-brown	gE, bE, gbE
Auenrendzina: grey, brown	gaAh, baAh

4.13 Ackernutzung (arable land use)
Acker...(arable...)
(e.g. Ackerbraunerde) | Ap (including „kultotroph“)

4.14 Other agricultural use
Base- and nutrient soil conditions changed by fertilizing
kultotroph (anthric, man made) | suggestion:

- 4.15 Transition forms** Varieties occur
- at transition forms within a type (e.g. Hangoxigley = Oxigley in slope position
 - in case of combination of a transition subtype with a 3rd type (e.g. Podsolierter Braunerde-Gley = spodi-cambic Gleysol, 3rd type adjectival)
 - in case of combination of a deviation subtype with a norm-subtype or 2 deviation subtypes (each of different types, e.g. Kalkbraunerde-Gley = Cambi-calcic Cambisol-Gleysol-Gley)
 - at combination with a variety or of varieties

5. LITERATURE

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl. Schweizerbart, Stuttgart

ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODEN- KUNDLICHEN GESELLSCHAFT (1985): Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland, Kurzfassung. - Mitteilungen DBG, 44, 1-90. Göttingen.

KUBIENA, W.L. (1953): Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas..... Stuttgart

LIEBEROTH, I. (1967): Kennzeichnung und Beschreibung landwirtschaftlich genutzter Standorte in der Deutschen Demokratischen Republik. Eberswalde.

MARCINEK, J. (1997): Principles of the Polish soil classification system. Mitteilgn. Deutsch. Bodenk. Ges. 83, 25-40

MÜCKENHAUSEN, E. (Hrsg., 1962, 1977): Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. 1. und 2. Aufl. DLG-Verlag. Frankfurt.

SPAARGAREN, O.C. (ed., 1994): World reference base for soil resources. ISSS/ISRIC/FAO, Wageningen/Rome

Herrn Karl Stahr, Hohenheim, wird für die kritische Durchsicht des Manuskriptes gedankt.

PRINCIPLES OF THE POLISH SOIL CLASSIFICATION SYSTEM

Jerzy Marcinek^{*)}

1. Introduction

Soil scientists strive to discover the laws governing the formation of soils and their evolution in their natural environments, and to pass this knowledge on to scientists and practitioners in other fields. The classification of soils and its practical application - cartography are undoubtedly means to achieve a better mutual understanding in the field of soil-science.

The soil classification system is a method intended to organize knowledge about soil, bringing a maximum of information with a minimum of effort (perception, remembering features, etc.) and leading to the discovery and understanding of the correlation between soils and their populations. Classification systems are constantly evolving along with the development of the natural sciences. On-site soil research is performed throughout the world, including Poland, complemented by careful laboratory measurements. Although tests are carried out with great precision, they only approximate the reality of the existing nature. This approximation may be very high, but nevertheless remains only an approximation. This is why identified taxons, joined into higher category classes, also form approximated systems. The contours of soils are also approximated lines, and the soils within these contours create some kind of associations with approximate compositions and properties.

Therefore, we must remember that in our scientific research we constantly deal with approximations and not absolute truths. Hence, the classification systems created by us are not absolutely reliable: they require constant corrections, improvements, further specification of criteria, etc.

In this paper I would like to present the latest Polish soil classification system (Commission V, 1989), and the main directions for further specifications. The first contemporary and unified Polish soil classification system was prepared by Commission V Soil Genesis, Classification and Cartography of the Polish Society of Soil Science in 1955 and published under the title, „Natural - Genetic Classification of Polish Soils”.

*) Poznań Agricultural University, Dept. of Ameliorative Pedology, ul. Wojska Polskiego 71 e, 60-625 Poznańsecond

The material in a specified relief and period of time, and a strong direct or indirect influence of man's activities edition of this system with slight factual modifications came out in 1959 and is entitled „Genetic Classification of Polish Soils” (Commission V, 1959). In the third edition of this system, called „Systematics of Polish Soils” (Commission V, 1974), changes concerning not only the division of soils but the division criteria were introduced. And finally, the current fourth edition of the system, „Systematics of Polish Soils” (Commission V, 1989) is the latest edition and is the basis of this study.

2. Criteria for establishing systematic soil units

In the classification under investigation, ecological and genetic approaches were adopted. Soil is defined as a collection of natural bodies in the earth's surface, which differs from other natural bodies in its genesis. It is formed in the course of an integrated influences of climate and living organisms on parent (Commission V, 1989). It is assumed that there is a correlation between external conditions of soil formation (factors of soil formation) and genetic processes (geogenesis and pedogenesis), and their permanent characteristics. Depending on the arrangement of the soil formation factors, as well as their performance period, the parent material is transformed in different degrees: young soils (alluvial, deluvial, muck, peat, lake sediments, etc.) owe their permanent characteristics to geogenetic processes (weathering, horizontal segregation of mantle particles); matured soils, however, owe them to pedogenic processes, i.e., differentiation of soils into genetic horizons.

The geogenesis of parent material is related to the nature of weathering, as well as a specific vertical and horizontal segregation of soil particles. This dispersion of fixed particles takes place according to the principle of sedimentation (geogenetic) and is decisive in the horizontal alignment of sedimentary rocks and vertical sequence of layers. Pedogenetic processes are responsible for the differentiation of the soil profile into genetic soil horizons in a vertical sequence.

According to these deliberations, every elementary three-dimensional soil unit (pedon, polypedon) consists of a system of parent material layers and genetic horizons as a result of parent material transformations during soil formation processes. The different concurrence of these two groups of processes (geogenesis and pedogenesis) leads to the formation of particular soils having specific arrangement of genetic horizons and transformed (in different degree) parent material layers. It is worth noting that parent material plays a special role in the genesis and morphology of soils - it is simultaneously a soil formation factor and an element of the solid soil phase. The nature of this material significantly influences the course of soil formation processes in given bioclimatic conditions.

This soil classification system has adopted pedon as the main soil unit (Knox 1965, Soil Survey Staff 1975). It is the smallest genetically homogenous soil volume of an area ranging from 1 m² to several m², used in defining a given soil unit with its genetic horizons and specified range of characteristics. In the case of cartography, the elementary unit is a group of soils having the same genetic horizons and their arrangements,

which have been formed from the same parent material. This unit corresponds to a group of homogenous pedons and is called a polypedon.

Systematic description of the soil pedon, nomenclature, horizon designations, quantitative specification of diagnostic horizons, classification of additional features such as gleying, iron-stained layers and others are very important in the soil classification system.

3. Soil horizons and layers

A soil horizon is understood as a layer within the pedon, approximately parallel to the soil surface, possessing a set of properties developed during soil formation processes. The properties of a soil horizon must differ from the properties of horizons and layers lying immediately above and below it. The soil horizon differs from neighbouring horizons (above and below) in its characteristics, which are usually distinct and can be identified and measured directly on-site. These characteristics include color, structure, texture, presence or absence of certain substances (organic matter, carbonates, soluble salts and others). Nevertheless, the complete identification of a soil horizon requires carrying out laboratory tests, whose results complement on-site observations.

Genetic horizons form the basic criteria in the identification of classification units in the systematics of Polish soils. Due to an inadequate specification of genetic soil horizons, introducing them directly to the soil classification system may carry some subjectivity. A genetic soil horizon is a horizon characterized by properties resulting from the effect of a group of soil forming processes or a single process upon a parent material. For example, the concept of horizon A is related to the fact that it is found on the soil surface (when it is not buried) and is the result of long-term accumulation of organic matter, although some components can be washed out; it can display other properties such as gleying under wet conditions, salt accumulation in arid conditions and others. Horizon E is formed during the leaching and removal of iron and aluminum oxides occurring simultaneously with the decomposition or direct displacement of silicate clays, while white-washed sand grains remain in the horizon. Horizon B is formed in the course of parent material transformations in situ or during illuviation of materials from surface horizons.

In order to specify when horizons become horizons A, E or B and when they cease to be such, morphological and analytical quantitative criteria must be applied. The application of these criteria leads us to the taxometrics of soils, and the quantified genetic horizon becomes a diagnostic horizon. The diagnostic horizon is a genetic horizon possessing a strictly specified set of morphological, physical and chemical properties (in certain cases also biological), which are used in the identification of soil units in a given classification system. The specification of a diagnostic horizon, therefore, differs from the specification of a genetic horizon in that the thickness, degree of configuration, and other features of the latter are quantified. These can be surface horizons (epipedons) or subsurface horizons (endopedons).

The term , "soil layer" can be understood in two ways:

1. As material present on the surface or near the surface of the soil, parallel to the surface of the terrain, which are formed in the course of biological or geological processes, but never from soil formation processes, ex., organic layers, wind-blown layers, alluvial layers, solifluction layers. These layers usually do not form lithological continuity in the soil profile.
2. According to traditional soil science, a layer is a set of horizons in the pedon, ex., surface layer (level A), subsoil layer (solum) consisting of a group of horizons A,B,C, and an outwashed layer consisting of horizons A and E, etc.

4. Definitions and designations of soil horizons

In the description of soils, horizons have always been identified and symbols used to distinguish them. The rapid development of soil-science brought about a certain problem - soils not only had to be specified properly locally, but first, soils from different regions had to be compared on the basis of their genesis and properties. Therefore, the identification and designation of soil horizons have gained international significance. Hence, efforts aiming at the unification of definitions and symbols of soil horizons were initiated by the International Society of Soil Science in 1960. A working group was established, which in 1967 prepared a unified international system of definitions and symbols of soil horizons. This system was to be adopted by soil scientists all over the world.

Polish soil systematics has adopted these international principles of soil horizon designation with a few modifications. Mineral soils were divided into 10 master horizons, with 25 symbols for genetic and classifying characteristics and 17 symbols for organic soils (Cieśla and Marcinek, 1994; Commission V, 1989)..

For convenience in study and description of soils ten master soil horizons have been recognized:

- O:** Organic horizons.
- A:** Topmost mineral humouse horizon.
- E:** Eluvial horizon.
- B:** Enrichment horizon (residual or illuvial).
- C:** Parent material (mineral horizons or layers that are little altered by soil forming processes).
- G:** Gley horizon (strong gleying material).
- P:** Boggy horizon with developing of paludization processes.
- M:** Mucky organic horizon.
- D:** Unconsolidated mineral substratum in organic soils.
- R:** Underlying consolidated rock.

The characteristics of the master horizons of mineral soils are further specified by lowercase letters:

- a** well humified organic matter, accumulated in the mineral part of soil under hydromorphic conditions.
- an** horizons or layers formed by man.
- b** buried horizons.
- br** (or c) residual concentration of sesquioxides or silicate clays, alone or mixed.
- ca** the horizon of secondary accumulation of carbonates.
- cn** concretions or hard nonconcretionary nodules (sesquioxides, carbonates, etc.).
- cs** accumulation of gypsum.
- es** eluvial outwash of iron and aluminum compounds (applied for albic E horizon).
- et** eluvial outwash of silicate clay (applied for luvic E horizon).
- f** subhorizon of forest litter partially decomposed.
- fe** illuvial accumulation of sesquioxides and organic matter.
- g** gley mottling caused by seasonal surplus of freatic water (pseudogley, episaturation).
- gg** strongly gleying caused by ground water (endosaturation).
- h** accumulation of well humified organic matter under aerobic conditions.
- k** relict contact layers with frozen soil in periglacial period.
- na** accumulation of exchangeable sodium.
- ox** sesquioxide accumulation in cemented subhorizon, e.g. iron pan, meadow ore (orstein).
- p** disturbance by tillage practice
- r** illuvial accumulation of humus, sesquioxides, silt and clay in agric horizons.
- re** relict horizons occurring in contemporary soils of secondary genesis.
- sa** accumulation of salts more soluble than gypsum.
- t** accumulation of silicate clay.
- v** nonilluvial accumulation of iron, aluminum, manganese humus and some times of silicate clay in periglacial period.
- x** cementation and induration horizons.

4.1. Mixed and transitional horizons

In part of the profile, where morphological changes between neighbouring master horizons encompass a strip wider than 5 cm and the features of these two interlocking horizons are distinct, the strip is called a mixed horizon. Capital letters for the neighbouring horizons, separated by a slash (A/E, E/B, B/E, etc.), are used to designate these strips. The first letter stands for the dominant features of a given horizon. If there is a gradual transformation between horizons, capital letters alone (ex., AE, AB, EB, BC, etc.) are used to mark this layer (transitional horizon); the first letter stands for the horizon whose features are dominant.

4.2. Subhorizons

If there is a need to distinguish subhorizons, Arabic numbers are used, ex., A1, A2, A3 ... B1, B21, B22, etc. To describe the features and properties of horizons related to their genesis, adequate suffixes are used, ex., Ap, Ah, Bt, Cca, etc.

4.3. Lack of lithological continuity of parent material

When different lithological layers of parent material are found in the profile, we mark them with Roman numbers. For example, if the upper part of horizons A and E is formed from sand and the lower part of horizons B and C from clay, we separate them in the following way: A-E-IIB-IIC; we omit number I, which stands for the surface levels.

5. Diagnostic horizons

Diagnostic horizons have already been defined earlier. After the American Soil Taxonomy was published (7th Approximation 1960), diagnostic horizons became the most controversial issue. The rigid criteria for defining diagnostic levels adopted in this work restricted the free use of terms. Nevertheless, the practical application of a scientific definition of diagnostic horizons by the US Soil Survey Staff (1975) introduced quantitative features to on-site soil tests and classification. After 1960 a number of soil classification systems, which considered terminology, definitions and criteria distinguishing diagnostic horizons have been developed in many countries.

The definitions of diagnostic horizons used in the Systematics of Polish Soils were developed not only according to the Soil Taxonomy, but also according to other studies pertaining to soil classification. Based on Soil Taxonomy, six surface horizons (epipedons): mollic, anthropic, umbric, plaggen, histic and ochric, and nine subsurface horizons (endopedons): cambic, argillic, natric, spodic, agric, placic, fragillic, salic and calcic have been recognized.

A new melanic epipedon was introduced to distinguish a humous soil horizon in muck soils; a sideric endopedon distinguished rusty soils, the luvic horizon characterized Luvisols, Glossisols and the gleyospodic horizon distinguished gley podzolic soils and gley podzols. Figure 1 shows the relations occurring between the surface central mollic horizon and the remaining surface horizons. Figure 2 shows the relations occurring between subsurface horizons and the parent material, and the impact of soil processes on them. Definitions of the after mentioned diagnostic horizons have been significantly modified in comparison to the definitions used by the US Soil Survey Staff (1994), since they include the local conditions of our country. Nevertheless, the method of defining, and the specificity of criteria and practicality of applying definitions were based on models (US Soil Survey Staff 1994, ISSS-ISRIC-FAO 1994).

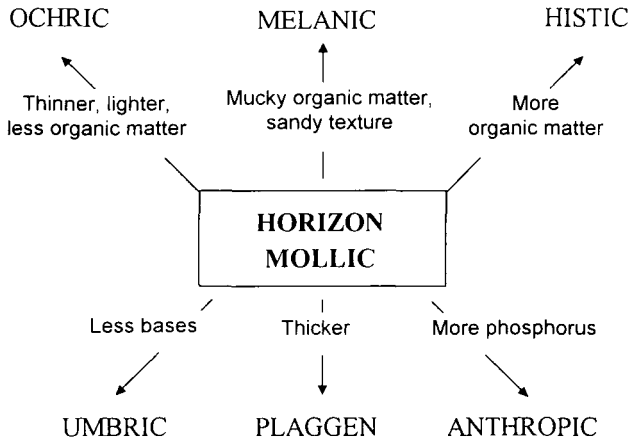


Fig. 1. Diagram showing the relationship between epipedons to the mollic horizon

The application of diagnostic horizons in the classification of soils has been discussed by a number of soil scientists (Buring, Slager, de Bakker in Holland, Carrol in Great Britain, Skoric in Yugoslavia and many other scientists) at the International World Congresses of Soil Science in Bucharest (1964) and Moscow (1974). The definitions of diagnostic horizons adopted by the Polish soil systematics are considered and checked on-site (Marcinek 1992, Cieřla and Marcinek 1994).

5.1. Diagnostic surface horizons (epipedons)

Horizons that have been formed in the soil's surface layer are called surface horizons or epipedons (Greek: epi-above and pedon - soil). These horizons usually have a dark color due to the presence of organic matter. They contain strongly weathered material which is sometimes heavily outwashed. Surface horizons can be covered by a thin layer of fresh alluvia, colian deposits or other. However, the thickness of the covering deposits can not exceed 30 cm. If the layer exceeds 30 cm, the surface horizons lying underneath are considered buried soils. The systematics of Polish soils distinguishes seven diagnostic surface horizons. Figure 1 shows the schematic relations between the distinguished diagnostic surface horizons, and table 1 presents the relations with epipedons identified by the US Soil Survey Staff (1994) and ISSS-ISRIC-FAO (1994).

Mollic surface horizon (Latin: *mollis* - soft)

This is a dark colored surface horizon containing more than 1% organic matter and over 25 cm thick. The sorption complex is saturated with bases in over 50% and it is neither hard or massive in a dry state. Its color in moist state must have a value < 3,5 and in a dry state < 5,5 and chroma <3,5 in a moist state. In the case of sandy soils, the thickness can be equal to 18 cm or 1/3 of the depth from the hardpan or bottom of the argillic or natric horizons or the calcic horizon.

Table 1. Comparison among the diagnostic horizons of the Polish Soil Systematics (Comm. V. 1989), World Reference Base for Soil Resources (WRB) (ISSS - ISRIC - FAO,1994) and Soil Taxonomy (U.S. Soil Survey Staff, 1994).

Polish Soil Systematics	WRB	Soil Taxonomy
Diagnostic surface horizons (epipedons)		
Anthropic horizons	Anthic (plaggen, terric, irragric, hort)	Anthropic
Histic horizon	Histic	Histic
Melanic horizon	-	Melanic
Mollic horizon	Mollic	Mollic
Ochric horizon	Ochric	Ochric
Plaggen horizon	Plaggen	Plaggen
Umbric horizon	Umbric	Umbric
Diagnostic subsurface horizons (endopedons)		
Agric horizon	-	Agric
Albic horizon	Albic, Eluvial	(Albic)
Argillic horizon	Argic	Argillic
Calcic horizon	Calcic, Hypercalcic	Calcic, Petrocalcic
Cambic horizon	Cambic	Cambic
Fragilic horizon	Fragipan	Fragipan
Gleyic horizon	Gleyic	Redoximorphic features
Gleyosodic horizon	-	(Orstain)
Luvic horizon	Eluvic, Albic	-
Natric horizon	Natric	Natric
Placic horizon	-	Placic
Salic horizon	Salic	Salic
Sideric horizon	-	-
Spodic horizon	Spodic	Spodic

Anthropic surface horizon (Greek: *anthropos* - man)

It is similar to the mollic horizon in its color, structure and organic matter content. It is formed over a long period of time during which household wastes are used in organic fertilizing and organic fertilizers are

used in irrigation. Bones, fish bones and organic fertilizers present in the soil cause the accumulation of phosphorus and lime. This is why the content in the soils of phosphorus soluble in 1% citric acid is above 110 mg P per 1 kg of soil; this feature differentiates the anthropic horizon from the mollic horizon, which contains smaller quantities of phosphorus.

Melanic surface horizon (Greek: *melanos* - dark, black)

A mineral surface horizon of mucky soil with a thickness of 15 cm or more and has sandy texture. The humus formed in it dark gray or black organic grains do not form organic-mineral aggregates.

Umbric surface horizon (Latin: *umbra* - shade, darkness)

It is also similar to the mollic horizon, but its sorption complex is saturated with bases less than 50%.

Plaggen surface horizon (Ger. *Plaggen*, sod)

It is an anthropogenic layer with a thickness of 50 cm or more, which has been formed by man through the application of manure, forest litter, hay, heather and other substances. It is characterized by clear stratification with numerous ceramic artifacts.

Histic surface horizon (Greek: *histos* - plant tissue)

This is a surface organic horizon in mineral soils. It is 20 to 30 cm thick and it contains more than 20 or 30 % organic matter; 20% if the mineral mass contains 0% of silicate clays and 30% if the mineral mass contains above 60% of silicate clays. The lower limit of organic matter content, equal to 20 or 30%, is proportional to the content of silicate clays (from 0% to 60%) in the mineral mass.

Ochric surface horizon (Greek: *ochros* -pale)

It is a light colored horizon (value > 5,5 in a dry state and > 3,5 in a moist state) which contains approximately 1% organic matter, or it is hard and massive in a dry state. It does not meet the criteria for the mollic or umbric epipedons.

5.2. Subsurface diagnostic horizons (endopedons)

Subsurface diagnostic horizons are formed inside the soil below the surface horizons, and are sometimes present immediately below the humose horizons. Due to surface erosion they can occur on the surface. Some of these horizons are described as B-horizons or are included in the E-horizons (Fig. 2, tabl. 1).

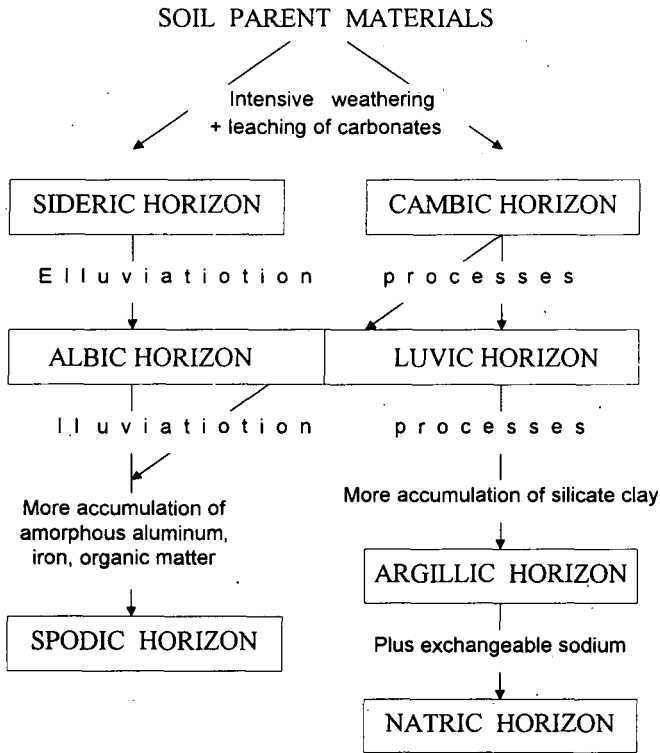


Fig. 2. Diagram showing the relationship between several endopedons to the non-illuvial cambic and sideric horizons

Cambic horizon (Latin: *cambiare* - change, transform)

The cambic horizon is a horizon characterized by intensive weathering and transformation of soil material, which have loamy sand or finer texture. Physical changes in this horizon relate to the mixing (pedoturbation) of soil material caused by frost processes, plant roots, fauna and other. The primary features of the parent material in this horizon have been entirely damaged, along with the layers in alluvial deposits or other water sediments. These processes also include the formation of aggregate structures of different shapes and sizes. Chemical changes in this horizon are based on hydrolysis of primary minerals of the parent material and formation of secondary minerals, as well as the release of sesquioxides and dissolving and leaching of carbonates, reduction, segregation and gradual displacement of free iron oxides and organic matter. This horizon is characteristic for Brown Soils, some Pseudo-gley Soils, Black Earth and Chernozems.

Sideric horizon - rusty horizon (Greek: *sideros* - iron)

The sideric horizon possesses features similar to the cambic horizon, the only difference being that it occurs in sandy material with a texture slightly loamy sands or coarser. The top part of the sideric horizon is found immediately below the humose horizons, and the bottom part has a distinct transition to the parent material. The thickness of this horizon ranges between 30-70 cm, but at times it can reach even 100 cm and more. The color of the sideric horizon according to Munsell's scale has a hue of 7.5 YR to 10 YR, value > 4, chroma < 3.

Sesquioxides, released in the process of in situ weathering, form immobile complexes on the surface of mineral particles, where the proportion of organic carbon to the total free aluminum and iron in the humus does not exceed 25. The sideric horizon does not contain carbonates and has an acid reaction. The saturation of the sorption complex with bases does not exceed 30% in forest soils.

Argillic horizon (Latin: *argilla* - clay)

This is a B-illuvial horizon, to which silicate clays have illuviated. The presence of clay coatings on the surface of aggregates and surface of soil pores means that silicate clays are washed in. Its thickness equals at least 1/10 of the sum of thicknesses of all the horizons found above it or 15 cm. The argillic horizon contains the following quantities of silicate clays:

If any part of the eluvial horizon contains:	The argillic horizon must contain:
less than 15% of silicate clays	at least 3% or more of silicate clays than the eluvial horizons
15-40% of silicate clays	1.2 times or more of silicate clays than the eluvial horizons
Above 40% of silicate clays	At least 8% or more of silicate clays than the eluvial horizons.

Natric horizon (Latin: *natrium* - sodium, presence of exchangeable sodium)

This is a specific type of the argillic horizon containing 15% and more of exchangeable sodium in the sorption complex, or where the SAR value in the water extract of the saturated paste equals 13 and more with a thickness of at least 40 cm.

Spodic horizon (Greek: *spodos* - wood-ash)

This is an illuvial horizon with a thickness of 2,5 cm or more. It is not part of the Ap horizon and contains 85% or more spodic material. Spodic material contains active illuvial amorphous material consisting of organic matter, aluminum and iron (or without iron). The word active is used here to describe the material, whose electric load depends on the pH and which has a large surface and high water retention. In natural soils

the spodic horizon is found immediately below the albic horizon and seldom below the A ochric horizon, which does not have the albic horizon's color; or below the umbric A horizon. In certain types of soils, the spodic horizon is the top-level of mineral soils found immediately under the litter horizon (O). In the case of arable soils, it usually occurs directly below horizon Ap.

Agric horizon (Latin: *ager* - land)

This is an illuvial horizon formed directly below the arable horizon to which clay and dust particles and humus are washed in and accumulated in the form of dark layers on the surfaces of aggregates and on the walls of post-root and post-earthworm canals. The thickness of layers covering the pores' walls increases during prolonged intensive soil cultivation. In this horizon the illuviated material must constitute 5% and more of the volume of this horizon and the skins should be 2 mm and more thick and should have a value below 4 and chroma below 2 in a moist state.

Albic horizon (Latin: *albus* - white)

This is an eluvial horizon from which certain products of mineral weathering such as aluminum, iron and iron coating of sand grains have been washed out selectively with the aid of soluble fractions of humus. Thanks to this, the albic horizon has been enriched by silica and has acquired a light color (value > 4 in moist state and > 5 in dry state). It has a texture of sand or slightly loamy sand in which quartz is the dominant component. The thickness of this horizon is from a few to several centimeters.

Luvic horizon (Greek: *eluo* - washing out)

This is an eluvial horizon from which primary carbonates and other soluble salts, as well as silicate clays, have been washed out. Devoid of most silicate clays, the horizon is more sandy and lighter than the parent material, which usually are of till loam, loesses, water origin silt, loamy sands, etc. Gleying occurs in the bottom part of this horizon, often as a result of a temporary stagnation of water on the impermeable argillic horizon.

Gleyospodic horizon

This is an illuvial horizon of spodic material accumulated during the podzolic process (see spodic horizon), under conditions of exceeding temporary water (endosaturation). Compared to the spodic horizon, it contains more iron oxides, and in the top parts has a low degree of humus. It is often cemented. The large amount of accumulated iron comes from illuviation, as well as from oxidation of iron in the upper part of ground waters.

Placic horizon (Greek: *plax* - a flat stone, a thin cemented layer)

This is a black or dark red layer (thickness 2 to 10 cm) cemented by iron oxides or iron and manganese oxides, as well as iron humus complexes. In the profile it usually occurs 50 cm below the soil surface. This horizon can be flat, wavy or can consist of small lamellas. It is impermeable to water and for plant roots.

Fragilic horizon (Latin : *fragilis* - fragile, breakable)

This is a cemented horizon with a high volume density, breakable in a wet state and very hard in a dry state. In a wet state it is never soft, but is breakable. Very hard dry fragments soften when placed in water. In a horizontal plane polygons are visible in pedons separated from one another by whitening shades used to penetrate plant roots. Generally it is found at a depth of 40-80 to 150 cm. When it occurs below the cambic or argillic horizon, it is usually separated by the luvisc horizon.

Salic horizon (Latin: *sal* - salt, salty)

This is a horizon of secondary accumulation of salts which are more soluble in cold water than gypsum. It must contain more than 2% soluble salts and its thickness has to exceed 15 cm. The product of its thickness in centimeters and salt percentage by weight is 60 or more. Furthermore, the following are also recognized:

Saline horizon with $EC_e > 2$ dS/m (25° C) and a sorption complex saturated with sodium $< 15\%$ (SAR < 13).

Saline - sodic horizon with $EC_e > 2$ dS/m (25° C) and sorption complex saturated with sodium $> 15\%$ (SAR > 13).

Sodic horizon with $EC_e < 2$ dS/m (25° C) and sorption complex saturated with sodium $> 15\%$ (SAR > 13).

Calcic horizon (Latin: *calcium* - calcium)

This is a horizon of secondary accumulation of calcium carbonates, and occasionally calcium and magnesium. It has to have a thickness of at least 15 cm and contain more than 15% of calcium carbonates and 5% more of carbonates than the layers found underneath.

Gley spots

They occur in horizons and layers whose certain parts have a chroma < 2 in a moist state, and value equal to 4 or higher, regardless if these profile parts have a dominant volume or whether they have a continuous color around the spots with a more intense color. It has redoxomorphic properties.

6. Soil systematics

The fourth edition (1989) of the Polish Soils Systematics was prepared by a team of Polish soil scientists with different fields of interest and different preparation in the field of genesis, classification and soil cartography. Although it relates to the current classification systems in other countries, such as Russia (Gerasimov, Ivanova 1959, Ivanova 1956), Germany (Kubiens 1953), France (Aubert 1968), Great Britain (Avery 1973) and Canada (Canada Soil Survey Staff 1975) and the international classification system developed by FAO - UNESCO since 1966, it is a kind of compromise on the side of the team responsible for this classification. This is the reason for differing definitions, a lack of proportion between object and verbal definitions (based on soil formation processes) and others.

The following assumptions have been considered in the preparation of the discussed system of soil classification.

1. The goal of the prepared system is to place Polish soils into a logical natural system.
2. The soil which is being classified has been defined.
3. The classification system has been developed for Polish soils.
4. In preparing the classification system, for cartographic and scientific reasons, definitions have been developed for a number of soil characteristics: pedon, polypedon, a collection of soils (soil series or soil category), for soil drainage conditions and dynamics of soil water, establishing fixed and changeable features in the soil profile, soil horizons, diagnostic horizons and others.
5. A large group of well-described soil units representing different taxonomic classes of soils has been gathered (The Album of Polish Soils, 1986).
6. Intense research has been initiated on the spatial variability of soils and methods of choosing representative tests.

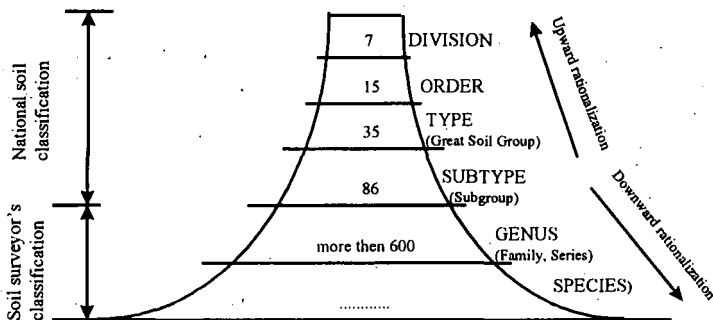


Fig. 3. The hierarchy of Polish Soil Systematics (Comm. V, 1989)

The basis for soil classification are genetic criteria, which permitted the introduction of a hierarchical system of soil units. Fig.3 presents the hierarchical scheme of soil units in the systematics of Polish soils.

The structure of Systematics of Polish Soils is hierarchical: it comprises 6 basic taxonomic units, viz.:

Division determined on the basis of kinds of main connections of soils with the soil-forming medium, e. g. lithogenic, autogenic, semihydrogenic, hydrogenic, anthropogenic soils;

Orders, comprising soils with similar development trends and approximate with regard to ecological features;

Types, constituting basic units of the Polish systematics; they comprise soils with identical arrangement of main genetic horizons (including diagnostic ones), characterizing by similar course of soil-forming processes and with approximate chemical and physico-chemical properties. To every soil type under natural and nature-like conditions a definite plant community is related;

Subtypes, distinguished mainly when in the soil under study, beside predominant features of a definite type weaker marked features of the other type would occur;

Genus of soil, illustrating the petrographic character of the parent material of the given soil.

Species of soil, defining texture of the given soil in the whole profile.

6.1. Systematic classification of soils

Mineral soils have been separated from organic soils. This distinction is based on the thickness of the histic material. In this way mineral soils, mineral-organic soils and organic soils have been distinguished (see Fig.4).

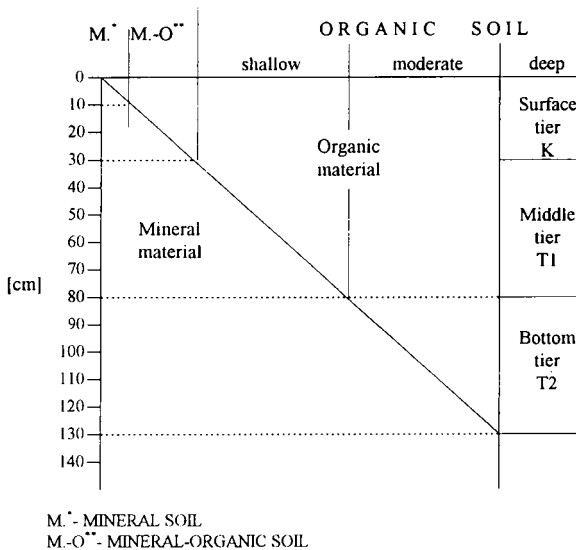


Fig. 4. Diagram representation of depth relationships in the control section used to classify mineral, mineral-organic and organic soils

After this procedure, the definitions of divisions and orders were prepared. Soil type is the primary systematic unit. It is defined according to genetic criteria, i.e., on the basis of the soil profile characteristics together with all characteristic features. Figure 5 shows the systematic alignment of soil units in the order of Brown Earth. Without going into detail, I would like to turn one's attention to the examples of sequences of horizons and diagnostic characteristics of soil subtypes. They illustrate the logical division of this order of Brown Earth.

ORDER	TYPE (Great Soil Group)	SUBTYPE (Subgroup)	Sample horizon sequences
IIB. Brown earth	IIB1. Brown	IIB1a - typic	O - A - Bbr - Cca
		IIB1b - grayish	Ap - A - AB - Bbr - Cca
		IIB1c - gleyed	Ap - Bbr - Bbrgg - Gca
		IIB1d - leached	Ap - Bbr(t,fe) - Bbr - C
	IIB2. Brown acid	IIB2a - typic	O - A - Bbr - Cca
		IIB1b - grayish	Ap - A - AB - Bbr - Cca
		IIB1c - gleyed	Ap - Bbr - Bbrg - Cg or Ap - Bbrgg - G
	IIB3. Brown forest podzolic (lessivés)	IIB3a - typic	O - A - Eet - Bt - C or Ap - Bt - C (-Cca)
		IIB3b - browned	O - A - Bbr - Eet - Bt - C (-Cca)
		IIB3c - podzolized	O - A - E(et,es) - Btfe - Bt - C
		IIB3d - epigleyed	O - A - Eetg - Btg - Bt - Cg or O - A - Eet - Btg - Cg
		IIB3e - endogleyed	O - A - Eet - Eetgg - Btgg - G
		IIB3f - agric	Ap - Aan - Eet - Bt - C or Ap - Aan - Bt - C
		IIB3g - glossic	O - A - Eet - E/B - Bt - C or O - A - Eet - E/B - C

Fig. 5. Some cognate terms used by Polish System of Soil Classification (1989)

The division of soil units in the systematic hierarchy, moving from subtype upward, is based on certain generalizations; it is rather conceptual. From genus downward, however, it is based on existing soils found in the field (Fig. 3). That is why discussions are carried out among members of the V Commission as to whether to consider a collection of soil body (polypedon, soil series, category) as the basic soil classification unit. The soil body is defined as a collection of soils (on the earth surface) having the same diagnostic horizons according to distinct characteristics and arrangement in the profile, and formed from the same type of parent material. It is therefore a collection of soils with a similar profile characteristics and formed from the same lithologically parent material. Soils within this group are actually homogenous in terms of border values of profile characteristics. They can differ in the slope angle, degree of erosion, stone content, location and etc. which can be significant to the soil user, but they do not influence the distinct features of the soil profile.

Soil groups are depicted mainly on the basis of significant differences in morphological properties of the soil profile. These include kind, thickness and arrangements of diagnostic horizons, their structure, color, texture, reaction, consistency, content of carbonates and other salts, content of organic matter and mineral composition. A significant difference in the properties of any horizon can form a basis for the identification of a new group. It is rather rare that a group of soils differ from another group in only one feature: soil characteristics are usually linked and they change interdependently (convergence of features). Characteristics of a group must be mappable, distinguishable by a soil scientist on-site and must be significant to soil properties.

6.2. Final comments

This paper does not deal with issues pertaining to soil cartography and pedogenesis. These two fields of soil science are vast, separate subjects. However, it is worth noticing that pedogenesis, soil classification and cartography are linked directly.

Pedogenetic research is often treated as a separate discipline with its own goal. In the field of soil classification there are also local tendencies to study these issues from a purely scientific point of view. Soil cartography is usually treated as a practical field, which can, but does not have to be based on scientific achievements in the previous two disciplines (ex., soil - agricultural map in Poland).

The separation of these three scientific disciplines seriously impedes the development of knowledge about soils in general. Pedogenesis must provide not only descriptions of correlations between factors of soil formation and soil, but most of all should pay more attention to soil formation processes, and their impact on parent material; it should explain soil morphology in relation to the dynamics of the natural environment, geochemistry of landscape, etc.

The classification of soils must lead to arranging pedons in such a way that the similarity between pedons within each soil unit would be optimal. Groups of soils of larger horizontal dimensions (groups of soil landscapes, contoured groups) should be classified with an optimum internal homogeneity. This research may be very important in the application of more objective methods of soil classification including numerical methods.

Research in soil cartography has been developing rapidly only over the last few years. Cartography and soil science research still lacks a precise theoretical basis. This basis can be found in the theory of description of an optimum relation of soil genesis, together with its morphology and properties, realized in a particular soil landscape related to geomorphologic and climatic conditions, landscape geochemistry, ecosystems, etc.

The cooperation of soil scientists specializing in these three fields of soil science, domestically as well as internationally, can lead to filling these gaps which hinder and will hinder the development of theoretical basis for the evaluation of soil quality.

References

- Cieśla W., Marcinek J.**, 1994. Horizon notation for Polish Soils. Roczn. Glebozn. 44: 9-14.
- Commission V. Soil Genesis Classification and Cartography of the Polish Society of Soil Science.** 1989. Systematics of Polish Soils. Roczn. Glebozn. 40 (3/4): 1-150. (In Polish, summary in English).
- Driessen P.M., Dudal R.** (Eds.), 1991. The Major Soils of the World. Agric. Univ. Wageningen-Katholieke Univ. Leuven. 1991, pp. 310.
- FAO-UNESCO-ISRIC**, 1994. Soil Map of the World. Revised Legend. Reprinted with corrections. World Soil Resources Report No. 60. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Marcinek J.**, 1992. Importance of Diagnostic Soil Horizons in Soil Classification. Systematyka gleb Polski (Region Lubelski). Lublin-Zamość: 26-36.
- Polish Society of Soil Science**, 1986. The Album of Polish Soils. PWN, Warsaw, pp.166.
- Soil Survey Staff**, 1995. Soil Taxonomy. A basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. U.S. Dept. Agric. Handbook No. 436. Washington D.C.
- Soil Survey Staff**, 1996. Keys to Soil Taxonomy. SMSS, Technical Monograph No. 19, seventh edition. Pocahontas Press, Inc. Blacksburg, Virginia, USA, 560 p.
- Spaargaren O.C.** (Comp., ed.), 1994. World Reference Bases for Soil Resources (WRB) (Draft). ISSS, ISRIC, FAO. Wageninigen-Rome.

Polish system of Soil Classification (1989): names of Divisions, Orders, Great Soil Groups and Subgroups (Commission V PTG, 1989)

Division/Order	Great Soil Group	Subgroup	Sample horizon sequence
I. LITHOGENIC			
IA. Non-calcareous Weakly developed	IA1. Initial rocky	IA1a - erosive	AC - R (R<10)
		IA1b - polygonal (structural)	AC - C - R (R<10)
	IA2. Initial loose (regosols)	IA2a - erosive	AC - C/R
		IA2b - eolic	AC - C
	IA3. Initial clayey (pelosols)	IA3a - erosive	AC - C or AC - G
IA3b - deluvial		AC - C or AC - G	
IA4. Weakly developed rocky (rankers)	IA4a - typic	O - A - C - R (R<50)	
	IA4b - brown	O - A - BC - C - R (R<50)	
	IA4c - podzolized	O - AE - BC - C - R (R<50)	
IA5. Weakly developed arenosols	IA5a - typic	O - A - C or Ap - C	
IB. Calcareous various developed stage	IB1. Rendzinas	IB1a - initial	AC - Cca - Rca
		IB1b - typic	A - Cca - Rca
		IB1c - chernozemic	A - AC - Cca - Rca
		IB1d - brown	A - Bbr - Cca - Rca
		IB1e - mountain humous	O - A - Cca - Rca
		IB1f - mountain row humous	O - AC - Cca - Rca
	IB2. Pararendzinas	IB2a - initial	AC - Cca
		IB2b - typic	A - Cca
		IB2c - brown	A - Bbr - Cca
II. AUTOGENIC			
IIA. Chernozemic	IIA1. Chernozems	IIA1a - nondegraded	Ap - A - AC - Cca or A1 - A2 - AC - C - Cca
		IIA1b - degraded	Ap - A - Bbr - C or A1 - A2 - AB - Bbr - C
IIB. Brown earth	IIB1. Brown	IIB1a - typic	O - A - Bbr - Cca
		IIB1b - grayish	Ap - A - AB - Bbr - Cca
		IIB1c - gleyed	Ap - Bbr - Bbrg - Cg or Ap - Bbrgg - G
		IIB1d - leached	Ap - Bbr(t,fe) - Bbr - C
	IIB2. Brown acid	IIB2a - typic	Ap - Bbr - C
	IIB2b - podzolized	O - AE - B(fe,h) - Bbr - C or Ap - B(fe,h) - Bbr - C	

		IIB2c - gleyed	A - Bbr - Bbrg - Cg or A - Bbr - Bbrgg - G
	IIB3. Brown forest podzolic (lessivés)	IIB3a - typic	O - A - Ect - Bt - C or Ap - Bt - C (-Cca)
		IIB3b - browned	O - A - Bbr - Eet - Bt - C (-Cca)
		IIB3c - podzolized	O - A - E(et.es) - Btfe - Bt - C
		IIB3d - epigleyed	O - A - Ectg - Btg - Bt - Cg or O - A - Eet - Btg - Cg
		IIB3e - endogleyed	O - A - Eet - Eetgg - Btgg - G
		IIB3f - agric	Ap - Aan - Eet - Bt - C or Ap - Aan - Bt - C
		IIB3g - glossic	O - A - Eet - E/B - Bt - C or O - A - Eet - E/B - C
IIC. Podzol earth	IIC1. Rusty	IIC1a - typic	O - A - Bv - C
		IIC1b - browned	O - A - Bbr.v - Bv - C
		IIC1c - podzolized	O - AE - Bv(fe) - Bv - C
	IIC2. Podzol	IIC2a - typic	O - A - Ees - Bhfe - C
	IIC3. Podzols	-----	O - Ees - Bhfe - C

III. SEMI-HYDROGENIC

IIIA. Gley-podzol	IIIA1. Gley-podzol	IIIA1a - typic	O - AE - Ees - Bhfe - Bhfegg - G
		IIIA1b - mucky	O - Ae - Ees - Bhfegg - G
		IIIA1c - peaty	O - Ae - Ees - Bhfegg - G
	IIIA2. Gley-podzols	IIIA2a - typic	O - Ees - Bhfegg - G
IIIB. Black earth	IIIB1. Black earths	IIIB1a - endogleyed	Ap - Aa - Gca
		IIIB1b - typic	Ap - A - AC - Gca
		IIIB1c - browned	Ap - A - AB - Bbrgg - Gca
		IIIB1d - leached	Ap - Aa - AC - G
		IIIB1e - degraded (gray)	Ap - Bbr - C - Gca
		IIIB1f - mucky	Ae - Cca - G
IIIC. Boggy	IIIC1. Epigley (pseudogley)	IIIC1a - typic	Aa - Cg
		IIIC1b - stagnogley	Aa - Aag - Cg or C
	IIIC2. Endogley (Gley)	IIIC2a - typic	Aa - G
		IIIC2b - humus-rich	Ae - Aegg - G
		IIIC2c - peaty	AeM - Aegg - G
		IIIC2d - muddy	Am - Amgg - G

IV. HYDROGENIC

IVA. Bog	IVA1. Muddy	IVA1a - typic	POm - Om,n - Om - (D)
		IVA1b - peaty	POm - Ot - Om - (D)
		IVA1c - gytja	POm,t - Ogy
	IVA2. Peat	IVA2a - low	POTni - Otni (R1, R2 or R3)
		IVA2b - transitory	POTpr - OtpR (R1, R2, R3)
		IVA2c - high moor	POTwy - Otwy (R1, R2)
IVB. Post - bog (muck)	IVB1. Muck	IVB1a - peaty-muck	Mt - Ot (R1, R2, R3) - (or D)
		IVB1b - muddy-muck	Mm - Om
		IVB1c - gytja-muck	Mgy - Ogy

IVB1d - overmucky Aa - Mt - Ot (R1. R2. R3)

IVB2. Mucky - like
 IVB2a - mineral-muck M - Cgg - G or Ae - G
 IVB2b - typic Ae - AC - G
 IVB2c - mucky Ae - C - G

V. ALLUVIAL

VA. Alluvial
VA1. River alluvial
 VA1a - typic A - C1 - IIC2 - IIIC3
 VA1b - humous Aa - AC - IIC1 - IIIC2
 VA1c - brown Aa - Bbr - IIC1 - IIIC2 - IVC3

VA2. Marsh alluvial ----- Aa - IICgg - IIIG -

VB. Deluvial
VB1. Deluvial
 VB1a - typic A - C - IIC1 - IIIC2 -
 VB1b - humose Aa - AC - IIC - or
 Aa - A - IIC1 - IIIC2 -
 VB1c - brown A - Bbr - IIC -

VI. SALINE

VIA. Saline-sodic
VIA1. Solonchaks
 VIA1a - external Aa - Bsa,cn - G
 VIA1b - internal Ap - Bsa,cn - Csa,gg

VIA2. Solonchak-like ----- Ap - Bsa - Csa,gg

VIA3. Solonetz
 VIA3a - typic Ap - AE - Bna - Cna,sa
 VIA3b - solonchak-
 solonetz Ana,sa - Bsa,na - Csa,na,gg

VII. ANTHROPOGENIC

VIIA. Cultivate -forming
VIIA1. Hortisols ----- Aanh - Aanh - C
VIIA2. Rigosols ----- A - AC - C or Aan - A/C - C

VIIIB. Industrial -urban earth
VIIIB1. Antropic-initial ----- AC - IIC2 - IIIC3 -
VIIIB2. Anthropic-humous ----- Aan - AC - IIC1 - IIIC2 -

VIIIB3. Anthropic-pararedzinas ----- Aanca - C1ca - IIC2ca -

VIIIB4. Anthropic-saline ----- Aa - Csa - Cca,sa -

Comparison of four systems of soil classification (compiled by J. Marcinek, M. Filipiński, J. Komisarek, H.-P. Blume, A. Kowalkowski)

Polish Soil Systematics (1989)	WRB (1994)	FAO-Revised Legend (1990)	Bodenkundliche Kartieranleitung (1994)
I. LITHOGENIC			
IA. Non-calcareous Weakly developed			
IA1. Initial rocky			
IA1a - erosive AC - R (R<10)	Lithic Leptosols	LPq, Lithic Leptosols	FFn, OOn, RNn
IA1b - polygonal AC - C - R (R<10) (structural)	Lithic Leptosols	LPq, Lithic Leptosols	FFn, OOn, RNn,
IA2. Initial loose (regosols)			
IA2a - erosive AC - C/R	District Regosols	RGd, District Regosols	OLn, RQn, FSn,
IA2b - eolic AC - C	Eutric Regosols Protic Arenosols	RGe, Eutric Regosols ARh, Haplic Arenosols	OLn, RQn,
IA3. Initial clayey (pelosols)			
IA3a - erosive AC - C or AC - G	Clay - District Regosols	Clay - RGd, Clay - District Regosols	OLn, RQn, DDn
IA3b - deluvial AC - C or AC - G	Clay - Eutric Regosols Vertic Fluvisols	Clay - RGe, Clay - Eutric Regosols Verti - Fle, Verti-Eutric Fluvisols	OLn, RQn, DDn
IA4. Weakly developed rocky (rankers)			
IA4a - typic O - A - C - R (R<50)	Lithi - District Regosols	Lithi - RGd, Lithi - District Regosols	RNn
IA4b - brown O - A - BC - C - R (R<50)	Lithi - Eutric Regosols Eutric Leptosols	Lithi - RGe, Lithi - Eutric Regosols Lirhi - CMd, Lithi District Cambisols	BB-RN
IA4c - podzolized O - AE - BC - C - R (R<50)	District Leptosols Lithi - Cambic Podzols	Lithi - CMe, Lithi - Eutric Cambisols Lithi - PZh, Lithi - Haplic Podzols	PP-RN
IA5. Weakly developed arenosols			
IA5a - typic O - A - C or Ap - C	Haplic Arenosols	ARh, Haplic Arenosols	RQn

IB. Calcareous various developed stage IB1. Rendzinas IB1a - initial AC - Cca - Rca IB1b - typic A - Cca - Rca IB1c - chernozemic A - AC - Cca - Rca IB1d - brown A - Bbr - Cca - Rca IB1e - mountain humous O - A - Cca - Rca IB1f - mountain row humous O - AC - Cca - Rca	Lithi - Rendzic Leptosols Rendzic Leptosols Rendzic Leptosols Lepti - Calcaric Cambisols Humi - Rendzic Leptosols Humi - Rendzic Leptosols	LPk, Rendzic Leptosols LPk, Rendzic Leptosols LPm, Mollic Leptosols Lepti - CMc, Lepti - Calcaric Cambisols LPm, Mollic Leptosols LPu, Umbric Leptosols LPm, Mollic Leptosols LPu, Umbric Leptosols	OOn, RRn, RZn RRn, RZn (Mullrendzina) BB-RR, BB-RZ (Moderredzina) FFn
IB2. Pararendzinas IB2a - initial AC - Cca IB2b - typic A - Cca IB2c - brown A - Bbr - Cca	Calcaric Regosols Haplic Calcisols Calcaric Regosols Haplic Calcisols Calcaric Cambisols	RGc, Calcaric Regosols CLh, Haplic Calcisols RGc, Calcaric Regosols CLh, Haplic Calcisols CMc, Calcaric Cambisols	OLn, RZn RZn, Oln BB-RZ, BB-RR
II. AUTOGENIC IIA. Chernozemic IIA1. Chernozems IIA1a - nondegraded Ap - A - AC - Cca or A1 - A2 - AC - C - Cca IIA1b - degraded Ap - A - Bbr - C or A1 - A2 - AB - Bbr - C	Haplic Phaeozems Haplic Chernozems Luvic Chernozems Glossic Chernozems Glossic Phaeozems	PHh, Haplic Phaeozems CHc, Calcic Chernozems CHk, Haplic Chernozems CHc, Luvic Chernozems CHw, Glossic Chernozems PHl, Luvic Phaeozems	TTn, TCn LL-TT, BB-TT
IIB. Brown earth IIB1. Brown IIB1a - typic O - A - Bbr - Cca	Calcaric Cambisols Eutric Cambisols	CMc, Calcaric Cambisols CMe, Eutric Cambisols	RZ-DD, RR-DD, BBn. BBc

IIB1b - grayish	Ap - A - AB - Bbr - Cca	Mollic Cambisols	CMu, Humic Cambisols	BBh
IIB1c - gleyed	Ap - Bbr - Bbrg - Cg or Ap - Bbrgg - G	Gleyi - Eutric Cambisols	CMg, Gleyic Cambisols	SS-BB, GG-BB
IIB1d - leached	Ap - Bbr(L,fe) - Bbr - C	Dystric Cambisols	CMd, Dystric Cambisols	LL-BB, BB-LL
IIB2. Brown acid				
IIB2a - typic	Ap - Bbr - C	Dystric Cambisols Cambic Umbrisols	CMd, Dystric Cambisols	BBn
IIB2b - podzolized	O - AE - B(fe,h) - Bbr - C or Ap - B(fe,h) - Bbr - C	Cambic Podzols	PZb, Cambic Podzols	PP-BB, LF-BB
IIB2c - gleyed	A - Bbr - Bbrg - Cg or A - Bbr - Bbrgg - G	Gleyi - Dystric Cambisols	Gleyi - CMd, Gleyi - Distric Cambisols	SS-BB, GG-BB
IIB3. Brown forest podzolic				
IIB3a - typic	O - A - Eet - Bt - C or Ap - Bt - C (-Cca)	Haplic Luvisols (Albic Luvisols) Calcic Luvisols	LVh, Haplic Luvisols (LVa, Albic Luvisols) LVk, Calcic Luvisols	LLn, LLd
IIB3b - browned	O - A - Bbr - Eet - Bt - C (-Cca)	Haplic Luvisols	LVh, Haplic Luvisols	BB/LL
IIB3c - podzolized	O - A - E(et,es) - Btfe - Bt - C	Albic Luvisols	LVa, Albic Luvisols	LFn, PP-LL
IIB3d - epigleyed	O - A - Eetg - Btg - Bt - Cg or O - A - Eet - Btg - Cg	Luvic Stagnosols Stagni - Gleyic Luvisols	LVj, Stagnic Luvisols	SS-LL
IIB3e - endogleyed	O - A - Eet - Eetgg - Btgg - G	Gleyic Luvisols	LVg, Gleyic Luvisols	GG-LL, LFn
IIB3f - agric	Ap - Aan - Eet - Bt - C or Ap - Aan - Bt - C	Haplic Luvisols	LVh, Haplic Luvisols	TT-LL, Lfn
IIB3g - glossic	O - A - Eet - E/B - Bt - C or O - A - Eet - E/B - C	Haplic Glossisols Gleyic Glossisols Eutric Glossisols Stagnic Glossisols	PDd, Dystric Podzoluvisols PDg, Gleyic Podzoluvisols PDe, Eutric Podzoluvisols PDj, Stagnic Podzoluvisols	LFn
IIC. Podzol earth				
IIC1. Rusty				
IIC1a - typic	O - A - Bv - C	Haplic Arenosols	ARb, Cambic Arenosols	BB-PP, BBn, PP-BB
IIC1b - browned	O - A - Bbr,v - Bv - C	Cambic Arenosols	ARb, Cambic Arenosols	BBn
IIC1c - podzolized	O - AE - Bv(fe) - Bv - C	Albic Arenosols	ARA, Albic Arenosols	BB-PP, PP-BB

II C2. Podzol II C2a - typic O - A - Ees - Bhfe - C	Humic Podzols Umbric Podzols	PZh, Haplic Podzols	PPn, PPe, PPh
II C3. Podzols ----- O - Ees - Bhfe - C	Haplic Podzols	PZh, Haplic Podzols, PZf Ferric Podzols	---
III. SEMI-HYDROGENIC			
IIIA. Gley-podzol			
IIIA1. Gley-podzol			
IIIA1a - typic O - AE - Ees- Bhfe - Bhfegg - G	Gleyic Podzols	PZg, Gleyic Podzols	GG-PP
IIIA1b - mucky O - Ae - Ees - Bhfegg - G	Histi - Umbri - Gleyic Podzols	Humi-Umbri-PZg, Humi-Umbri Gleyic Podzols	GG-PP, PP-GG
IIIA1c - peaty O - Ae - Ees - Bhfegg - G	Histi - Gleyic Podzols	Histi-PZg, Histi-Gleyic Podzols	H-PP
IIIA2. Gley-podzols			
IIIA2a - typic O - Ees - Bhfegg - G	Gleyic Podzols	PZg, Gleyic Podzols	GG-PP
IIIB. Black earth			
IIIB1. Black earths			
IIIB1a - endogleyed Ap - Aa - Gca	Mollic Gleysols	GLm, Mollic Gleysols	GNn, GGc
IIIB1b - typic Ap - A - AC - Gca	Gleyic Phaeozems Mollic Gleysols	PHg, Gleyic Phaeozems PHg, Gleyic Phaeozems	GGn, GG-AT, AT, GGh
IIIB1c - browned Ap - A - AB - Bbrgg - Gca	Gleyic Phaeozems Mollic Gleysols	Gleyi-PHc, Gleyi-Calcaric Phaeozems GLm, Mollic Gleysols	GG-BB
IIIB1d - leached Ap - Aa - AC - G	Gleyi-Luvic Phaeozems	GleI-PHe, Gleyi-Luvic Chernozems GLu, Umbric Gleysols	GGn, GGh
IIIB1e - degraded (gray) Ap - Bbr - C - Gca	Gleyi - Luvic Phaeozems	Gleyi-PHl, Gleyi-Luvic Chernozems	GG-BB
IIIB1f - mucky Ae - Cca - G	Histi - Mollic Gleysols	Histi-GLm, Histi-Mollic Gleysols	GGh, GMn, GGc
IIIB1g	Verti - Mollic Gleysols	Gleyi-VRc, Gleyi-Eutric Vertisols Gleyi-VRk Gleyi-Calcic Vertisols	--- ---

III.C. Gley				
III.C1. Epigley (pseudogley)				
III.C1a - typic	Aa - Cg	Gleyic Stagnosols	Stagni-GLe, Stagni-Eutric Gleysols	SSn, SSc
III.C1b - stagnogley	Aa - Aag - Cg or C	Haplic Stagnosols	Stagni-GLd, Stagni-Dystric Gleysols Stagni-GLe, Stagni-Eutric Gleysols Stagni-GLd, Stagni-Dystric Gleysols	SGn
III.C2. Endogley (Gley)				
III.C2a - typic	Aa - G	Arenic Gleysols Haplic Gleysols Fluvic Gleysols	GLE, Eutric Gleysols GLd, Dystric Gleysols GLk, Calcic Gleysols	GGn
III.C2b - humus-rich	Ae - Aegg - G	Mollic Gleysols Umbric Gleysols	GLm, Mollic Gleysols GLu, Umbric Gleysols	GMn, GGh
III.C2c - peaty	AeM - Aegg - G	Histi - Mollic Gleysols Histi - Umbric Gleysols	Histi-GLm, Histi-Mollic Gleysols Histi-GLu, Histi-Umbric Gleysols	GHn, HN-GH
III.C2d - muddy	Am - Amgg - G	Histi - Mollic Gleysols	Histi-GLm, Histi-Mollic Gleysols	GMn, GHn
IV. HYDROGENIC				
IVA. Bog				
IVA1. Muddy				
IVA1a - typic	POm - Om,n - Om - (D)	Eutri - Haplic Histosols	HSS, Terric Histosols	--
IVA1b - peaty	POm - Ot - Om - (D)	Eutri - Haplic Histosols	HSS, Terric Histosols	--
IVA1c - gytja	POm,t - Ogy	Eutri - Haplic Histosols Dystri - Haplic Histosols	HSS, Terric Histosols HSS, Terric Histosols	(JG)
IVA2. Peat				
IVA2a - low	POtni - Otni (R1, R2 or R3)	Eutri - Haplic Histosols	Eutri-HSS, Eutri-Terric Histosols HSt, Fibric Histosols	HNn, HNC
IVA2b - transitory	POtpr - Otpr (R1, R2, R3)	Dystri - Haplic Histosols	Dystr-HSf, Dystri - Fibric Histosols	HNu
IVA2c - high moor	POtwy - Otwy (R1, R2)	Fibric Histosols	Dystri-HSf, Dystri - Fibric Histosols	HHn

VB. Post - bog (muck) IVB1. Muck IVB1a - peaty-muck Mt - Ot (R1, R2, R3) - (or D) IVB1b - muddy-muck Mm - Om IVB1c - gyttja-muck Mgy - Ogy IVB1d - overmucky Aa - Mt - Ot (R1, R2, R3)	Eutri - Haplic Histosols Eutri - Haplic Histosols Eutri - Haplic Histosols Eutri - Haplic Histosols	HSs, Terric Histosols HSs, Terric Histosols HSs, Terric Histosols HSs, Terric Histosols	HHn, HNu, HNn --- --- GG/HN, GG/HH, MO/HN Sanddeckkultur
IVB2. Mucky - like IVB2a - mineral-muck M - Cgg - G or Ae - G IVB2b - typic Ae - AC - G IVB2c - mucky Ae - C - G	Mollic Gleysols Areni - Mollic Gleysols Areni - Mollic Gleysols	Histi-GLm, Histi-Mollic Gleysols Areni-GLm, Areni-Mollic Gleysols Areni-GLm, Areni-Mollic Gleysols	GGh, GMh, GHn GMn, GHn GGh
V. ALLUVIAL VA. Alluvial VA1. River alluvial VA1a - typic A - C1 - IIc2 - IIIc3 VA1b - humous Aa - AC - IIc1 - IIIc2 VA1c - brown Aa - Bbr - IIc1 - IIIc2 - IVc3	Dystric Fluvisols Eutric Fluvisols Calcaric Fluvisols Mollic Fluvisols Umbric Fluvisols Fluvic Cambisols	FLd, Dystric Fluvisols FLe, Eutric Fluvisols FLc, Calcaric Fluvisols FLm, Mollic Fluvisols FLu, Umbric Fluvisols Fluvi-CMc, Fluvi-Calcaric Cambisols Fluvi CMe, Fluvi-Eutri Cambisols	AO, AQ, GG-AZ, AZ --- --- AT, Azh ABn, AT
VA2. Marsh alluvial ----- Aa - IIcgg - IIIg - VB. Deluvial VB1. Deluvial VB1a - typic A - C - IIc1 - IIIc2 - VB1b - humose Aa - AC - IIc - or Aa - A - IIc1 - IIIc2 - VB1c - brown A - Bbr - IIc -	Salic Fluvisols Fluvic Gleysols, Eurtic Fluvisols Mollic Fluvisols Umbric Fluvisols Fluvic Cambisols	FLs, Salic Fluvisols Fluvi-Eutric Gleysols, FLe Eutric Fluvisols FLm, Mollic Fluvisols FLu, Umbric Fluvisols Fluvi-CMe, Fluvi-Eutric Cambisols Fluvi CMd, Fluvi-Dystric Cambisols	MR, MC, MN, MK, MD, MO, MH, -- Ykn Ykn, GG-YK Ykn

VI. SALINE			
VIA. Saline-sodic			
VIA1. Solonchaks			
VIA1a - external	Asa - Bsa,cn - G	Haplic Solonchaks	SCh, Haplic Solonchaks
VIA1b - internal	Ap - Bsa,cn - Csa,gg	Gleyic Solonchaks	SCg, Gleyic Solonchaks
VIA2. Solonchak-like			
-----	Ap - Bsa - Csa,gg	Haplic Solonchaks	SCh, Haplic Solonchaks
VIA3. Solonetz			
VIA3a - typic	Ap - AE - Bna - Cna,sa	Haplic Solonetz Mollic Solonetz	SNh, Haplic Solonetz, SNm, Mollic Solonetz SNj, Stagnic Solonetz SNg, Gleyic Solonetz SNh, Haplic Solonetz
VIA3b - solonchak-solonetz	Ana,sa - Bsa,na - Csa,na,gg	Solic Solonetz	
VII. ANTHROPOGENIC			
VIIA. Cultivate-forming			
VIIA1. Horticols			
-----	Aanh - Aanh - C	Hortic Anthrosols	ATe, Fimic Anthrosols
VIIA2. Rigosols			
-----	A - AC - C or Aan - A/C - C	Anthropic Regosols	RGa, Anthropic Regosols
VIIIB. Industrial urbanearth			
VIIIB1. Anthrop-initial			
-----	AC - IIC2 - IIC3 -	Urbi - Anthrop Regosols	ATu, Urbic Anthrosols
VIIIB2. Anthrop-humous			
-----	Aan - AC - IIC1 - IIC2 -	Cumulic Anthrosols	ATu, Urbi Anthrosols
VIIIB3. Anthrop- pararedzinas			
-----	Aanca - C1ca - IIC2ca -	Urbi - Calcaric Regosols	Urbi - RGc, Urbi-Calcaric Regosols
VIIIB4. Anthrop-saline			
-----	Asa - Csa - Cca,sa -	Urbi - Haplic Solonchaks	Urbi - SCh, Urbi-Haplic Solonchaks

Comparison of the Polish and German Soil Classifications

Alojzy Kowalkowski¹⁾ & Marek Filipinski²⁾

Introduction

Generally the soil classifications of the Soil Science Societies of Poland and Germany are based on genetic principles with hierarchical systems of taxonomy units, which classify the soil units from the highest to the lowest taxons. There are the following categories:

Division/dział/Abteilung/
Order/rząd/Klasse/
Soil type/typ gleby/Bodentyp/
Soil subtype/podtyp gleby/Subtyp/
Soil kind/rodzaj gleby/ -/
Soil species/gatunek gleby/ -/
Variety/ - /Varietät/
Subvariety/ - /Subvarietät/

The taxonomy units can - up to the subtype - be considered as equal in their rank, although the single sections partly can show dissensions connected with different contents. Further down from soil type there are no convergences between the two classifications.

Division (dział/Abteilung)

Already in the highest taxonomy rank of the division (dział/Abteilung) there are essential conception differences, which consequently cause an increasing graduation of the features of the two classifications in the following ranks. In this highest taxonomy unit of the Polish soil classification the dominance of one, two or several (one complex) of the soil genetic factors gets that factor which determines the association of the zonal, intrazonal and azonal soil genetic processes (PSSS 1989). The main criteria of the German soil classification consequently are the conditions of water regime in the landscape (AG Boden 1994 and DBG 1985). In the Polish soil classification the geological substrate determines the lithogenic soils (I), water the semisubaqueous soils (II), water and vegetation associations the subaqueous soils, human activities the anthropogenic soils (VII). In the German classification peat soils with an autonomous genesis and autonomous material are an exception. The same is true for by percolation moulded water soils, which were put into the division „terrestrial soils“. The number of the Polish divisions is 7, the German soil classification has 4 divisions.

¹⁾Europäisches Institut für postgraduale Bildung e.V. in Kielce

²⁾Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein, Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek

The soils in the division (dział/Abteilung) lithogenic (I) and authogenic (II) soils, partly the semisubaqueous (III) and the anthropogenic (VII) soils are in accordance with the German division of „terrestrial soils“. The Polish divisions (działy/Abteilungen), partly the semi-subaqueous (III) and the anthropogenic (VII) soils correspond to the German division of semi-terrestrial soils. On the other hand the divisions (działy/Abteilungen) of the subaqueous soils (IV) and again partly the anthropogenic soils (VII) of the Polish soil classification are in accordance with the German division of the semi-subhydric and subhydric soils. A part of the hydrogenic soils (IV) of the Polish soil classification corresponds with the German division of peat soils. In the Polish soil classification the cultivated peat soils of the semihydric and subhydric soils are missing in the division (dział/Abteilung).

Analyzing the organisation and structure of the taxonomy units of the division (dział/Abteilung), it can be seen that using the water regime in the German classification is consequent with its geogenetic properties. In this regard the Polish soil classification has the character of an only partly coherent geogenetic system.

Order (rzad/Klasse)

In the following lower taxonomy unit order (rząd/Klasse) the differentiations are qualitatively and quantitatively more essential. There are, however, many gaps in both classifications, which undoubtedly have been caused by differentiated criteria of election. In the Polish soil classification it was assumed that in orders (rzędy/Klassen) soils with similar development and morphological differentiation fit in ecological interpretation, i.g. brown soils (IIB), with diagnostic horizons mollic-cambic, ochric-cambic as well as ochric-luvic-argillic, podzols (IC) with horizons umbric-albic-spodic or ochric-sideric.

In the German Soil classification the soil dynamics and morphological features like genetic horizons and their sequences, caused by the essential pedological processes, belong to the determining criteria of the division. The horizons in the soil profile are determined after morphological criteria. The soil classification unit is derived from sequence and thickness, e.g. Brown earths (B), Terrae calcis (C), „Soils with stagnic properties“ (S) and floodplain soils (A). Transition horizons in the soil profile characterize types and subtypes.

The German soil classification contains 13 orders of terrestrial soils, 3 orders of semi-terrestrial soils, 2 orders of semi-subhydric and subhydric soils and 2 orders of peat soils. In opposite, in the Polish soil classification, often not being in the same rank as the German; in the division of the lithogenic soils 2 orders, of the autogenic soils 3 orders; of the semi-hydrogenic soils 2 orders, of the hydrogenic soils 2 orders, of the alluvial and deluvial soils 2 orders, of the saline soils 1 order and of the anthropogenic soils 2 orders were eliminated.

In the Polish soil classification the following orders of the German classification are not present: Pelosols (D), Terrae calcis (C), Fersiallitic and Ferralitic Paleosols (V) and Reduktosols (K), which are differentiated in the division terrestrial soils. After the classification rules, but without soil classification assignment, in the German classification the following transition soils were summed up: *Plaggenesch-Gley* (YE-GG), *Rigosol-Vega* (YY-AB), *Rigosol-Kleimarsch* (YY-MN) which as anthropogenic soils in the semi-terrestrial environment are called semi-terrestrial Anthrosols and which are missing in the Polish soil classification.

In the German division semi-subhydric and subhydric soils the order of semi-subhydric soils with the soil type tidal-flat soils (IW) and its corresponding subtypes were selected, which until today have not been described in Poland. The division peat soils contains the order of the cultivated peat soils with *Fehnkultur*, *Sanddeckkultur* and *Sandmischkultur* in a not precisely defined taxonomy rank. Such soils can be assessed in North- or West-Poland, but they have not been elected in any

Polish soil classification yet. These soils belong to the division (dział/Abteilung) and order (rzad/Klasse) of the subaqueous post-bog soils (IVB).

In the Polish soil classification 6 orders (rzędy/Klassen) were chosen, which are not to be found in the German soil classification: Post-bog soils (IVB), black earths (IIIB), gley-podzol soils (IIIA) with gley-podzols (IIIA2) without Ah-horizon and salinic-sodic soils (VIA) of natural origin, which cover only small areas in Poland. In the German classification a part of the black earths (IIIB) became *Anmoorgley* (GM) and *Humusgley* (GGh) in the order of the gley soils (G) in the division semi-terrestrial soils. Probably the *Tschernitza* (AT) will be integrated in the black earths in the Polish soil classification, too.

Soil type (typ gleby/Bodentyp)

The most systematical differences are to be found in the classifications of soil types and subtypes. The large degree of convergence of the soil type definitions by characteristic horizons and horizon sequences is interesting, being results of specific soil genetic processes and reflecting characteristic morphologic processes of the soil profiles.

Soil type is a central unit in the Polish soil classification, which is characterized by 7 epipedons and 12 endopedons. The diagnostic horizons partly were taken from the Soil Taxonomy (1975) and completed with new diagnostic horizons, which have developed in the geographical area of Central Europe. The additional horizons for the Central European pedogenesis are: melanic, sideric, luvic and gleysodic.

Mineral, organic and subhydric horizons determine - like in the order - the soil systematical classification after horizon sequences and their combinations. Exceptions are moors and minor developed soils, which are differentiated after geogenetic features of the peat horizon (H) and the mineral subsoil (C).

Soil subtype (podtyp gleby/Subtyp)

A further convergent development in the two classifications is soil subtype (podtyp gleby/Subtyp). In the Polish soil classification this taxonomy unit was given a strict pedogenetic indicator value, connected with a possibility of applying morphological features of the in the soil type occurring main type of soil genesis with features of parallel or later occurring soil genetic processes. Typical examples are podzolized acid brown soil (IIB2b), browned soil lessivé (IIB3b) and browned rusty soil (IC1b). So besides the typical soil genetic processes with features of a soil genetic process (monogene) in the subtype soils are selected from 2 or several of these processes in the subtype soils with morphological properties.

In the German soil classification the basic subdivision of the subtype consists of quantitative criteria of the specific horizons, differentiating norm subtype, deviation subtype and transition subtype. The norm subtype has a horizon sequence in its profile, which is in accordance with the type horizon sequence and partly is in convergence with the Polish subtypes, mostly known as typic (własciwe/Norm-), e.g. typic brown soil (IB1), typic acid brown soil (IIB2a), typic soil lessivé (II3a) and typic rusty soil (IC1a) (Kowalkowski 1988). Principally the deviation-subtypes show horizons of their type with additional, from the norm-subtype deviating pedogenic properties. In transition subtypes distinct atypical properties occur in form of transition horizons, being characteristic for 2 or more types. For this kind of soil subtypes there are many units of the same rank characteristics in the Polish soil classification, e.g. chernozemic rendzina (IB3b), browned rusty soil (IC1b), mucky gley-podzol soil (IIIA1b) and browned black earth (IIIB1c). In the German classification additionally the depth of occurring hydromorphic features gets substantial for the classification.

A basic difference between the two classifications is linked with the fact that in the German classification, in the rank of the subtypes and partly of the types, too, there are - besides the indicating pedogenic features - also morphogenic and lithogenic properties considered, which are to be found in soil profiles in very different combinations. As a consequence of this assumption the soil classification in Germany is very detailed in the rank of subtypes, which is very important for practice, e.g. Pseudogley (SSn) with its subtypes: *Kalkpseudogley* (SSc), *Hangpseudogley* (SSg), *Humuspseudogley* (SSh), *Pelosol-Pseudogley* (DD-SS), *Terra-fusca-Pseudogley* (CF-SS) and others, consequently differentiated also in other soil subtypes.

Soil kind (rodzaj gleby/-)

In a relatively rigorous way morpho- and lithogenic properties were excluded in the Polish soil classification in favour of a lower unit, which was called soil kind (rodzaj gleby/-). This taxon contains more than 100 petrographic units of different geogenesis, which classify more than 600 soil genetic kinds with their pedo- and anthropogenic conversion forms. In the Polish classification the soil kinds also include inhomogenities, to which belong periglacial perstruction series in the lowlands and slope layer sequences in the hilly country and the mountains. In the German classification inhomogenities include additions and cryoturbations which can be of substantial and/or structural kind. They belong to the substrates of soil genesis, which are a united system, arranged in a geogenetic soil formation. The taxon soil kind is missing in the German soil classification.

Soil species (gatunek gleby/-)

Another differentiating feature for the two classifications in the Polish soil classification is the selection of the taxons of the soil species (gatunek gleby/-), which is characterized by particle size and its diversity in the soil profile. This property is indicating for the division (dział/Abteilung) and rzad only of lithogenic soils (I). In total in the taxonomy unit of soil species 51 units of particle size were determined.

In the German soil science particle size refers to soil kind. This unit has not yet received any taxonomy value, but it characterizes features or properties of soils.

Variety and subvariety (-/Varietät und Subvarietät)

The lowest taxonomy unit of the German soil classification is the variety, which because of qualitative features of a soil profile is divided in subvarieties. This unit differentiates a subtype after qualitative criteria or further pedogenetic features, e.g. *podsolige Braunerde* (pBB), *lessivierte Braunerde* (IBB) and *Podsol-Gley-Braunerde* (PP-GG-BB). Varieties contain subtypes with altered profiles by natural or anthropogenic factors, e.g. Ackerregosol with Ap/C-horizons as varieties of Regosols with Ah/ilC-horizons.

Substrat serie (-/Bodenform)

In the German soil classification the substrat serie (-/Bodenform) is used which is formed by correlation of substrate- and soil classification, also in the case of two different soils in a profile, when a more recent upper soil overlies an older subsoil. Substrate serie, however, is not determined as a taxonomy unit of soil classification in connection with the hierarchical classified soil classification. Corresponding units of the Polish soil classification are to be found in the taxons soil type, soil subtype and soil kind.

Convergences and discrepancies

The previous descriptions have distinctly clarified different approaches in classifying soil systematic units. In spite of these divergent ways of structuring, many equalities referring to single features can be seen. Exemplarily selected qualitative and quantitative properties shall be discussed due to their differences and equalities (see table 1 and 2).

The feature is named in the first column of the table, followed by the feature description in the German or/and Polish soil classification. The Latin numbers refer to the hierarchical taxon of the single soil classification, and 1 characterizes a division, 2 an order, 3 the soil type and 4 the subtype. Examples are given in brackets up to the subtype level.

The characteristics of soil systematical units are summed up in groups like

- water regime,
- sedimentation, genetic location,
- parent material, material properties,
- pedogenic processes and
- sustainable anthropogenic influence.

Table 2 contains

- humus content,
- carbonate content,
- thickness of the humus upper soil.

Table 1 shows that water regime as a selection criterium is more differentiated in the German soil classification. In the Polish soil classification adsorbed water, spring water as well as oxygen-rich groundwater as differentiation features are missing.

The German soil classification differentiates more distinctly referring to the locating of the sedimentation. In the Polish soil classification soils influenced by brackish water, delta flats as well as slopes as characteristics are missing.

According to parent material or material properties there are various equalities in the two soil classifications. Loamy-silty-clayey substrates as well as peat-mud-mixtures are not considered in the German soil classification, but - caused by the problematic of urban soils - reduct gases are discussed as a characteristic.

Sustainable anthropogenic influence is chosen as characteristics in both of the soil classifications, but in the Polish soil systematic ploughing and plaggen-cultivation is not considered.

As shown in table 2, there are distinct discrepancies between the two soil classifications according to quantitative features as characteristics like humus- and carbonate content as well as the thickness of the upper soil. This fact causes that units of the one soil classification can refer to different units of the other soil classification.

Considering a common use of soil scientific knowledge and co-operation across the border, an intensified alignment of the German and the Polish soil classification will be of special importance.

Table. 1: Comparison of qualitative diagnostic properties in the german and polish soil classification

by M. Filipinski, A. Kowalkowski, J. Marcinek, J. Komisarek and H.-P. Blume

	german hierarchic level (1-4)* and examples	polish hierarchic level (1-4)* and examples
water regime		
groundwater	y 2 (G)	y 2 (IIIA), 3 (IIIA1, IIIA2) 4 (IIIB1a, IIIB1b, IIIB1f)
oxidative groundwater	y 4 (GGx)	no
porched water	y 2 (S), 3 (PS)	y 3 (IIIC1), 4 (IIIB1c, IIB3d, IIB2c)
fixed water	y 3 (SH, MH)	no
spring water	y 4 (GGq, GMq, GHq)	no
duration of water influence		
long influence	y 3 (SG, GN)	y 3 (IIIC2), 4 (IIIB1a, IIIB1b, IIIB1d, IIIB1f, IIIC1b)
ground water variation	y 4 (GGw)	y 2 (IIIA), 3 (IIIC1, IIC2), 4 (IIB3e, IIIB1b, IIIB1d, IIIB1f)
place of sedimentation		
riverside	y 2 (A), 4 (GGa)	y 3 (VA1)
coast	y 2 (M), 2 (I)	y 3 (VA2)
brachish water	y 4 (IWb, MRb, MCb, MNb, MHb)	no
tide influence	y 4 (IWf, MRf, M Cf, MNf, MHf)	no
slope	y 4 (SSg, GGg, GNg, GMg, GHg)	no
parent material		
solid rock	y 3 (FF, OO, RN, RR)	y 3 (IA1, IA4, IB1)
rock fragments	y 3 (FS)	(y) 4 (IA4b, IA4c, IB1a)
loase material	y 3 (OL, RQ, RZ)	y 3 (IA2, IA5, IB2, VIIB3)
loam-silt-clay-substrate	y 2 (D), 3 (MK)	y 2 (IIIB; VB), 3 (IA3)
loess	no	y 2 (IIA), 3 (IIB3)
vulcanic ashes	y 4 (BBI)	no
salt	no	y 1 (VI), 3 (VIIB4)
humusform	no	y 3 (IIIC2, IIC3), 4 (IB1e, IB1f)
fen	y 3 (HN)	y 4 (IVA2a)
transition mire	y 4 (HNu)	y 4 (IVA2b)
raised bog	y 3 (HH)	y 4 (IVA2c)
mud/peat	no	y 3 (IVA1), 4 (IIIC2d, IVB1b)
humus layers	y 3 (MD, MO)	
lake sediment	y 2 (J)	y
reducing gases	y 3 (Reduktosol)	no
carbonat	y 3 (AZ, MC), 4 (DDc)	y 2 (IB, IIB), 3 (VIIB3)

soil formation

lessivage	y	2 (L)	y	3 (IIB3), 4 (IIB2d)
podzolation	y	2 (P)	y	3 (IIC2, IIC3, IIIA1, IIIA2)
brownification	y	2 (B)	y	3 (IIB1), 4 (IA4b, IB1d, IIA1b, IIB3b, IIB3c, VA1c, VB1c)
bioturbation	y	2 (T)	y	3 (IIA)

clay accumulation

residual	y	2 (CF)	no	
illuvial	y	2 (L)	y	3 (IIB3), 4 (IIB2d)
in form of bands	y	4 (LLb, LFb)	no	

iron accumulation

residual	y	3 (VW)	no	
illuvial	y	4 (PPe)	y	3 (IIC2, IIC3)
oxidative	y	4 (GGe)		
in form of bands				

carbonatization

pedogenic carbonatization	y	3 (TC), 4 (BBc, CFc, SSc, GGc, GMc, HNC)	no	
decarbonatization	no		y	4 (IIB1d, IIB1d)
strong humus accumulation	y	4 (BBh, PPh, SSh, AZh, GGh)		
cryoturbation	no		y	3 (IIC1)

sustainable anthropogenic influences

one times deep ploughing	y	3 (YU)	y	3 (VIIA2)
continous deep ploughing	y	3 (YY)	y	3 (VIIA2)
<i>input of organic matter</i>				
incorporation	y	3 (YO)	y	3 (VIIA1)
plaggen	y	3 (YE)	no	
translocation of humic soil				
by water and wind	y	3 (YK)	no	
by water	y	3 (YK)	y	2 (VB)
drainage	y	2 (H)	y	2 (IVB), 4 (IIB1f, IVB1a, IVB1b, IVB1c)
destruction of soil	y	2 (in discussion: cultivated peat solis)	y	4 (IVB1d)
input by sedimentation	y	3 (YK)	y	4 (IA2b, IA3b)
output by erosion	no		y	4 (IA1a, IA2a, IA2b, IA3a)

- | | |
|-----------------------------------|--------------------|
| * - hierarchic levels: | y - exist |
| 1 division (dział/Abteilung) | no - did not exist |
| 2 suborder (rzęd/Klasse) | |
| 3 soil type (type gleby/Bodentyp) | |
| 4 subtype (podtyp gleby/Subtyp) | |

Figure 1: Comparison of the polish lithogenic solis with the german terrestrial soils

	FFn	FSn	OO _n	OL _n	RN _n	OO-RN	OL-RN	BB-RN	PP-RN	RC _n	OL-RQ	BB-RQ	PP-RQ	SS-RQ	GG-RQ	GGi-RQ	RR _n	OO-RR	OL-RR	BB-RR	CF-RR	GG-RR	RZ _n	OO-RZ	OL-RZ	BB-RZ	SS-RZ	GG-RZ	
IA1a	x																												
IA1b	x																												
IA2a			x							x																			
IA2b			x																										
IA3a																													o
IA3b																													o
IA4a					X	x	x																						
IA4b								X																					
IA4c									X																				
IA5a																													o
IB1a																	X	X	x										o
IB1b																X													
IB1c																													o
IB1d																				X									o
IB1e																													o
IB1f																													o
IB2a																													o
IB2b																							X						o
IB2c																									X				o
		O		O							O	O	O	O	O	O						O	O		O	O		O	O

- X strong correlation
- x loose correlation
- O no subunits in the polish soil classification
- o no subunits in the german soil classification

Figure 2: Comparison of the polish authogenic soils with the german terrestrial soils

	BBn	BBc	BBh	BBi	RN-BB	RQ-BB	RR-BB	RZ-BB	BB-DD	LL-BB	PP-BB	SS-BB	GG-BB	LLn	LLd	TT-LL	BB-LL	PP-LL	SS-LL	GG-LL	LFn	BB-LF	PP-LF	SS-LF	GG-LF	PPn	PPe	PPh	BB-PP	LL-PP	SS-PP	GG-PP	H-PP	YK-PP	YE-PP	P-Sn	
IIB1a	X																																				
IIB1b			X																																		
IIB1c												x	x																								
IIB1d																																				o	
IIB2a																																				o	
IIB2b																																				o	
IIB2c																																				o	
IIB3a																						X															
IIB3b																							X														
IIB3c																								X													
IIB3d																									X												
IIB3e																									X												
IIB3f																																				o	
IIB3g																																				o	
IIC1a																																				o	
IIC1b																																				o	
IIC1c																																				o	
IIC2a																										X	x	x								o	
IIC3																																				o	
IIIA1a																																				X	o
IIIA1b																																				o	
IIIA1c																																				X	o
IIIA2a																																				o	
		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	

- X strong correlation
- x loose correlation
- O no subunits in the polish soil classification
- o no subunits in the german soil classification

Table. 2: Comparison of quantitative diagnostic properties in the german and polish soil classification

by M. Filipinski, A. Kowalkowski, J. Marcinek, J. Komisarek and H.-P. Blume

	german hierarchical level (1-4)* and examples	polish hierarchical level (1-4)* and examples
content of carbonates		
< 2 %	y 3 (RQ, RN, AQ)	y 2 (IA, IIC, IIIA), 3 (IIB2)
< 15 %	no	y 2 (III), 4 (IB2a, IB2b)
> 5 %	no	y 3 (VIIB3), 4 (IB1d)
2 - 75 %	y 3 (RZ, AZ)	y 2 (IB)
> 75 %	y 3 (RR)	y 2 (IB)
thickness of humic epipedon/peat layer		
no horizons	y 2 (F)	no 3 (IIIC3, VIIIB1), 4 (IB1f)
discontinuous	y 1 (O), 2 (AO)	no
< 10 cm	no	y 3 (IA1), 4 (IB1a, IB1b, IB2a)
> 10	y 4 (SSm, SGm)	no
10 - 30 cm	no	y 3 (IA4, IA5), 4 (IB1b)
< 25 cm	no	y 4 (IB2b, IB2c)
2 - 40 cm	y 2 (R)	no
< 30 cm	y 3 (GH), 4 (H-PP, SGo)	y 3 (IVB2), 4 (IIIC2c, IIIC2d, VA1b)
> 40 cm	y 2 (T), 3 (YK, YO, YY, YU, AT, AB)	y 3 (IIA, VIIA), 4 (IIIB1b)
> 40 cm	y 4 (BBh, SSh, SHh, GGh)	no
> 30 cm	y 1 (H)	y 2 (IIIB, IVA), 3 (IVB1)
humus content		
0 - 1 %	y 2 (OL), 2 (AO)	no
0 - 3%	no	y 3 (IIIB1), 4 (IB1b, IB1d)
3 - 6 %	no	y
6 - 10 %	no	y
3 - 10 %	no	y 4 (IVB2c)
10 - 20 %	no	y 4 (IIIC2b, IIIC2c, IIIC2d)
1 - 15 %	y other mineral soils	no
15 - 30 %	y 3 (GM), 4 (SSm, SGm)	no
10 - 20 %	no	y 4 (IIIC2b)
> 20 %	no	y 2 (IVA), 4 (IIIC2c, IVB1a, IVB1b, IVB1c, IVB2a, IVB2b)
> 30 %	y 1 (H), 3 (GH, MO) 4 (SGo, H-PP)	no
5 - 6 %	no	y

* - hierarchic levels:

- 1 division (dział/Abteilung)
- 2 suborder (rzęd/Klasse)
- 3 soil type (typ gleby/Bodentyp)
- 4 subtype (podtyp gleby/Subtyp)

y - exist
no - did not exist

Conclusion

Examples of convergencies and discrepancies of the soil classifications of Poland and Germany are distinctly to be seen by examples of terrestrial and lithogenic soils as well as of autogenic soils (see figure 1 and 2). As a summary of this article we can conclude that there are realistic possibilities for an approach and bilateral understanding. Basic conditions are further paleo-geographical and modern environmental development conditions in wide areas of Central Europe.

Literature

- AG Boden (1994): *Bodenkundliche Kartieranleitung*. 4. ed., Hannover, 1-392
- (DBG) (Arbeitskreis für Bodensystematik der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft) (1985): *Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland*. Kurzfassung. Mitt. Dt. Bdkl. Ges., 44, 1-90
- PSSS (Commission V of the PSSS) (1989): *Classification of Poland's soils*. *Roczniki Glebonawcze* 40/3/4:1-150
- Kowalkowski, A. (1988): *Age and genesis of soils*. In: L. Starkel (ed.): *Changes of the geographic environment in Poland* (in polish Ossolineum). Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk-Lódź, 127-139
- Soil Taxonomy (1975): *A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Soil Survey Staff, Washington, 1-754

Landscapes of Northeastern Germany

Claus Dalchow & Hans-Rudolf Bork

Location of the excursion area

The excursion area (fig. 1, about 10.000 km²) is situated in the extreme northeastern part of Germany within the states of Mecklenburg-Vorpommern and Brandenburg. To the north it is delineated by the mouth of the River Oder/Odra and to the east by the Polish-German border (which mainly coincides with the River Oder/Odra). The southern and western margin is given by the latitude and longitude of Berlin. By this, the Centre of Agricultural Landscape and Land Use Research (ZALF) at Müncheberg is located at the southern limitation of the excursion area.

Drainage Situation

The excursion area mainly contributes to the Baltic Sea (80%). The River Ücker, discharging into the mouth of the River Oder/Odra, drains the northern section ("Uckermark") whereas the southeastern section is drained by numerous riverlets contributing to the River Oder/Odra. The remaining area (20%) discharges to the North Sea by the rivers of Havel and Spree (both tributaries of the River Elbe). However, considerable but widely scattered portions *within* these main drainage areas are depressions without exterior drainage.

Climate

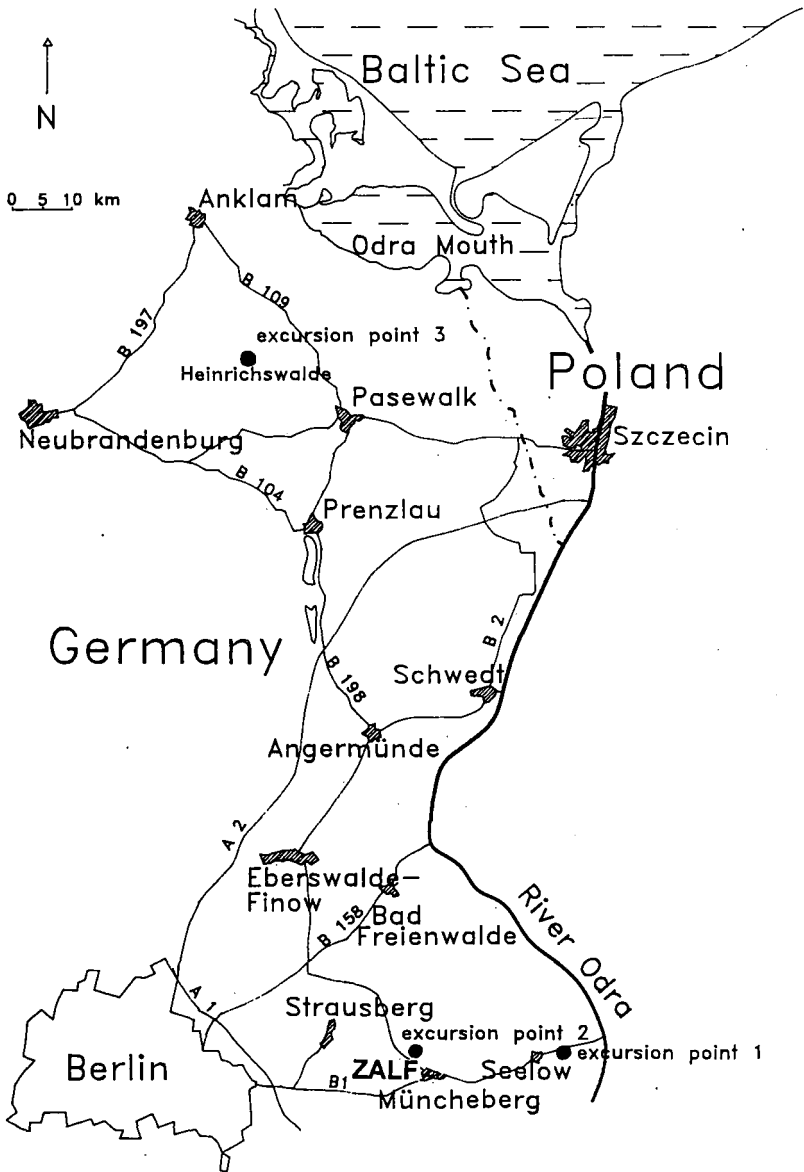
The climate of the excursion area shows transition characteristics between suboceanic and subcontinental inland climate. In more detail, the vicinity of the Baltic Sea differentiates the climate along a NW-SE gradient with lowest mean annual temperatures (7,9°C) and highest annual precipitation (550 mm) in the northwest and highest mean annual temperatures (8,6°C) and lowest annual precipitation (470 mm) in the southeast (fig. 2). In addition to this extreme low precipitation (related to German conditions), common spring droughts and wintery frost without snow cover also cause problems of agrarian land use.

Geomorphological units

Although there is a general slight northward decline of the excursion area to the shore of the Baltic Sea, the more dominant morphographic structure is given by the interchange of plateaus ("Platten"; 40 to 90 m a.s.l.) with wide valleys (4 to 40 m a.s.l.). On top of the plateaus there are hills, combined with gentle ridges up to about 180 m a.s.l. (fig. 3 and 4).

The main plateaus in the south are the "Lebuser Hochfläche" and the "Barnim-Platte", separated by the valley and basin system of the "Buckower Rinne". The broadest, partially lowest and at the same time most hilly section in the center of this system coincides with the area of the natural reserve "Märkische Schweiz". To the north and east both plateaus end at a valley system which is very broad and low-leveled at the "Oderbruch" and continuing at a smaller size and higher level as "Eberswalder Talung".

Further north, the extended plateau of the "Uckermark" dominates the excursion area. The very northern margin is a lowland almost at sea level ("Ückermünder Heide"). Although it is partly flooded by the recent sea level, genetically it also belongs to the regionally common type of large valley systems.



Legend

Excursion point 1 consists of Profile 1 Oderbruch

Excursion point 2 consists of the Profile 2 Bäckerweg Upper Slope
Profile 3 Bäckerweg Middle Slope
Profile 4 Bäckerweg Slope Basis

Excursion point 3 two profiles

Fig. 1: Northeast Germany-exkurson area and location of excursion points

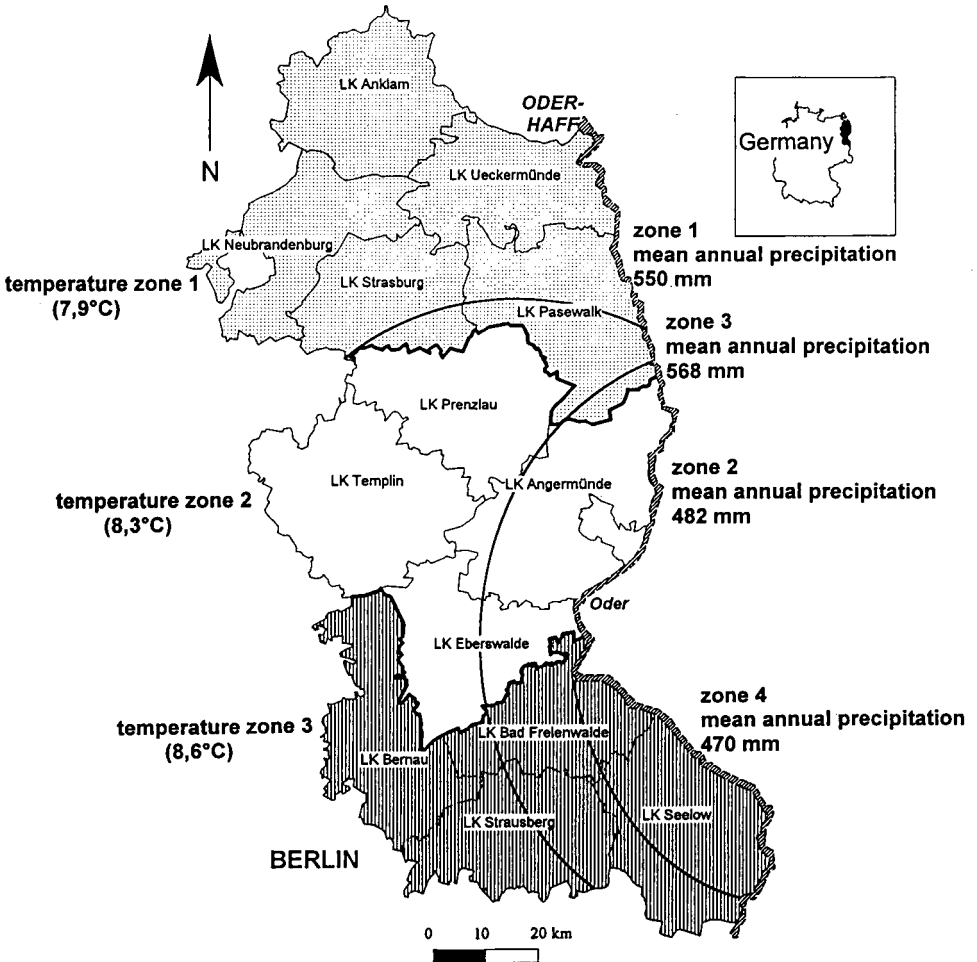


Fig. 2: Climatic characterization of Northeast Germany (LK = county)

Natural reserve areas

Main natural reserve areas cover wide parts of Northeastern Germany: National Park "Unteres Odertal, Biosphere Reserve "Schorfheide/Chorin" and several natural parks.

Geology

Pleistocene

Almost all of the geological parent material in the area is of late pleistocene origin. The last Weichselian glaciation covered the whole excursion area and left all characteristic features of moraine deposits, as there are basic moraines, front moraines, outwash plains and meltwater channels. The sediments of all pleistocene glaciations sum up to 70 m of moraine deposit cover in average. Locally the ice pushed up pre-pleistocene sands, clays and even lignite. At one isolated location (Rüdersdorf) a anticline structure of cretaceous rock reaches the surface.

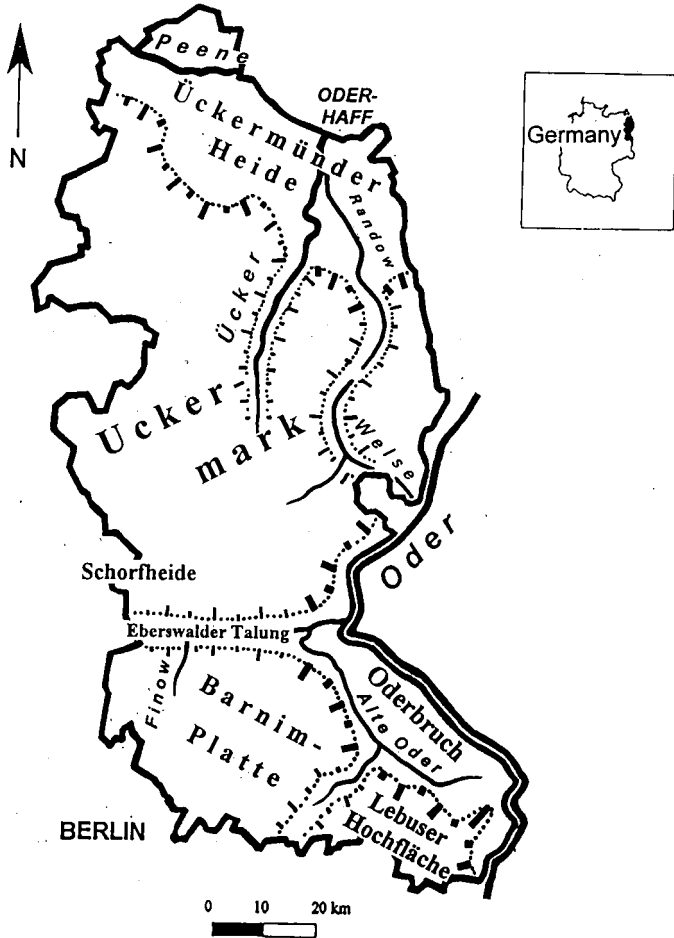


Fig. 3: Geomorphological units of Northeast Germany: plateaus and valley systems

Sandy sediments dominate on the plateaus of the south. They derive from a sandy facies of basic moraine topped by cover sands and from the sands of elongated outwash plains. The plateaus, often covered with sandy sediments, are generally termed basic moraine plateaus ("Grundmoränenplatten"). Broad valley systems incised in these plains.

These valley systems generated as glacial meltwater channels ("Urstromtäler") and are also dominated by sandy channelbed and terrace sediments. A major exception however is the "Oderbruch". Its fluvio-glacial sands are completely covered by holocene loamy floodplain sediments of the River Oder/Odra which finally became controlled by *lâves* and completely agriculturally-used 250 years ago. Also, the "Oderbruch" makes an exception regarding its orientation and width, which leads to the assumption of a more complex genesis before it became part of the continuous meltwater channel system.

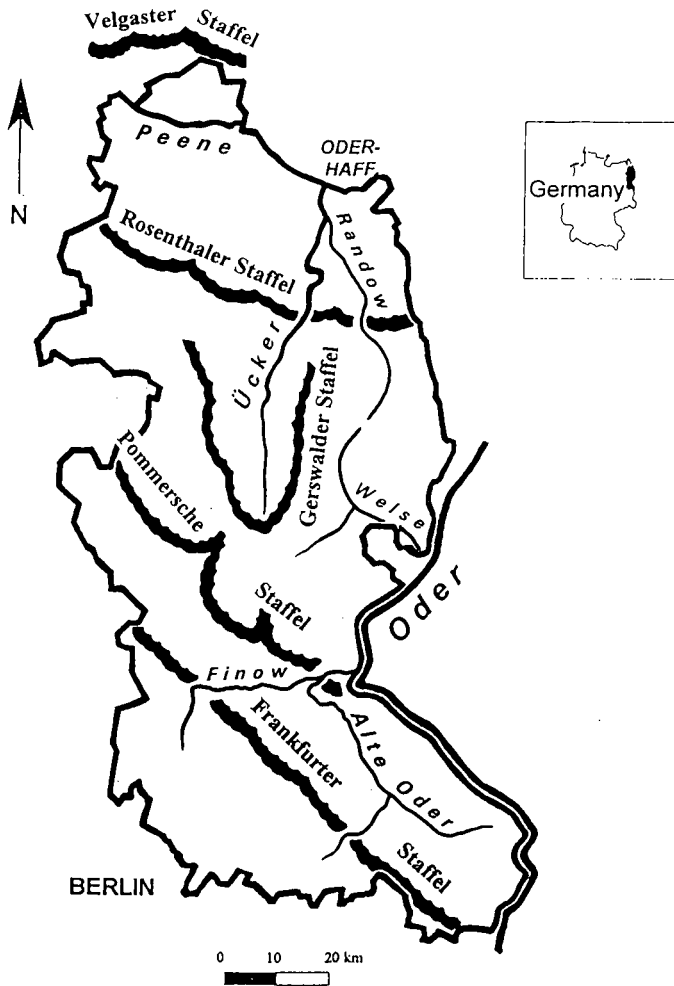


Fig. 4: Geomorphological units of Northeast Germany: front moraine ridges and main rivers

In contrast to the southern part of the excursion area the plateau of the Uckermark shows a more clayey and hummocky facies of basic moraine. It is subdivided by one small meltwater channel segment along the recent riverlets Randow and Welse, and by the River Ucker, which, as a direct tributary to the Baltic Sea, incised deeper than other rivers with more elevated base levels.

Besides basic moraine plateaus and meltwater channels the front moraines on top of the plateaus, although not always forming continuous ridges, are of morphogenetic significance. Generally they show a NW-SE orientation (fig. 4). The eldest stadium ("Staffel") of the area is the "Frankfurtian stadium" (approx. 18.000 ybp), the youngest the "Velgaster Staffel" (approx. 13.000 ybp). The most pronounced front moraine derives from the "Pomeranian stadium" (approx. 16.000 ybp) and makes the southern margin of the Uckermark a specific hilly

area with one extraordinary extended outwash plain ("Schorfheide", fig. 3) related to this front moraine.

Common smaller features of glacial origin are depressions derived from buried stagnant ice. They often considerably increased the relief by thawing after locally the periglacial activity had ceased. These thawing depressions largely vary in size, but very often are smaller than one hectare and show a water-filled pothole ("Soll") in their center. Other, more complex forms like water-filled chains of elongated depressions ("Rinnenseen") are of subglacial fluvial origin, but also prevailed the periglacial surface levelling by being filled with stagnant ice.

Also there are water-filled depressions directly formed by subglacial erosion or dammed by moraine sediments. All these features express the geological young age of the landscape.

During periglacial conditions surface runoff on frozen, impermeable soil generated small, but well developed valleys, which under recent conditions are without any surface water. Those dry valleys are widely spread along the steep edges of the morainic plateaus, especially down to the "Oderbruch" and at the banks of the lower River Oder/Odra.

Holocene

Holocene peat development is characterizing some areas of the very level meltwater channels. Also, during Holocene, decalcification of the basic and front moraine sediment (boulder clay) generated a surface layer (about 1 m) of carbonate-free moarine.

At the outwash plains dune development proves holocene activity, mostly induced by anthropogenic deforestation.

Man-induced erosion caused lowering of the small local hilltops of 30 to 60 cm in average and at the same time accumulation of humic colluvial sediments at the local depressions. At several steep slopes gullies cut in during medieval and modern times. Accelerated soil erosion characterizes the last decades.

Finally, besides deforestation and agrarian land use the second main impact on the natural conditions was the management of surface water resources. Starting at late medieval times, a growing number of mills along the rivers caused water retardation which locally increased growth of peat.

During the last three centuries increased channel construction, having excellent preconditions by the network of glacial meltwater valleys, modified numerous valleys and rivers.

By the 18th century the groundwater table was generally lowered by growing amelioration activities. Up to now almost all peat areas are drained and cultivated. Within the large valley systems more than 10%, locally about 30% of the agriculturally used area is ameliorated peat land.

Soils

The high portion of sandy sediments widely caused the development of Cambisols and Luvisols. Podzols are rare in the excursion area because of the low precipitation. Despite of this partially dry conditions, the numerous depressions induced the development of Histosols and Gleysols. Due to the young, very heterogenic relief, semiterrestrial and anhydromorphic soils are indented at small scale. At the front moraines with often pushed up materials, small scale parent material variation is another cause for high spatial soil variability. Soil Erosion and deposition of colluvial materials modified the preexisting pattern of soil types by increasing the differentiation between local hilltops (cutting of A- and B-horizons) and depressions (burying

the primary soils).

On the very sandy southern sections of both southern basic moraine plateaus there are Podzoluvisols, Cambisols and Luvisols, the latter ones often with Bt-strips. The northern, partially more loamy sections of both plateaus additionally show Regosols and Calcaric Regosols.

Similar soil type patterns are present at the southern "Uckermark", the ridges of the Pomeranian stadium and at the "Schorfheide", whereas further northward at the center of the loamy "Uckermark", Stagnic Gleyic Luvisols are common and Luvisols partially show transitions to Chernozems.

In the broad valley systems Eutric Histosols, although strongly degraded by landuse and gleysols are frequent. On higher positions within these valleys (on terraces and also at parts of the "Ückermünder Heide") Podzols and Leptic Podzols have developed. The medium levels of the "Ückermünder Heide" also show Podzols and Gleyic Podzols. Along the Valley of the River Oder/Odra and to greater extend all over the "Oderbruch", Fluvisols mixed with Gleysols have developed related to the holocene floodplain sediments.

Land use

On the basic moraine plateaus the arable land is dominating. However, extended pinus forests are situated on the southern outwash plain sections of the plateaus "Lebuser Hochfläche" and "Barnim-Platte" as well as at the great continuous outwash plain "Schorfheide". Deciduous forests are grown on the pronounced parts of the front moraine ridges, whereas the lower front moraine areas are also used agriculturally.

The low and moist parts of the valley systems are used as grassland, but on less moist areas of the valleys large pinus stands are dominating. They also cover almost all of the "Ückermünder Heide". The "Oderbruch", without any forest, is intensively used agriculturally.

The most fertile soils are situated in the "Oderbruch" and in the central "Uckermark", where consequently forests are rare. The least fertile soils coincide with the extended pine forests of the "Schorfheide" and the "Ückermünder Heide". With the exception of the "Oderbruch" and the central "Uckermark", due to soil, sediment and climate conditions, the excursion area has to be considered as badly preconditioned for arable land use. This also is expressed by a forest portion of 30%.

As an example of the ecological impact of agrarian land use the nitrogen leaching computed by the Centre of Agricultural Landscape and Land Use Research for the year 1992 is shown on fig. 5. In the northern part of the excursion area the leaching rates do highly correlate with the intensity of land use.

In the southern part, however, soil conditions are the governing factor for regional differentiation of leaching rates. The sandy sections, although not completely in agrarian use, show high leaching rates due to low absorption capacity, whereas the "Oderbruch", although intensively used as arable land, has considerable low rates. Thus it appears to be an ecologically as well as economically highly acceptable agrarian region.

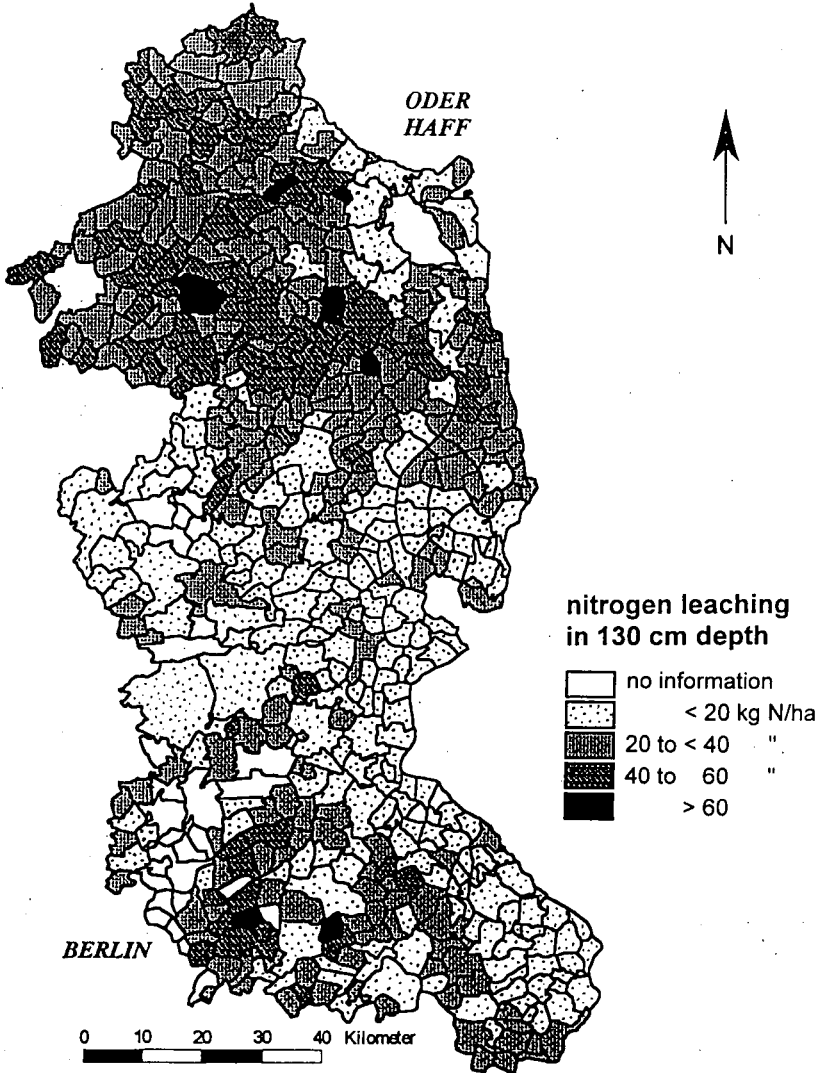


Fig. 5: Mean annual nitrogen leaching
(computed for 1992 by K.C. Kersebaum, ZALF, Inst. of Landscape Modelling)

References

BORK, H.-R. (1994): Soil erosion during the younger Holocene in Germany. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu 266, Melioracje i Inzynieria Srodowiska 14: 7-19. Poznan.

BORK, H.-R., DALCHOW, C. & FRIELINGHAUS, M. (1994): Exkursionsführer Nordostdeutschland und Westpolen zu den DBG-Tagungen der Kommissionen V u. VI. -

ZALF-Bericht 14: 187 S. Müncheberg.

BORK, H.-R., C. DALCHOW, H. KÄCHELE, H.-P. PIORR & K.-O. WENKEL (1995): Agrarlandschaftswandel in Nordost-Deutschland unter veränderten Rahmenbedingungen: ökologische und ökonomische Konsequenzen: 418 S.; Berlin (Ernst & Sohn).

DALCHOW, C. (1995): Untersuchungsraum.- In: BORK, H.-R., C. DALCHOW, H. KÄCHELE, H.-P. PIORR & K.-O. WENKEL: Agrarlandschaftswandel in Nordost-Deutschland unter veränderten Rahmenbedingungen: 12-37 Berlin (Ernst & Sohn).

DALCHOW, C., H.-R. BORK, K. CH. KERSEBAUM, H.-P. PIORR & K.-O. WENKEL (1995): Agro-Landscape Changes in North-East Germany - Ecological and Socioeconomic Consequences. - Archives of Nature Conservation and Landscape Research 34: 1-15; Basel (harwood academic publishers).

DALCHOW, C., H.-R. BORK & K. CH. KERSEBAUM (1997): Landschaftsökologische Forschung des Zentrums für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung in Müncheberg (Brandenburg). - AURA; Warschau (in print).

KERSEBAUM, K.C., W. MIRSCHEL & K.-O. WENKEL (1995): Wasser-, Stoff- und Energieflüsse: Landschaftsindikator Stickstoff. - In: BORK, H.-R., C. DALCHOW, H. KÄCHELE, H.-P. PIORR & K.-O. WENKEL: Agrarlandschaftswandel in Nordost-Deutschland unter veränderten Rahmenbedingungen: 166-202; Berlin (Ernst & Sohn).

Further references and informations about the Centre of Agricultural Landscape and Land Use Research (ZALF) on internet: <http://www.zalf.de/>

The Soil and Sediment Profile Backerweg in the Natural Reserve "Markische Schweiz", East-Brandenburg, Germany

Hans-Rudolf Bork, Claus Dalchow, Thomas Schatz, Monika Frielinghaus,
Axel Hohn & Rolf Schmidt

Location

A pit exposing an extended soil and sediment profile near the small village Dahmsdorf is situated in the young pleistocene glacial deposition landscape of Northeastern Germany. More precisely, with its position 60 km East of Berlin (and in the Northern vicinity of the town of Muncheberg), the profile lies within the moraine sediments of the youngest (Weichselian) glaciation.

Climate

The average annual rainfall at the station Muncheberg near the southern margin of the Natural Reserve Markische Schweiz amounts to 527 mm. The longterm average of the temperature averages is 8.2^o C.

General glaciostatigraphic position

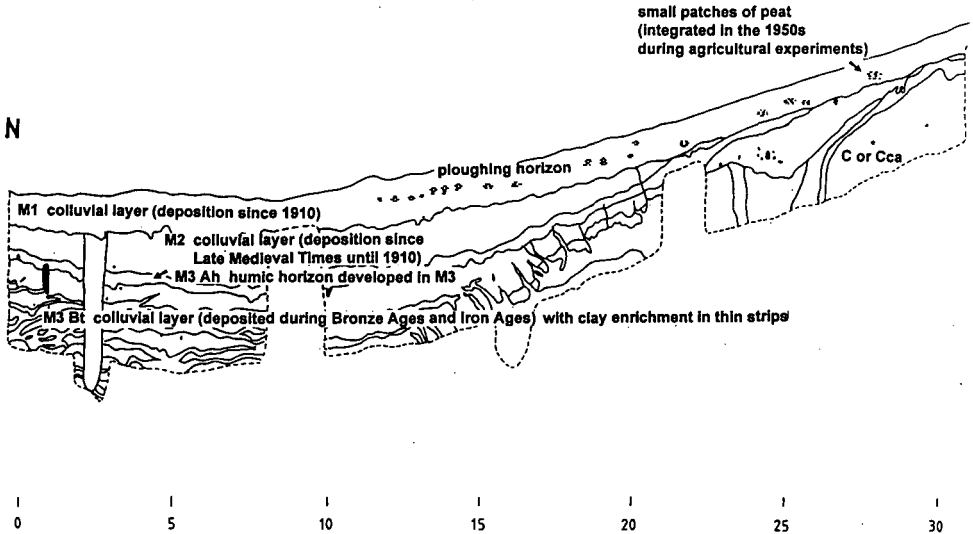
After the Southernmost Weichselian ice margin at the Brandenburg (*Leszno*) Stadium (approx. 20.000 ybp), the melting back of the ice front stopped and even advanced (pushed forward) a little bit to the Frankfurtian (*Poznań*) Stadium (approx. 18.000 ybp) nearly 3 kilometers north of the profile Backerweg. Therefore, the morphogenetic position of the profile (according to the concept of the glacial series) is the ground moraine area of the Brandenburg stadium, but almost in contact to the younger (Frankfurtian) terminal moraine.

Specific morphogenetic settings

However, there are at least three exceptions from the ideal concept of the glacial series affecting the location of the profile. First, the Frankfurtian front moraine, as in numerous other places, too, shows no geomorphic pronounciation at its segment close to the profile. This confuses the specific relation of the profile to the pleistocene impacts of the Frankfurtian ice margin. Second, the sands of the Frankfurtian outwash plains do not cover a contiguous belt south of the front moraine but are (due to specific relief conditions) restricted to elongated sand strips, leaving the profile area uncovered. Third, one kilometer north of the profile position there is a glacial meltwater channel of regional order (related to the Pommeranian Stadium, approx. 15.000 ybp) connecting the main meltwater channels in the northern and southern vicinity. This meltwater channel of regional order (Buckower Rinne) divides the local moraine plateau by a considerable incision (including the intersectional cutting of the Frankfurtian terminal moraine north of the profile). Buried stagnant ice caused a considerable overdeepening in the central part (Markische Schweiz) of this meltwater channel after thawing. Also further fluvial downcutting within the primarily fluvio-glacial channel pronounced the difference in altitude to the neighbouring moraine plateaus.

Profile position related to local relief and processes

North of the railway station Muncheberg-Dahmsdorf a pit with a length of 61 m and an average depth of 1.5 to 3 m was opened along the catena Backerweg. In local detail, the profile is a downslope intersection at a north oriented slope transmitting from the level of the moraine



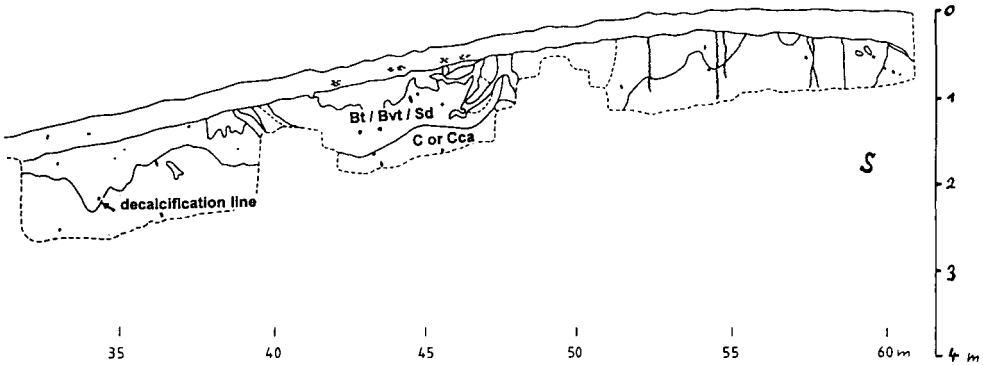
eastwards to the deeply incised segment of the meltwater channel (Märkische Schweiz). Since the profile is close to the valleyhead the local slope covers a height difference of only 5 Meters. Also artificial terrain elements associated with a railroad track nowadays interrupt the continuity of the valleybottom downward.

Due to the position in front of the Frankfurterian ice margin which performed some readvance, pushing movements as well as glaciofluvial impacts may have affected the profile site. Also, as the genesis of the meltwater channel and its further deepening definitely occurred after the deposition of the Brandenburgian and even of the Frankfurterian moraine sediments, a partial incision (with cut and maybe some fill processes) of a primarily more level deposition surface can be assumed at the profile position. Finally, the area was subject to periglacial processes as the ice margin retreated to its more northern stadiums.

The chronology

Alltogether ten periods of surface changes, sedimentation, soil development and human activity can be identified at the catena Bäckerweg:

1. Fluvioglacial deposition of sand layers, exposed in the recent valley bottom. (early Weichselian?)
2. Deposition of ground moraine upon the fluvioglacial sand layers during the coldest period of the Weichselian (Brandenburgian Stadium)
3. Deposition of gravel at the recent divide and deposition of sand with gravel in a shallow gully that cut in at the recent midslope parallel to the recent contour near the edge of the glacier at the end of the coldest period of the Weichselian.
4. Krypturbation and solifluction at midslope during the Late Glacial.



Hans-Rudolf Bork, Thomas Schatz
& Claus Dalchow
ZALF Müncheberg 1997

Sediment-Soil-Sequence Bäckerweg (Dahmsdorf, Eastern Part of Brandenburg, Germany)

5. Development of soils under natural forstes during early Holocene.
6. Clearings of forests, agricultural land use and slight sheet erosion during Bronze and Iron Ages.
7. End of agricultural land use and development of soils under forests. Pedogenetic processes identified for this period (approx. 2000 ybp til 700 ybp): humification, decalcification, and - at some parts of the slope - clay transport. The clay moved preferentially in the vertical direction in the ground moraine and laterally in the sandy sediments. Thus the thickness of a B-horizon enriched with clay which developed in the ground moraine below the sandy midslope gully filling varies from about 20 cm at the margin to more than 100 cm at the bottom of the sand lense.
8. Clearing of the forests and agricultural land use. Slight to moderate sheet erosion occurred due to pottery datings from late Medieval Times til the beginning of the 20th century. Colluvial sediments were deposited downslope in an average thickness of 73 cm.
9. A drainage sytem was established near the valley bottom in early 20th century. A small drainage channel with a depth of more than two meters was filled by man with soil material of the neighbourhood after installing a pipe.
10. Accelerated soil erosion caused the deposition of the youngest colluvial layer upon the surface of the filled drainage channel in the valley bottom.

The soil erosion balances

At the catena Bäckerweg soil erosion balances were calculated for three periods of land use: first the Bronze and Iron Ages, second the late Medieval and Modern Times, and third the

20th century. The calculations are based on the extended exposure, in which colluvial deposits of the three periods mentioned could be identified, dated, and analyzed. The volumes of the three layers of the colluvial sequence were determined. During the Bronze and Iron Ages in the longterm average about 5 tons of soil were eroded on the upper and middle part of the slope per hectare and year. More than 90% of the material eroded was deposited downslope and in the neighbouring valley bottom. An average of 8 tons per hectare and year was eroded during the late Middle and Modern Ages before the 20th century. Since the early 20th century soil erosion rates increased significantly due to changes of the landscape structure and the land use: an average of 29 tons per hectare and year was calculated for the youngest period of land use. Thus the erosion rates nearly doubled from the first period of land use investigated to the second, late Medieval and Modern Times. Since then the rate tripled.

In average upslope and midslope areas that were affected by erosion were lowered by 50 cm during the last 700 years. The first period of land use under investigation, the Bronze and Iron Ages, were characterized by another 45 cm of lowering of the soil surface due to sheet erosion.

Representative Soils of North-Eastern Germany

D. Kühn¹⁾, U. Razke²⁾ and W. Schmidt³⁾

1) Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

2) Geologischen Landesamt Mecklenburg-Vorpommern

3) Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg

Profile "Oderbruch - Experimental Station Seelow"

Location:	4 km east of Seelow, immediately south of the country road to Küstrin	topograph. map:	3450
		Rechtswert:	5462410
		Hochwert:	5823330
Climate:	inland climate of Southern Brandenburgia, with strong continental characteristics	precipitation(mm/a):	434
		air temp. (ann. average., °C):	8.7
Parent rock:	holozoen warp clay		
Relief:	flood plain	slope (degrees):	0
		aspect:	
		altitude (m a. S.L.):	7.7
Groundwaterdepth:	mean 1,1m		
Actual land use:	garden (related to the experimental station)		

Classification:

Soil form (KA 4):	Vega-Gley from Fluvioclay above Fluvisilt (derived from silty-clayey river plain sediments)
Soil unit (FAO):	Humic Gleysol
Soil unit (Poland):	VA1b(gg)

described by: D. Kühn, LGR Brandenburg

sampled by: ZALF e.V. Müncheberg, Institut für Soil Landscape Research

Profile description:

	horizon	depth (cm)	characteristics
1	aM-rAp (Ap)	-20	black (2.5Y2/0), strong silty clay (Tu4), strongly humose, decarbonated, slightly moist, subangular blocky structure, many roots, clear boundary of the horizon
2	aM-Gol (A2gg)	-43	very dark greyish brown to very dark grey (2.5Y3/2 - 5Y3/1), common silty clay (Tu3), slightly humose, decarbonated, slightly moist, many light oxidized veins, subangular blocky structure, very few roots, wavy, diffuse boundary of the horizon
3	aM-Go2 (IIAC3)	-65	very dark greyish brown to dark olive brown (2.5Y3/2 - 2.5Y3/3), common silty clay (Tu3), slightly humose, decarbonated, moist, many rusty, subangular blocky structure, very few roots, wavy, diffuse boundary of the horizon
4	IlaM-Gor (IIAC4)	-110	very dark greyish brown (2.5Y3/2), strong clayic silt (Ut4), moderately humose, decarbonated, wet, many light rusty, mottles, coherent structure, very few roots density

Interpretation:

Although in the Oderbruch level differences are very small, they strongly effect the soil characteristics. The level differences derive from former meanders of the River Odra. The distribution of substratum types is also strongly determined by former river bed positions. The profile is situated in a very shallow depression. The strata indicate decreasing flowing velocity during accumulation at the site as well as in close vicinity. Frequent flooding of this depression caused stillwater sedimentation of silty to calyey material.

No	depth cm	sto. %	texture in % of humus-/carb. free fine soil					sand			silt			clay
			c	m	f	Σ	c	m	f	Σ				
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	0-20	0	5.2	5.0	3.7	13.9	6.2	18.6	11.5	36.3	49.8			
2	-43	0	3.8	1.1	2.6	7.5	11.7	16.2	11.0	38.9	53.6			
3.1	-55	0	4.9	4.1	4.9	13.9	11.0	14.6	15.0	40.6	49.0			
3.2	-65	0	7.1	1.0	4.6	12.7	6.6	16.0	15.1	37.7	49.6			
4.1	-95	0	8.0	12.6	15.0	35.6	11.8	15.4	11.0	38.2	26.2			
4.2	-110	0	2.5	9.0	79.2	90.7	1.5	2.3	2.2	6.0	3.3			
4.3	120-150	0	15.5	2.0	2.4	109.9	1.0	19.2	15.8	36.0	44.1			

No	depth cm	kf ho. cm/d	ve. cm/d	bulk dens. g/cm ³	GPV %	water content in %					P _{DL} mg/kg
						at pF					
						0.6	1.8	2.5	4.2		
1	3	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	0-20	48	110	1.23	51.5					133	
2	-43	28	150	1.22	54.3		51.3			25	
3.1	-55	170	100	1.08	58.0		54.5			199	
3.2	-65	0.1	190	1.14	56.3		54.3			49	
4.1	-95	0.1	7.0	1.24	51.0		49.1			147	
4.2	-110	52	3.0							47	
4.3	120-150	0.1	7.0	0.91	64.7		62.4			106	

No	depth cm	H pH CaCl ₂	C _{org} %	N _i mg/g	C:N	carbo- nate %	CEC S meq/kg	S	BS %	K _{DL} mg/kg	M _{gDL} mg/kg
1	3	23	24	25	26	27	28	29	30	35	36
1	0-20	6.4	2.39	1.74	14	0	365	328	90	145	221
2	-43	6.5	0.83	0.84	10	0	377	331	88	158	208
3.1	-55	6.7	0.97	0.94	10	0	395	340	86	173	230
3.2	-65	6.4	1.79	1.72	9	0	371	339	91	208	260
4.1	-95	6.5	1.48	0.96	15	0				112	222
4.2	-110	5.9	0.16	0.12	13	0	192	154	80	4	46
4.3	120-150	5.5	2.63	1.98	13	0				147	313

DL : extraction w. 0.02M Ca-lactat+0.02MHCl, 1:50, pH 3.7

The capillary potential of the silty to clayey material provides a very good water supply of crops, even though the groundwater table in most times has a depth of more than 4 dm. Because of the high portion of fine material and the content of humic substances up to great depth the sorption capacity is high. The cultivation of these soils shows problems and is possible only at times of a specific soil moisture.

Profile "Bäckerweg" Upper Slope

Location: 4 km northwest of Müncheberg topograph. map: 3450
0.5 km southwest of the village of Dahmsdorf Rechtswert: 5439130
Hochwert: 5821955

Climate: inland climate of Southern Brandenburgia, precipitation(mm/a): 527
with strong continental characteristics air temp. (ann. average., °C): 8.2

Parent rock: weichselian marly till with remnants of covering sand

Relief: upper slope of small enolgated hill slope (degrees): 3
aspect: north
altitude (m a. S.L.): 62.5

Actual land use: fallow (laid off arable land)

Classification:

Soil form (KA 4): Pararendzina in stony carbonatic sand above carbonatic moraine loam (till)
(derived from boulder clay)
Soil unit (FAO): Calcaric Regosol
Soil unit (Poland): IB2b

described by: D. Kühn, LGR Brandenburg
sampled by: ZALF e. V. Müncheberg, Institute for Soil Landscape Research

Profile description:

horizon (polish)	depth (cm)	characteristics
1 eAp (Ap)	0 - 35	dark yellowish brown (10YR4/4), slight loamy sand (SI2), very few stones, slightly humose, moderatly calcareous, lightly moist, average portion of patches of elCc material and high portion of Bt-material, crumb to subangular structure, many roots, abrupt boundary of the horizon
2 IIelCc (IIcCa)	- 200	yellowish brown (10YR5/4), strong loamy sand (SI4), very few stones, not humose, strongly calcareous, moist, carbonatic fillings of cracks, angular blocky structure, very few roots

Interpretation:

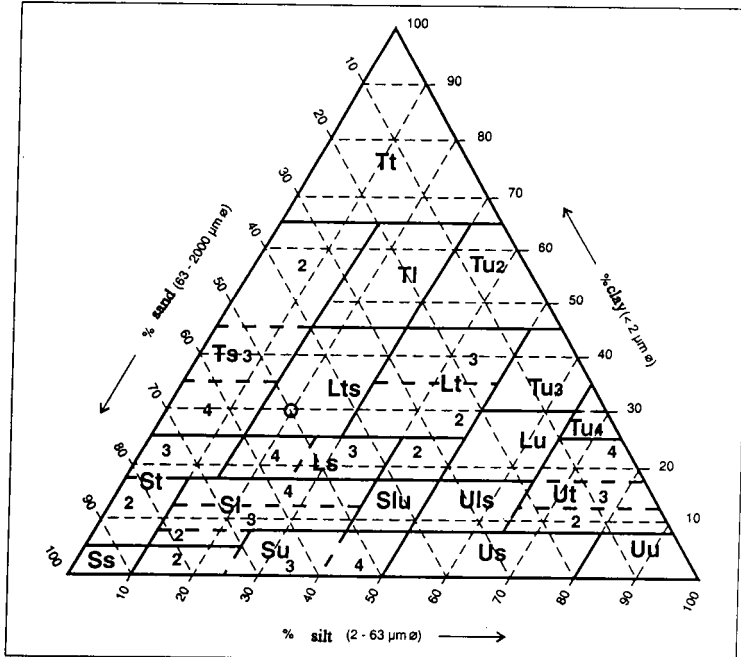
The top soil (as a mixture of cover sand and ploughed up marly till) and underlying marly till provide the parent material for soil development. Due to extreme terrain position former horizons are eroded and moved to the slope basis. Besides patches of ploughed up marly till the topsoil also contains remnants of the former soil development (patches of Bt-material)

The substratum is preconditioning positive site properties. Due to terrain position and cohesion, seepage water movement is limited and considerable portions of precipitation run off at the surface, transporting substratum (mineral components) and nutrients downslope. Positioned at the convex upper slope, the soil is potential subject to drought and provides smaller yields as at level positions.

No	hor.	depth cm	sto. %	texture in % of humus-/carb. free fine soil				silt				clay
				c	m	f	Σ	c	m	f	Σ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.1	eAp ₁	0-10		10.5	37.4	28.5	76.4	8.4	4.6	3.5	16.5	7.1
1.2	eAp ₂	-20		7.6	33.6	32.6	73.8	9.2	4.9	3.7	17.8	8.5
1.3	eAp ₃	-30		9.9	36.3	29.9	76.1	8.7	4.4	3.9	17.0	7.0
2	elCc	-60		5.4	22.8	31.3	59.5	13.7	8.6	6.2	28.5	12.1

No	hor.	depth cm	Corg. %	N _t mg/kg	C:N	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	P _{DL} mg/kg	K _{DL} mg/kg	Mg _{DL} mg/kg
1	2	3	14	15	16	17	18	19	20	21
1.1	eAp ₁	0-10	0.6			7.3	3.3	118	117	23
1.2	eAp ₂	-20	0.6			7.4	2.5	131	109	25
1.3	eAp ₃	-30	0.5			7.4	3.3	139	107	28
2	elCc	-60	0.1			7.6	10.0	19	129	38

No	hor.	depth cm	Ca _t g/kg	P _t g/kg	K _t g/kg	Mg _t g/kg	Al _t g/kg	Fe _t g/kg	Mn _t g/kg	
1	2	3	22	23	24	25	26	27	28	29
1.1	eAp ₁	0-10	13.0	0.46	2.18	1.95	8.09	9.51	0.22	
1.2	eAp ₂	-20	12.7	0.51	2.29	2.00	8.66	9.72	0.23	
1.3	eAp ₃	-30	14.9	0.53	2.07	1.80	7.90	8.95	0.23	
2	elCc	-60	41.5	0.41	3.09	3.67	10.78	11.65	0.25	



Textural classes (S sand, s sany, U silt, u silty, T clay, t clay rich, L loam, l loamy, 2 weak, 3 common, 4 strong)

Profile "Bäckerweg" Middle Slope

Location:	4 km northwest of Müncheberg 0.5 km southwest of the village of Dahmsdorf	topograph. map:	3450
		Rechtswert:	5439125
		Hochwert:	5821970
Climate:	inland climate of Southern Brandenburgia, with strong continental characteristics	precipitation(mm/a):	527
		air temp. (ann. average., °C):	8.2
Parent rock:	weichselian marly till with remnants of covering sand		
Relief:	middle slope of small enolgated hill	slope (degrees):	6
		aspect:	north
		altitude (m a. S.L.):	60

Actual landuse: fallow (laid off arable land)

Classification:

Soil form (KA 4):	Fahlerde-Pseudogley in sand (derived from cover sand and marly till) above loam (derived from marly till)
Soil unit (FAO):	Stagnic Luvisol
Soil unit (Poland):	IIB3g-d
described by:	D. Kühn, LGR Brandenburg
sampled by:	ZALF e.V. Müncheberg, Institute for Soil Landscape Research

Profile description:

	horizon	depth (cm)	characteristics
1	Ap (Ap)	-27	brown to dark brown (10YR4/3), common loamy sand (SI3), very few stones, slightly humose, slightly calcareous, slightly moist, common light, oxidized patches, patches of Bt-material, angular blocky structure, common roots density, undulating, clear boundary of the horizon
2	Bt+Ael-Sw (Etg)	-33	light yellowish brown and yellowish brown (10YR6/4 - 10 YR5/8), common loamy sand (SI3), very few stones, not humose, decarbonated, slightly moist, many light, oxidized patches, patches of Bt-material, angular blocky structure, very few roots density, clear, wedge-like boundary of the horizon
3	IIBt-Sd (B21g)	-80	brown to yellowish brown (10YR4/3 - 10YR5/6), strong loamy sand (SI4), very few stones, not humose, decarbonated, slightly moist, many light yellowish red mottles, common geyish mottles and tubes, very few soft iron-manganese-concretions, many clay cutanes, angular blocky structure, very few roots, pocket-shaped, diffuse, inclined boundary of the horizon
4	IIBt+Bv-Sg (Bt22g)	-100	dark yellowish brown (10YR4/4 - 10YR4/6), common loamy sand (SI3), very few stones, not humose, moist, decarbonated, many rusty and bleached mottles, common soft iron-manganese-concretions, common clay-filled pores, angular blocky structure, pocket-shaped, diffuse, boundary of the horizon
5	II Bt+Bv (B3t)	-120	dark yellowish brown to dark brown (10YR4/3 - 10YR4/4), common loamy sand (SI3), very few stones, not humose, decarbonated, moist, very few soft iron-manganese-nodules, common clay-filled pores, angular blocky structure, wavy, clear boundary of the horizon
6	III elCc (Cca)	-140	yellowish brown (10YR5/4), common sandy loam (SI3), very few stones, not humose, strongly calcareous, moist, carbonate fillings of cracks, angular blocky structure

No	hor.	depth cm	sto. %	texture in % of humus-/carb. free fine soil				silt				clay
				c	m	f	Σ	c	m	f	Σ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.1	Ap ₁	0-15		6.7	30.2	31.8	68.8	9.7	5.8	5.0	20.5	10.8
1.2	Ap ₂	-25		5.6	32.4	32.3	70.3	9.3	5.4	4.4	19.1	10.7
2												
3	Bt-Sd	40-60		4.6	21.2	31.6	57.4	11.6	7.5	5.4	24.5	18.0
4												
5	Btv	105-120		5.4	21.8	33.9	61.1	12.9	7.7	7.0	27.6	11.3
6	elCc	125-135		4.9	21.7	35.1	61.7	12.7	7.4	6.8	26.9	11.4

No	hor.	depth cm	Corg. %	N _t mg/kg	C:N	pH	CaCO ₃ CaCl ₂ %	P _{DL} mg/kg	K _{DL} mg/kg	Mg _{DL} mg/kg
1	2	3	14	15	16	17	18	19	20	21
1.1	Ap ₁	0-15	0.7			7.4	0.8	134	145	33
1.2	Ap ₂	-25	0.5			7.4	0.8	100	138	39
2										
3	Bt-Sd	40-60	0.1			6.5	0	14	56	56
4										
5	Btv	105-120								
6	elCc	125-135	0.1			7.7	9.9	2	35	53

No	hor.	depth cm	Ca _t g/kg	P _t g/kg	K _t g/kg	Mg _t g/kg	Al _t g/kg	Fe _t g/kg	Mn _t g/kg	
										22
1	2	3	22	23	24	25	26	27	28	29
1.1	Ap ₁	0-15	8.11	0.47	3.05	2.66	11.7	13.0	0.26	
1.2	Ap ₂	-25	4.86	0.43	3.08	2.59	12.2	13.0	0.24	
2										
3	Bt-Sd	40-60	2.71	0.25	3.96	3.62	18.2	18.7	0.18	
4										
5	Btv	105-130								
6	elCc	125-135	32.7	0.86	2.94	3.05	11.1	12.7	0.33	

At the topsoil, the parent material of soil development is composed of a mixture of cover sand (removed from the upper slope) and ploughed up boulder clay (with very low carbonate content). Below the topsoil, there is boulder clay, decalcified in its upper sections and remnants of cover sand. The materials of the topsoil - especially the cover sand, which developed in situ - are laterally dislocated by periglacial and anthropogenic processes. Ploughing activity increased dislocation and caused preconditions for water erosion. Below the topsoil vertical processes are dominating, especially within the pocket-shaped compartments of periglacial generated solifluction material. The seepage water, after passing the relatively permeable topsoil, cause stagnat water in the subsoil. Especially the Bt horizon shows distinct characteristics of stagnant water. Below this material with a very low permeability there is primary cohesive water.

The water supply of the site ist dedetermined by lateral surplus and by the damming effect of the subsoil. The movement of the seepage water is retarded, which causes parts of the precipitation to run off at the surface, transporting material and nutrients downslope. Inclination and aspect of the slope prevent extreme droughts at the site. The soil shows a well developed sorption capacity.

Profile "Bäckerweg" Slope Basis

Location: 4 km northwest of Müncheberg topograph. map: 3450
 0.5 km southwest of the village of Dahmsdorf Rechtswert: 5439120
 Hochwert: 5822000

Climate: inland climate of Southern Brandenburg, precipitation(mm/a): 527
 with strong continental characteristics air temp. (ann. average., °C): 8.2

Parent rock: holozän colluvium out of of covering sand

Relief: slope basis of small enol gated hill slope (degrees): 1
 aspect: north
 altitude (m a. S.L.): 55

Actual land use: fallow (laid off arable land)

Classification:

Soil form (KA 4): Kolluvisol composed of slope sand (derived from cover sand/till) above slope sand (derived from cover sand)
 Soil unit (FAO): cumulic Anthrosol
 Soil unit (Poland): VB1b

described by: D. Kühn, LGR Brandenburg
 sampled by: ZALF e.V. Müncheberg, Institut for Soil Landscape Research

Profile description:

	horizon	depth (cm)	characteristics
1	rAp1 (Ap1)	-10	brown to dark brown (10YR4/3), slight loamy sand (SI2), very few stones, low slightly humose, very slightly calcareous, slightly moist, lumpy structure, many roots, undulated, clear boundary of the horizon
2	rAp2 (Ap2)	-30	dark brown (10YR3/3), slight loamy sand (SI2), very few stones, slightly humose, decarbonated, slightly moist, lumpy structure, common roots, undulated, wavy clear boundary of the horizon
3	M1 (Ap3r)	-60	dark brown (10YR3/3), slight loamy sand (SI2), very few stones, slightly humose, decarbonated, slightly moist, lumpy structure, few roots, wavy clear boundary of the horizon
4	IIM2 (C1)	-110	dark yellowish brown (10YR4/4), slight silty sand (Su2), very few stones, very slightly humose, decarbonated, moist, angular blocky structure, wavy, diffuse boundary of the horizon
5	IIM3 (C2)	-135	brown to dark brown (10YR4/3), slight silty sand (Su2), very few stones, very slightly humose, decarbonated, moist, angular blocky structure, wavy, diffuse boundary of the horizon
6	IIM4 (C3)	-170	dark yellowish brown (10YR4/4), loamy sand (Su2), very few stones, very slightly humose, decarbonated, moist, common weakly developed Bt-strips, angular blocky structure, wavy, clear boundary of the horizon
7	IIIBbt+iICv (Bvtb)	-240	dark yellowish brown (10 YR4/4), sand (Ss), very few stones, very slightly humose, decarbonated, wet, many strongly developed Bt-strips, conherent structure

Profile 4 „Bäckerweg“ Slope Basis

No	hor.	depth cm	sto. %	texture in % of humus-/carb. free fine soil								
				sand				silt			clay	
				c	m	f	Σ	c	m	f	Σ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	rAp ₁	0-10		5.2	33.4	35.1	73.7	9.3	5.4	5.3	20.0	6.2
2	rAp ₂	-30		5.5	33.2	34.2	72.9	10.0	5.7	5.6	21.3	5.9
3	M1	35-50		4.7	32.5	35.4	72.6	11.1	5.8	5.4	22.3	5.3
4.1	M2	60-70		5.1	33.5	35.1	73.7	11.2	6.6	4.8	22.6	3.7
4.2	M2	95-110		5.6	34.0	36.3	75.9	11.2	5.8	4.1	21.1	2.9
5	M3	115-145		6.0	37.5	32.6	76.1	12.1	5.2	3.7	21.0	2.8
6	M4	-165		5.4	38.0	33.3	76.7	15.2	4.6	3.1	22.9	0.4
7.1	Bbt ₁	-185		7.1	32.6	34.9	74.6	15.8	5.8	3.6	25.2	0.2
7.2	Bbt ₂	-210		11.3	75.9	8.8	96.0	1.1	0.5	0.1	1.7	2.3

No	hor.	depth cm	Corg. %	N _t mg/kg	C:N	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	P _{DL} mg/kg	K _{DL} mg/kg	Mg _{DL} mg/kg
1	2	3	14	15	16	17	18	19	20	21
1	rAp ₁	0-10	0.9	0.1		6.7	0	86	157	49
2	rAp ₂	-30	0.8	0.1		6.3	0	83	128	128
3	M1	35-50	0.6	0.1		5.9	0	50	106	106
4.1	M2	60-70	0.3			5.8	0	23	69	69
4.2	M2	95-110	0.2			5.9	0	16	60	60
5	M3	115-145	0.2			6.1	0	17	54	54
6	M4	-165	0.1			5.8	0	24	40	29
7.1	Bbt ₁	-185	0.1			5.8	0	13	21	19
7.2	Bbt ₂	-210	0			5.7	0	10	16	21

Nor	hor.	depth cm	Ca _t g/kg	P _t g/kg	K _t g/kg	Mg _t g/kg	Al _t g/kg	Fe _t g/kg	Mn _t g/kg	
1	2	3	22	23	24	25	26	27	28	29
1	rAp ₁	0-10	1.90	0.42	2.09	1.68	7.96	1.68		
2	rAp ₂	-30	1.69	0.46	2.08	1.65	8.31	1.65		
3	M1	35-50	1.39	0.37	1.84	1.48	7.43	1.48		
4.1	M2	60-70	1.18	0.27	1.42	1.22	6.18	1.22		
4.2	M2	95-110	0.91	0.20	0.75	0.75	4.50	0.25		
5	M3	115-145	0.86	0.20	0.68	0.78	4.33	0.78		
6	M4	-165	0.84	0.23	0.76	0.92	5.86	0.93		
7.1	Bbt ₁	-185	0.85	0.15	0.79	1.13	5.19	1.13		
7.2	Bbt ₂	-210	0.75	0.15	0.92	0.83	4.69	0.83		

The material of this profile completely consist of soil sediments of upper slope sections which were translocated to the slope basis by colluvial processes combined with ploughing activity. The differences between the distinctable sediment layers are caused by the specific intensity of the translocation process as well as by the specific material (especially of the top soil) being present upslope. Due to ploughing up loam from the subsoil, in the past, the material grows more cohesive to the profile surface.

The soil with its rather sandy and humic materials are an accumulation site. The supply of soil material including humic substances and nutrients as well as of interflow substantially increases the fertility of this site. Also, the well protected microclimatic situation has a positive effect on the site. Despite of its more sandy material the soil has a proper sorption capacity due to the existance of humic substances to great depths.

Profile 5 "Friedländer Große Wiese"

Location:	12 km east of Friedland	topograph. map:	2348
		Rechtswert:	5416845
		Hochwert:	5945020
Climate:	inland climate of northeastern Germany with schwach maritime characteristics	precipitation(mm/a):	530
		air temp.(ann.average, °C):	8,1
Parent rock:	sedge peat, reed peat, sow-sedge peat, Hypnum peat, alder peat		
Relief:	evenly surfaced	slope (degrees):	0
		aspect:	-
		altitude (m a.S.L.):	9,5
Actual land use:	Nature reserve, mixed herbaceous community containing purple moor-grass molinia coerulea		
Classification:			
Soil form (KA 4):	Erd-Niedermoor		
Soil unit (FAO):	Eutric histosol (after drainage moderately decomposed by secondary aerobic processes - no individual unit in the FAO-classification)		
Soil unit (Poland):	IV B 1a / Mt II bb		

Profile description:

	horizon	depth (cm)	characteristics
1	nHv' (M1) (M2)	- 12 - 20	very dark gray (10YR 3/1), strongly decomposed peat (H 8-9), calcareous, rather friable, medium rooted, undulating horizontal clear boundary of the horizon
2	nHa' (M3.2)	- 35	very grayish-brown to dark brown (10YR 3/2-4/6), medium decomposed sedge peat (H 5-6), little calcareous, very moist, prismatic to polyedric structure, friable slightly rooted, undulating diffuse horizontal boundary of the horizon
3	nHt (Otni)	- 80	dark yellowish brown (10 YR 4/6), slightly decomposed sedge and sow sedge (<i>Cladium m.</i>) peat (H3), slightly calcareous, wet, rather friable, no roots, undulating diffuse horizontal boundary of the horizon
4	nHr1 (Otni)	- 115	dark yellowish brown (10YR 4/6), slightly decomposed sedge peat (H 4), slightly calcareous, wet, rather friable, no roots, clear boundary of the horizon
5	nHr2 (Otni)	- 330	very dark brown (10YR 2/2), medium decomposed sedge peat (H 5), seeds of bog beam (<i>Menyanthes tr.</i>), slightly calcareous floating, clear boundary of the horizon
6	nHr3 (Otni)	- 380	very dark gray (10 YR 3/1), medium decomposed sedge and reed peat (H 5), calcareous, mollusc remnants, floating, clear boundary of the horizon
7	nHr4 (Otni)	- 400	very dark grayish brown (10 YR 3/4), slightly decomposed sedge and reed peat (H 4), slightly calcareous, floating, clear boundary of the horizon
8	nHr5 (Otni)	- 420	dark yellowish brown (10 YR 3/4), slightly decomposed alder grove peat (H 4), slightly calcareous, floating, clear boundary of the horizon
9	Gr (G)	- 430 +	greenish gray (5GY 6/1), fine-sandy medium sand (Ss), calcareous, very wet

Profile 5 "Friedländer Große Wiese", Erd-Niedermoor

No	hor.	depth cm	dry bulk density g/cm ³	partiele density g/cm ³	relative solid volume g/cm ³	ignition residue %	unit water content W1
1	nHv'	0- 5	0.219	1.62	0.135	20.9	2.71
2	nHv'	10- 15	0.226	1.61	0.140	19.2	3.15
3	nHa'	25- 30	0.130	1.52	0.086	8.7	3.67
4	nHt	40- 45	0.105	1.49	0.070	5.4	4.30
5	nHt	60- 65	0.116	1.52	0.076	9.5	3.57
6	nHt	90-100	0.093	1.50	0.062	7.4	

No	hor.	depth cm	K _{DL} mg 100 ml soil	P _{DL} mg 100 ml soil	N _t %	C _t %	C/N	pH
1	nHv'	0- 5	3.5	7.6	3.3	36.8	11.2	6.6
2	nHv'	10-15	1.6	1.9	3.1	33.5	10.8	6.5
3	nHa'	25-30	0.3	0.9	2.7	45.1	16.7	
4	nHt	40-45	0.2	0.3	3.1	49.4	15.9	

Profile 6 "Friedländer Große Wiese"

Location:	15 km east of Friedland	topograph. map:	2348
		Rechtswert:	5422340
		Hochwert:	5948080
Climate:	inland climate of northeastern Germany with schwach maritime characteristics	precipitation(mm/a):	530
		air temp.(ann.average, °C):	8,1
Parent rock:	reed peat, cladium peat		
Relief:	eben	slope (degrees):	0
		aspect:	-
		altitude (m a.S.L.):	6,1
Actual land use:	permanent grassland		
Classification:			
	Soil form (KA 4):	Mulm - Niedermoor	
	Soil unit (FAO):	Eutric, histosol after draniage highly decomposed by secondary aerobic processes - no individual unit in the FAO-classification)	
	Soil unit (Poland):	IV B 1a / Mt III cc	

Profile description:

	horizon	depth (cm)	characteristics
1	nHm (M1) (M2) (M3)	- 25	black (10YR 2/1), very strongly decomposed peat (H 10), slightly calcareous, very moist, sub-polyedric structure, solud, slightly rootled, undulating horizontal clear boundary of the horizon
2	nHa (M3.1)	- 33	very dark brown (10YR 2/2), very strongly decomposed peat (H 10), slightly calcareous, moist, polyedric structure, very solud, very weekly rootled, undulating clear boundary of the horizon
3	nHa' (M3.2)	- 50	very dark brown (10YR 2/2), medium to strongly decomposed sedge peat, traces of reed peat (H 5-7), slightly calcareous, very moist, prismatic to polyedric structure, very solud, very weekly rootled, undulating horizontal clear boundary of the horizon
4	nHt (Otni)	- 85	very grayish brown (10YR 3/2), medium decomposed mixed sedge and reed peat (H 5-6), slightly calcareous, wet, rather friable to solud, floating, no roots, plane und sharp horizontal boundary of the horizon
5	II F (Gy)	- 210	pinkish white to pink (5YR 8/2 + 7/3), pulpy calcareous mud with mollusc remnants and preserved plants, very calcareous, wet, no roots, sharp horizontal boundary of the horizon
6	III Gr (G)	- 220	greenish gray (5 BG 4/1), fine-sandy medium sand (Ss) calcareous

Profile 6 "Friedländer Große Wiese", Mulm-Niedermoor

No	hor.	depth cm	dry bulk density g/cm ³	partiele density g/cm ³	relative solid volume g/cm ³	ignition residue %	unit water content W1
1	nHm	0- 5	0.356	1.58	0.225	16.4	1.45
2	nHm	10- 15	0.204	1.54	0.133	11.1	1.56
3	nHa	25- 30	0.160	1.53	0.105	10.1	2.86
4	nHa'	40- 45	0.134	1.51	0.089	8.1	3.72
5	nHt	75- 80	0.123	1.51	0.081	8.1	4.41
6	II F	150- 160	0.450	2.42	0.187	84.2	1.26

No	hor.	depth cm	K _{DL} mg 100 ml soil	P _{DL} mg 100 ml soil	N _t %	C _t %	C/N	pH
1	nHm	0- 5	3.7	6.3	3.0	37.6	12.5	7.2
2	nHm	10-15	1.5	2.7	3.2	40.7	12.7	7.3
3	nHa	25-30	0.9	1.9	3.1	40.2	13.0	
4	nHa'	40-45	1.3	1.0	2.9	45.1	15.6	

Field Description

Moisture Conditions

dry pF > 4, slightly moist pF 4.0-2.7, moist pF 2.7-2.
very moist pF 2.1-1.4, wet pF < 1.4

Humus Content (wt. %)

< 1 very slightly, 1-2 slightly, 2-4 moderately, 4-8 strongly humose
8-15 very strongly humose

Rock Fragments (gravels 2-63 mm, stones > 63 mm, in vol %)

none (0), very few (< 2), few (2-10), common (10-25), many (25-50),
abundant (50-75), dominant (< 75)

Roots

very few, few, common, many

Horizon Boundary

abrupt, clear, gradual, diffuse
smooth, wavy, irregular, broken

Carbonates

non calcareous,	(very) slightly	moderately	strongly	very strongly
c0	c1	c2	c3	c4
				c5

extremely calcareous

c6

Texture

particle size classes after KA4 (pade 55) symbols in brackets

Methods

particle size distribusion: removal of carbonates w. HCl, H₂O₂ oxidation, Na₄P₂O₇ dispersion,
sieve / pipette analysis after HARTGE / HORN

carbon content (C): dry combustion, coulometric analysis of CO₂

nitrogen content (N): nitrogen analysis after KJELDAHL

available phosphorus

potash

magnesium

CEC

Ca-lactat / HCl- extraction after DIN 6241

BaCl₂ / triethanolamin - extraction after MEHLICH

pH: analysis with 0,1n KCl

W1 Unit water content: equivalent of water content in soil which the soil is asle to retain under a pneveiling tension of 100 kPa.

W1 is calculated from contained water mass unit divided by containing dry soil mass unit and expressed as decimal number

GUIDE - BOOK OF EXCURSIONS IN POLAND

Soil and land description comprises two parts: part one contains general information on the great natural units crossed by the tours, from the physico-geographical point of view and special attention is paid to soils and their use in agriculture and forestry. Part two contains morphological descriptions and analytical data concerning the soil pedon of the representative soils, grouped according to genetical soil types. The applied analytical methods and the abbreviations used in the text as well as tables are also described:

1. The itinerary in Poland

Saturnin Borowiec, Adam Koćmit, Edward Niedźwiecki,
Teresa Wojcieszczuk, Zdzisław Zabłocki*

The itinerary in Poland is shown on the appended map (Fig. 1).

On the second day of the Tour, the route in Poland runs from the crossing border town of Lubieszyn to Szczecin, to the area of the Gumieniecka Plain which extends to the north and south on the west side of the city. Within the area of the Plain there will be a presentation of Brown Forest Podzolic Soils developed from ground moraine deposits (glacial till). After completing the route, the participants will be accommodated in Szczecin.

On the third day of the Tour, the route runs from Szczecin to the north-east, to the Wkrzańska Plain where a discussion at the profile of Podzols and Ochra Soil has been planned.

The Tour is scheduled to end in the "Świdwie" Ornithological Station.

1.1. The description of the Gumieniecka and Wkrzańska plains

a. Climate

According to Koźmiński and Czarna (1993), the region of Szczecin and the nearby areas is characterised by great variability of individual climatic features, such as: humidity, air temperature, winds, the length of the growing season, etc.

* Szczecin Agricultural University, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

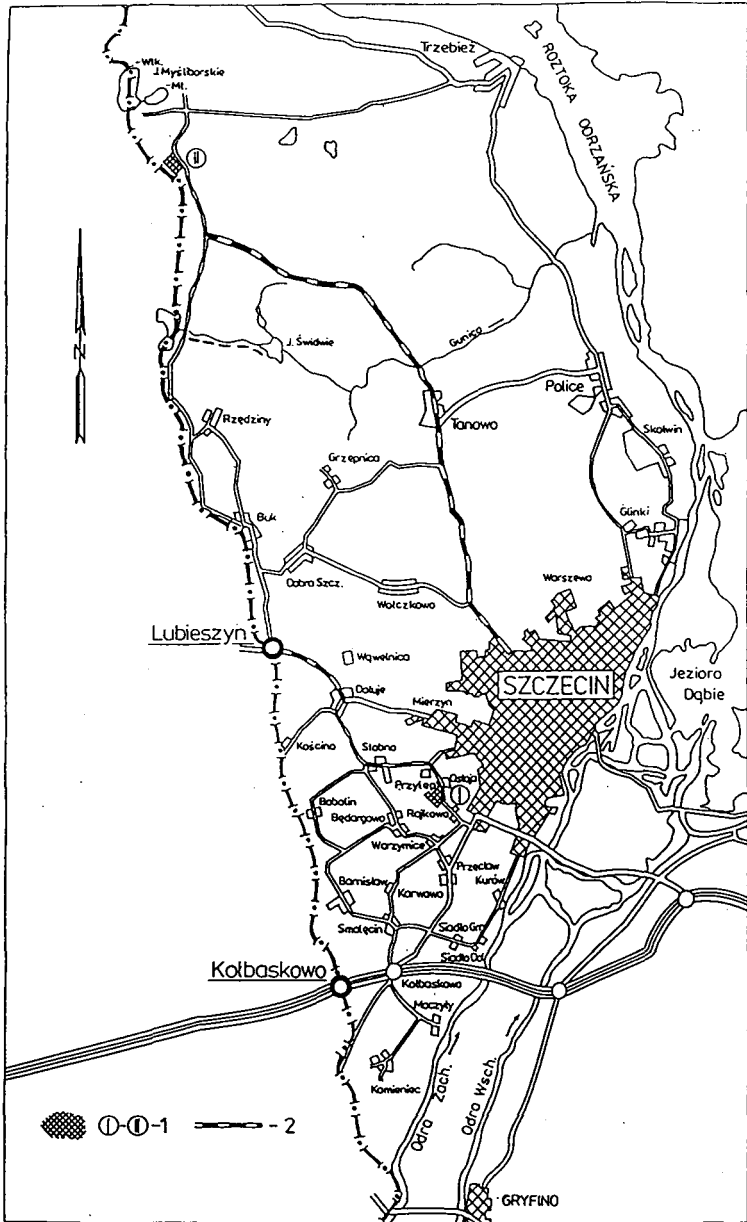


Fig. 1. The route of itinerary in Poland. Explanations: 1 - discussion sites; I - the second day of the tour, II - the third day of the tour, 2 - route of the tour

In the Szczecin region, humidity conditions, shaped mainly by oceanic masses of air, are strongly modified by the proximity of large water reservoirs, rivers and forests. The average monthly relative humidity is over 70 %, and, according to the data from the Meteorological Station in Trzebież, from September to March it exceeds 80 %.

The maximum average relative humidity of up to 90 % occurs in December, while the minimum 76 % in May and June.

According to the Trzebież Meteorological Station, the average annual precipitation between 1956 - 1990 was 545 mm, and according to the Szczecin-Dąbie Station it was 528 mm. The average number of days with rain precipitation recorded in the Szczecin-Dąbie Station is 209.

In the region discussed, between 1956 and 1990, the average annual temperature varied between 8.0°C and 8.4°C. On average, the warmest month is July with temperatures varying from 17.3°C to 17.7°, and the coldest month is January with temperatures from -1.6°C to -0.8°C (Fig. 2.). The average growing season lasts from 220 to 227 days. In the region described, the prevailing winds are westerly.

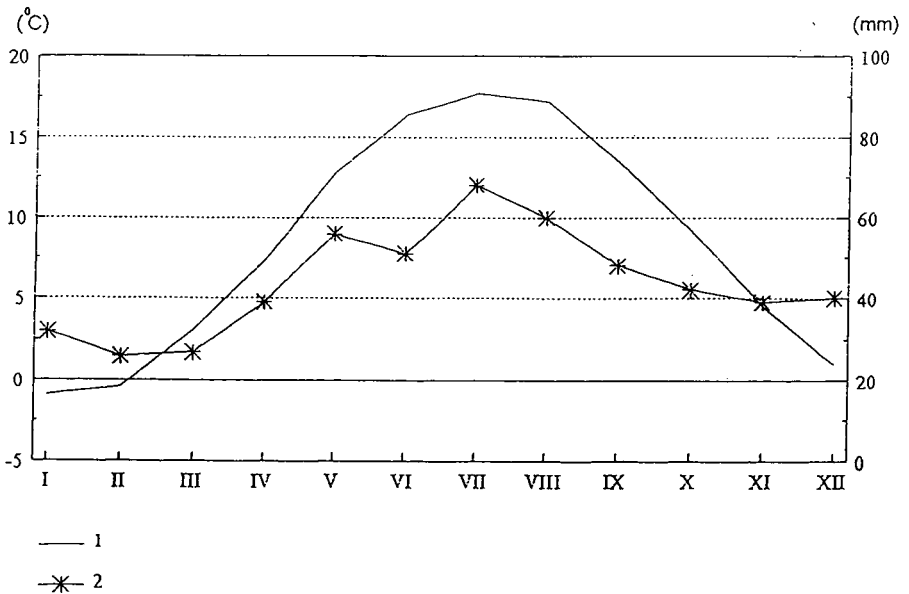


Fig 2.. Monthly average temperatures and average amounts of precipitations in years 1956-1990 for Szczecin Dąbie Meteorological Station. Explanations: 1 - air temperature, 2 - precipitations

b. Geology and geomorphology

The Gumieniecka Plain

The Gumieniecka Plain is a flat morainic plateau which on average rises to 25 m above sea level and slopes towards the south-east. It constitutes a natural geological region and a separate geomorphological unit (Mikołajski, 1966; Piotrowski, 1981). The Gumieniecka Plain is made up of Quaternary deposits, mainly Pleistocenec, ground moraine glacial till and glacial sands. Among younger Holocenec deposits peats occur sporadically.

In geomorphological terms, the Gumieniecka Plain is a flat surface with relative elevations varying from 2 to 4 m. To the west, the Plain adjoins the elevations of the Stobniański Ridge (the *Bezrzecze-Siadło* Ridge) which at its highest point rises to 88 m.a.s.l. In the area where the Gumieniecka Plain abuts on the Stobniański Ridge the terrain rises to 25-35 m above sea level.

To the east, within the urban area, the extent of the Plain is limited by elevations of up to 35 m above sea level. To the south-east, the Plain extends to the banks of the Odra river (Fig. 3). According to Piotrowski (1981), the Quaternary layer profile located on the site is as follows: at depths less than 3.5 m light-brown glacial till occurs consisting of 4% gravels, 60% sands, 25% silts, 11% clay with 7-16% of carbonates; at depths from 3.5 to 9.2 m - grey glacial till consisting of 5-12% gravels, 35-37% sands, 28% silts and 30% clay; at the bottom these loams contain more fine fractions as the silt and clay contents are 40% and 37% respectively.

The Wkrzańska Plain

The Wkrzańska Plain extends from the west of the mouth of the Odra river to Szczecin Lagoon and to the north of the Szczecin Hills on both sides of the Polish-German border. It is a flat sandy plain with elevation of 12.3 - 21.9 m a.s.l. and generally slopes to the north, towards the Bay of Szczecin. According to Dobracka (1982), it is an erosional-accumulative plain of melting waters, formed towards the end of the glacial period. It consists of sandy deposits accumulated in sandral-kame conditions in the neighbourhood of dead ice blocks. Its surface is varied by numerous dunes representing all types of dune forms: parabolas, longitudinal, transversal and irregular dune ridges and small oval-shaped mounds. The dunes developed in two main dune-forming phases which date back to the youngest dryas (10.5 thousand years BP) and preboreal-boreal (9 thousand years BP). The characteristic features of the region include also melting depressions and basins of overgrown lakes, among which the Świdwie lake is the biggest. Together with bogs, the lake constitutes a vast complex of marshes with a very rich ornithofauna. There are also extensive peaty areas which often occur on gyttya. The area of lowmoor peat deposits covers 2576 ha as a whole, and of moss deposits of the sphagnum and intermediate type - 128 ha. The high concentration of peatbogs within the Wkrzańska Primeval Forest gives the area a specific character and value.

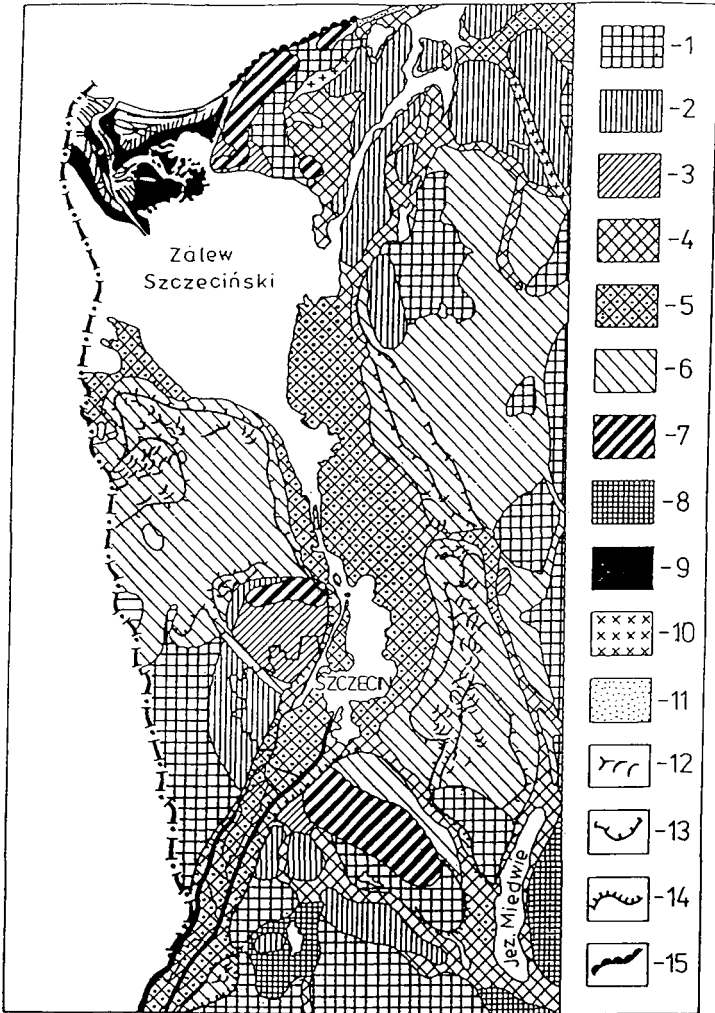


Fig. 3. Section of geomorphological map of Poland in scale 1 : 500 000. Explanations: 1 - undulate morainic upland, 2 - flat morainic upland, 3 - outwash plain, 4 - holocene alluvial terraces, 5 - areas of organogenic holocene accumulation, 6 - pleistocene accumulation terraces of Baltic glaciation, 7 - morenic ridges of the marginal zone, 8 - Quaternary sedimentation basin, 9 - marine accumulation forms-backward delta, 10 - glacial and fluviglacial erosion form, 11 - marine accumulation forms - sands spits with well developed beaches, 12 - compact sand dune complexes - stabilized dunes, 13 - other important terrace verges, 14 - reverine accumulation forms - erosion verges with relative highest above 20 m, 15 - holocene marine abrasion form - presently abraded cliffs

c. Hydrology

The Gumieniecka Plain

The area of the Gumieniecka Plain is drained by the Bukowa river with its right-hand tributary the Gumieniec. The Bukowa river rises in the Bezrzecze region and flows to the Western Odra in Karwie Łęgi (0.5 m above sea level). The Gumieniec rises in Ostoja. As in other geomorphological units in the province of Szczecin, water levels in lakes and water holes within the Gumieniec Plain have fallen so much that only small streams and overgrown lakes occur here at present. The two streams, the Bukowa and the Gumieniec, mentioned above, also have low water levels. As a result of regularisation during land improvement works they have become drainage ditches. In general, it may be assumed that the diminution of water resources is to a considerable extent the result of man's adaptation of the geographical environment to his economic needs.

The Wkrzańska Plain

The forest area, within which soil profiles representing Podzols and Ochra soil may be found, is situated on the main watershed (category I) of the Odra Basin. The watershed line is in line with a section of the main road No. 115 which runs from Tanów to Dobieszczyń, in Poland, and continues to Hintersee, in Germany.

To the south of the watershed is the Gunica river basin and to the north, the catchment areas of two rivers: the Karpina and the Myśluborska Struga (*Podział Hydrograficzny Polski*, 1980).

The Gunica basin, covering 230 km², has a well developed and dense hydrographic network. Within its boundaries there are two main lakes: the Świdwie lake, with an ornithological reserve, and the Stolsko lake.

To the north, the Karpina and Myśluborska Struga basins, mentioned above, supply water directly to the Bay of Szczecin, forming the beginning of the Przymorze catchment system. Both the area situated on the watershed and the Przymorze river basins are formed on fluviglacial sands in most part duned and covered with the forest vegetation of the Wkrzańska Primeval Forest (mainly coniferous pine forests).

The highest elevation reaches 39.0 m above sea level and is located west of the No. 115 road mentioned above, whereas in the southern part, in the Gunica basin, the surface falls to 23.7 - 17.0 m above sea level, and at its lowest points to around 5 m above sea level. The data show that over an 8000 m section of the area there is a 0.4 % incline.

d. Vegetation

The Gumieniecka Plain

The potential vegetation of the Gumieniecka region is represented by rich lowland beech wood of the variety *Melico-Fagetum* which on the banks of the Odra and Rędwa rivers (Kaussmann, Murr, 1990) is accompanied by sparse oak woodland of the variety *Potentillo albae-Quercetum typicum* which is currently present only in very small areas but potentially could cover a considerably larger

area, and semi-natural, calciphilous and xerothermic grasses, known as "steppe" *Festucetalia valesiaca*. On the west side, within the Bezrzecze-Siadło elevation arc, Chernozems occur (Borowiec 1962), known in German as "Schwarzerdeartige Böden". At present, on the arable lands of the Gumieniecka Plain, segetal associations of *Aphano Matricarietum typicum* and *Aphano-Matricarietum delphinietosum* occur (Borowiec, 1984). The distribution of important soil units within the Gumieniecka and Wkrzańska Plains and the distribution of potential vegetation are presented in Fig. 4 and Fig. 5 respectively.

The Wkrzańska Plain

As has already been noted, the Wkrzańska Plain is a typical erosional-accumulative plain of melting waters formed at the end of the glacial period. It is built up of sandy deposits on which stands the vast forest complex of the Wkrzańska Primeval Forest. Only 1/3 of it is located in Poland. The name of the Wkrzańska Primeval Forest comes from the Wkra river (Grm. Ücker) which flows through Germany. Coniferous forest habitats, developed on the poorest soils, are of great importance to the area. They cover 80% of the area. More fertile habitats of mixed coniferous forest cover about 16% of the area, and damp habitats (alder carrs) - about 4%.

Within the area of the Wkrzańska Primeval Forest there is a great degree of convergence between actual vegetation and potential vegetation. Coniferous pine forest of the variety *Leucobryo-Pinetum*, which occurs here at present and is also marked on the potential vegetation map (Janowski at al., 1981), grows naturally in the area. One may often find here fragments of dry *Leucobryo-Pinetum-cladonietosum* subassociation with a considerable proportion of lichens. On duned sands the phytocenoses of red whortleberry (*Vaccinio viti idaeae Pinetum*) forest occur. Mixed pine-oak forest (*Pino-Quercetum*) which grows on more fertile habitats spreads widely over the area.

Under this kind of vegetation, Podsol and Podsol soils and less often Rusty soils have developed. In the areas covered by sour beech wood of the variety *Luzulo-Fagetum* and of mixed oak-beech woodland *Fago-Quercetum*, luvisols are encountered, and within alder carrs and green lands, mainly in the Gunica basin, boggy, mainly peat-muck, soils. On poorly drained habitats, mainly on mossy deposits, boggy peat soils have developed from transitional and highmoor peats.

In natural terms, the Wkrzańska Primeval Forest may be distinguished from other Pomeranian forests mainly by its coniferous character. It is a very important part of the natural environment and of great importance for the agglomeration of Szczecin. That is why it should be a protected area and it should be included within the planned biosphere area.

At the site of soil profiles in the duned areas, one may encounter actual and potential suboceanic inland coniferous pine forest in the complex of fresh coniferous pine forest *Leucobryo-Pinetum*, and closer to the border, mixed coniferous forest of the variety *Pino-Quercetum* (see Fig.

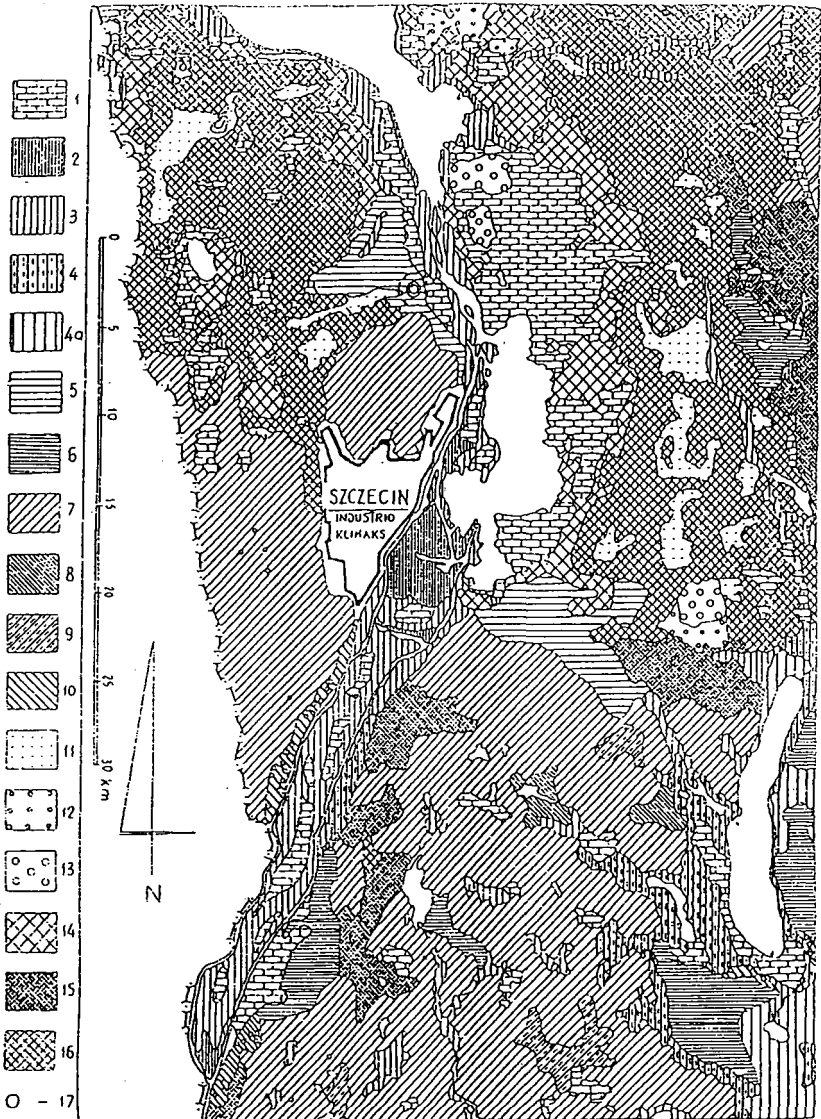


Fig. 4. Potential natural vegetation in the environs of Szczecin, after Jasnowski et al. (1981). Explanation of symbols: 1 - *Carici elongate-Alnetum*, 2 - *Saliceto-Populetum*, 3 - *Circaeio-Alnetum*, 4 - *Ficario-Ulnetum*, 4a - odmiana źródłiskowa, 5 - *Stellario-Carpinetum*, 6 - *Galio-Carpinetum*, 7 - *Melico-Fagetum*, 8 - *Mecuriali-Fagetum*, 9 - *Luzulo Fagetum*, 10 - *Potentillo albac-Quercetum*, 11 - *Leucobryo-Pinetum*, 12 - *Betuletum pubescentis*, 13 - *Vaccinio uliginosi-Pinetum*, 14 - *Quercio-Betuletum*, 15 - *Fago-Quercetum*, 16 - *Pino-Quercetum*, 17 - *Kserotermy*

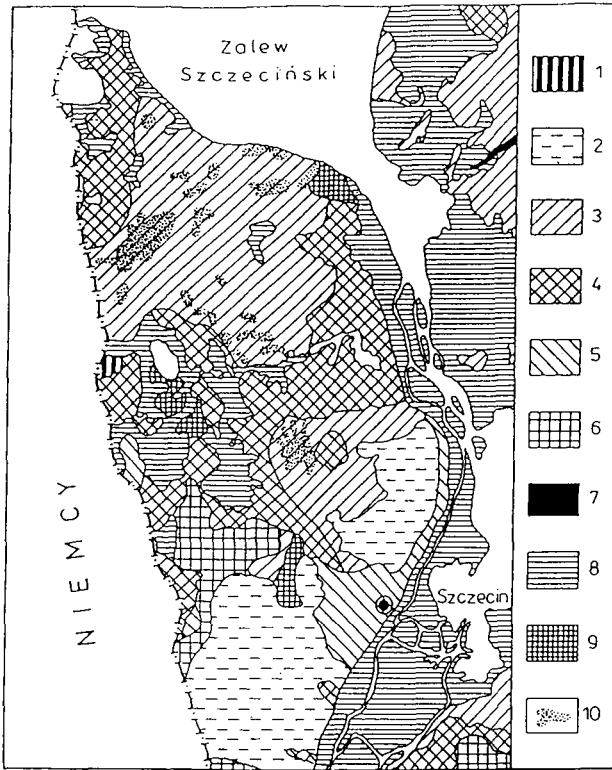


Fig. 5. Section of soil map of Poland in scale 1 : 300 000 . Explanation: 1 - Brown Forest Podzolic Soils developed from loamy sands, 2 - Brown Forest Podzolic Soils developed from glacial till (sandy loams and silt loams), 3 - Podzolic Soils developed from loose sands, 4 - Podzolic Soils developed from slightly loamy sands, 5 - Podzolic Soils developed from loamy sands, 6 - complex of Brown Forest Podzolic Soils developed from sands and/or loams, 7 - anmoor wrap soils, 8 - peat soils developed from lowmoor peat deposits, 9 - complex of anmoor wrap soils, muck soils and shallow peat soils, 10 - dune sands.

e. Soils and soil use

The Gumieniecka Plain

The Brown Forest Podzolic Soils of Western Pomerania which developed within ground moraine from sandy loams and silt loams are considered to be highly productive ones. The soils of the Gumieniecka Plain are included within this group of fertile soils. Their productivity remains at a relatively high level regardless of the weather conditions in a given growing season. The soils of the Plain are mostly valued as class II, IIIa and IIIb arable land, but they present many difficulties to

mechanical cultivation because of considerable bulk density, swelling and shrinking processes, clodding of the arable layer, and humus deficit. In this area mainly Brown Forest Podzolic Soils occur, and in minor land depressions - Black Earth.

In the case of both Brown Forest Podzolic Soils and Black Earth, Bogda at al.(1990) and Niedźwiecki (1991) draw attention to: a well-developed accumulation horizon (humus horizon) which consists of 20-35% of fraction below 0.02 mm (with 7-13 % of clay) and a very small content of humus (1.5-2.0%); a considerable amount of silt, sized from 0.1 to 0.02 mm (20-35%), both in the humus horizon and in the deeper horizon of the profile; a large content of illite (from 46 to 75 % among clay minerals), illite-smectite and smectite; a generally large abundance of the humus horizon in available potassium and phosphorus. The presence of these elements, however, drops rapidly in the profile below Ap horizon; a great vulnerability of the soils to clodding; the clods developed in the humus horizon can measure over 20cm.

An increase in compaction, unfavourable aggregation of soil material, especially in the humus horizon, and a low humus content may be regarded as indicators of the deterioration of these naturally good soils, a process caused by sustained intensive exploitation at a relatively low level of organic fertilizing. In most cases, manuring at 350q/ha takes place every 6 years (for sugar beet). The amount of mineral fertilizing varies between 260-350 kg NPK/ha, and in the case of orchards it amounts to 410 kg NPK/kg.

Table 1 Arable crop yields in Ostoja between 1983-1989 (q/ha)

Crop	Years					
	1982/83	1983/84	1985/86	1986/87	1987/88	1988/89
Spring and winter wheat	51.4	45.2	51.2	55.1	61.1	66.0
Spring and winter barley	54.6	53.2	51.3	54.2	61.0	95.4
Sugar beet	328	366	379	309	374	358
Potatoes	-	-	-	196	208	-

The Wkrzańska Plain

The forest soils of the Wkrzańska Plains have already been partly discussed in the description of vegetation. On the area of the Trzebież Forest Inspectorate the following soils may be found: Podsol, Podzols soils, Rusty soils, and Muck and Peat soils.

2. Description of Soils in the Field and Applied Analytical Methods

Jerzy Marcinek¹⁾, Jolanta Komisarek¹⁾, Cezary Kaźmierowski¹⁾

Edward Niedźwiecki²⁾, Halina Dąbkowska - Naskręt³⁾

2.1. Location of the representative pedons

The selection of areas for testing representative pedons has been based on the current soil survey and soil-scientific research of this area, carried out in different scales, from 1: 5 000 to 1:500.000.

Pedons no. 1, 2 and 3 have been located on the Gumienicka Plain within the ground moraine formed from glacial till which are strongly differentiated lithologically in the vertical and horizontal planes. Those glacial till is often weakly stratified but always contain numerous sand and gravel insertions. These soils have been located in a vast and relatively homogenous release of Brown Forest Podzolic Soils (Luvisols, Glossisols), differentiated into many subtypes. They are often eroded on convexes. Semihydromorphic Black Earths as well as occasionally peat soils have been formed in concaves.

Pedons no. 4 and 5 have been located on the Wkrzanska Plain. The sandy material of this Plain has been formed by meltwater at the end of the glacial period and later they were turned into dunes. Hence the specific configuration of the area and sorted sandy material. Autogenic Rusty Soils, Podzols and Podzolic soils have been formed here and in the hollows Ochra soils with red (10R) colored Box horizons are found. The red color (10R) of Box horizon of pedon 5 os caused by hematite. X - ray analysis of < 0.02 mm soil fraction confirmed the presence of small amounts of this Fe (III) oxide - peaks at 0.27 nm (104) and 0.251 nm (110). Properties of Fe (III) oxides depend on the pedogenic environment. Hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) mainly occurs in highly weathered soils of warmer area (laterites). The most wide spread Fe oxide in temperate region soils is goethite.

1) Poznań Agricultural University, ul. Wojska Polskiego 71E, 60-625 Poznań

2) Szczecin Agricultural University, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

3) Bydgoszcz Agricultural-Technical University, ul. Bernardyńska 6/8, 85-029 Bydgoszcz

The formation of hematite in analysed soils (pedon 5) may be caused by periodically dry environment that favours dehydration of iron compounds during weathering. Significant amounts of ferrihydrite in pedon 5, the necessary precursor of hematite, might explain the formation of hematite.

The terminology used in the description of soil profiles and in the soil classification system was the same as in the case of cartographic and soil science research in Poland (Marcinek 1977, Cieřla, Marcinek 1994). However, the FAO-ISRIC (1990) terminology, referring to the criteria of the Soil Survey Division Staff (1993), has also been applied. The principles of the Polish soil classification system has been described in the paper: „Principles and criteria of the Polish soil classification system” and in „Systematics of Polish Soils” (Commission V, 1989). The particle -size classes need further explanations. Polish and FAO systems contain differences in particle-size classes.

The definitions for the Polish basic classes are set forth in graphic form (Fig. 6) showing loam, particles below 0,02 mm; silt, 0,02 to 0,1 mm; and sand 0,1 to 1,0 mm.

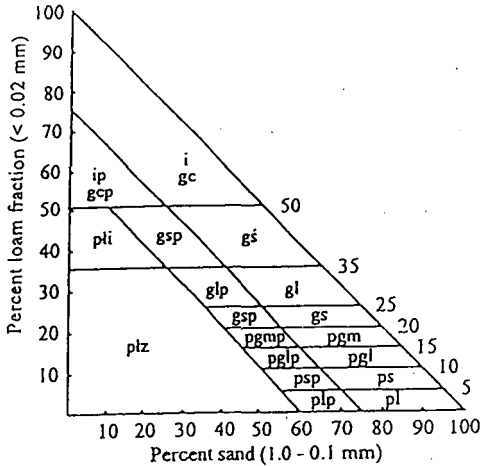


Fig. 6. Chart showing the percentages of loam fraction (<0.02 mm), silt (0.02 to 0.1 mm) and sand (0.1 to 1.0 mm) in the basic soil texture classes according to the Polish Society of Soil Science criteria (Marcinek, 1996). The symbol explanation: pl - loose sand, ps - slightly loamy sand, pgl - loamy sand, pgm - very loamy sand, gs -sandy loam, gl - light loam, gs - medium loam, gc - heavy loam, i - clay, plz - silt, pli - clayey silt. The letter p following the symbol denotes silty, i.e. 25 to 40 per cent silt content in the soil materials.

Fig. 7 shows the definitions for the FAO (1990) system along with the particle-size classes from particle size analyses of the Polish soils according to Polish criteria (Marcinek, 1996). In this way, the Polish system of particle-size classes will be better understood.

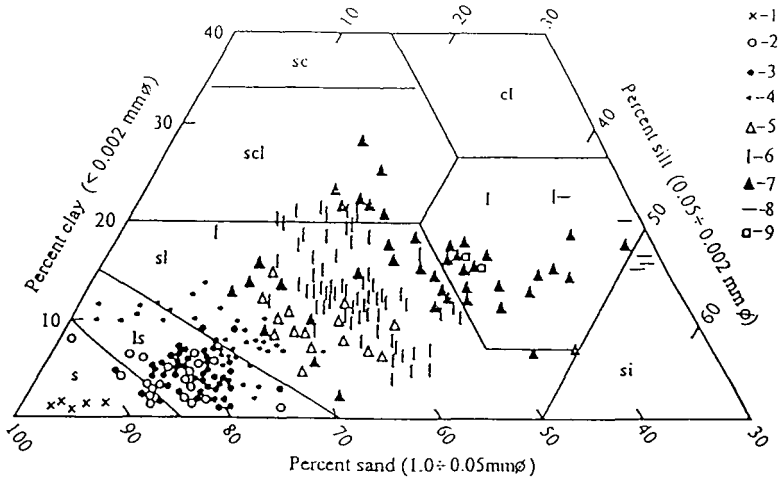


Fig. 7. Chart showing the percentages of clay (below 0.002 mm), silt (0.002 to 0.05 mm) and sand (0.05 to 2.0 mm) in the basic soil texture classes according to the FAO (1990) criteria and location of soil texture as found in the investigated area (Marcinek, 1996). Symbol explanation: 1 - loos sand, 2 - slightly loamy sand, 3 - loamy sand, 4 - very loamy sand, 5 - sandy loam, 6 - light loam, 7 - medium loam, 8 - heavy loam, 9 -silt; s - sand, ls - loamy sand, sl - sandy loam, l - loam, si - silt, scl - sandy clay loam, cl - clay loam, sc - sandy clay

2.2. Applied analytical methods

Particle size analyses were performed on bulk soil samples by hydrometer method (Prószyński, 1965) with the application of sodium-hexametaphosphate as a chemical dispersing agent. Sand fractions were separated on sieves.

Particle density: by pycnometer method (Blake and Hartge, 1982)

Bulk density:- by core method - in a cylindrical metal sampler with a volume of 100 cm³.

Soil water retention characteristic:- by Richards method using pressure plate extractor.

Soil pH was measured in H₂O (1:1) and 0,01M CaCl₂ (1:2) according to SLS (1992).

Free iron, aluminium and manganese oxides: by CBD method (citrate - bicarbonate - dithionite) (Mehra and Jackson , 1960).

Non crystalline iron, aluminium and manganese oxides were determined by acid ammonium oxalate in the dark (AOD) (McKeague and Day, 1966).

Organic carbon: by Walkley-Black method (Nelson and Sommers, 1982)

Exchangeable cations (Ca, Mg, K, Na) - by Mehlich method (BaCl₂ - TEA) modified bay Kociałkowski and Ratajczak (1984)

Exchangeable Al and H - by potassium chloride method (1M KCl) (Grant , 1982).

Elemental analyses. Soil samples were ignited in a furnace at 850°C then digested with hydrofluoric acid in a closed vessel (Chin Huat and Jackson, 1982)

Plant Available phosphorus and potassium:- by Egner-Riehma method.

Plant available magnesium:- by Schachtschabel method.

Soluble copper, zinc and manganese: by 1M HCl method.

2.3. Descriptions of representative pedons

PEDON 1

Classification:

Pol. (1989): Epigleyed Brown Forest Podzolic (II B3. d)

USA Soil Tax. (1994): Aquic Hapludalf.

FAO-UNESCO-ISRIC (1994): Epi-gleic Luvisols (LVge)

German (1994): Pseudogley-Parabraunerde

Location: Rajkowo, gm. Kołbaskowo, woj. szczecińskie

Coordinates of soil profile:

Lat. N, deg. 53, min. 23, sec. 32.

Lon. E, deg. 14, min. 28, sec. 21.

Altitude: 30,00 m.a.s.l.

Land form: Gumińce Lowland, nearly level, 0-2 percent gradient.

Physiography: Flat ground moraine

Parent material: glacial till.

Drainage class: moderately well to imperfectly drained.

Ground water depth: mean high: seasonally saturated zone at. 0.5m

mean low : below 2.5m.

Sampled by: J. Marcinek, April 25, 1996.

Colors are for the moist soil unless otherwise indicated. German indications in brackets.

- Ap [SAp] 0-33 cm. Dark brown (10YR 3/3) sandy loam [SR4,G2]; moderate very fine subangular blocky structure; friable (moist); plentiful fine roots; abrupt smooth boundary.
- B21tg [Bt-Sd1] 33-51 cm. Yellowish brown (10YR5/6), brown (10YR5/3) clay skins on peds and light brownish grey (2.5Y6/2) gley spots, sandy clay loam [Lts,G2]; moderate medium subangular and angular blocky structure; firm (moist); clear wavy boundary.
- B22tg [Bt-Sd2] 51-78 cm. Dark brown (7.5YR4/4), brown (7.5YR5/4) clay skins on peds, light brownish grey (2.5Y6/2) common distinct fine and medium mottlings, sandy clay loam [Lts,G2]; moderate medium angular blocky structure; clear wavy boundary.
- B3tg [Sd-Bt] 78-90 cm. Yellowish brown (10YR5/4), light brownish grey (2.5Y6/2) common distinct medium and coarse mottlings, sandy clay loam [Lts,G2]; moderate coarse angular blocky structure; firm (moist); diffuse wavy boundary.
- Ccag [Sd-Cc] 90-120 cm. Brown (10YR5/3), common fine distinct dark brown (10YR3/3) and yellowish red (5YR5/6) mottlings, sandy clay loam [Lts,G2]; moderate medium and coarse angular blocky structure; firm (moist).

Table 2. Basic physical and chemical properties.

Pedon 1

No.	Hor.	Depth cm	Sto. %	Texture in % of bulk soil										Kf	
				Sand					Silt				Clay	cm/d	var.
				vc	c	m	f	Σ	c	m	f	Σ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	Ap	0-33	1,54	0,7	4,7	8,6	24	38	17	12	18	47	15		
	B21tg	35-51	1,98	2,7	5,0	8,3	20	36	12	7	15	34	30		
	B22tg	51-78	1,97	1,5	4,5	8,0	23	37	13	6	16	35	28		
	B3tg	78-90	1,18	1,2	4,6	8,2	26	40	13	6	16	35	25		
	Cgca	90-120	1,92	1,4	5,3	2,3	31	40	13	7	15	35	25		

Sand: vc - 2.0-1.0 mm, c - 1.0-0.5 mm, m - 0.5-0.25 mm, f - 0.25-0.1 mm:

Silt: c - 0.1-0.05 mm (or very fine sand), m - 0.05-0.02, f - 0.02-0.002 mm

No.	Hor.	Bulk dens. Mg•m ⁻³	Parti- cle Dens. %	Por. %	Water content in %				pH		Fe _D ⁺	Fe _O	Fe _r /	Mn _O	P _A
					at pF				H ₂ O	CaCl ₂					
					0.6	1.8	2.5	4.2			24	25	26	27	28
1.	Ap	1,624	2,612	37,8	35,9	28,6	23,7	12,5	7,62	6,82	0,83	0,55	0,66		
	B21tg								7,57	6,86	1,54	0,77	0,50		
	B22tg	1,736	2,703	35,8	35,0	31,3	28,0	18,2	7,66	6,9	1,64	0,75	0,46		
	B3tg								7,7	6,95	1,30	0,89	0,68		
	Cgca								7,27	6,97	1,20	0,51	0,42		

*Fe - as a Fe₂O₃

No.	Hor.	C _{org} %	N _i mg•g ⁻¹	C : N	Car- bon %	CEC		Exchangeable cations						BS %
						P	E	in cmol _(c) •kg ⁻¹						
								cmol _(c) •kg ⁻¹	Ca	K	Mg	Na	H	
1	2	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
1.	Ap	1,25					12,01	10,62	0,70	0,64	0,03	0,02		99,8
	B21tg	0,47					13,86	12,13	0,48	1,19	0,04	0,02		99,9
	B22tg	0,50					13,76	12,35	0,24	1,13	0,05	0,01		99,9
	B3tg	0,37					12,98	11,68	0,18	1,08	0,04	-		100
	Cgca						13,45	11,95	0,19	1,24	0,07			100

*E - cation exchange capacity effective

PEDON 2

Classification:

Pol. (1989): Glossic-epigleyed Brown Forest Podzolic (II B3. g-d)

USA Soil Tax. (1994): Glossoaquic Hapludalf

FAO-UNESCO-ISRIC (1994): Epi-gleyic Podzoluvisols (PDge)

German (1994): Fahlerde-Pseudogley

Location: Ostoja, gm. Kołbaskowo, woj. szczecińskie

Coordinates of soil profile:

Lat. N, deg. 53, min. 24, sec. 06.

Lon. E, deg. 14, min. 27, sec. 33.

Altitude: 32,00 m.a.s.l.

Land form: Slightly undulating to level. 1-3 percent slope gradient.

Physiography: Ground moraine of Guminieńce Lowland

Parent material: glacial till.

Drainage class: moderately well drained.

Ground water depth: mean high: seasonally saturated zone at 0.5m

mean low : below 2m

Sampled by: J. Marcinek, April 25, 1996.

Colors are for the moist soil unless otherwise indicated. German indications in brackets.

- Ap [Ap] 0-35cm. Dark brown (10YR3/3) sandy loam [S13,G2]; moderate medium and coarse granular structure; friable (moist); plentiful fine roots; abrupt smooth boundary.
- E1et [SwAel] 35-42 cm. Yellowish brown (10YR5/4), sandy loam [S13,G2]; massive to weak medium platy structure; friable (moist); clear wavy boundary.
- E2etg [Ael-Sw] 42-54 cm. Brown (10YR5/3), with common medium distinct light grey (10YR7/2) mottlings, sandy loam [S13,G2]; moderate medium to fine subangular blocky structure; firm (moist); clear wavy boundary.
- E/B [Sw/BtSd] 54-66 cm. Glossic belt: Yellowish brown (10YR5/8) and light yellowish brown (2.5Y6/4) sandy loam [LS4,G2]; weak and moderate medium and coarse prismatic, broken to angular blocky structure; firm (moist); clear irregular boundary.
- B21tg [Bt-Sd1] 66-87 cm. Strong brown (7.5YR5/6) with common fine to medium distinct pale brown (10YR6/3) and light brownish grey (2.5Y6/2) mottlings, sandy clay loam [LS4,G2]; moderate coarse prismatic, broken to angular blocky structure; firm (moist); gradual wavy boundary.
- B22tg [Bt-Sd2] 87-115 cm. Dark yellowish brown (10YR4/6) with pale brown (10YR6/3) material coats numerous peds, sandy clay loam [LS4,G2]; massive broken to weak coarse angular blocky structure; firm (moist).
- Cg [C-Sd] 115-130 cm. Yellowish brown (10YR5/6) sandy clay loam [Su3,G1]; common fine to medium distinct light brownish grey (2.5Y6/2) mottlings; massive, broken to weak medium angular blocky structure; firm (moist).

Table 3. Basic physical and chemical properties.

Pedon 2

No.	Hor.	Depth cm	Sto. %	Texture in % of bulk soil											Kf	
				Sand					Silt				Clay	cm/d	var.	
				vc	c	m	f	Σ	c	m	f	Σ				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
2.	Ap	0-35	0,73	0,1	5,2	9,7	29	44	19	13	16	38	8			
	E1et	35-42	1,16	1,9	5,3	9,8	26	43	18	12	17	47	10			
	E2etg	42-54	1,84	1,1	5,5	10,4	25	42	16	13	17	46	12			
	E/B	54-66	1,86	2,5	5,7	10,8	23	42	17	8	15	40	18			
	B21tg	66-87	1,44	0,6	5,4	11,0	23	40	13	6	18	29	23			
	B22tg	87-115	1,57	0,8	5,2	9,0	25	40	12	7	17	28	24			
	Cg	115-130	1,83	0,6	5,7	4,7	33	44	18	12	22	52	4			

Sand: vc - 2.0-1.0 mm, c - 1.0-0.5 mm, m - 0.5-0.25 mm, f - 0.25-0.1 mm;

Silt: c - 0.1-0.05 mm (or very fine sand), m - 0.05-0.02, f - 0.02-0.002 mm

No.	Hor.	Bulk dens.	Particle dens.	Por. %	Water content in %				pH		Fe _D ⁺	Fe _D ⁰	Fe _D ⁻	Mn _D	P _A
					at pF				H ₂ O	CaCl ₂					
		Mg·m ⁻³	0.6		1.8	2.5	4.2			%			mg·kg ⁻¹		
1	2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2.	Ap	1,60	2,62	38,8	36,2	27,6	22,1	11,5	7,60	6,95	0,70	0,53	0,76		
	E1et								7,49	6,79	0,76	0,56	0,74		
	E2etg	1,72	2,65	35,2	33,7	25,9	20,5	9,7	7,52	6,8	0,87	0,63	0,72		
	E/B	1,72	2,69	35,5	34,3	26,8	21,1	9,5	7,53	6,71	1,22	0,65	0,53		
	B21tg	1,74	2,67	35,3	34,1	29,8	26,5	17,2	7,51	6,69	1,69	0,79	0,47		
	B22tg								6,65	5,97	1,80	0,76	0,42		
	Cg								5,97	5,32	1,69	0,59	0,35		

*Fe - as a Fe₂O₃

No.	Hor.	C _{org.} %	N _t mg·g ⁻¹	C : N	Car-Bon %	CEC		Exchangeable cations in cmol ₍₊₎ ·kg ⁻¹						BS %
						P	E	Ca	K	Mg	Na	H	Al	
						cmol ₍₊₎ ·kg ⁻¹								
1	2	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
2.	Ap	1,02					8,03	7,39	0,30	0,31	0,01	0,02		99,8
	E1et	0,43					5,31	4,89	0,19	0,19	0,01	0,03		99,4
	E2etg	0,30					5,69	5,22	0,17	0,25	0,02	0,03		99,5
	E/B	0,20					8,25	7,48	0,20	0,51	0,04	0,02		99,8
	B21tg	0,23					10,94	9,71	0,21	0,93	0,06	0,03		99,7
	B22tg	0,13					10,14	8,37	0,24	1,41	0,07	0,03	0,02	99,5
	Cg						7,88	6,38	0,19	1,17	0,05	0,05	0,04	98,8

*E - cation exchangeable capacity effective

PEDON 3

Classification:

Pol. (1989): Epigleyed Brown Forest Podzolic (II B3. d)

USA Soil Tax. (1994): Aquic Hapludalf.

FAO-UNESCO-ISRIC (1994): Stagni-gleic Luvisols (LVgj)

German (1994): Pseudovergleyte Tschernosem-Parabraunerde

Location: Ostoja, gm. Kolbaskowo, woj. szczecińskie.

Coordinates of soil profile:

Lat. N, deg. 53, min. 24, sec. 18.

Lon. E, deg. 14, min. 27, sec. 54.

Altitude: 30,00 m.a.s.l.

Land form: Slightly undulating to flat, 1-3 percent slope gradient.

Physiography: Ground moraine of Gumieniecka Lowland

Parent material: glacial till

Drainage class: moderately well drained

Ground water depth: mean high: below 0.8m.

mean low: below 2.5m

Sampled by: J. Marcinek, C. Kaźmierowski, June 26, 1996.

Colors are for the moist soil unless otherwise indicated. German indications in brackets.

- Ap [Ap] 0-32 cm. Dark greyish brown (10YR4/2 moist) to greyish brown (10YR5/2dry) sandy loam [S13,E2]; moderate fine granular structure; hard (dry); abrupt smooth boundary.
- AE [Ahl] 32-43 cm. Very dark greyish brown (10YR3/2 moist) to brown (10YR5/3 dry) and very dark greyish brown (10YR3/2 moist) to dark grey (10YR4/1 dry) mottled sandy loam [S14,E2]; strong medium and coarse angular blocky structure; hard (dry); clear irregular boundary.
- B2lt [Bt] 43-55 cm. Dark yellowish brown (10YR3/4 to 4/4 moist) sandy clay loam [Lts,E2]; moderate medium prismatic broken to angular blocky structure; firm (moist); humus skin on peds; gradual irregular boundary.
- B22tg [Bht] 55-64 cm. Yellowish brown (10YR5/5 moist), dark brown (10YR4/3 moist) and brownish grey (2.5Y6/2); clay skins on peds, sandy clay loam [Lts,E2]; moderate coarse angular blocky structure; firm (moist); gradual irregular boundary.
- B23tg [Sd-Bht1] 64-82 cm. Yellowish brown (10YR5/8) sandy clay loam [Lts,E2]; brown (10YR5/3) clay skins on peds and light brownish grey (2.5Y6/2 moist) common medium distinct gley spots; massive to weak very coarse prismatic structure; firm (moist); diffuse irregular boundary.
- B3tg [Sd-Bht2] 82-104 cm. like B23tg, but more massive, less cracks and many medium distinct yellowish red (5YR5/6 moist) mottlings.
- Cg [Sd-C] 104-125 cm. Yellowish brown (10YR5/6 moist) sandy clay loam [Lts,E2]; many medium prominent light brownish grey (2.5Y6/3 moist) and dark brown (10YR4/3 moist) mottlings; massive structure.

Table 4. Basic physical and chemical properties.

Pedon 3

No.	Hor.	Depth cm	Sto. %	Texture in % of bulk soil										Kf	
				Sand					Silt				Clay	cm/d	var.
				vc	c	m	f	Σ	c	m	f	Σ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3.	Ap	0-32	1,71	1,4	1,6	10,0	25	41	19	12	18	49	10		
	AE	32-43	3,94	1,7	5,2	9,1	25	41	16	11	18	45	15		
	B21t	43-55	1,78	2,4	5,8	8,8	23	40	12	6	16	34	26		
	B22t	55-64	1,74	2,0	5,2	10,8	23	41	13	5	16	34	25		
	B23t	64-82	1,51	0,2	5,4	8,4	24	38	13	7	17	37	25		
	B3tg	82-104	1,44	0,0	5,1	7,9	25	38	13	6	17	36	26		
	C	104-125	1,75	1,1	5,2	4,7	26	37	13	7	17	37	26		

Sand: vc - 2.0-1.0 mm, c - 1.0-0.5 mm, m - 0.5-0.25 mm, f - 0.25-0.1 mm;

Silt: c - 0.1-0.05 mm (or very fine sand), m - 0.05-0.02, f - 0.02-0.002 mm

No.	Hor.	Bulk dens.	Particle dens.	Por. %	Water content in %				pH		Fe _D ⁺	Fe _c	Fe _v	Mn _h	P _A
					at pF				H ₂ O	CaCl ₂					
		Mg•m ⁻³	0.6		1.8	2.5	4.2			%	Fe _D	mg•kg ⁻¹			
1	2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3.	Ap	1,596	2,636	39,4	36,4	27,6	22,5	11,9	5,85	5,68	0,77	0,50	0,65		
	AE	1,571	2,632	40,3	36,6	26,2	20,5	10,2	5,82	5,72	0,93	0,52	0,56		
	B21t								5,72	5,28	1,59	0,71	0,45		
	B22t	1,679	2,699	37,8	36,1	30,6	27,0	16,7	5,77	5,5	1,68	0,72	0,43		
	B23t								5,86	5,64	1,54	0,80	0,52		
	B3tg	1,742	2,675	34,9	34,3	31,2	28,6	19,6	5,84	5,39	1,65	0,74	0,45		
	C								5,79	5,24	1,69	0,56	0,33		

*Fe - as a Fe₂O₃

No.	Hor.	C _{org} %	N _t mg•g ⁻¹	C : N	Carbon %	CEC		Exchangeable cations in cmol(+)•kg ⁻¹						BS %
						P	E	Ca	K	Mg	Na	H	Al	
		cmol(+)•kg ⁻¹	cmol(+)•kg ⁻¹	35	36	37	38	39	40	41	42	43		
3.	Ap	0,87					6,42	5,08	0,73	0,49	0,03	0,04	0,05	99,3
	AE	0,42					7,22	6,37	0,23	0,53	0,04	0,03	0,02	99,3
	B21t	0,36					9,19	7,98	0,19	0,89	0,09	0,03	0,01	99,6
	B22t	0,23					9,86	8,58	0,22	0,98	0,04	0,03	0,01	99,6
	B23t	0,31					9,15	7,87	0,21	0,95	0,07	0,04	0,01	99,5
	B3tg	0,23					10,14	8,74	0,25	1,04	0,07	0,03	0,01	99,6
	C						9,27	8,07	0,23	0,88	0,05	0,03	0,01	99,6

*E - cation exchange capacity effective

PEDON 4

Classification:

Pol. (1989): Podzols (IIC3).

USA Soil Tax. (1994): Typic Haplorthods (BDEK).

FAO-UNESCO-ISRIC (1994): Haplic podzols (PZh).

German (1994): Norm-Podsol (Eisenhumuspodsol).

Location: Dobieszyn, n-ctwo Trzebież, woj. szczecińskie

Coordinates of soil profile:

Lat. N, deg. 53, min. 36, sec. 41.

Lon. E, deg. 14, min. 19, sec. 13.

Altitude: 21,00 m.a.s.l.

Land form: Slight undulating, 3-5 percent slope gradient.

Physiography: Wkrzńska Plain.

Parent material: Sand dunes.

Drainage class: Excessively drained.

Ground water depth: mean high: below 3m
mean low: below 3m

Sampled by: J. Marcinek, C. Kaźmierowski, June 26, 1996.

Colors are for the moist soil unless otherwise indicated. German indications in brackets

O [Of]	10-0 cm. Very dark reddish brown (5YR2/4), partly decomposed or matted plant remains.
AO [Oh/Aeh]	0-2 cm. Grayish yellow brown (10YR5/2) sand [fSms]; single grain structure; loose (moist); clear smooth boundary.
Ees [Ahe]	2-7 cm. Brownish grey (10YR6/1) sand [fSms]; single grain to weak very fine granular structure; loose (moist); clear wavy boundary.
B1hf [Bsh]	7-12 cm. Dark brown (10YR3/3) fine sand [fSms]; weak very fine granular structure; very friable (moist); clear wavy boundary.
B2fe [Bsh]	12-25 cm. Yellowish brown (10YR5/6) sand [fSms]; weak very fine granular structure; loose (moist); gradual wavy boundary.
B1v [rGo-Bs1]	25-40 cm. Bright yellowish brown (10YR6/6) fine sand [fSms]; single grain to weak very fine granular structure; loose (moist); diffuse irregular boundary.
B2v [rGo-Bs2]	40-55 cm. Dull yellow orange (10YR6/5) fine sand [fSms]; single grain structure; diffuse irregular boundary.
C [rGo-C]	55-100 cm. Light yellow orange (10YR8/4) sand [fSms]; single grain structure; loose (moist).

Table 5. Basic physical and chemical properties.

Pedon 4

No.	Hor.	Depth cm	Sto. %	Texture in % of bulk soil											Kf	
				Sand					Silt				Clay	cm/d	var.	
				vc	c	m	f	Σ	c	m	f	Σ				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
4.	O	10-0														
	AO	0-2														
	Ees	2-7	0,0	0,0	2,0	24,0	60	86	9	1	3	13	1			
	B1hfe	7-12	0,0	0,0	2,2	24,8	59	86	10	2	2	14	0			
	B2fe	12-25	0,005	0,0	1,6	20,4	63	85	12	2	1	15	0			
	(B1v)	25-40	0,0	0,1	2,5	28,4	61	92	6	0	2	8	0			
	(B2v)	40-55	0,003	0,0	0,9	34,1	56	91	7	0	2	9	0			
	C	55-100		0,1	3,4	33,5	59	96	3	0	1	4	0			

Sand: vc - 2.0-1.0 mm, c - 1.0-0.5 mm, m - 0.5-0.25 mm, f - 0.25-0.1 mm;

Silt: c - 0.1-0.05 mm (or very fine sand), m - 0.05-0.02, f - 0.02-0.002 mm

No.	Hor.	Bulk dens.	Partic dens.	Por. %	Water content in %				pH		Fe _D ⁺	Fe _r	Fe _v	Mn _r	P _A	
					at pF				H ₂ O	CaCl ₂						
		Mg·m ⁻³					0.6	1.8	2.5	4.2			%		mg·kg ⁻¹	
		17	18		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4.	O															
	AO															
	Ees	0,955	2,600	66,3	48,4	29,3	22,1	10,4	3,63	2,90	0,19	0,15	0,79			
	B1hfe	1,368	2,619	47,8	33,4	16,4	11,3	4,6	4,15	3,85	0,52	0,40	0,77			
	B2fe	1,496	2,638	43,3	22,0	9,6	6,7	2,7	4,39	4,23	0,30	0,19	0,63			
	(B1v)	1,662	2,650	37,3	9,1	4,2	2,9	1,9	4,53	4,34	0,17	0,12	0,71			
	(B2v)								4,54	4,51						
	C								4,78	4,65	0,07	0,04	0,57			

*Fe - as a Fe₂O₃

No.	Hor.	C _{org} %	N _t mg·g ⁻¹	C : N	Car- Bon %	CEC		Exchangeable cations in cmol(+)·kg ⁻¹						BS %	
						P	E	Ca	K	Mg	Na	H	Al		
		cmol(+)·kg ⁻¹		37	38	39	40							41	42
		1	2	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
4.	O							7,15	0,80	1,69	0,163				
	AO							4,34	2,15	0,20	0,56	0,012	0,75	0,67	67,3
	Ees	1,74						2,49	0,27	0,04	0,06	0	0,7	1,42	14,9
	B1hfe	0,81						1,43	0,09	0,03	0,02	0	0,35	0,93	10,9
	B2fe	0,55							0,13	0,02	0,03	0			
	(B1v)	0,16							0,13	0,03	0,02	0			
	(B2v)								0,13	0,03	0,03	0			
	C								0,14	0,04	0,07	0	0,31	0,25	

*E - cation exchange capacity effective

PEDON 5

Classification:

Pol. (1989): Ocher soil.

USA Soil Tax. (1994): Oxyaquic Haplorthods.

FAO-UNESCO-ISRIC (1994): Ferralic Podzols (PZf).

German (1994): Lockerbraunerde aus relikt. Oxigley (Ocherede after Sohlihting).

Location: Dobieszyn, n-ctwo Trzebież, woj. szczecińskie

Coordinates of soil profile:

Lat. N, deg. 53, min. 36, sec. 44.

Lon. E, deg. 14, min. 19, sec. 13.

Altitude: 20,00 m.a.s.l.

Land form: Slight concave in slightly undulating area, 3-5 percent slope gradient.

Physiography: Sand dunes on flat pleistocen terrace.

Parent material: glacial till.

Drainage class: Excessively drained.

Ground water depth: mean high: below 3m
mean low : below 3m

Sampled by: J. Marcinek, April 25, 1996.

Colors are for the moist soil unless otherwise indicated. German indications in brackets

- O [oh] 3-0 cm. Dark reddish brown (5YR3/3) decomposed plant remains mixed with sand; abrupt smooth boundary.
- AB [rGo-Ah] 0-10 cm. Red (10R4/6 to 3/6) fine sand [fSms]; moderate very fine granular structure; plentiful of roots of different size; loose (moist).
- Box [rGo-Bv] 10-40 cm. Dark red (10R3/6 to 4/6) fine sand [Sms]; moderate very fine granular structure; common fine to coarse roots; very friable to loose (moist); clear irregular boundary; this horizon is divided in three layers for sampling only.
- C1 [rGo-Cv1] 40-60 cm. Dull yellow orange (10YR7/4) sand [fSms]; common fine distinct reddish brown (2.5YR4/6) mottlings; single grain structure; loose (moist); clear irregular boundary.
- C2 [rGo-Cv2] 60-80 cm. Dull yellow orange (10YR7/3) sand [fSms]; few fine distinct reddish brown (2.5YR4/6) mottlings; single grain structure; loose (moist); clear irregular boundary.
- C3 [rGo-Cv3] 80-100 cm. Dull yellow orange (10YR7/4) sand [fs]; few fine distinct yellowish brown (10YR5/6) and bright yellowish brown (10YR6/8) mottlings; single grain structure; loose (moist).

Table 6. Basic physical and chemical properties.

Pedon 5

No.	Hor.	Depth cm	Sto. %	Texture in % of bulk soil											Kf	
				Sand					Silt				Clay	cm/d	var.	
				vc	c	m	f	Σ	c	m	f	Σ	<0.002			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
5.	O	3-0														
	AB	0-10	0,0	0,0	1,4	16,6	61	79	11	6	4	21	0			
	B1ox	10-20	0,0	0,0	4,3	15,7	60	80	12	1	5	18	2			
	B2ox	20-30	0,03	0,0	1,2	17,8	63	84	9	1	5	15	3			
	B3ox	30-40	0,05	0,0	0,8	14,2	73	88	7	0	2	9	3			
	Bv1	40-60	0,11	0,1	2,0	25,9	68	96	2	1	1	4	0			
	Bv2	60-80	0,18	0,2	2,5	20,3	72	95	4	0	1	5	0			
	C	80-100	0,01	0,1	0,6	7,3	85	93	6	0	0	6	1			

Sand: vc - 2.0-1.0 mm, c - 1.0-0.5 mm, m - 0.5-0.25 mm, f - 0.25-0.1 mm:

Silt: c - 0.1-0.05 mm (or very fine sand), m - 0.05-0.02, f - 0.02-0.002 mm

No.	Hor.	Bulk dens.	Particle dens.	Por. %	Water content in %				pH		Fe _D	Fe _c	Fe _v	Mn _D	P _A
					at pF				H ₂ O	CaCl ₂					
					0.6	1.8	2.5	4.2	24	25	%				
1	2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5.	O														
	AB	1,272	2,692	52,7	37,5	19,5	13,8	5,8	4,48	3,91	9,57	3,40	0,35		
	B1ox								4,48	4,22	8,68	3,92	0,45		
	B2ox								4,34	4,21	9,56	4,38	0,46		
	B3ox	1,353	2,714	50,1	33,2	19,0	14,1	6,7	4,31	4,26	4,49	2,73	0,61		
	Bv1								4,67	4,44	0,21	0,16	0,76		
	Bv2		2,665						4,73	4,38	0,20	0,15	0,75		
	C								5,1	4,4	0,20	0,16	0,80		

*Fe - as a Fe₂O₃

No.	Hor.	C _{org} %	N _t mg•g ⁻¹	C : N	Carbon %	CEC		Exchangeable cations in cmol(+)•kg ⁻¹						BS %	
						P	E	Ca	K	Mg	Na	H	Al		
						cmol(+)•kg ⁻¹	cmol(+)•kg ⁻¹								
1	2	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
5.	O							0,90	0,31	0,36	0,03				
	AB	4,22						2,82	0,18	0,05	0,55	0,014	0,61	1,42	28
	B1ox	1,13						1,57	0,32	0,02	0,08	0,013	0,43	0,71	27,6
	B2ox	0,85						1,13	0,22	0,02	0,03	0,006	0,34	0,51	24,8
	B3ox	0,40						1,07	0,23	0,02	0,06	0	0,29	0,47	29
	Bv1	0,25						1,07	0,24	0,03	0,02	0	0,29	0,48	27,1
	Bv2	0,15						0,82	0,20	0,02	0,03	0	0,18	0,39	30,5
	C							0,7	0,28	0,03	0,06	0	0,14	0,19	37

*E - cation exchange capacity effective

Table 7. Elemental Analysis of the representative pedon samples

Pedon No.	Horizon	Depth	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	MnO	Loss on ignition
		cm	%								
1	Ap	0-33	80,02	8,01	2,36	1,02	0,58	0,36	0,83	0,07	5,09
	B21t	33-51	76,67	8,85	4,11	1,19	1,10	0,23	0,77	0,05	5,89
	B22t	51-78	76,91	9,68	3,62	1,02	1,04	0,20	0,63	0,02	5,51
	B3tg	78-90	78,91	9,30	3,24	1,08	1,08	0,28	0,96	0,02	4,76
	Ccag	90-120	76,64	8,74	3,10	1,08	1,04	0,32	0,89	0,03	4,70
2	Ap	0-35	84,62	6,23	1,61	0,95	0,39	0,43	0,78	0,04	3,51
	E1et	35-42	85,21	7,13	1,74	1,05	0,40	0,13	0,77	0,06	2,46
	E2etg	42-54	85,31	7,14	1,97	1,00	0,51	0,20	1,08	0,06	2,57
	E/B	54-66	82,28	8,36	2,64	1,10	0,69	0,20	1,01	0,03	3,63
	B21tg	66-87	78,45	8,37	3,24	0,93	0,80	0,17	0,70	0,02	4,55
	B22tg	87-115	79,2	9,60	3,52	1,05	0,92	0,18	0,76	0,02	4,88
	Cg	115-130	80,01	8,18	3,46	0,99	0,74	0,17	0,83	0,02	4,10
3	Ap	0-32	85,21	6,78	1,76	0,98	0,47	0,15	0,78	0,04	3,65
	AE	32-43	83,11	7,56	2,43	1,01	0,62	0,21	0,91	0,05	3,62
	B22tg	43-55	79,36	8,89	3,40	0,96	0,91	0,18	0,65	0,04	5,04
	B22tg	55-64	78,76	9,94	3,55	1,02	0,97	0,25	0,80	0,02	4,61
	B23tg	64-82	78,02	9,56	3,25	1,08	0,89	0,20	0,80	0,02	4,59
	B3tg	82-104	76,77	9,74	3,60	1,08	1,02	0,20	0,71	0,02	4,95
	Cg	104-125	76,51	10,03	3,70	1,09	1,06	0,20	0,69	0,03	5,43
4	O	0-2									
	Ees	2-7	92,75	2,63	0,40	0,49	0,09	0,08	0,51	0,04	3,03
	B1hfe	7-12	90,95	3,12	0,76	0,49	0,10	0,07	0,51	0,01	3,65
	B2fe	12-25	92,78	3,13	0,59	0,49	0,10	0,06	0,48	0,01	2,20
	B1v	25-60	92,18	3,51	0,54	0,54	0,14	0,12	0,78	0,01	1,41
	B2v	60-120	94,59	2,61	0,33	0,46	0,08	0,04	0,38	0,01	0,44
5	AB	0-10	81,21	3,05	10,64	0,47	0,13	0,13	0,82	0,02	5,52
	Box	10-20	83,45	2,95	10,03	0,41	0,09	0,09	0,52	0,13	3,03
		20-30	80,01	2,89	10,55	0,43	0,09	0,08	0,49	0,19	2,58
		30-40	88,21	2,87	5,40	0,46	0,11	0,13	0,78	0,14	1,57
	C1	40-60	90,28	3,21	0,49	0,48	0,10	0,07	0,47	0,07	0,43
	C2	60-80	89,83	3,39	0,60	0,55	0,13	0,16	0,72	0,03	0,39
	C3	80-100	90,73	3,55	0,80	0,53	0,17	0,16	0,68	0,01	2,38

Table 8. Some chemical properties of representative pedon samples

Pedon No.	Horizon	Depth cm	Al _D ^{*)} %	Al _O ^{**)} %	Al _D -Al _O %	Mn _D ^{**)} mg·kg ⁻¹	Plant available			Soluble		
							K	P.	Mg	Cu	Zn	Mn
							mg·100 g ⁻¹			mg·kg ⁻¹		
1	Ap	0-33	0,31	0,25	0,06	329	5,7	22,4	19,4	10,5	29,1	231
	B21t	33-51	0,48	0,34	0,15	64,6	10,7	1,1	15,4	3,8	5,9	33
	B22t	51-78	0,51	0,33	0,18	77,5	9,8	0,2	9,2	3,5	8,7	32,1
	B3tg	78-90	0,42	0,29	0,13	214	10,4	0,6	8,2	2,6	7,0	58,1
	Ccag	90-120	0,38	0,30	0,08	312	12,0	3,7	7,8	2,7	9,4	97,1
2	Ap	0-35	0,25	0,20	0,05	431	10,2	9,3	4,1	3,2	76,1	203
	E1et	35-42	0,26	0,22	0,03	416	6,2	2,7	2,5	2,8	11,4	99,8
	E2et	42-54	0,26	0,22	0,04	235	6,0	0,2	3,0	2,5	8,2	42,3
	E/B	54-66	0,36	0,21	0,15	128	7,4	6,6	5,5	2,3	5,5	34,5
	B21tg	66-87	0,46	0,25	0,21	65,4	6,8	0,2	7,0	2,3	5,8	19,8
	B22tg	87-115	0,50	0,29	0,21	106	8,4	0,2	13,6	2,2	5,6	20
	Cg	115-130	0,44	0,31	0,13	218	7,4	0,2	14,1	2,2	15,1	28
3	Ap	0-32	0,27	0,24	0,03	403	22,6	7,1	5,6	7,6	12	174
	AE	32-43	0,31	0,27	0,04	257	7,2	0,9	6,8	4,7	9,3	53,3
	B21tg	43-55	0,51	0,31	0,20	101	7,8	trace	10,5	3,7	7,7	35,1
	B22tg	55-64	0,52	0,34	0,18	79,9	7,8	"	11,0	2,9	7,7	28,7
	B23tg	64-82	0,52	0,33	0,19	115	8,0	"	10,4	3,2	5,2	310,
	B3g	82-104	0,53	0,33	0,20	214	9,5	"	11,6	2,5	7,4	33,4
	Cg	104-125	0,52	0,38	0,14	250	9,0	"	11,7	2,5	8,4	35,0
4	O-Ees	0-7	0,12	0,09	0,03	8,1	2,2	0,2	1,1	0,3	4,8	2,7
	B1hfe	7-12	0,82	0,76	0,06	12,9	1,2	2,4	0,5	0,7	2,3	7,1
	B2fe	12-25	0,96	0,89	0,07	9,7	1,2	0,8	0,4	0,7	2,7	4,6
	B1v	25-60	0,43	0,41	0,02	80,7	1,4	0,7	0,4	0,6	6,1	20,
	B2v	60-120	0,25	0,24	0,01	40,3	0,8	0,6	0,3	0,6	3,4	11,1
5	AB	0-10	1,45	0,72	0,73	1531	0,8	0,7	0,3	0,2	6,3	0,2
	B21ox	10-20	1,44	0,57	0,87	1118	1,0	0,2	0,8	0,4	1,9	0,4
	B22ox	20-30	1,39	0,40	0,99	662	2,6	trace	0,8	0,8	3,4	0,8
	B23ox	30-40	0,78	0,25	0,53	243	1,0	"	0,5	0,7	4,4	0,7
	C1	40-60	0,17	0,14	0,04	58,1	0,6	"	0,5	0,7	2,9	0,7
	C2	60-80	0,15	0,12	0,03	20,2	0,6	"	0,5	0,8	2,3	0,8
	C3	80-100	0,13	0,10	0,03	25,8	0,6	0,2	0,3	1,0	3,0	1,0

*) Al_D - CBD extractable aluminium expressed in % of Al₂O₃

**) Al_O - AOD extractable aluminium expressed in % of Al₂O₃

**) Mn_D - CBD extractable aluminium expressed in % of Al₂O₃

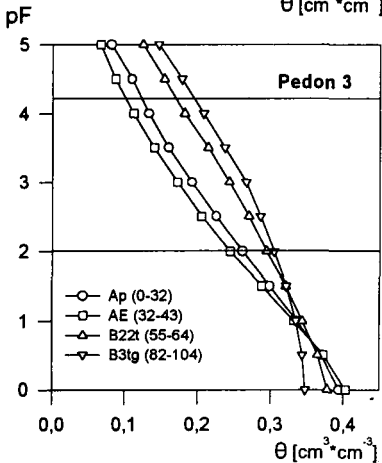
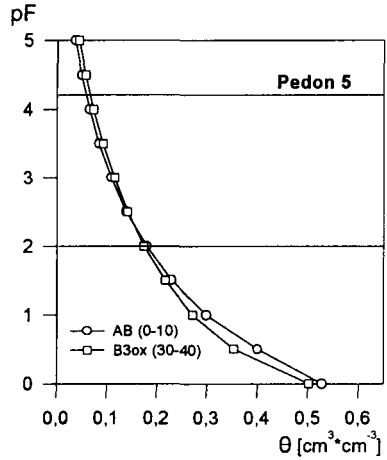
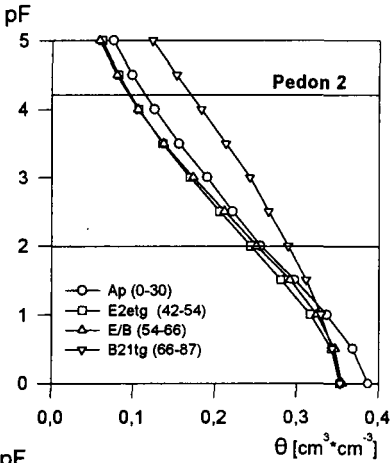
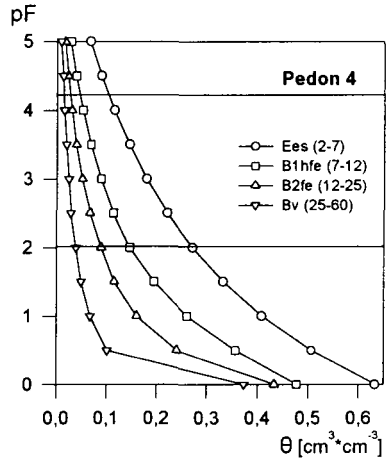
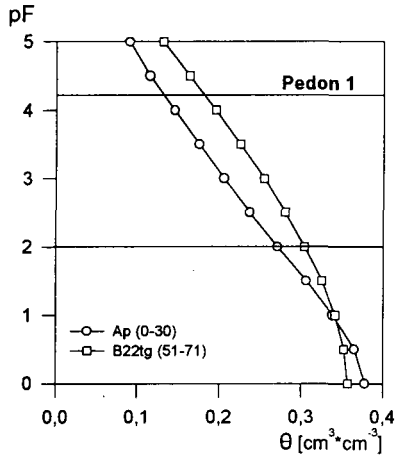


Fig. 8 Soil moisture tension curves for the characteristic horizons of representative pedons.

3. References

- Blake G.R., Hartge K.H., 1982.** Particle Density. In: Methods of Soil Analysis. Part one. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition (Ed. Page A.L.). ASA, SSA, Madison, Wisconsin USA.
- Bogda A., Chodak T., Niedźwiecki E., 1990.** Some properties and mineralogical composition of Gumieniecka Plain soils. (in Polish). *Roczn. Glebozn.*, 41, 3/4: 179-191.
- Borowiec S., 1992.** About occurrence of relict chernozems on the area of Szczecin Voivodeship. (in Polish). *Geological Review* 34, 4: 739-747.
- Borowiec S., 1984.** Spatial differentiation ecologically important properties of arable soils of Western Pomerania and occurrence of segetal weeds communities. (In Polish) *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie*, 107: 21-35+9rys.
- Chin Huat L., Jackson M.L., 1982.** Dissolution For Total Elemental Analysis. In Methods of Soil Analysis. Part two. Chemical And Microbiological Properties. Second Edition (Ed. Page A.L.). ASA, SSA, Madison, Wisconsin USA.
- Cieśla W., Marcinek J., 1994.** Horizon notation for Polish soils. *Roczn. Glebozn.* 44: 9-14.
- Commission V. Soil Genesis, Classification and Cartography of the Polish Society of Soil Science. 1989.** Systematics of Polish Soils. *Roczn. Glebozn.* 40 3/4: 1-150 (In Polish, summary in English).
- Dobrcka E., 1982.** Explanations to detailed geological map of Poland. Sheet Tarnowo (189, 1:50.000. Geological Institute. Warsaw (in Polish).
- IMGW, 1980.** Hydrographic division of Poland. Warsaw. (in Polish).
- FAO-ISRIC, 1990.** Guidelines for Soil Description. SRMCS-LWDD. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Jasnowski i wsp., 1981.** Potential natural vegetation of Poland, Review map. Sheet 3 and 6, PAN, Warsaw. (in Polish).
- Kaussmann B., Murr A., 1990.** Das Brachypodietum pinnati Libb 30 (Fieder - Zwenken - Steppenrasen) im Randowtal. *Archiv der Naturgeschichte in Meklenburg Bd. XXX-1990*, Universität Rostock, Sektion Biologie: 28-35.
- Koźmiński Cz., Czarnecka M., 1993.** Climate of Szczecin and its environs. J. Jasnowska (ed.). In: The environment status of city and Szczecin region, hazards and protection. (in Polish).
- Marcinek J., 1977.** Principles of Soil Survey and Hydropedological Investigations in Subtropical Regions. CBS i PBW „Hydroprojekt”, Warsaw, Poland, 138 p. (in Polish).
- Marcinek J., 1996.** Soils of the Turew Agricultural Landscape. In: Dynamics of an Agricultural Landscapes. PWRIL
- McKeague J.A., Day J.H., 1966.** Dithionite and Oxalate Extractable Iron and Aluminium as Aids in Differentiating Various Classes of Soils. *Can. J. Soil Science* 46: 13-22.
- Mehra O.P., Jackson M.L., 1960.** Iron Oxide Removal from Soils and Clays by a Dithionite-Citrate System Buffered with Sodium Bicarbonate. *Clays and Clay Minerals*. Vol.5. pp.317-327.
- Mikolajski J., 1966.** Geography of Szczecin Voivodeship. *Scientarum Societas Stetinensis*. II Szczecin. (in Polish).
- Nelson D. W., Sommer's L.E., 1982.** Total Carbon Organic Matter. In Methods of Soil Analysis. Part two. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition (Ed. Page A.L.). ASA, SSA, Madison, Wisconsin USA.
- Niedźwiecki E., 1991.** Physical and chemical properties of brown earth developed from boulder clay in Western Pomerania under arable farming, apple-tree orchard and deciduous forest as affected by soil compaction. *Soil & Tillage Research*, 19:237-244. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.

Piotrowski A., 1981. Explanations to detailed geological map of Poland . Sheet Dohuje. 1:50.000. Geological Institute. Warsaw (in Polish)..

Soil Survey Laboratory Staff, 1992. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigation Report No. 42, Ver. 2.0. USDA, SCS, NSSC (1992).

MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT

Referate

Sitzung der Kommission IV

"Dauerfeldversuch Thyrow"

10. und 11. Juni 1997

BERLIN

Band 84

1997

**Für den Erhalt und die umfassende Nutzung der europäischen
Dauerfeldversuche
Memorandum der Internationalen Konferenz "Dauerfeldversuche als
Forschungsbasis für nachhaltige Landwirtschaft"**

*angenommen von den Teilnehmern der Internationalen Konferenz am 10. und 11. Juni 1997
in Berlin anlässlich des 60jährigen Bestehens der Thyrower Dauerversuche

Die Böden sind wesentlicher Teil der Biosphäre und die Existenzgrundlage der Menschheit. In den terrestrischen Ökosystemen werden 98 % aller Nahrungsmittel erzeugt. Theoretisch stehen ausreichende Mengen an Nahrungsmitteln zur Verfügung, wenn man die vorhandenen gleichmäßig verteilen könnte und mit 11 300 Joule/Tag rechnet. Heute leiden weltweit 800 Millionen Erdenbewohner unter Hunger und jährlich sterben 13 Millionen an den Folgen unzureichender Ernährung.

Bis zum Jahre 2020 wird erwartet, daß die Weltbevölkerung bis auf 8,5 Milliarden Menschen anwächst. Gleichzeitig verringert sich derzeit die nutzbare Bodenfläche infolge von Erosion, Verwüstung und Bodenversiegelung um jährlich rund 10 Millionen ha. Immer mehr Menschen müssen von immer weniger Bodenfläche leben. Standen 1965 noch 4 000 m² pro Kopf der Bevölkerung zur Verfügung, so werden es im Jahre 2020 voraussichtlich nur noch 1 600 m² sein. Deswegen ist weltweit eine steigende Nahrungsmittelproduktion je Flächeneinheit notwendig, die im Einklang mit dem Schutz der natürlichen Ressourcen erzielt werden muß. Dazu kommt, daß innerhalb eines bereits absehbaren Zeitraums die Möglichkeit einer globalen, anthropogen verursachten Klimaveränderung besteht. Hierdurch können sich in verschiedenen Regionen der Erde die agrarklimatischen Bedingungen deutlich verändern. Bereits heute ist zu erkennen, daß sich damit die Bedingungen für nachhaltige Entwicklung im Sinne des Erhalts der Lebensgrundlagen für nachfolgende Generationen verschlechtern werden.

Aus dieser Situation ergeben sich für die **Agrar- und Umweltforschung** neue Herausforderungen. Insbesondere geht es um die Frage, wie eine wachsende Pflanzenproduktion mit geringerem Ressourceneinsatz erreicht und gleichzeitig die Bodenfunktionen auf Dauer erhalten werden können. Die dafür notwendige Forschung setzt Langzeituntersuchungen voraus, denn Veränderungen der Bodenzustände insbesondere der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte verlaufen im allgemeinen langsam und sind großenteils erst nach Jahrzehnten quantifizierbar. Zum Begründen von Konzepten nachhaltiger Bodennutzung und des Bodenschutzes, welche die dauerhafte Sicherung der Bodenfruchtbarkeit gewährleisten müssen, stellen Dauerfeldversuche unter verschiedenen Boden- und Klimabedingungen das grundlegende und unentbehrliche Erkenntnismittel dar. Sie erlauben es, die Stoff- und Energiekreisläufe zu quantifizieren und Auswirkungen unterschiedlicher Bodennutzung festzustellen. Nur auf dieser Grundlage ist es möglich, durch die Analyse langer Beobachtungsreihen in Verbindung mit vorhandenen Datensätzen und Kenntnissen von kleinskaligen Vorgängen auf großräumige, globale Erscheinungen zu schließen. Der Einfluß von Klimaänderungen auf agrarisch genutzte Ökosysteme ist überhaupt erst mit derartigen Langzeitexperimenten erkennbar, denn im Gegensatz zum jährlichen Witterungsgeschehen verlaufen Klimaänderungen allmählich. In kurzen

Zeitperioden lassen sich aufgrund der hohen Variabilität des Wetters die klimatischen Einflüsse auf die pflanzliche Ertragsbildung nicht quantifizieren.

Der Wert von Dauerfeldversuchen resultiert einerseits aus dem zeitlich unwiederbringlichen, über Jahrzehnte akkumulierten Erkenntnisstand, zum anderen aber auch aus den hohen personellen und finanziellen Aufwendungen für die Versuchsdurchführung, die im Laufe der Zeit getätigt worden sind und inzwischen viele Millionen Mark betragen. Aus technischen oder Kostengründen sind in den vergangenen Jahrzehnten insbesondere in Deutschland verschiedene langjährige Versuchsreihen abgebrochen worden. Dazu gehört beispielsweise der ehemals älteste deutsche Dauerversuch, das „Göttinger E-Feld“. Weltweit sind gegenwärtig nur noch etwa 65 Versuche mit einer Dauer von mehr als 50 Jahren bekannt, wovon 16 älter als ein Jahrhundert sind. Deutschland verfügt mit dem „Ewigen Roggenbau“ in Halle/Saale nur über ein derartiges Experiment.

Um zu möglichst großem Erkenntnisgewinn zu gelangen, sollten die Dauerversuche zukünftig nicht mehr ausschließlich im Verfügungsrecht der jeweiligen wissenschaftlichen Einrichtungen verbleiben. Die hohen Aufwendungen verpflichten zu einer umfassenden und allgemeinen Nutzung. Deshalb müssen diese Versuche lückenlos dokumentiert und einem breiten Nutzerkreis für zusätzliche sowie spezielle Untersuchungen zugänglich gemacht werden. So ist es möglich, ihren Informationsgehalt besser auszuschöpfen und die Kosten je Ergebniseinheit zu minimieren. Erste Anstrengungen auf diesem Weg werden derzeit durch die Einrichtung von Datennetzwerken in den USA, in Australien und in Europa (EU-SOMNET) unternommen.

Die Vielfalt der weltweit gegebenen Boden-, Klima- und Bewirtschaftungsbedingungen wird mit den noch vorhandenen Dauerfeldversuchen aber keinesfalls hinreichend repräsentiert. Um zukünftig sichere Aussagen zu den anstehenden Fragen treffen zu können, muß aber eine ausreichend breite experimentelle Grundlage gewährleistet werden.

Deshalb hat die Erhaltung und umfassende Nutzung der noch vorhandenen Dauerfeldversuche höchste Priorität!

Mit diesem Memorandum wird von Berlin aus an alle Entscheidungsträger in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft appelliert:

- Tragen Sie dazu bei, daß die europäischen Dauerfeldversuche als unentbehrliche Basis für die Agrar- und Umweltforschung erhalten werden!
- Unterstützen Sie die Bemühungen, die Dauerfeldversuche als Grundlage der experimentellen Forschung zur nachhaltigen Bodennutzung gemeinschaftlich besser zu nutzen!
- Helfen Sie mit, anhand der Dauerfeldversuche wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, mit denen zu steigender Nahrungsproduktion, dauerhaftem Erhalt der Bodenfunktionen und Schutz der natürlichen Ressourcen beigetragen wird!
- Leisten Sie einen Beitrag, um die Dauerfeldversuche als Wissenschaftserbe für künftige Generationen verfügbar zu halten!

BERLIN, IM JUNI 1997

DIE TEILNEHMER DER INTERNATIONALEN KONFERENZ,

darunter die verantwortlichen Wissenschaftler der Dauerversuche:

<i>D. S. POWLSON</i> , Rothamstedt (UK)	Jahr der Anlage 1843
<i>H. SCHLIEPHAKE UND J. GARZ</i> , Halle (D)	Jahr der Anlage 1878
<i>B. T. CHRISTENSEN</i> , Askov (DK)	Jahr der Anlage 1894
<i>M. KÖRSCHENS</i> , Bad Lauchstädt (D)	Jahr der Anlage 1902
<i>J. SCHELLBERG</i> , Dikopshof (D)	Jahr der Anlage 1906
<i>B. D. KIRJUSHIN</i> , Moskau (RUS)	Jahr der Anlage 1912
<i>ST. MERCIK</i> , Skierniewice (P)	Jahr der Anlage 1921
<i>G. KRZYSCH UND K. CAESAR</i> , Berlin-Dahlem (D)	Jahr der Anlage 1923
<i>H. PESCHKE</i> , Thyrow (D)	Jahr der Anlage 1937
<i>H. LANG UND J. DRESSEL</i> , Limburgerhof (D)	Jahr der Anlage 1938
<i>M. KRAUSS</i> , Puch (D)	Jahr der Anlage 1953
<i>J. KUBAT</i> , Prag (CZ)	Jahr der Anlage 1955
<i>J. ROGASIK</i> , Müncheberg (D)	Jahr der Anlage 1963
<i>P. MÄDER</i> , Oberwil (CH)	Jahr der Anlage 1978

Zur Stabilität der mikrobiellen Biomasse des 1923 von OPITZ in Berlin-Dahlem angelegten Statischen Versuches Bodennutzung

von

Grimm, J.*

Einleitung und Zielsetzung

Die mikrobielle Biomasse im Boden wird in der Landwirtschaft zur Beurteilung von Bodennutzungssystemen (ELLMER et al. 1996, KRZYSCH et al. 1992) oder im Bodenschutz zur Standortcharakterisierung von Bodendauerbeobachtungsflächen herangezogen (SAG 1991). Hinweise zur Stabilität der mikrobiellen Biomasse dienen der besseren Einschätzung dieses bodenmikrobiologischen Kennwertes. Natürliche Standortfaktoren wie Klima und Boden sowie gleichbleibende Bewirtschaftung über Jahrzehnte führen zu meßbaren standort- und bewirtschaftungstypischen Größenordnungen der mikrobiellen Biomasse (ANDERSON und DOMSCH 1989). Ziel ist es, die Schwankungen der mikrobiellen Biomasse und des organischen Kohlenstoffes im Jahresverlauf darzustellen und deren Größenordnungen bei gleicher Vorfrucht und unterschiedlicher Ertragshöhe aufzuzeigen.

Wie stabil die standort- und bewirtschaftungstypischen Gehalte an mikrobieller Biomasse und organischem Kohlenstoff sind, wird anhand mehrerer Untersuchungstermine über die Jahre 1986 bis 1996 durch den 1923 von OPITZ in Berlin-Dahlem mit differenzierter Bewirtschaftung auf Sandboden angelegten Statischen Versuches Bodennutzung aufgezeigt.

Material und Methode

Grundlage der Untersuchungen ist der 1923 von OPITZ angelegte Dauerfeldversuch in Berlin-Dahlem (Tab. 1 und 2). Der Boden ist eine grundwasserferne, relativ ton-, humus- und -bis auf Phosphor- nährstoffarme Parabraunerde mit Übergängen zur Fährerde (FAO-Klassifikation: Albic Luvisol, weitere Versuchsbeschreibung s. PESCHKE et al. 1997).

Die mikrobielle Biomasse (C_{mic}) wird nach ANDERSON und DOMSCH (1978) ermittelt. Untersuchungen erfolgen in der Bodenschicht 0-16 cm zu zwölf Terminen (1986 und 1987 jeweils vier (einer zu Beginn, zwei während und einer zum Ende der Vegetationsperiode), 1988 zwei (einer zu Beginn und einer zum Ende der Vegetationsperiode), 1990 und 1996 jeweils ein Termin zu Beginn der Vegetationsperiode). Die substratinduzierte Respiration basiert in den Jahren 1986-87 und 1996 auf CO_2 - und 1988 und 1990 auf O_2 -Messungen. Der organische Kohlenstoffgehalt (C_{org}) wird durch Trockenverbrennung bestimmt.

*Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin

Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Fachgebiet Pflanzenbau

Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin

Tel.: 030/314-71213, Fax: -71211, e-mail: grimm@elster.iae.tu-berlin.de

Tab. 1: Prüffaktoren des Dauerversuches

Faktor	Faktorstufen	Faktor	Faktorstufen
A	Pflugtiefe (seit 1923)	a1	Tief (T), ca. 28 cm
		a2	Flach (F), ca. 17 cm
B	Kalkdüngung (seit 1923)	b1	mit Kalk (+Ca)
		b2	ohne Kalk (-Ca)
C	Phosphorsäuredüngung (seit 1923)	c1	mit Phosphat (+P)
		c2	ohne Phosphat (-P)
D	Stallmistdüngung (seit 1939)	d1	mit Stallmist (+St)
		d2	ohne Stallmist (-St)
E	Fruchtfolge (seit 1967)	e1	Fruchtwechsel (Fw)
		e2	Getreidefolge (Gf)

Zahl der Prüffelder: 32; Zahl der Wiederholungen: 6; Zahl der Teilstücke: 192

Tab. 2: Bewirtschaftung des Dauerversuches

Frucht- (Anbau-) Düngermenge (t/ha)	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	CaCO ₃ (t/ha)	Stallmist (t/ha)
Fruchtwechsel (Fw)					
Futterobert (1996)	120	44	149	-	300
Winterweizen (1997)	100	28	100	10	-
Kartoffel (1996)	100	35	149	-	300
Winterweizen (1999)	100	28	100	10	-
Getreidefolge (Gf)					
Winterroggen (1996)	60	28	83	-	300
Winterweizen (1997)	100	28	100	10	-
Hafer (1998)	60	22	83	-	300
Winterweizen (1999)	100	28	100	10	-

Düngert: N als Ammoniumsulfat; P als Superphosphat; K als Kaliumgesteiz; CaCO₃ als Kohlensäurer Kalk (10 Jahre alte 4 Jahre)

Die Ergebnisse basieren auf den Prüffaktoren Kalk-, Stallmistdüngung und Fruchtfolge der Faktorstufe „Flach“ und „mit Phosphat“ (n = 24). Die durch unterschiedliche Meßmethoden gewonnenen Daten werden durch Bildung von Relativzahlen über die Faktorstufen Fruchtwechsel (Fw = 100 %) und Getreidefolge vergleichbar gemacht (Abb. 1, jeweils n = 12). Die Stabilität der mikrobiellen Biomasse über die Termine wird als prozentuale Abweichung zum 1. Untersuchungstermin 1986 (= 100 %) ausgedrückt (Abb. 2 u. 3). Die Erträge werden als Gesamterträge, d. h. Korn und Stroh, dargestellt. Auf den Einsatz statistischer Methoden wurde wegen der nicht randomisierten Versuchsanlage verzichtet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Faktorstufen Fruchtwechsel und Getreidefolge zeigen Unterschiede zwischen 17-70 % (absolut: 93,6-128,9 µg C_{mic} g⁻¹ TS-Boden) für C_{mic} und 0-10 % (absolut: 0,67-0,79 %) für C_{org} (Abb. 1). Deutliche Unterschiede liegen auch für die Prüffaktoren Pflugtiefe, Kalk- und Stallmistdüngung vor (GRIMM 1992, KRZYSCH et al. 1992).

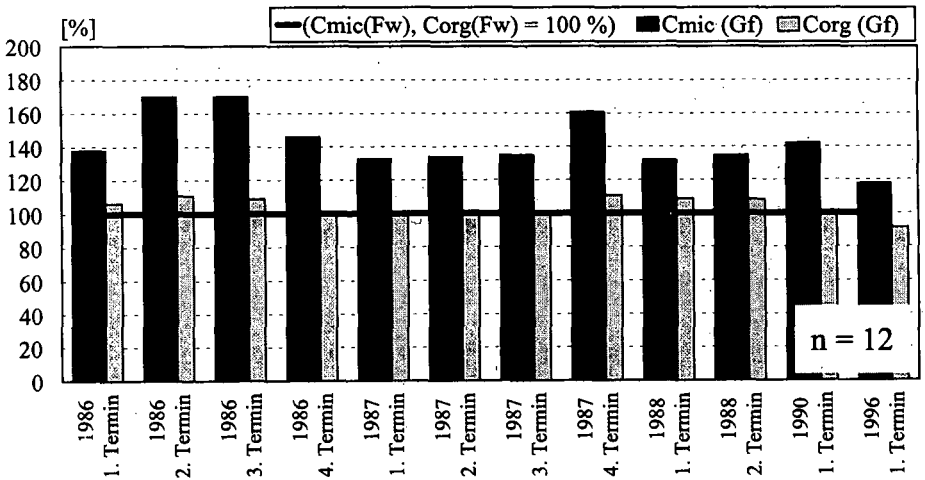


Abb. 1: Einfluß von Fruchtwechsel (Fw) und Getreidefolge (Gf) auf mikrobielle Biomasse (C_{mic}) und organischer Kohlenstoffgehalt (C_{org})

Die mikrobielle Biomasse verändert sich über die Untersuchungstermine im Fruchtwechsel zwischen 0 bis zu 36,3 % (absolut: 73,7-118,3 $\mu\text{g C}_{\text{mic}} \text{g}^{-1}$ TS-Boden) und in der Getreidefolge zwischen 0 bis zu 38,1 % (absolut: 109,8-161,8 $\mu\text{g C}_{\text{mic}} \text{g}^{-1}$ TS-Boden). Entsprechend verändert sich der organische Kohlenstoffgehalt zwischen 0 bis zu 21,5 % (absolut: 0,65-0,79 %) im Fruchtwechsel und zwischen 0 bis zu 20,3 % (absolut: 0,69-0,83 %) in der Getreidefolge (Abb. 2). Würde die Untersuchung an nur einem Termin erfolgen, müssen zur Beurteilung mögliche Abweichungen in den vorgenannten Größenordnungen berücksichtigt werden.

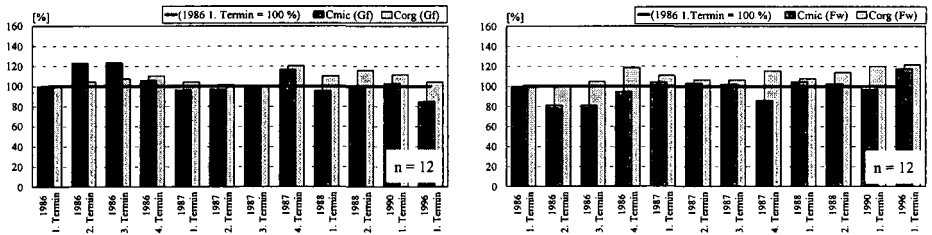


Abb. 2: Prozentuale Veränderung der mikrobiellen Biomasse (C_{mic}) und des organischen Kohlenstoffgehaltes (C_{org}) über 12 Untersuchungstermine im Fruchtwechsel (Fw) und in der Getreidefolge (Gf)

Für Vergleiche über mehrere Versuchsjahre werden die Untersuchungstermine zu Beginn der Vegetationsperiode herangezogen. Untersuchungstermine bei gleicher Vor- und Hauptfruchtart, d. h. nach einer Rotation lassen ähnlich hohe C_{mic} - und C_{org} -Gehalte erwarten. Abweichungen könnten durch Ertragsunterschiede der Vorfrucht und damit unterschiedlicher Witterungsereignisse erklärt werden. Zur Klärung dieser Fragen werden in Abbildung 3 für Fruchtwechsel und Getreidefolge die C_{mic} - und C_{org} -Gehalte und die Vorfruchterträge der vergleichbaren Untersuchungstermine 1986 und 1990 sowie 1988 und 1996 zusammengestellt. Sowohl für die mikrobielle Biomasse als auch für den organischen Kohlenstoffgehalt können keine Zusammenhänge aufgezeigt werden. Vergleichbare Untersuchungsbedingungen führen nicht zu ähnlichen C_{mic} - und C_{org} -Gehalten. Auch führen höhere C_{org} -Gehalte nicht zwangsläufig zu höheren C_{mic} -Gehalten. Die Höhe des Vorfruchtertrages kann ebenfalls nicht als ein Parameter herangezogen werden, um die bis zu 20 % hohen Abweichungen der C_{mic} - und C_{org} -Gehalte zu erklären.

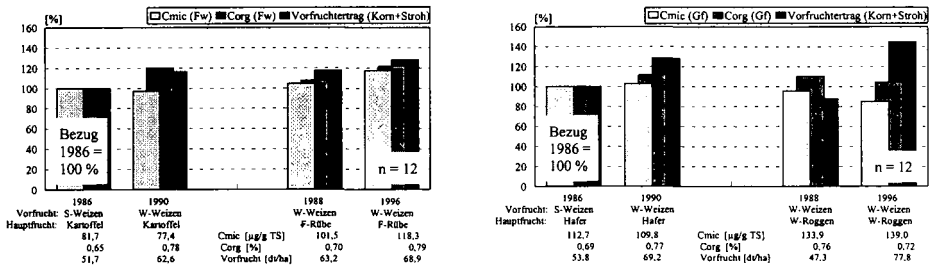


Abb. 3: Gehalte an mikrobieller Biomasse (C_{mic}) und organischem Kohlenstoff (C_{org}) bei gleicher Vor- und Hauptfrucht sowie der jeweiligen Vorfruchterträge im Fruchtwechsel (Fw) und in der Getreidefolge (Gf)

Fazit

- Anhand von 12 Untersuchungsterminen kann der Gehalt im Boden an mikrobieller Biomasse bis zu 40 % und an organischem Kohlenstoff bis zu 20 % abweichen. Selbst zu vergleichbaren Untersuchungsterminen vor Vegetationsbeginn und nach einer Fruchtfolge-Rotation treten Abweichungen bis zu 20 % auf.
- Höhere Gesamterträge der Vorfrucht geben nicht zwangsläufig einen Hinweis auf erwartbare höhere Gehalte an mikrobieller Biomasse oder organischem Kohlenstoff.
- Daraus folgt, daß Untersuchungen zur bodenmikrobiologischen Charakterisierung eines Standortes oder der Bewertung von Bodennutzungssystemen stets mehrere Untersuchungstermine voraussetzen. Empfohlen werden zumindest zwei Termine zu Beginn der Vegetationsperiode (s. auch GRIMM und WIRTH 1997).

Literatur

- ANDERSON, T.-H. und DOMSCH, K. H. (1989): Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. In: *Soil Biol. Biochem.* 21 (1989), 4, S. 471-479.
- ELLMER, F., ERDMANN, H. P., KRÜCK, St. und DEUTSCHMANN, M. (1996): Entwicklung von Bodenfruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit in verschiedenen Bodennutzungssystemen eines lehmigen Sandbodens. In: *Mitt. Deutsch. Bodenkundl. Gesell.* 79 (1996), S. 219-222.
- GRIMM, J. (1992): Einfluß langjährig differenzierter Bewirtschaftung auf mikrobielle Biomasse und Aktivität im Boden und ihre Beziehungen zu Standortfaktoren und Ertrag. Dissertation an der Technischen Universität Berlin, Fachbereich Internationale Agrarentwicklung, D 83, 116 S., Nr. 247.
- GRIMM, J. und WIRTH, S. (1997): Bodendauerbeobachtung in Brandenburg - Standortcharakterisierung durch Ermittlung der mikrobiellen Biomasse. Zur DBG-Tagung 1997 in Konstanz angenommen.
- KRZYSCHE, G. (Hrsg.); CAESAR, K. (Hrsg.); BECKER, K.; BRODOWSKI, M.; DRESSLER, U.-B.; GRIMM, J. (Koordinator); JANCKE, G.; KRAUSE, S. und SCHLENTHER, L. (1992): Einfluß von langjährig differenzierten Bewirtschaftungsmaßnahmen und Umweltbelastungen auf Bodenfruchtbarkeit und Ertragsleistung eines lehmigen Sandbodens. Endbericht des Interdisziplinären Forschungsprojektes der Technischen Universität Berlin, Fachbereich Internationale Agrarentwicklung, Schriftenreihe des Fachbereichs 15, 327 S., Nr. 141.
- PESCHKE, H. (Hrsg.), GRIMM, J. und HOFFMANN, H. (1997): Einfluß der Bodennutzung auf die langfristige Entwicklung von Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit sandiger Böden.- Dokumentation der wichtigsten Dauerfeldversuche in Berlin-Dahlem und Thyrow.- In: *Ökologische Hefte d. Landw.-Gärtner. Fak., Humboldt-Univ. zu Berlin* 7 S. 35-56.
- SAG, (1991): Bodendauerbeobachtungsflächen. Arbeitshefte Bodenschutz 1 der Sonderarbeitsgruppe Informationsgrundlagen Bodenschutz der Umweltministerkonferenz München.

Danksagung

Dankenswerterweise konnten die Untersuchungen 1986-87 in der FAL Braunschweig (Prof. Domsch) und 1996 im ZALF Müncheberg (Dr. Wirth) durchgeführt werden.

Untersuchungen zu ausgewählten Aspekten nachhaltiger Bodennutzung im Gemüsebau

von

Rühlmann, J., S. Ruppel, B. Geyer und Y. Kuzyakow

Einleitung und Problemstellung

Langjährig gleiche Bewirtschaftungsintensität beeinflusst sowohl Ertrag als auch Bodeneigenschaften. Zur Quantifizierung nachhaltiger Wirkungen von Bewirtschaftungsverfahren sind insbesondere Dauerversuche ein wesentliches Mittel. Dauerfeldversuche mit Gemüsekulturen sind im Vergleich zu solchen mit landwirtschaftlichen Kulturen relativ selten und auch deshalb besonders wertvoll. Anhand eines Dauerversuches mit drei unterschiedlichen Böden sollen ausgewählte Aspekte der Nachhaltigkeit der Bodennutzung im Gemüsebau untersucht werden.

Material und Methoden

Der im Jahr 1972 angelegte Dauerdüngungsversuch enthält die Prüffaktoren Boden, organische Düngung und mineralische N-Düngung. Die in Kastenparzellen (2 x 2 x 0.7 m) verwendeten Böden sind:

- diluvialer Sandboden aus Großbeeren (Sand, 5.5 % Feinanteil)
- Lößlehm aus der Magdeburger Börde (Lößlehm, 17.2 % Feinanteil) und
- alluvialer Lehm aus dem Oderbruch (Auenlehm, 23.8 % Feinanteil)

Folgende Stufen der organischen Düngung wurden geprüft:

- ohne organische Düngung (ohne)
- Stallmist (STM)
- Kieferntrockenrinde (KTR)
- Ernterückstände (ER)
- Ernterückstände + Stallmist (ER+STM)
- Ernterückstände + Kieferntrockenrinde (ER+KTR)

Die mineralische N-Düngung erfolgte in 3 Stufen einschließlich der Stufe „ohne N-Düngung“. Die Wirkung dieser Prüffaktoren wurden in der beregneten Fruchtfolge Weißkohl - Möhre - Einlegegurke - Porree - Knollensellerie auf verschiedene Ertrags- und Bodenparameter untersucht.

Ergebnisse

Die Besonderheit der Untersuchungen zu Knollensellerie aus dem Jahr 1996 bestand darin, daß diese Gemüseart zur Nachwirkungsprüfung, d.h. **ohne mineralische N-Düngung** angebaut wurde. Somit konnten direkte Wirkungen der über langfristig gleiche Bewirtschaftungsbedingungen veränderten Bodeneigenschaften - gemessen an der Änderung des Kohlenstoffgehaltes - auf den Ertrag und den Stickstoffentzug quantifiziert werden.

• Kohlenstoffgehalt des Bodens

Bewirtschaftungsbedingte Änderungen im Gesamt-C-Gehalt des Bodens vollziehen sich nach Körschens et al. (1995) nur in der Fraktion des „umsetzbaren“ Kohlenstoffs (C_{um}). Der andere, als „inert“ zu betrachtende Teil ist eng mit dem Feinanteil-Gehalt des Bodens korreliert (Körschens 1980) und beträgt für Sand 0.3%, für Auenlehm 0.95% und für Lösslehm 0.75% tr.B.. Die nach 24jähriger Versuchszeit gegenüber den Parzellen „ohne organische Düngung“ nachweisbaren Differenzen im C_{um} -Gehalt (Tab. 1) liegen für die Prüfglieder mit Stallmistdüngung (STM) in dem aus landwirtschaftlichen Untersuchungen bekannten Bereich. Zumindest für Löß- und Auenlehm wird künftig noch eine weiterer Vergrößerung der C_{um} -Gehaltsunterschiede erwartet, da diese Böden sich noch nicht im neuen Fließgleichgewicht befinden (Rühlmann et al. 1997).

Tab. 1: Differenzen im C_{um} -Gehalt (% tr. B.; 0-30cm) der organisch gedüngten Prüfglieder gegenüber „ohne organische Düngung“

	STM	KTR	ER	STM + ER	KTR + ER
Sand	0,21	0,18	0,06	0,31	0,22
Lösslehm	0,30	0,31	0,03	0,32	0,33
Auenlehm	0,24	0,26	0,03	0,28	0,32

• N-Entzug und Ertrag

Die Prüffaktoren beeinflussten deutliche sowohl Stickstoffentzüge (Tab. 2) als auch Knollenerträge (Tab. 3).

Tab. 2: N-Entzug von Knollensellerie (kg ha⁻¹), (1996, ohne N-Düngung)

	ohne	STM	KTR	ER	STM + ER	KTR + ER
Sand	50	72	53	52	79	61
Lösslehm	95	117	95	76	106	86
Auenlehm	63	81	68	61	90	74

Stallmistdüngung bewirkte auf allen Böden einen um ca. 20 kg/ha höheren N-Entzug gegenüber „ohne organische Düngung“. Der Beitrag der annähernd N-freien Kieferntrockenrinde zum N-Entzug war erwartungsgemäß vernachlässigbar - überraschend hingegen der sich gegenüber „ohne organische Düngung“ nicht unterscheidende N-Entzug der Prüfglieder mit Ernterückstandsunterbringung. Ursachen dafür werden in im gleichen C_{um} -Gehalt der Prüfglieder sowie in der schnellen Umsetzbarkeit der Ernterückstände und der Zeitspanne zwischen dem Einarbeitungszeitpunkt im Herbst und der Etablierung eines Pflanzenbestandes im Folgejahr gesehen.

Die Knollenerträge von Sellerie (Tab. 3) zeigen eine prinzipiell gleiche Wirkung der Prüffaktoren wie die N-Entzüge. Maximale Knollenerträge wurden jeweils im Prüfglied „Ernterückstände + Stallmist“ erreicht.

Tab. 3: Knollenertrag von Sellerie (dt ha⁻¹), (1996, ohne N-Düngung)

	ohne	STM	KTR	ER	STM + ER	KTR + ER
Sand	209	299	211	242	355	275
Lösslehm	330	397	336	351	441	389
Auenlehm	280	357	295	280	402	327

Der texturbedingt unterschiedlichen Fruchtbarkeit der geprüften Böden folgend entsprechen die Ertragsunterschiede von Knollensellerie zwischen dem Prüfglied „Stallmist“ und dem Prüfglied „ohne“ einem Anstieg um 43% auf Sand, um 28% auf Auenlehm und um 20% auf Lößlehm.

• **Relation zwischen Boden- und Pflanzenparametern**

Neben der unmittelbaren Wirkung der organischen Düngung auf C_{org} -Gehalt des Bodens sowie Knollenertrag und N-Entzug der Pflanze war weiterhin von Interesse, ob die differenzierten C_{org} -Gehalte der unterschiedlich texturierten Böden unter diesen speziellen Versuchsbedingungen eine vergleichbare Wirkung auf die geprüften Pflanzenparameter hatten (Abb. 1).

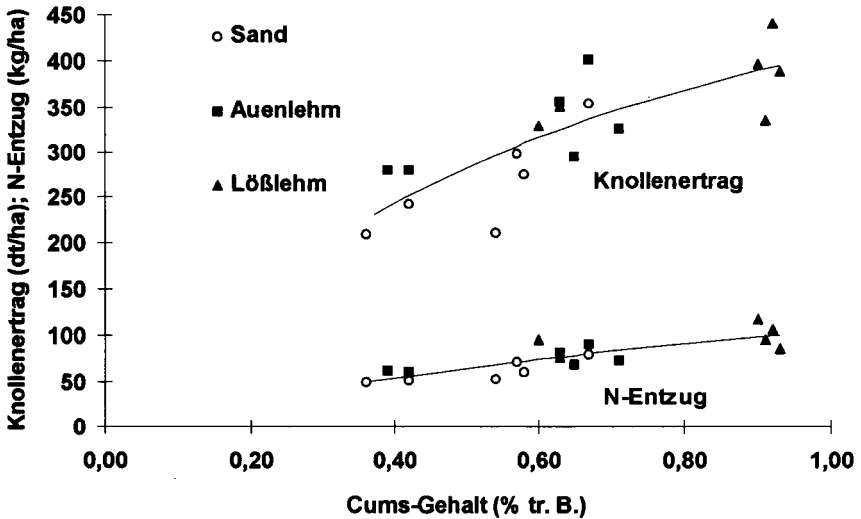


Abb. 1: Beziehung zwischen C_{org} -Gehalt des Bodens und Knollenertrag sowie N-Entzug von Sellerie

Tatsächlich wiesen die über dem C_{org} -Gehalt abgetragenen Ertrags- und N-Entzugsdaten einen Trend auf. Dieser wurde in Anlehnung an das Mitscherliche Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren mit einer Funktion folgendes Typs beschrieben:

$$y = A * [1 - \exp(-bx)]$$

mit: A = Maximum des Ertrages/N-Entzuges
b = Wert der C_{org} -Wirkung auf Ertrag/N-Entzug

Die Maxima für Knollenertrag und N-Entzug wurden mit 505 dt ha⁻¹ und 173 kgN ha⁻¹ berechnet. Der C_{org} -Wirkungswert betrug für den Ertrag 1.89 und für den Entzug 0.49; die dazugehörigen Werte für r² betragen 0.65 und 0.69.

Zusammenfassung

In einem Zeitraum von 24 Jahren wurde auf drei unterschiedlichen Böden die Wirkung verschiedener organischer Dünger auf den Kohlenstoffgehalt im Boden sowie auf Stickstoffentzug und Ertrag von Gemüsepflanzen geprüft. Zur Überprüfung der Wirkung der sich innerhalb des Untersuchungszeitraumes differenzierten Kohlenstoffgehalte auf Stickstoffentzug und Pflanzenertrag wurde im Jahr 1996 Knollensellerie ohne mineralische N-Düngung angebaut.

Die Unterschiede zwischen dem C_{org} -Gehalt des Prüfglieds „ohne organische Düngung“ und dem „STM“-Prüfglied lagen in dem aus Untersuchungen in landwirtschaftlichen Fruchtfolgen bekannten Bereich. Eine Einstellung eines neuen Fließgleichgewichtes konnte noch nicht nachgewiesen werden.

Im Vergleich der drei Böden lagen die Unterschiede in Ertrag und N-Entzug zwischen den einzelnen Prüfgliedern trotz unterschiedlichen Niveaus in gleicher Größenordnung.

Die Korrelation zwischen C_{org} -Gehalt und Ertrag bzw. N-Entzug auf den unterschiedlichen Böden ergab signifikante Zusammenhänge. Da der C_{org} -Gehalt im Hinblick auf die N-Nachlieferung eher ein Mineralisierungspotential darstellt, könnten die Mineralisierungsbedingungen (Feucht, Temperatur, Durchlüftung) trotz unterschiedlicher Textur der Böden ähnlich gewesen oder z.B. durch bodenabhängig verschieden große N_{min} -Überhänge aus dem Vorjahr in ihrer Wirkung überdeckt worden sein.

Danksagung

Die Untersuchungen werden seit 1992 im Rahmen der Forschergruppe „Grundlagen umweltschonender Bodennutzungsstrategien in Nordostdeutschen Tiefland“ durch die DFG gefördert. Herausgegeben durch das IGZ Großbeeren e.V. mit Förderung durch den Bund und die Länder Brandenburg und Thüringen.

Literatur

- Körschens, M. (1980): Beziehung zwischen Feinanteil, Ct- und Nt-Gehalt im Boden. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 24, 585-592
- Körschens, M.; Müller, A.; Ritzkowski, E.-M. (1995): Der Kohlenstoffgehalt des Bodens in Abhängigkeit von Standort und Nutzungsintensität. Mitt. Dtsch. Bodenkd. Gesell. 76, 847-850
- Rühlmann, J.; Kuzyakov, Y.; Geyer, B. (1997) Ertrag und Humusdynamik in einem Langzeitdüngungsversuch auf gemüsebaulich genutzten Böden. Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Univ. Berlin, 5 (im Druck)

Untersuchungen zur Langzeitwirkung von Stallmist- und Mineralstickstoff auf die Erträge und den Stickstoffhaushalt im Düngungskombinationsversuch Seehausen

von

Hülsbergen, K.-J., S. Biermann*, W.-D. Kalk** und W. Diepenbrock*

1. Einleitung

Im einem 1967 in Seehausen bei Leipzig angelegten Dauerdüngungsversuch werden Langzeitwirkungen organischer und mineralischer Düngemittel auf die Erträge, den Humus- und Nährstoffhaushalt geprüft. Es können standortbezogen optimale Aufwandskombinationen abgeleitet werden, die nachhaltig hohe Produktionsleistungen bei geringen Umweltbelastungen ermöglichen.

2. Material und Methoden

Angaben zum Versuchsstandort

Bodenform	Sandlößtieflerhm-Braunstaugley (Gleyic-Luvisol)
Bodenart	Sandiger Lehm (sL, AZ 58/61)
Jahresniederschlag	559 mm
Jahrestemperatur	9,0 °C
N-Immissionen	45 kg ha ⁻¹ a ⁻¹

Versuchsdurchführung

Der Dauerdüngungsversuch wurde 1967 als zweifaktorielle Anlage im lateinischen Rechteck angelegt. Geprüft werden 4 Stufen des Faktors Stallmist (0, 50, 100, 150 kg N ha⁻¹ a⁻¹ als Rottedung vom Rind) und 4 Stufen des Faktors Mineralstickstoff (0, 50, 100, 150 kg N ha⁻¹ a⁻¹ als Kalkammonsalpeter) sowie deren Kombinationen (= 16 Varianten) in 4 Wiederholungen. Der Stallmist wird zu den Hackfrüchten gegeben (0 bis 450 kg N ha⁻¹ a⁻¹). Die Fruchtfolge wurde 1979 um ein Getreidefeld erweitert:

Fruchtfolge 1967 bis 1978: Kartoffeln – Winterweizen – Zuckerrüben – Sommergerste,

Fruchtfolge ab 1979: Kartoffeln – Winterweizen – Wintergerste - Zuckerrüben – Sommergerste.

Statistische Auswertung

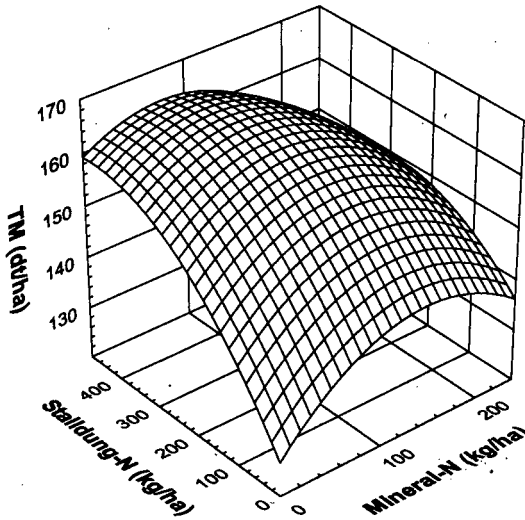
Die Zusammenhänge zwischen den Einflußfaktoren (x_1 = Stallung-N in kg ha⁻¹ a⁻¹ und x_2 = Mineral-N in kg ha⁻¹ a⁻¹) und den Zielgrößen y (Erträge, N-Gehalte, N-Verluste) werden mittels multipler Regression mit schrittweiser Reduktion des Polynomansatzes $y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2$ geschätzt. Die bei $\alpha = 5\%$ nichtsignifikanten Regressionsglieder werden eliminiert. Die Anpassung der Regressionsfunktionen kann anhand der Reststreuungen s_R und der Bestimmtheitsmaße B beurteilt werden.

3. Ergebnisse und Diskussion

Im Versuchszeitraum von 30 Jahren wurden auf der ungedüngten Parzelle im Mittel aller angebauten Fruchtarten etwa 60 % des Maximalertrages erzielt, bei alleiniger Stallmistanwendung 80 % des Maximalertrages. Im Zuckerrübenanbau (Beispiel: 1992 in Abb. 1) führte alleinige Stalldunganwendung zu höheren Trockenmasse- (TM-) Erträgen als alleinige Mineral-N-Gaben, der Maximalertrag wurde bei kombinierten N-Gaben erzielt.

* Institut für Acker- und Pflanzenbau, Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, L.-Wucherer-Str. 2, 06099 Halle/Saale

** Institut für Agrartechnik Bornim, Max-Eyth-Allee 1, 14469 Potsdam-Bornim



$$y = 126,6 + 0,145 x_1 + 0,228 x_2 - 0,000161 x_1^2 - 0,000782 x_2^2 - 0,00022 x_1 x_2 \quad B = 0,86^* \quad s_R = 8,8$$

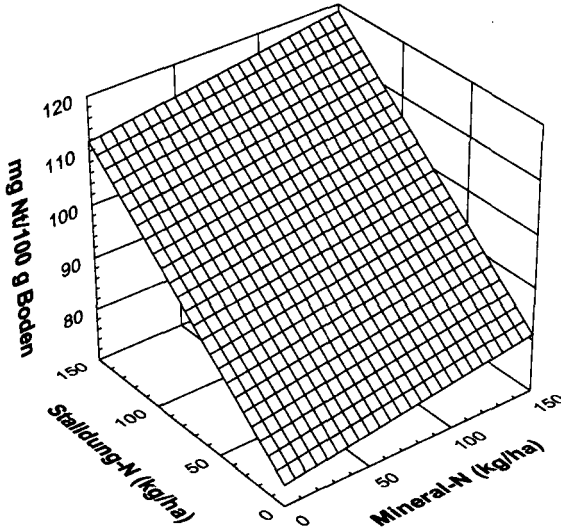
Abb. 1: Zuckerrübenenerträge (1992) in Abhängigkeit von der N-Düngung

Die statistische Ertragsauswertung der letzten drei Fruchtfolgerotationen (Tab. 1) zeigt, daß auf den seit 1967 nicht mehr mit Stickstoff gedüngten Parzellen noch verhältnismäßig hohe Grunderträge (y_0) erzielt wurden. Dies steht im Zusammenhang mit der bis heute andauernden Boden-N-Nachlieferung und den hohen N-Immissionen am Standort. Die Mineral-N-Gaben sind im Versuch ausreichend gestaffelt, um die Ertragsmaxima (y_{max}) auf den einzelnen Stallmiststufen abzuleiten. Mit den Stallmistgaben stiegen die Hackfruchterträge an, gleichzeitig gingen die zum Maximalertrag führenden Mineral-N-Gaben zurück. Letzterer Effekt ist auch in der Stallung-Nachwirkung beim Getreide festzustellen. Die N-Gehalte in den Ernteprodukten und damit auch die N-Entzüge stiegen noch über den Ertragsdepressionsbereich hinaus an.

Tab. 1: Erträge in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung (1979-1993)

Fruchtart	Grund- ertrag	Stallung-N-Gabe							
		0 kg/ha		50 kg/ha		100 kg/ha		150 kg/ha	
		Maximalertrag (y_{max}) bei Mineral-N-Gabe (MD-N)							
(y_0) dt/ha	y_{max} dt/ha	MD-N kg/ha	y_{max} dt/ha	MD-N Kg/ha	y_{max} dt/ha	MD-N kg/ha	y_{max} dt/ha	MD-N kg/ha	
Winterweizen	55	86	101	88	90	88	75	87	60
Wintergerste	24	81	130	81	120	81	110	83	95
Sommergerste	29	51	57	54	45	56	45	57	39
Zuckerrüben	405	508	180	575	147	585	147	590	131
Kartoffeln	182	302	167	317	161	332	158	348	147

Nach 30 Versuchsjahren haben sich die N_T -Gehalte in der Ackerkrume stark differenziert (Abb. 2). Der Ausgangsgehalt von 95 mg $N_T/100$ g Boden wurde mit alleiniger Mineral-N-Anwendung nicht aufrecht-erhalten. Bei hohen Stallungsgaben stiegen die N_T -Gehalte deutlich.



$$y = 74,0 + 0,251 x_1 + 0,0465 x_2 \quad B = 0,89^* \quad S_R = 5,3$$

Abb. 2: Stickstoffgehalte (N_T) in Abhängigkeit von der N-Düngung, Schicht 0 bis 30 cm (1993-96)

Die Differenz zwischen höchstem und niedrigstem N_T -Gehalt beträgt etwa 45 mg/100 g Boden. Gegenüber ungedüngt hatte Mineralstickstoff einen - wenn auch geringen - signifikant positiven Einfluß, gleiche Mengen Stallung-N führten jedoch zu einem stärkeren Anstieg der N_T -Gehalte. Vom applizierten Stallung-N wird langfristig deutlich mehr im Boden gespeichert als bei Mineral-N-Zufuhr. Hierauf beruht teilweise die Stallmist-Nachwirkung. Die Größe ΔN_T sollte nach Möglichkeit in der N-Bilanz berücksichtigt werden.

Die Stickstoffgehalte korrelieren eng mit den Kohlenstoffgehalten (Abb. 3). Sie stehen mit zahlreichen bodenphysikalischen, -chemischen und -biologischen Eigenschaften in Beziehung. Als Beispiel wird in Abb. 4 der Zusammenhang zwischen dem N_T -Gehalt der Ackerkrume und den N_{min} -Vorräten der Schicht 0 bis 90 cm (Messung im Frühjahr 1996 zu Vegetationsbeginn) dargestellt.

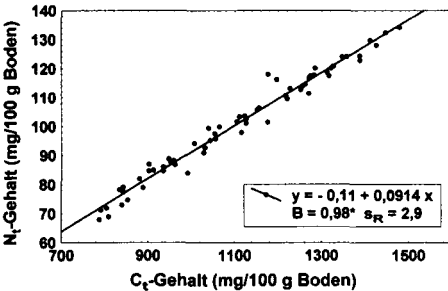


Abb. 3: Beziehung C_e -Gehalt und N_T -Gehalt

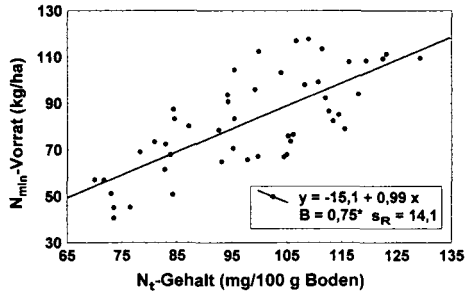
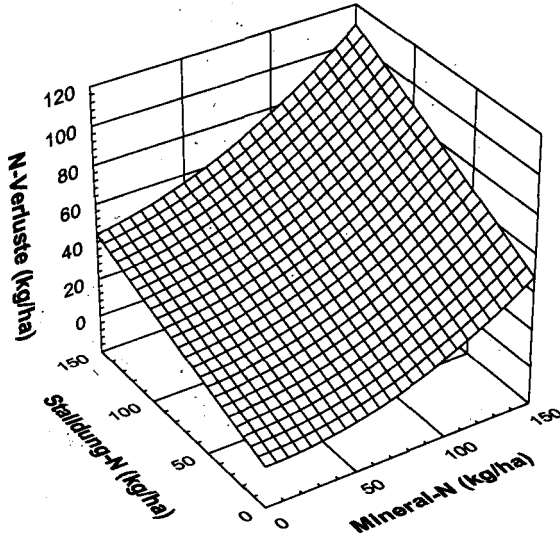


Abb. 4: Beziehung N_T -Gehalt und N_{min} -Vorrat

Die in der Stickstoff-Bilanz auf der Grundlage von Meßwerten (unter Berücksichtigung von ΔN_1) ermittelten N-Verluste (Abb. 5) zeigen keine wesentlichen Unterschiede im Verlustpotential von Stallmist- und Mineral-N, erst bei hohen Mineral-N-Gaben und Düngungskombinationen steigen die N-Verluste überproportional.



$$y = 1,7 + 0,28 x_1 + 0,00204 x_2^2 + 0,00087 x_1 x_2 \quad B = 0,98^* \quad S_R = 8,1$$

Abb. 5: Stickstoffverluste nach der N-Bilanz im Mittel des Versuchszeitraumes

Der N-Saldo gibt das Gesamt-Verlustpotential an reaktiven N-Verbindungen an, ohne daß der Verlustpfad (gasförmig oder Auswaschung) spezifiziert werden kann. Die bilanzierten N-Verluste stehen in enger Beziehung zur N_{\min} -Dynamik im Boden und den Nitratvorräten in der ungesättigten Zone (ermittelt mit Tiefenbohrungen, siehe Abb. 6).

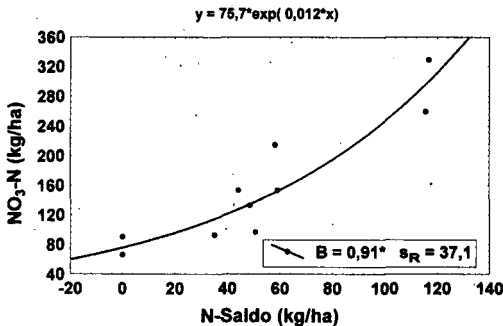


Abb. 6: Beziehung zwischen N-Saldo und Nitratvorräten (bis 7,5 m Tiefe)

LITERATUR:

HÜLSBERGEN, K.-J.; RAUHE, K.; SCHARF, H. u. MATTHIES, H. (1992): Langjähriger Einfluß organisch-mineralischer Düngung auf Ertrag, Humusgehalt und Stickstoffverwertung. Kühn-Arch. 86, 2, 11-24

Der Statische Bodenfruchtbarkeitsversuch Thyrow - Ergebnisse nach langjährig differenzierter Düngung

von

Ellmer, F., T. Lettau und M. Baumecker*

Einleitung

Nachhaltige Landwirtschaft setzt das integrierte Betrachten von Produktion und den Schutz der natürlichen Ressourcen voraus. Dabei geht es primär um die dauerhafte Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit als Voraussetzung für die Ernährungssicherung. Für die notwendige experimentelle Forschung bieten Ergebnisse aus langjährigen Dauerfeldversuchen sichere Datengrundlagen, weil Wirkungen und Entwicklungsrichtung von Bodennutzungseinflüssen erst nach Jahrzehnten erkannt und quantifiziert werden können. An der Humboldt-Universität zu Berlin werden auf für Nordostdeutschland typischen sandigen Böden mehrere langjährige Dauerfeldversuche betrieben, die von K. OPITZ seit den zwanziger Jahren begründet worden sind. Einer davon ist der 1938 angelegte „Statische Bodenfruchtbarkeitsversuch“ in Thyrow, Kreis Teltow-Fläming.

Material und Methoden

Der Standort Thyrow gründet sich auf anlehmigen Sand der FAO-Klassifikation Albic Luvisol mit 83 % Sand, 14 % Schluff und 3 % Ton. Mit durchschnittlich $500 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ C}_{\text{org}}$, $40 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ N}$, $10 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ P}$ und $9 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ K}$ ist der Boden vergleichsweise humus- und nährstoffarm sowie wenig fruchtbar. Im langjährigen Mittel fallen bei $8,7 \text{ }^\circ\text{C}$ Jahresmitteltemperatur 504 mm Niederschlag. Der Feldversuch ist eine Langparzellenanlage mit Standards (Abb. 1).

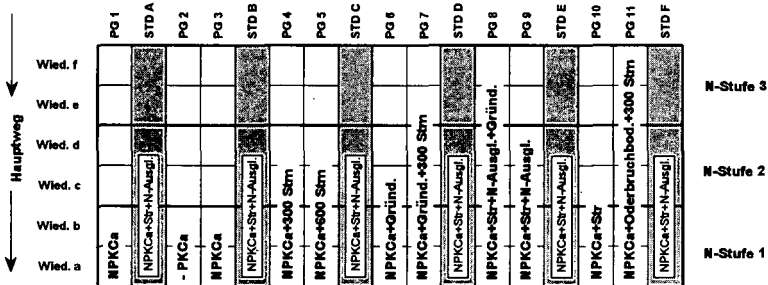


Abbildung 1: Anlageschema des Statischen Bodenfruchtbarkeitsversuches Thyrow (Erklärung der Abkürzungen im Text)

Die 11 Prüflieder (PG) beinhalten eine breite Palette der organisch-mineralischen Düngung. Im Prüffaktor A werden neben der mineralischen Volldüngung (NPKCa) die organischen

*Humboldt-Universität zu Berlin; Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Fachgebiet Pflanzenbau, Invalidenstraße 42, 10115 Berlin

Düngestoffe Stallmist (Stm), Stroh (Str) und Gründüngung (Gründ.) geprüft. In der Variante 11 wurden zu Versuchsbeginn zweimal je 350 t/ha Tonbodenmaterial aus dem Oderbruch aufgebracht, um die natürliche Textur zu verändern. Seit 1977 wird der Versuch mit drei Stufen mineralischer Stickstoffdüngung (80, 100, 120 kg·ha⁻¹ zu Getreide sowie 60, 120, 180 kg·ha⁻¹ zu Kartoffeln) in der Fruchtfolge Kartoffeln (Zuckerrüben/Mais)-Winterroggen-Sommergerste in zweifacher Wiederholung (Wied.) betrieben. Nach einem Standardausgleich (THOMAS & STRESSMANN 1972) erfolgte eine varianzanalytische Auswertung. Die Witterungsdaten wurden mittels 'K-means clustering' (STATISTICA 4.0) klassifiziert. Dabei ist die Klassenanzahl 5 so gewählt worden, daß sich die Klassen in den jeweiligen Größen signifikant unterscheiden.

Ergebnisse

Nach 55 Versuchsjahren haben sich sehr verschiedene bewirtschaftungsbedingte Fließgleichgewichte im Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}) eingestellt (Abb. 2).

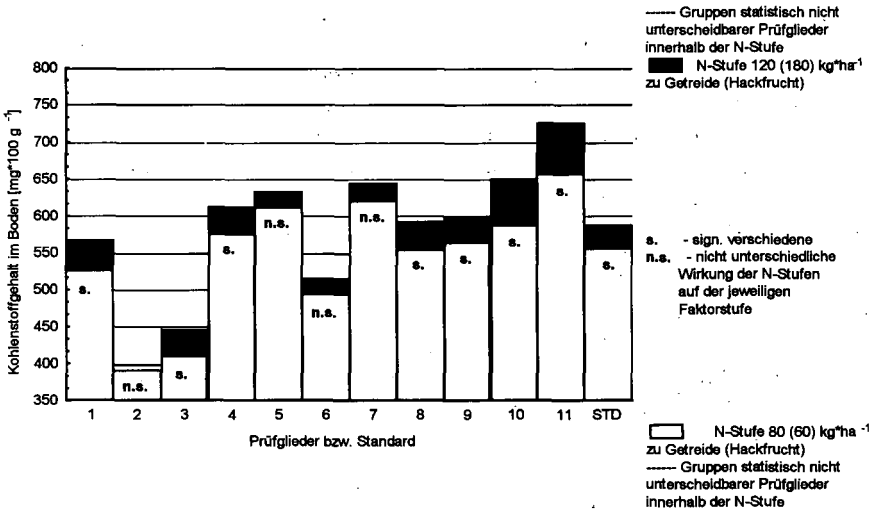


Abbildung 2: Wirkung differenzierter organisch-mineralischer Düngung auf den mittleren Kohlenstoffgehalt im Boden (1988-93; Prüfgliederbezeichnung siehe Abb. 1)

Im Mittel der Jahre 1988 bis 1993 lagen die Kohlenstoffgehalte infolge des Einsatzes unterschiedlicher Formen und Mengen der organischen Düngung zwischen 390 und 650 mg·100 g⁻¹ Boden. Durch die Tonbodeneinarbeitung zu Versuchsbeginn ist im Prüfglied 11 eine Zunahme des Kohlenstoffgehaltes auf durchschnittlich 725 mg·100 g⁻¹ Boden erreicht worden. Ebenfalls signifikant wirkte sich die differenzierte Stickstoffdüngung ($\bar{\Delta}_{N1 \text{ zu } N3} = 66 \text{ kg·ha}^{-1}$) auf den Kohlenstoffgehalt des Bodens aus. Nach zwanzig Jahren beträgt die mittlere Differenz 38 mg·100 g⁻¹ Boden. Sie wird höheren Ernterückständen sowie vermehrter Rhizodeposition zugeschrieben.

Die unterschiedliche organisch-mineralische Düngung hat signifikante Einflüsse auf die Ertragsbildung der angebaute Fruchtarten Zuckerrüben, Kartoffeln, Winterroggen und Sommergerste (Tab. 1).

Tabelle 1: Mittlere Erträge bei unterschiedlicher organisch-mineralischer Düngung (1977 bis 1993); Mineralische N-Düngung: 80 kg/ha zu Getreide, 60 kg/ha zu Hackfrüchten

Prüf­glied­be­zeich­nung (analog Abbildung 1)	Zuckerrüben		Kartoffeln		Winterroggen		Sommergerste	
	(1 Jahr)		(3 Jahre)		(6 Jahre)		(6 Jahre)	
	abs. dt·ha ⁻¹	rel. %	abs. dt·ha ⁻¹	rel. %	abs. dt·ha ⁻¹	rel. %	abs. dt·ha ⁻¹	rel. %
Nr.	OS		OS		86 % TS		86 % TS	
1 NPKCa	453,1	122	252,6	97	41,2	111	18,3	110
2 - PKCa	49,9	13	119,9	46	11,6	31	2,9	18
3 NPKCa	370,0	100	261,1	100	37,2	100	16,6	100
4 NPKCa+300 Stm	477,6	129	289,1	111	41,8	112	19,4	117
5 NPKCa+600 Stm	560,2	151	297,0	114	43,0	116	25,6	154
6 NPKCa+Gründ.	400,8	108	249,6	96	39,2	105	20,5	124
7 NPKCa+Gründ.+300 Stm	494,9	134	251,0	96	42,6	115	22,4	135
8 NPKCa+Str+N-Ausgl.+Gründ.	454,6	123	262,9	101	42,4	114	19,8	120
9 NPKCa+Str+N-Ausgl.	436,7	118	263,0	101	41,9	113	21,2	128
10 NPKCa+Str	496,7	134	262,3	100	39,8	107	25,1	151
11 NPKCa+Oderbr.+300 Stm	520,9	141	293,4	112	42,5	114	29,8	180
Standard	428,2	116	255,5	98	41,4	111	20,8	126
GD _{0,05} Tukey	73,2	20	77,2	30	3,8	10	4,4	27

Bei Zuckerrüben, Winterroggen und Sommergerste wurden im Mittel der untersuchten Jahre in den organisch gedüngten Varianten signifikante Mehrerträge zwischen 10 % bis über 50 % erreicht. Dabei wirkte sich die verdoppelte Stallmistdüngung und daraus resultierende Anhebung des Kohlenstoffgehaltes im Boden besonders bei den Sommerfrüchten Rüben und Gerste fördernd aus. Auch Grün- und Strohdüngung führten bei Getreide und Zuckerrüben zu Ertragssteigerungen zwischen 5 und 51 %. Der Vergleich der Gründüngungswirkung in Kombination mit Stallmist (Differenz PG 4 und 7) läßt bei Winterroggen und Zuckerrüben einen geringeren Effekt erkennen als die Gründüngungswirkung bei ausschließlichem Einsatz von Stoppel­früchten (Differenz PG 3 und 6). Offensichtlich vermindert sich der Effekt auf einem hohen Versorgungsniveau mit organischer Substanz. Die Strohdüngung ohne Stickstoffausgleich (PG 10) wirkte sich bei Zuckerrüben und Winterroggen überraschenderweise günstiger aus, als das Belassen des Stroh­ mit einer zusätzlichen Düngergabe zum N-Ausgleich. Die Kartoffeln erbrachten demgegenüber in den organisch gedüngten Varianten im Mittel von drei Versuchsjahren nur einen vergleichsweise geringen, nicht signifikanten Ertragszuwachs. Die Texturveränderung des Bodens in der Variante 11 hatte besonders bei den Sommerfrüchten Zuckerrüben und Gerste einen erheblich positiven Effekt auf die Ertragsbildung (PG 4 und 11). Bei den anderen Fruchtarten fiel dieser geringer aus.

Zum Einschätzen der standortbedingten Ertragssicherheit ist die Witterungsabhängigkeit der Erträge von Interesse. Die vorliegenden Versuchsergebnisse wurden deshalb in erster Annäherung in Beziehung zu Jahresmitteltemperatur, Niederschlagssumme und Globalstrahlungssumme gesetzt. Für die Versuchsdauer von 1938 bis 1993 ließen sich je fünf signifikant verschiedene Klimafaktorklassen bilden. Die mit einer Stickstoffdüngung von 80 kg·ha⁻¹ bei Getreide und 60 kg·ha⁻¹ zu Kartoffeln erzielten Hauptprodukterträge wurden diesen Klassen zugeordnet, gemittelt und den Klassenmitteln der Klimafaktoren gegenübergestellt (Abb. 3).

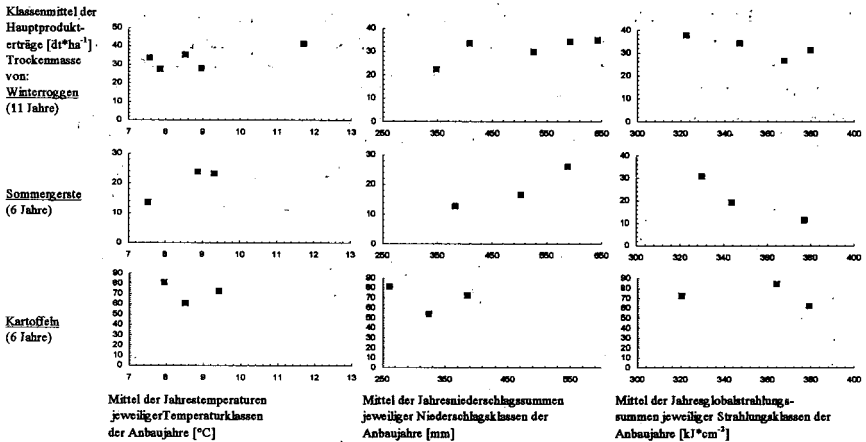


Abbildung 3: Einfluß von Klimafaktoren auf die Trockenmasseerträge von Winterroggen, Sommergerste und Kartoffeln am Beispiel des Prüfgliedes NPKCa+300 Stm.

Bei höheren Jahresmitteltemperaturen bzw. Niederschlagssummen wurden bei Getreide die größeren Erträge erzielt. Die Kartoffeln lassen hingegen keine Abhängigkeit von den Jahresmitteln bzw. -summen erkennen. Multiple Korrelationen des Ertrages mit Temperatur und Niederschlag ergeben engere Zusammenhänge als die hier dargestellten einfachen Beziehungen. In Jahren mit höheren Globalstrahlungssummen waren die Sommergerstenerträge stark gemindert. Die witterungsbedingten Ertragsschwankungen betragen bei Winterroggen bzw. Kartoffeln maximal 40 % und bei Sommergerste sogar 95 %. Daraus ist abzuleiten, daß die Sommergerste im Gegensatz zu Kartoffeln und Winterroggen für den gegebenen Standort nicht ausreichend angepaßt ist.

Zusammenfassung

Der Kohlenstoffgehalt des Sandbodens wird durch Form und Menge der anfallenden bzw. eingesetzten organischen Stoffe stark beeinflusst und differierte nach 55 Versuchsjahren um $260 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Darüber hinaus wirkte sich aber auch die mineralische Stickstoffdüngung aus. Die mittlere Anhebung der N-Düngung um $66 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ hat eine durchschnittliche Zunahme des Kohlenstoffgehaltes von $38 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ bewirkt. Auf dem vorliegenden marginalen Sandstandort ist die witterungsbedingte Ertragsvarianz mehrfach größer als die Effekte verschiedener organischer Düngung. Standortangepaßt hohe Kohlenstoffgehalte sind aber die Grundlage für die pflanzenbauliche Nutzung des Sandbodens und ermöglichen im Vergleich zur ausschließlichen Mineraldüngung fruchtartspezifische Mehrerträge zwischen 15 und 50 %.

Literatur

THOMAS, E.; STRESSMANN, U. (1972): Auswertung von Standardversuchen mittels Ausgleichspolynoms.- In: Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd.- Berlin (16) 9.- S. 655-663

STATISTICA 4.0 FOR WINDOWS: Users Guide 1994. USA Tulsa.

Langfristige Entwicklung des Humusgehaltes in Dauerfeldversuchen am Standort Thyrow

von

Ellmer, F., M. Baumecker und E. Schnieder*

Einleitung

Dauerfeldversuche sind eine bevorzugte Experimentalbasis zum Untersuchen von Ausmaß und zeitlichen Verlauf der Wirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Boden und Pflanze im Agrarökosystem. Langjährige Datenreihen bieten darüber hinaus aber auch die Möglichkeit, Erkenntnisse über die Entwicklungsrichtung von Parametern zu gewinnen, deren Veränderung sich allmählich und im allgemeinen in größeren Zeiträumen vollzieht. Das betrifft vor allem den Einfluß mineralischer und organischer Düngung auf die Entwicklung der organischen Bodensubstanz (JENKINSON 1991; KÖRSCHENS ET AL. 1990; KÖRSCHENS 1995). Anhand dreißigjähriger Ergebnisse aus zwei Dauerfeldversuchen der Humboldt-Universität zu Berlin in Thyrow (Landkreis Teltow-Fläming) ist die Wirkung verschiedener organisch-mineralischer Düngung auf die langfristige Entwicklung der organischen Bodensubstanz untersucht worden.

Material und Methoden

Der pflanzenbauwissenschaftliche Versuchsstandort Thyrow liegt 20 km südlich Berlins im Landkreis Teltow-Fläming auf wenig fruchtbarem Sandboden der FAO-Klassifikation Albic Luvisol (mittlere Bodenwerte: $n_{FK}=11,3$ mm/dm, $C_{org}=520$ mg/100 g, $N_i=42$ mg/100 g, $P_{DL}=9,8$ mg/100 g, $K_{DL}=8,8$ mg/100 g, $pH=5,0$). An den Dauerfeldversuchen „Statischer Nährstoffmangelversuch“ [1937] und „Statischer Bodenfruchtbarkeitsversuch“ [1938] (detaillierte Versuchsbeschreibung in PESCHKE ET AL. 1997) wurden für jeweils vier Prüfglieder (Tab. 1) die seit 1966 vorliegenden jährlichen Ergebnisse der C_{org} -Analysen dargestellt sowie die Entwicklungstrends der C_{org} -Gehalte des Bodens mittels linearer Regression geschätzt. Die Analysen sind stets von der gleichen Person im gleichen Labor (Kaliumbichromat-Methode) an Herbstbodenproben vorgenommen worden.

Tabelle 1: Ausgewählte Prüfglieder der Dauerfeldversuche

Statischer Nährstoffmangelversuch (1937)	Statischer Bodenfruchtbarkeitsversuch (1938)
1 - ohne Düngung	2 - Grunddüngung (PKCa)
2 - Stallmistdüngung (300 dt/ha, 2jährlich)	4 - Stallmistdüngung (300 dt/ha, 3jährlich)+NPKCa
3 - Stallmist + Mineraldüngung (NPKCa)	5 - Stallmistdüngung (600 dt/ha, 3jährlich)+NPKCa
4 - Mineraldüngung (NPKCa)	11 - Tonboden + Stallmistdüngung (wie 4)+NPKCa

* Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Invalidenstraße 42, 10115 Berlin

Ergebnisse und Diskussion

Die Gehalte an organischer Bodensubstanz, gemessen am organischen Kohlenstoffgehalt (C_{org}), hatten nach drei Jahrzehnten bis 1966 große bewirtschaftungsspezifische Differenzen erreicht (Tab. 2).

Tabelle 2: C_{org} -Gehalte des Bodens 1966 und 1996 bei verschiedener organisch-mineralischer Düngung in zwei Dauerfeldversuchen

Dauerfeldversuche	Prüfglieder	C_{org} [mg/100 g] Status 1966 [Analysenbeginn]	C_{org} [mg/100 g] Status 1996
Statischer Nährstoffmangel- versuch (1937)	1 - ohne Düngung	407	359
	2 - Stallmist (300 dt/ha, 2jährlich)	591	534
	3 - Stallmist + Mineraldüng. (NPKCa)	699	634
	4 - Mineraldüngung (NPKCa)	458	405
Statischer Bodenfruchtbarkeits- versuch (1938)	2 - Grunddüngung (PKCa)	438	390
	4 - Stallmist (300 dt/ha)+NPKCa	678	591
	5 - Stallmist (600 dt/ha)+NPKCa	873	767
	11 - Tonboden + Stallmist (wie 4)	963	871

Ohne jede Düngung („Nährstoffmangelversuch“) war der ursprüngliche Kohlenstoffgehalt von rd. 500 mg/100 g um ein Fünftel abgefallen. Auch die ausschließliche Mineraldüngung (NPK) hatte zu einem C-Verlust von 12 % geführt. Mit Stallmistdüngung von 300 dt/ha in jedem zweiten Jahr stellte sich das Fließgleichgewicht auf einem Niveau von nahe 600 mg/100 g ein und lag damit um ein Drittel höher als bei mineralischer Düngung. Die kombinierte organisch-mineralische Düngung hatte mit einem C_{org} -Gehalt von rd. 700 mg/100 g eine deutliche Humusanreicherung bewirkt.

Mit der Erhöhung des Stallmisteinsatzes auf 600 dt/ha in jedem dritten Jahr („Bodenfruchtbarkeitsversuch“) wurde eine C-Akkumulation auf 873 mg/100 g erzielt. Die höchsten Kohlenstoffgehalte lagen mit 963 mg/100 g in der Variante des „Bodenfruchtbarkeitsversuches“ vor, die durch Tonbodenzufuhr zu Versuchsbeginn eine Veränderung der natürlichen Textur erfahren hatte und alle drei Jahre 300 dt/ha Stallmistdüngung in Verbindung mit Mineraldüngung erhielt. Nach den ersten dreißig Versuchsjahren waren somit am Versuchsstandort Thyrow bewirtschaftungsbedingte Fließgleichgewichte der Humusgehalte erreicht, die sich bis zum 2,4fachen des niedrigsten Wertes unterschieden.

Tabelle 3: Regressionen der C_{org} -Gehalte in zwei Dauerfeldversuchen 1966-1996

Dauerfeldversuche	Prüfglieder	Regressionen 1966-1996	Bestimmtheitsmaße
Statischer Nährstoffmangel- versuch (1937)	1 - ohne Düngung	$y = 410 - 1,7x$	47,1 *** ¹⁾
	2 - Stallmist (300 dt/ha, 2jährlich)	$y = 607 - 2,7x$	45,3 ***
	3 - Stallmist + Mineraldüng. (NPKCa)	$y = 729 - 2,4x$	41,9 ***
	4 - Mineraldüngung (NPKCa)	$y = 458 - 1,6x$	44,0 ***
Statischer Bodenfruchtbarkeits- versuch (1938)	2 - Grunddüngung (PKCa)	$y = 432 - 1,6x$	42,5 ***
	4 - Stallmist (300 dt/ha)+NPKCa	$y = 647 - 2,1x$	30,6 ***
	5 - Stallmist (600 dt/ha)+NPKCa	$y = 878 - 4,3x$	58,9 ***
	11 - Tonboden + Stallmist (wie 4)	$y = 960 - 4,1x$	54,6 ***

¹⁾ *** sign. bei $\alpha = 0,01$

Nach weiteren dreißig Versuchsjahren waren die C_{org} -Gehalte 1996 um 9 bis 13 % geringer als 1966 (im Mittel der acht Prüfglieder 10,9 %). Die regressionsanalytische Auswertung hat weitgehend unabhängig vom Ausgangsgehalt im Jahre 1966 sowie vom Düngungsregime fallende Funktionen mit nahe beieinanderliegenden Regressionskoeffizienten (im Mittel -2,6 mg/100 g·a) erbracht (Tab. 3). Über vergleichbare Resultate berichtet auch CHRISTENSEN (1997).

Betrachtet man die Einzelwerte der C_{org} -Analysen, so fällt zunächst auf, daß sie von Jahr zu Jahr mehr oder minder stark variieren (Abb. 1).

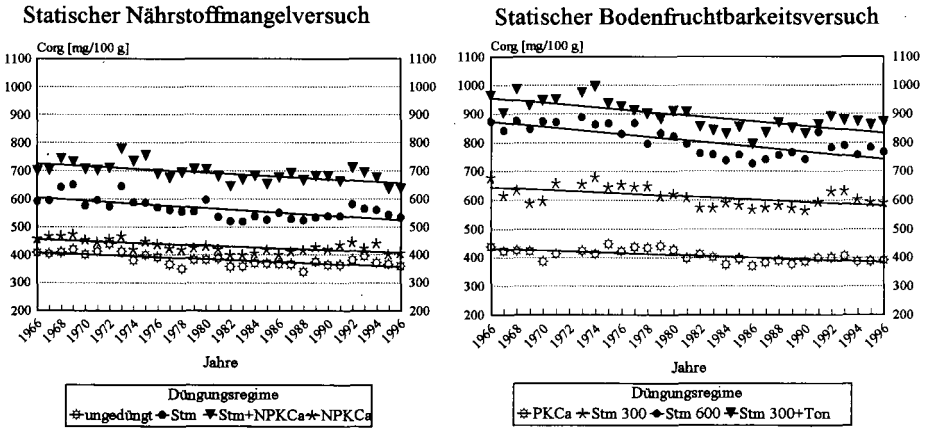


Abbildung 1: Jahreswerte und Trend der C_{org} -Gehalte in zwei Dauerfeldversuchen 1966-1996

Das wird teilweise den Fruchtfolgen sowie der in verschiedenen zeitlichen Abständen gegebenen Stallmistdüngung zugeschrieben. Während der „Nährstoffmangelversuch“ im Fruchtwechsel mit Kartoffel-Sommergerste-Silomais-Sommergerste und zweijährlicher Stallmistdüngung bewirtschaftet wird, stand der „Bodenfruchtbarkeitsversuch“ in einer dreifeldrigen Folge mit Kartoffel/Mais-Sommergerste-Winterroggen und dreijährlicher Stallmistdüngung zur Hackfrucht.

Darüber hinaus zeigen die Analysenwerte in beiden Versuchen aber auch eine erstaunlich gute Kongruenz unabhängig vom jeweiligen C-Level. Das spricht einerseits für die Exaktheit der Untersuchung. Andererseits kann damit aber auch die Zuverlässigkeit in der Aussage hoch angesetzt werden. Ursachen für die rückläufige Tendenz der C_{org} -Gehalte können bislang nicht hinreichend sicher benannt werden. Versuchsbedingte Faktoren können weitgehend ausgeschlossen werden, denn die Versuche werden statisch betrieben und sind seit dem Beginn der systematischen Humusanalytik nicht verändert worden. Möglicherweise spielte Mitte der siebziger Jahre aber die Umstellung der Bodenbearbeitung von Pferde- auf Traktorzug eine gewisse Rolle. Damit wurde die Ackerkrume vertieft, wodurch ein Verdünnungseffekt ausgelöst worden sein kann. Ob weitere externe Einflüsse wie klimatische Faktoren in Rechnung zu stellen sind, kann bislang nicht sicher quantifiziert werden. Die Befunde weisen aber darauf hin, daß lange Datenreihen aus statischen Feldversuchen ein äußerst wertvoller Datenpool für das Erkennen von bewirtschaftungs- bzw. umweltbedingten Bodenveränderungen sind, die sich in längeren Zeiträumen allmählich vollziehen. Damit werden die von JENKINSON (1991) sowie ARMY & KEMPER (1991) vorgetragenen Argumente für den Erhalt und die

umfassende experimentelle Nutzung von Langzeitversuchen für die Grundlagen- sowie die angewandt-ökologische Forschung gestützt:

„Long-term experimental sites provide information on the long-term sustainability of agricultural systems that can be obtained in no other way“ (JENKINSON 1991).

Zusammenfassung

Ergebnisse aus langjährigen Dauerfeldversuchen können Ausmaß und Verlauf der Wirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Boden und Pflanze quantifizieren. Das betrifft vor allem die organische Bodensubstanz (Humus), bei der sich Veränderungen erst in längeren Zeiträumen erkennen lassen. An zwei Dauerfeldversuchen der Humboldt-Universität zu Berlin haben sich am Standort Thyrow, Kreis Teltow-Fläming bewirtschaftungsspezifische Fließgleichgewichte des C_{org} -Gehaltes eingestellt, die sich bis zum 2,4fachen des niedrigsten Wertes unterscheiden. Die seit 1966 über einen Zeitraum von drei Jahrzehnten aus jährlichen Untersuchungen lückenlos vorliegenden Werte der Kohlenstoffgehalte weisen eine gesichert rückläufige Tendenz von durchschnittlich 2,6 mg/100 g-a auf. Die Ursachen können bisher nicht hinreichend sicher benannt werden und erfordern im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Ressourcenschutz die Weiterführung, Pflege und umfassende Nutzung der vorhandenen Datenpools.

Literatur

- ARMY, TH. J.; KEMPER, W. D.: Support for Long-Term Agricultural Research.- In: *Agronomy Journal* 83 (1991) 1/2.- S. 62-65
- CHRISTENSEN, B. T.: The Askov Long-Term Field Experiments.- In: *Dauerfeldversuche als Forschungsbasis für nachhaltige Landwirtschaft.- Internationale Tagung, Humboldt-Univ. Berlin (1997).*- unveröff. Tagungsmaterial
- JENKINSON, D. S.: The Rothamsted Long-Term Experiments: Are They Still of Use?.- In: *Agronomy Journal* 83 (1991) 1/2.- S. 2-10
- KÖRSCHENS, M. (Hrsg.): *Dauerfeldversuche.- Übersicht, Entwicklung und Ergebnisse von Feldversuchen mit mehr als 20 Jahren Versuchsdauer.- Akad. Landwirtschaftswiss. Berlin (1990).*- 322 S.
- KÖRSCHENS, M.: *Der Statische Düngungsversuch Bad Lauchstädt nach 90 Jahren.- Teubner, Stuttgart/Leipzig (1995).*- 180 S.
- PESCHKE, H. (Hrsg.): *Einfluß der Bodennutzung auf die langfristige Entwicklung von Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit sandiger Böden.- Dokumentation der wichtigsten Dauerfeldversuche in Berlin-Dahlem und Thyrow.- In: Ökologische Hefte d. Landw.-Gärtner. Fak., Humboldt-Univ. zu Berlin 7 (1997).*- S. 90-134

Verlauf von Erträgen und Kaligehalt im Boden im langjährigen Kali-Düngungsversuch Niestetal

von

Orlovius, K.

Einleitung

Die Kali und Salz GmbH unterhält ein Netz von Eichversuchen, um Basisdaten für eine standort-spezifische Optimierung der Kalidüngung zu erhalten. Im Rahmen der Konferenz 'Dauerfeldversuche als Forschungsbasis für nachhaltige Landwirtschaft' wurde aus diesem Netz der Versuch Niestetal mit der z. Zt. längsten Versuchsdauer von 19 Jahren vorgestellt, in dem die Auswirkungen einer langfristig differenzierten mineralischen und organischen Kalidüngung auf Ertragsniveau, Ertragsentwicklung und Kaligehalte im Boden untersucht wurden.

Bei dem Versuchsstandort handelt es sich um eine tiefgründige Löß-Parabraunerde (sL 3 LÖ 73/75) im Übergangsbereich zwischen dem Kasseler Becken und dem Osthessischen Bergland mit einem Jahresdurchschnittsniederschlag von 647 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,7 °C. Es wird eine Fruchtfolge von Weizen - Gerste - Zuckerrüben eingehalten mit jährlicher Abfuhr der Ernterückstände von der Versuchsfläche.

Die Hälfte der Versuchsfläche erhält alle 3 Jahre im Herbst vor den Zuckerrüben eine organische K-Düngung in Form von Stallmist (300 dt/ha entsprechend 80 kg K₂O/ha/Jahr), die andere Hälfte erhält keine organische Düngung. Die mineralische K-Düngung erfolgt auf beiden Hälften in Höhe von 0 - 100 - 200 - 300 kg K₂O/ha/Jahr.

Ergebnisse

K-Gehalte im Boden

Der mit 26 mg K₂O/100 g Boden (CAL) hohe K-Gehalt im Boden zu Versuchsbeginn fällt ohne K-Düngung innerhalb von 10 Jahren relativ schnell auf Werte von 8 - 10 mg K₂O/100 g ab (s. Abb. 1). Das weitere Absinken erfolgt langsamer, nach 19jähriger Versuchsdauer werden 5 mg K₂O/100 g nicht unterschritten. Der unterschiedliche K-Saldo auf den verschiedenen Varianten (von - 188 auf K-0 bis + 58 kg K₂O/ha/Jahr auf K-300) spiegelt sich im fallenden bzw. steigenden Trend der K-Vorräte im Boden wider (Abb. 1). Durch die Stallmistgabe erhöht sich der K-Gehalt im Boden

weitgehend unabhängig vom Niveau der mineralischen K-Düngung um durchschnittlich 5 mg $K_2O/100$ g. Nach 19jähriger unterlassener mineralischer K-Düngung, jedoch mit Stallmistdüngung (negativer K-Saldo von -149 kg $K_2O/ha/Jahr$) sinkt der K-Vorrat im Boden nicht unter 10 mg $K_2O/100$ g.

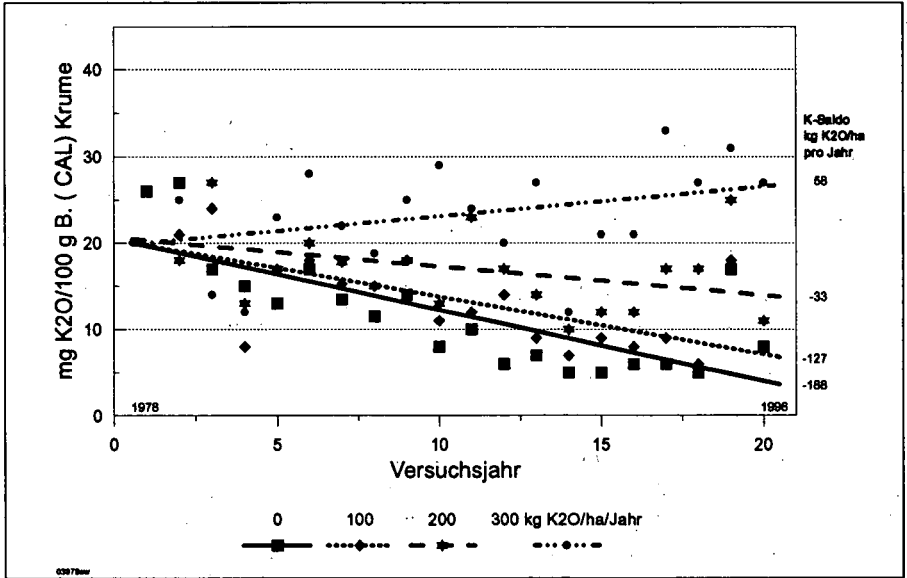


Abb. 1: Entwicklung des K-Gehalts im Boden im langjährigen K-Düngungsversuch Nicstetal (1978 - 1996, ohne Stallmist)

Erträge

Durch die differenzierte Kalidüngung ergeben sich bereits in der 1. Fruchtfolgerotation Ertragsunterschiede, die sich mit zunehmender Versuchsdauer verstärken und im Maximum 46 % betragen. Während die Zuckerrüben schon in der 1. Fruchtfolgerotation reagieren, werden bei Getreide in der 3. Rotation Ertragsdifferenzen sichtbar. Weizen zeigt größere Ertragsdifferenzen als Gerste. Auf dem Versuchsblock ohne Stallmist liegt im Durchschnitt über die gesamte Versuchsdauer das Ertragsniveau von Zuckerrüben auf den nicht gedüngten Varianten um 31 dt/ha Zucker bzw. von Getreide um 7 dt/ha niedriger als mit 300 kg $K_2O/ha/Jahr$ (Tab. 1). Damit werden vergleichbare Ergebnisse erzielt wie auf dem ca. 50 km entfernten Dauerversuch Höckelheim (Beisecker, Meyer, Wildhagen, 1988). Auf dem Block ohne Stallmist wirkt sich der Effekt der mineralischen K-Düngung doppelt so stark aus wie auf den Varianten mit Stallmist.

Tab. 1: Einfluß von Kalidüngung und Stallmist auf Ertrag und Wirtschaftlichkeit sowie Kaligehalt im Boden im langjährigen K-Düngungsversuch Niestetal (1978 - 1996)

Stallmist t/ha	kg K ₂ O/ha/Jahr	Zucker-/Kornertrag (dt/ha)			K-Saldo 1978 - 96	K-Gehalt im Boden (CAL) Ø 1994 - 96	Gewinn gegen K0
		ZR	WW	WG	kg K ₂ O/ha/Jahr	mg K ₂ O/100 g	DM/ha/Jahr
0	0	59,4	70,6	62,8	- 188	7	-
	100	80,8	77,6	66,8	- 127	11	472
	200	85,6	79,2	65,8	- 33	18	526
	300	90,7	79,7	66,7	58	28	591
	GD 5 %	8,8	3,6	3,1			
30 t zu ZR	0	83,0	74,3	66,8	- 149	14	-
	100	87,2	76,4	69,0	- 58	19	69
	200	93,2	77,6	70,1	31	24	157
	300	98,1	78,3	70,5	125	33	216
	GD 5 %	7,0	4,4	3,5			
	GD 5 % (8 Var.)	9,3	4,7	3,9			

Der Stallmist-Einsatz führt zu einem Anstieg des Ertragsniveaus vor allem bei Zuckerrüben. Der Stallmist-Effekt ist auf den K-0-Varianten deutlich größer (+ 23 dt Zucker/ha) als auf den mit mineralischem Kali gedüngten Varianten, die weitgehend unabhängig vom K-Düngeniveau einen Mehrertrag von ca. 7 dt Zucker/ha durch die Stallmistdüngung aufweisen. Die höchsten Erträge werden bei kombinierter Düngung von mineralischer K-Düngung und Stallmist erzielt. Ein Absinken der K-Gehalte im Boden unter den Startwert führt für die vorgegebenen Standortbedingungen zu erheblichen Einbußen bei Ertrag und Gewinn.

Ertragsentwicklung

Der Ertragsverlauf von Zuckerrüben während der Versuchsdauer entwickelte sich in Abhängigkeit von der K-Düngung sehr unterschiedlich. Ohne Stallmistdüngung sinken die Zuckererträge im Laufe des Versuches auf den K-0 Varianten um 5 dt/ha je Fruchtfolgerotation ab, während auf der höchst gedüngten K-Variante ein Anstieg im Ertragsniveau von 5 dt Zucker/ha zu verzeichnen ist (Abb. 2). Dieser Anstieg wird interpretiert durch den allgemeinen technischen Fortschritt bedingt

durch Sorten, verbessertes Management bei Bodenbearbeitung, Saat, Pflanzenschutz, etc. Aus dem unterschiedlichen Verlauf des Ertrags auf der K-0-Variante bzw. bei Zufuhr von 300 kg $K_2O/ha/Jahr$ wird deutlich, daß nur bei ausreichender K-Versorgung über Boden oder Düngung der allgemeine technische Fortschritt genutzt werden kann. Bei Zufuhr von Stallmist und 300 kg $K_2O/ha/Jahr$ ergibt sich ein ähnlicher Ertragsanstieg im Laufe der Jahre, jedoch auf einem um ca. 7 dt/ha höherem Ertragsniveau. Ohne mineralische K-Düngung fällt der Ertragsanstieg sehr viel flacher aus.

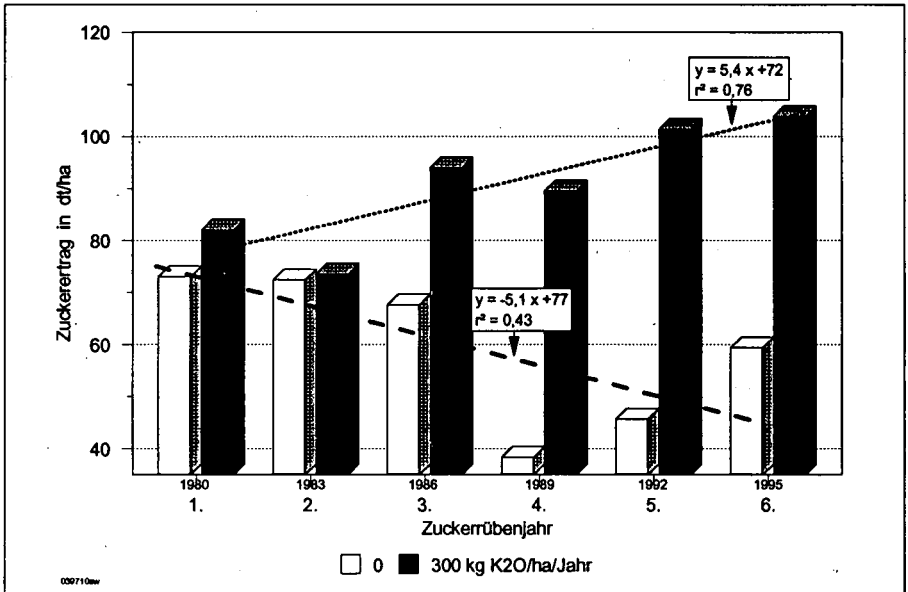


Abb. 2: Ertragstrend von Zuckerrüben bei unterschiedlicher K-Versorgung im K-Versuch Niestetal (1978 - 1996, ohne Stallmist)

Zur Ausschöpfung des Ertragspotential dieses Standortes ist ein K-Vorrat im Boden von etwa 25 mg $K_2O/100$ g (CAL) notwendig. Um diesen K-Vorrat im Boden zu erhalten, war eine K-Düngung von etwa 30 kg $K_2O/ha/Jahr$ über dem K-Entzug erforderlich. Eine solche Düngung war auch ökonomisch sinnvoll. Bei einem Absinken weit unter 25 mg $K_2O/100$ g kommt es zu deutlichen Ertrags- und Erlösminderungen.

Literatur

Beisecker, R., Meyer, B., Wildhagen, H.: Versuch '20 Jahre Kalisteigerung auf dem Dauerversuchsfeld Höckelheim/Südniedersachsen. Kalium-Bilanz und Veränderung der K-Relativität im Methodenvergleich eines Löss-Parabraunerde-Agrar-Ökosystems'. Göttinger Bodenkundliche Berichte 94, 1 - 121, 1988

Veränderung der Komplexität des antiphytopathogenen Pilzspektrums im Boden unter dem Einfluß langjährig differenzierter Bewirtschaftung

von

Jancke, G.*

Veränderung der Komplexität des antiphytopathogenen Pilzspektrums im Boden unter dem Einfluß langjährig differenzierter Bewirtschaftung

G. Jancke *

Bodenbürtige Erreger von Getreidekrankheiten lassen sich durch chemische Pflanzenschutzmaßnahmen nicht oder nur ungenügend kontrollieren. Zudem konnte wiederholt die rasche Ausbildung von Resistenzen gegen Fungizide beobachtet werden. Als Alternative bietet sich die Entwicklung biologischer Bekämpfungsstrategien an. Die größten Erfolge im nicht-chemischen Pflanzenschutz werden zur Zeit durch die Anwendung geeigneter Bewirtschaftungsmaßnahmen erzielt. Für bodenmikrobiologische und -biochemische Untersuchungen des Einflusses von Bewirtschaftungsmaßnahmen eignen sich am besten Dauerversuche, da sich hier die mikrobiellen Aktivitäten aufgrund der langjährig einheitlichen Behandlung auf ein stabiles Niveau eingestellt haben.

Die im folgenden vorgestellten Untersuchungen wurden auf dem 1923 angelegten Statischen Dauerversuch Bodennutzung in Berlin-Dahlem durchgeführt, der als Prüffaktoren 16 bzw. 30 cm Pflugtiefe (F/T), mit oder ohne Stallmistdüngung (+St/-St), mit oder ohne Kalkdüngung (+Ca/-Ca), mit oder ohne Phosphordüngung (+P/-P) sowie Fruchtwechsel oder Getreidefolge (Fw/Gf) aufweist. Es wurden über zwei Vegetationsperioden verteilt zu sechs Terminen Boden- und Wurzelproben gewonnen, aus denen durch Suspension und Ausplattierung auf geeigneten Nährmedien Mikromyzeten isoliert wurden. Die Pilzisolat wurden anschließend makroskopisch klassifiziert und Vertreter dieser Klassen *in vitro* in Doppelkultur-Plattentests auf ihre antiphytopathogene Potenz gegen vier wichtige bodenbürtige, pilzliche Erreger von Fußkrankheiten des Getreides (*Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx & Olivier var. *tritici* Walker, *Fusarium culmorum* (W. G.Sm.) Sacc., *Fusarium solani* (Mart.) App. et Wr. und *Rhizoctonia cerealis* v. d. Hoef.) überprüft. Als Antibiosetypen wurden die Bildung von Hemmzonen und Mycolyse unterschieden. Auf diese Weise wurde versucht, die Komplexität der antagonistischen Mikroflora zu erfassen. Daneben erfolgte eine Bonitur des angebauten Weizens auf Stengelbasissymptome.

Im Boden der Getreidefolge wurde nach flachem Pflügen eine größere Komplexität der die Pathogene parasitierenden, mycolytischen Pilzflora festgestellt als nach tiefem (Abb. 1). Der Effekt war in den oberen 16 cm Boden, die der Krume bei flachem Pflügen entsprechen, besonders deutlich ($P < 0,05$), war aber auch im Mittel über 30 cm Bodentiefe (Krume bei tiefem Pflügen) nachweisbar (Abb. 2). Kalkung verstärkte den negativen Einfluß tiefen Pflügens, Stallmistdüngung konnte ihn z.T. kompensieren. Im Boden des Fruchtwechsels wurde ein höherer Anteil an Pilzisolaten gefunden, die antagonistisch gegen die beiden *Fusarium* spp. waren, als in dem der Getreidefolge: Es

* Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin

zeigte sich, daß keine der Maßnahmen einen Einfluß auf den Anteil antagonistischer Pilzisolat an der Gesamtheit der getesteten Stämme hatte, der unabhängig von allen anderen Maßnahmen war.

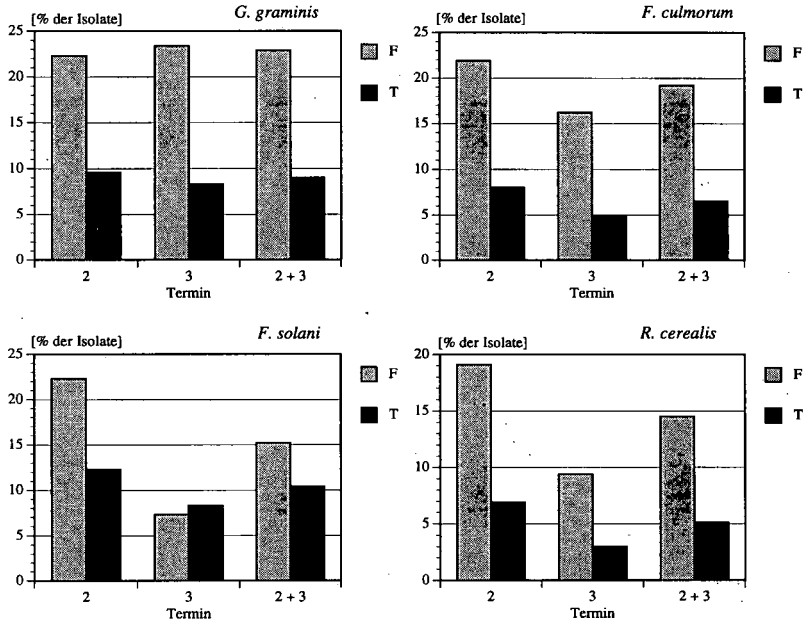


Abb. 1: Anteil mycolytisch gegen vier Getreidepathogene wirkender Pilzisolat (in %) aus 0-16 cm Bodentiefe (Bt1) in der Getreidefolge zu zwei Terminen 1990 in Abhängigkeit von der Pflugtiefe

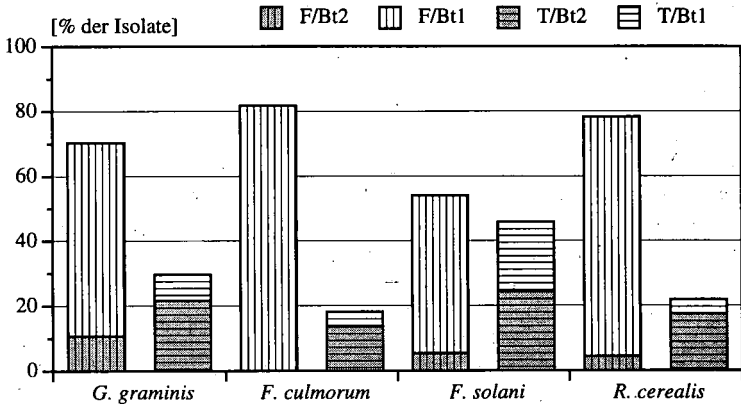


Abb. 2: Verteilung der mycolytisch wirkenden Pilzstämm je Test-Pathogen 1990 auf vier Pflugtiefe-Bodentiefe-Kombinationen

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Untersuchungen zum antiphytopathogenen Potential wurde bei der Bonitur des Winterweizens auf Wurzel- und Stengelbasissymptome in der Getreidefolge nach flachem Pflügen eine geringere Schadausprägung gefunden als nach tiefem Pflügen ($P < 0,05$, Abb. 3). Die größte Befallsminde rung wurde durch die Phosphatdüngung und den Fruchtwechsel erreicht ($P < 0,001$). Stallmistdüngung führte zu mehr Symptomen. Der Einfluß von Fußkrankungen auf die Ertragsbildung des Winterweizens scheint im Untersuchungszeitraum insgesamt gering gewesen zu sein. Als Ursache wird eine stabile Mikroorganismengemeinschaft angenommen, die eine gute allgemeine Suppressivität des Bodens zur Folge hat.

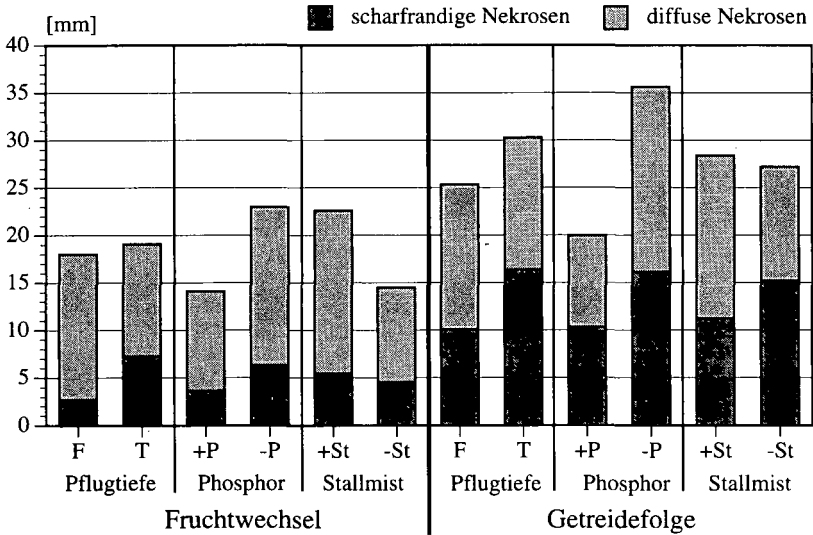


Abb. 3: Länge der Stengelbasisnekrosen (in mm) des Winterweizens 1991 in Abhängigkeit von den Kulturmaßnahmen Pflugtiefe, Phosphatdüngung und Stallmistdüngung bei unterschiedlichen Fruchtfolgesystemen

Literatur:

- Jancke, G. (1996): Einfluß langjährig differenzierter Bewirtschaftung auf das antiphytopathogene Potential des Bodens gegen bodenbürtige, pilzliche Fußkrankheitserreger an Getreide unter besonderer Berücksichtigung antibiotischer Stoffwechselprodukte von *Penicillium nigricans*. Shaker Verlag, Aachen
- Krzysch, G. (Hrsg.), Caesar, K. (Hrsg.), Becker, K., Brodowski, M., Dressler, U.-B., Grimm, J., Jancke, G., Krause, S. & Schlenker, L. (1992): Einfluß von langjährig differenzierten Bewirtschaftungsmaßnahmen und Umweltbelastungen auf Bodenfruchtbarkeit und Ertragsleistung eines lehmigen Sandbodens. Schriftenreihe des Fachbereichs Internationale Agrarentwicklung der Technischen Universität Berlin, Nr. 141
- Maczkiewicz, T. (1989): Bewertung eines langjährigen Dauerfeldversuchs anhand bodenphysikalischer, -chemischer und pflanzlicher Parameter. Diplomarbeit, Inst. f. Ökol. - Bodenk. d. Techn. Univ. Berlin

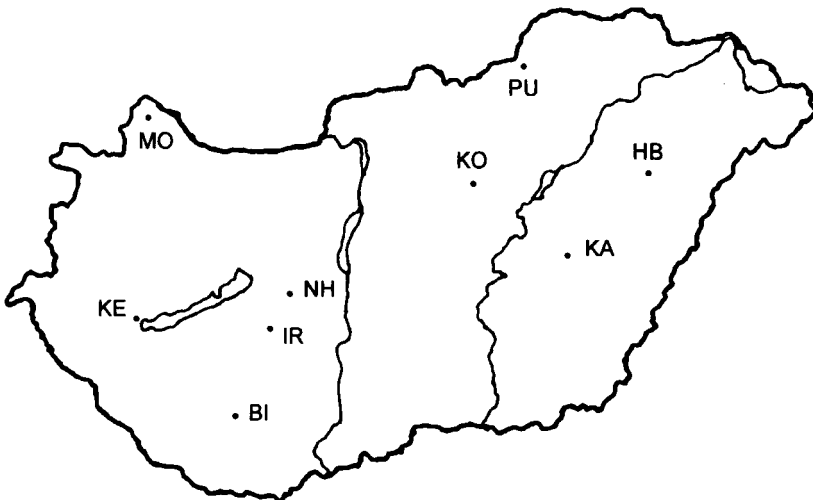
Einheitliche Dauerdüngungs-Feldversuche in Ungarn

von

Debreczeni, K. *, T. Kismányoky und I. Ragasits**

Einleitung

Um eine sichere wissenschaftliche Ergebnisse zu bekommen sind langjährige, jährlich gleich behandelte Dauerdüngungsversuche allein geeignet. Die Hauptaufgabe dieser Versuche besteht darin, die Wirkung der NPK Düngung variiert nach Menge und Kombinationen einmal auf die Ernteerträge und Qualität, zum anderen auf die Beschaffenheit der Böden in langjähriger Auswirkung zu verfolgen. Die Ungarische Einheitliche Dauerdüngungs-Feldversuche sind die derartige wenige Versuche der Welt, die in 9 unterschiedlichen Standortverhältnisse mit den gleichen Düngungs-Varianten in den Jahren 1967-1968-1969(Landkarte) angelegt wurde. Die Versuchsfelder gehören zu Landwirtschaftlichen Hochschulen, zu L.H. Debrecen: Hajdúböszörmény(HB, mit Wiesenboden) und Karcag(KA, Wiesenschernosem), zur L.H. Gödöllő: Putnok (PU, Vergleyle Braunerde) und Kompolt(KO, Schwarzerde-Parabraunerde), zu L.H. Keszthely(Koordinator): Mosonmagyaróvár (MO, Kalkreiche-Schlamm Boden), Iregszemcse (IR, Schwarzerde), Bicsérd (BI, Verbraunte-Schwarzerde) und Keszthely (KE, Vergleyle-Braunerde), ein Versuchsfeld in Nagyhorcsök(NH Schwarzerde) gehört zu dem Forschungs-Institut für Bodenkunde und Agrochemie, Ungarischen Akademie.



*Institut für Agrochemie und Bodenkunde, Georgikon Landw. Fakult. Pannon Agraruniversität

**Institut für Bodenbearbeitung und Pflanzenbau, Georgikon Landw. Fakult. Pannon Agraruniversität, Keszthely, Deák F. u. 16, Ungarn H-8360

Material und Methoden

Die Dauerdüngungsversuche (1967) umfassen Fruchtfolge: „A“=Winter Weizen-Körnermais - Körnermais - Erbse; „B“= Winter Weizen - Körnermais -Körnermais - Winter Weizen und in vier Orten auch „C“= Körnermais - Monokultur. Es wurde N-P-K -Düngungsstufen in verschiedenen Mengen und Kombinationen und Ungedüngte Variant (N0P0K0, bezeichnet 000) in 4 Wiederholungen Variert. Stickstoff-N: 0-50-100-150-200-250 bezeichnet: 01-2-3-4-5, Phosphor-P₂O₅: 0-50-100-150-200 bezeichnet: 0-1-2-3-4 und Kalium-K₂O: 0-100-200 bezeichnet: 0-1-2 kg/ha/Jahr NPK-Reinnährstoffen (DebreczeniB-Debreczeni K. 1994). Parzellengröße sind je Versuchsort unterschiedlich in allgemein 50-70 m².

Die Haupterträge der Versuchspflanzen wurde jährlich quantitativ erfasst als Trockenmasse in t/ha. Zur Ermittlung der Nährstoffentzüge der Pflanzen wurden die Ernteprodukte aus der ausgewählten Versuchsvarianten auf ihren N-P-K-Gehalt untersucht.

Von jeder Versuchsparzelle wurden in der letzte Rotationsjahre(also aller vier Jahre) Bodenchemische Untersuchungen auf pH_{KCl}, AL-P₂O₅ mg/kg Boden, AL-K₂O mg/kg Boden, Gesamt-Kohlenstoffgehalt in % gemacht und aus fünf Varianten NO₃-N, Mg, Na, Mn, Zn, Cu ermittelt.

Weitere chemische Untersuchungen wurden und werden in Abhängigkeit von den aktuellen Forschungsaufgaben durchgeführt.

Versuchsergebnisse

Zur Ermittlung der langjährigen NPK-Düngungseffekte, wurden die kumulierten Ertragszunahme(+) bzw.-Abnahme(-) vom Durchschnittserträge vom zehn ausgewählten Versuchsvarianten(mit gesteigerter N- und P-Düngung, mit Kalium 100 kg/ha/Jahr, bzw. Ungedüngte Variant) des W. Weizens und Körnermaises, je vierjährige Rotationen summiert.

Die Mittelwerte vom Durchschnitts-Erträge wurde auf X-Achse als Zero dargestellt. Die Abweichungen(+,-) W. Weizen- und Körnermaiserträge der einzelnen NPK-Varianten vom Durchschnitts-Erträge findet sich als summierte Ertrags-Zunahme oder -Abnahme, je nach vierjährige Rotationen in t/ha und grafisch dargestellt(Abbildung.1). Die summierte Abweichungen in dieser Darstellungen können sehr gut die langjährige Düngungseffekt ermitteln. Da bei können wir beobachten, dass die Steigerung der Phosphor-Düngung beeinflussen die W. Weizen- und Körnermaiserträge deutlich, mit einer engen Wechselbeziehung der Stickstoff-Düngungsstufen. Bei Phosphor-Mangel bekommt man je Rotationen summierte Ertrags-Abnahme, was die gesteigerte Stickstoff-Gaben haben näher zu X-Achse erhoben. Die kumulierten Ertrags-Differenzen in Getreideeinheit je nach unterschiedlichen agroökologischen 9 unterschiedlichen Versuchsboden (Abbildung 2.), in Folge der Stickstoff-Phosphor und Kalidüngung zeigen grosse Standortspezifische-agroökologische Unterschiede. Besonders hohe Stickstoff-Wirkung hat man in vielen Versuchsorten: NH, KE, PU. Grosse Phosphor-Wirkung sieht man in Tschernosemboden Versuchsort: NII, IIB.

Kalium-Wirkung zeigt der Smectireich-Wiesenboden in HB, aber KO, PU, KA sehr wenig reagieren auf die Kalium-Düngung. Die unterschiedlichen Bodentypen zeigen also ganz anderes Symptom, Standortspezifische Langzeit-Effekt.

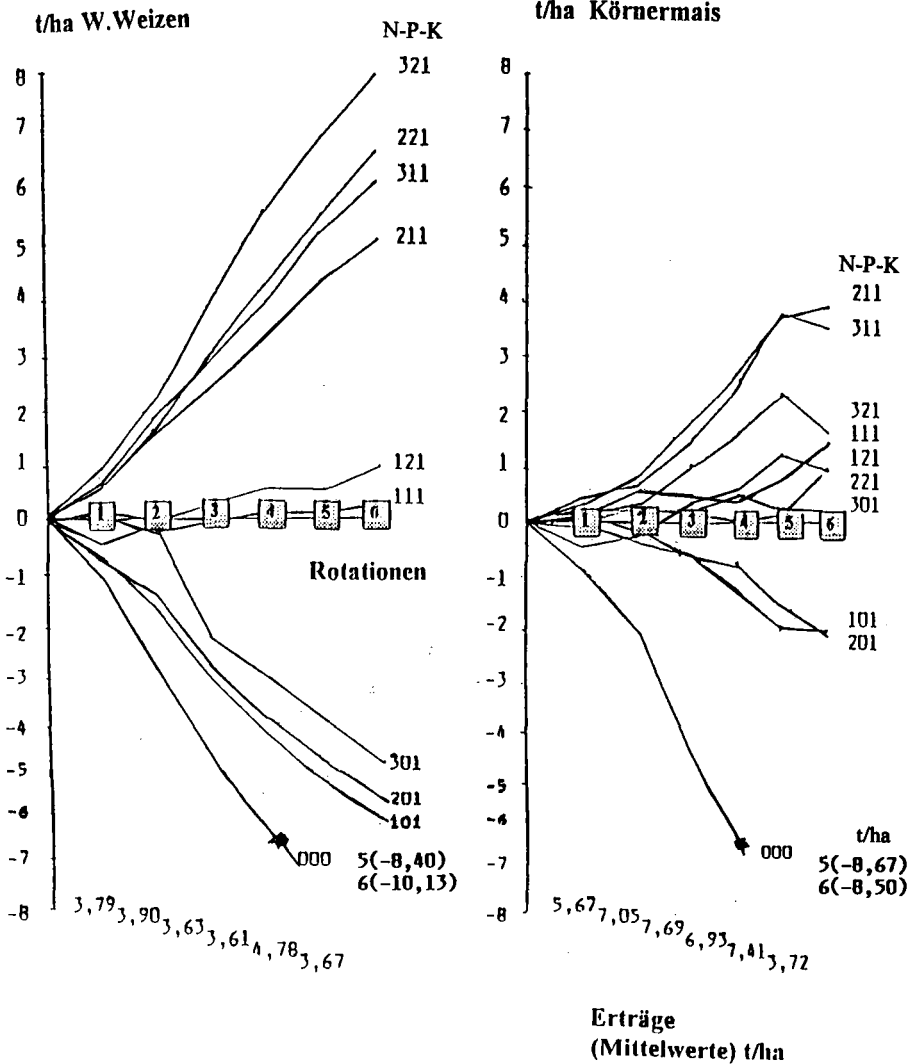
Literatur

Debreczeni, B.-Debreczeni, K. (1994): Trágyázási kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó Budapest. Düngungsversuchen zwischen 1960-1990. Verlag der Akademie der Wissenschaft in Budapest. 412 pp.

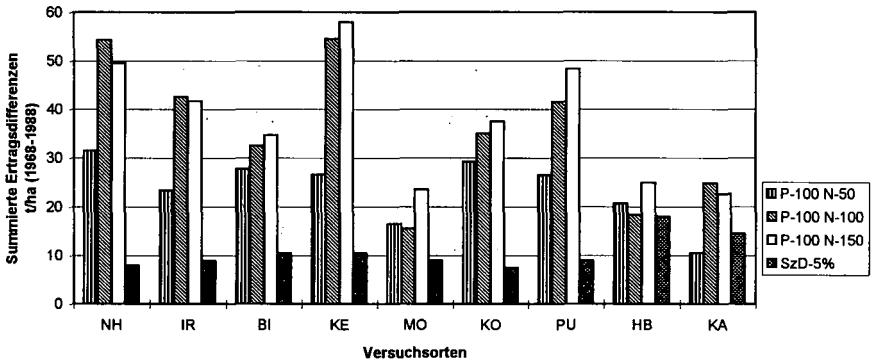
Abbildung 1

NAGYHÖRCSÖK (Versuchsort)

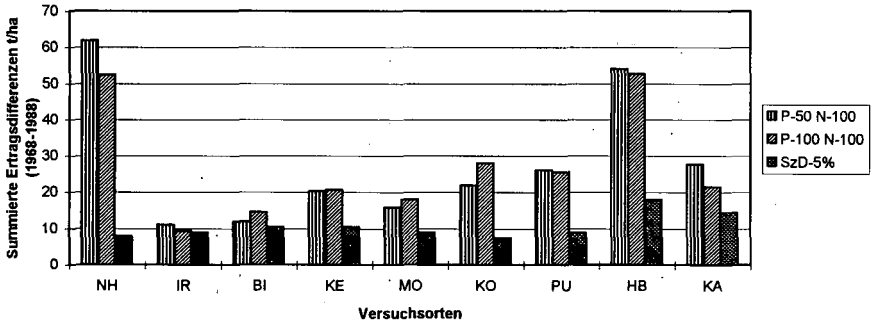
Summierte Ertragszunahme bzw.-Abnahme



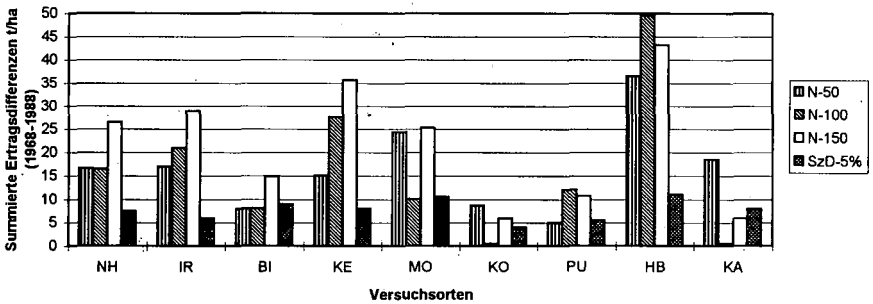
N-Düngungseffekt in Getreideeinheit (bei P-100 kg/ha/Jahr)



P-Düngungseffekt in GE (bei N-100 kg/ha/Jahr)



K-Düngungseffekt in GE (bei N-Steigerung kg/ha/Jahr)



Einfluß der Dauerdüngeranwendung in der Fruchtfolge auf die Nahrungsregime des Bodens

von

Bosak, V.

Problemstellung

Die Dauerfeldversuche tragen zur Erhaltung der wertvollen wissenschaftlichen Information bei. Besonders spielen die Dauerfeldversuche eine große Rolle bei den Bodenuntersuchungen, weil viele Prozesse und Änderungen im Boden sehr langsam fließen.

Das Ziel der Untersuchungen bestand darin, um den Einfluß der Dauerdüngeranwendung in der Fruchtfolge auf die Nahrungsregime des Bodens festzustellen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen für den Einfluß der Dauerdüngeranwendung in der Fruchtfolge auf die agrochemischen Eigenschaften des Bodens wurden im Jahre 1967 in der Nähe von Minsk, Weißrußland (Belarus) angelegt. Das Relief ist eben, mit geringen Anhöhen. Die Niederschläge betragen im Jahresmittel 620 mm. Die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur liegt bei 6°C (der kälteste Monat ist Januar mit -6°C, der wärmste Monat ist Juli mit +18°C). Der Boden wurde als Rasenpodsol bezeichnet. Dieser Bodentyp ist weit verbreitet in Belarus (42, 4% der Fläche, Rasenpodsol-Gleye kommen auf 26, 9% vor)(Kulakovskaja et al, 1974, Bogdevitsch et al, 1985, 1991). Die Bodenart im Oberboden ist Lehm, im Unterboden - toniger Lehm.

In einer Kartoffel - Gerste+Klee - Klee - Flachs - Wicke+Hafer (Futtermischung) - Winterroggen Fruchtfolge wurden auf der regelmäßig-gekalkten Fläche ohne und mit organischen Düngern (12 t ha⁻¹ pro Jahr) sowie auf der ungekalkten Fläche ohne und mit organischen Düngern die Varianten mit den verschiedenen Dosen der Mineraldünger (ohne Dünger, PK, NPK) angelegt. Seit 1982 wurde Winterroggen auf den Winterweizen in der Fruchtfolge gewechselt.

Alle Varianten waren in vierfacher Wiederholung angelegt. Die Maßnahmen des Pflanzenanbaus (Vorbereitung des Bodens, Düngung, Saat, Pflanzenschutz) wurden nach den allgemeinen Regeln durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion:

Von der Versuchsanlegung hat der Boden die nächsten wichtigen Eigenschaften des Ap-Horizontes gehabt: pH_{KCl} - 4, 9-5, 3, P_2O_5 -Gehalt (0,2 n HCl) - 229-296 $mg\ kg^{-1}$, K_2O -Gehalt (0, 2 n HCl) - 63, 8 - 110, 5 $mg\ kg^{-1}$, CaO -Gehalt - 903-919 $mg\ kg^{-1}$, MgO -Gehalt - 238-246 $mg\ kg^{-1}$, Humusgehalt - 1, 7-1, 9%. Nach dem 25-jährigen Agrarpflanzenanbau wurden die Eigenschaften der Nahrungsregime des Bodens stark gewechselt und haben die nächsten Kennziffer gehabt:

Phone 1 (mit Kalkung und ohne Mistanwendung):

pH_{KCl} - 5, 7, P_2O_5 - 257-295, K_2O - 234-268, CaO - 900, MgO - 158 $mg\ kg^{-1}$, Humus - 1, 4%;

Phone 2 (mit Kalkung und mit Mistanwendung):

pH_{KCl} - 5, 7, P_2O_5 - 284-300, K_2O - 262-295, CaO - 920, MgO - 170 $mg\ kg^{-1}$, Humus - 1, 6%;

Phone 3 (ohne Kalkung und ohne Mistanwendung):

pH_{KCl} - 4, 2, P_2O_5 - 254-290, K_2O - 222-258, CaO - 460, MgO - 55 $mg\ kg^{-1}$, Humus - 1, 5%;

Phone 4 (ohne Kalkung und mit Mistanwendung):

pH_{KCl} - 4, 5, P_2O_5 - 274-298, K_2O - 266-296, CaO - 560, MgO - 68 $mg\ kg^{-1}$, Humus - 1, 6%;

PK-Anwendung hat den P_2O_5 -Gehalt und besonders K_2O -Gehalt im Boden erhöht. Auf den Varianten ohne Kalkung wurde die Bobenazidität gesteigert und den CaO - und MgO -Gehalt verringert. Regelmäßige Kalkung hat die Bodenversauerung verhindert; darüber CaO -Gehalt wurde nicht gewechselt und MgO -Gehalt verkleinert (Kalkdünger haben hauptsächlich Ca -Kationen gehabt). Die Mistanwendung hat sich günstig auf die agrochemischen Bodeneigenschaften ausgewirkt.

Literatur

1. Т. Н. Кулаковская, П. П. Роговой, Н. И. Смян. Почвы Белорусской ССР, Минск, 1974.
2. И. М. Богдевич, Т. Н. Кулаковская, Н. И. Смян. Справочник агрохимика, Минск, 1985.
3. И. М. Богдевич, Н. И. Смян, В. В. Лапа. Основные направления по повышению плодородия почв и эффективности удобрений в Белоруссии на 1991-1995 гг., Минск, 1991.

Untersuchungen zur Pflanzenverfügbarkeit organischer Umweltschadstoffe aus einer Tieflehm-Fahlerde und einer Löß- Schwarzerde

von

Schulz, E. und K. Heinrich¹

Einleitung:

Aussagen zum spezifischen Verhalten von organischen Umweltchemikalien im Boden hinsichtlich ihrer Mobilität bzw. Verfügbarkeit lassen sich u.a. durch Untersuchungen zum Transfer dieser Stoffe in die pflanzliche Biomasse treffen. Die organische Substanz des Bodens, welche entscheidend die chemischen, biologischen und physikalischen Eigenschaften von Böden sowie im Boden ablaufende Mineralisierungs- bzw. Immobilisierungsreaktionen bestimmt, beeinflusst somit auch die Nähr- und Schadstoffaufnahme von Pflanzen. Ergebnisse aus Gefäßversuchen zum Transferverhalten ausgewählter PAK und insektizid wirkender chlorierter Kohlenwasserstoffe in Böden mit unterschiedlichen C_{org} - Gehalten werden vorgestellt.

Material:

In Gefäßversuchen (KICK - BRAUCKMANN - Gefäße) wurden die PAK Fluoranthren und Benzo(a)pyren sowie die insektizid wirkenden chlorierten Kohlenwasserstoffe Lindan (γ -Hexachlorocyclohexan) und Methoxychlor so in den Boden eingebracht, daß sich eine Aufwandmenge von 50 mg/kg TS je Substanz ergab. Für die Untersuchungen zum Einfluß der organischen Substanz des Bodens auf den Boden / Pflanze - Transfer der Modellsubstanzen, wurden Böden verschiedener Düngungsvarianten aus Dauerversuchen der Standorte Thyrow (Tieflehm-Fahlerde) und Bad Lauchstädt (Löß-Schwarzerde) sowie einer Stallung / Gülle - Hochlastfläche (Standort Bad Lauchstädt) (Tab. 1) benutzt (Beprobungstiefe 0-30 cm). Der Einfluß der Versuchsdauer und der Bodenart auf den Boden / Pflanze - Transfer wurde an jeweils einer Ausgleichsfläche (Standort Thyrow und Bad Lauchstädt) aufgezeigt.

Methoden:

Die Versuchspflanzen (Mais, Anjou 09) wurden bei ihrer Ernte in einen oberirdischen und einen unterirdischen Pflanzenteil getrennt, grob zerkleinert und repräsentative Proben (25 - 50g) bei -20°C gelagert.

Die Bestimmung der insektizid wirkenden chlorierten Kohlenwasserstoffe erfolgte nach SPECHT, TILKES (1980 und 1985) sowie in Anlehnung an die VDLUFA - Methode (KAMPE et al., 1986). Die Bestimmung der PAK erfolgte in Anlehnung an eine Methode nach SPEER (1994).

Statistik:

Für die Ermittlung des Einflusses des Schadstoffgehaltes in den Pflanzen in Abhängigkeit von der Versuchsdauer wurde ein multipler Mittelwertvergleich ($n=4$, TUKEY - Test, $\alpha = 5\%$) angewendet.

¹ UFZ Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Bodenforschung
Hallesche Straße 44, D-06246 Bad Lauchstädt

Unterschiedliche Buchstaben stehen dabei für signifikante Unterschiede. Unterschiedliche Indices kennzeichnen unterschiedliche Schadstoffe.

Tabelle 1: Charakteristik der Böden

Boden	C _{org} [%]	N _t [%]	pH-Wert (CaCl ₂)	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]
Thyrow ungedüngt	0,37	0,03	4,3	0,25	2,40	97,4
Thyrow Ausgleichsfläche	0,56	0,04	4,9	2,67	14,67	82,67
Thyrow organ. / mm	0,70	0,05	5,7	0,15	5,50	94,40
Bad Lauchstädt ungedüngt	1,57	0,14	6,0	27,78	67,55	4,2
Bad Lauchstädt Ausgleichsfläche	1,62	0,15	7,5	24,44	69,52	6,05
Bad Lauchstädt organ. / mm	2,03	0,22	7,1	20,40	67,55	12,04
Bad Lauchstädt Stalldung / Gülle	3,07	0,31	7,1	19,94	71,59	8,47

Ergebnisse und Diskussion:

Die Abhängigkeit des Boden / Pflanze - Transfers der untersuchten Schadstoffe vom Entwicklungsstadium von Mais wurde in Sproß und Wurzel über einen Zeitraum von 120 Tagen verfolgt. Sowohl bei der Anwendung der insektizid wirkenden chlorierten Kohlenwasserstoffe als auch der PAK konnte eine Verringerung der Lindan- und Methoxychlor- bzw. der Fluoranthen- und Benzo(a)pyren - Konzentrationen mit fortschreitender Versuchsdauer festgestellt werden. Generell waren die insektizid wirkenden chlorierten Kohlenwasserstoffe besser pflanzenverfügbar als die PAK.

Die jeweils besser wasserlösliche Komponente beider Schadstoffklassen, Lindan bzw. Fluoranthen, wurde auch in größeren Konzentrationen im Pflanzenmaterial nachgewiesen, da die Schadstoffaufnahme von im Boden befindlichen Schadstoffen durch Pflanzen auf passivem Wege mit der Wasseraufnahme erfolgt. Aus Abb. 1 u. 2 ist ersichtlich, daß in dem kohlenstoffarmen sandigen Thyrower Boden der Transfer von organischen Umweltchemikalien in die Pflanze sehr viel größer ist, als in dem kohlenstoffreicheren Bad Lauchstädter Boden.

Nach 30 Versuchstagen: Die Lindan - Konzentrationen in der Gesamtpflanze lagen in der Thyrower Variante (225 mg/kg TS) und in der Bad Lauchstädter Variante (178 mg/kg TS) deutlich höher als die Methoxychlor - Konzentrationen (53 mg/kg TS und 19 mg/kg TS). Auch in den mit Fluoranthen und Benzo(a)pyren behandelten Varianten wurden höhere Konzentrationen der besser wasserlöslichen Komponente Fluoranthen in der Bad Lauchstädter Variante (16 mg/kg TS) und der

Thyrower Variante (48 mg/kg TS) gegenüber 7,7 mg/kg TS bzw. 6 mg/kg TS Benzo(a)pyren nachgewiesen.

Nach 120 Versuchstagen: Im Versuchsverlauf nahmen die Fluoranthen- und Benzo(a)pyren - Konzentrationen im Pflanzenmaterial der Bad Lauchstädter Variante (0,01 bzw. 0,05 mg/kg TS) und der Thyrower Variante (0,05 bzw. 0,5 mg/kg TS) ab. Die Lindan- Konzentrationen nahmen in den Pflanzen kontinuierlich bis auf 0,61 bzw. 0,02 mg/kg TS ab, während das Methoxychlor am Versuchsende immer noch mit 3,2 und 2 mg/kg TS in der Gesamtpflanze nachweisbar war.

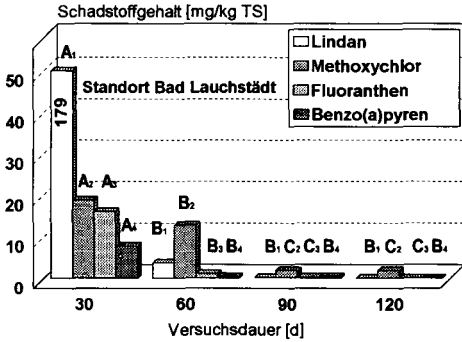


Abb 1: Mittlere Konzentrationen an ausgewählten PAK und insektizid wirkenden chlorierten Kohlenwasserstoffen in Mais (Gesamtpflanze) aus einem Gefäßversuch mit Löß-Schwarzerde

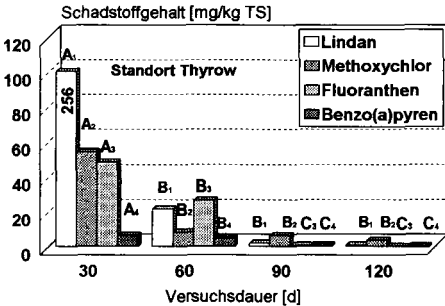


Abb 2: Mittlere Konzentrationen an ausgewählten PAK und insektizid wirkenden chlorierten Kohlenwasserstoffen in Mais (Gesamtpflanze) aus einem Gefäßversuch mit Tieflehm-Fahlerde

Die Konzentrationen (Versuchsdauer 60 Tage) der insektizid wirkenden chlorierten Kohlenwasserstoffe (Summe Lindan und Methoxychlor) in Mais korrelierten negativ mit dem organischen Kohlenstoffgehalt des Bodens ($r^2 = 0,88$; Abb. 3). Bei getrennter Betrachtung der Bodenarten wurde ein Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,85$ für die Versuchsvarianten des Standortes Bad Lauchstadt und $r^2 = 0,97$ für die Versuchsvarianten des Standortes Thyrow ermittelt.

Bei Berechnung der Gesamtentzüge an Lindan und Methoxychlor [mg/Gefäß] (Abb. 4) wird deutlich, daß die negative Abhängigkeit Schadstoffentzuges vom organischen Kohlenstoffgehalt des Bodens bis zu einem C_{org} von 2,03% im Wurzelbereich der Maispflanzen als signifikant anzusehen ist. Da das Schadstoffverteilungsmuster der Pflanzensprosse nicht so gleichmäßig wie in den Wurzeln ist und der Schadstoffverlagerung Wurzel / Sproß mehr oder weniger stark ausgeprägte Abbau- bzw. Metabolisierungsreaktionen entgegenwirken, sind Beziehungen zum organischen Kohlenstoffgehalt des Bodens nicht eindeutig ableitbar. Außerdem kann der Sproßbereich zusätzlichen Kontaminationsmöglichkeiten (z.B. Verdunstungseffekten aus dem Boden, nasse und trockene Deposition aus der Luft) unterworfen sein. Durch einen multiplen Mittelwertvergleich zwischen den Bodenarten wurde deutlich, daß neben dem organischen Kohlenstoffgehalt des Bodens auch die Bodenart

einen signifikanten Einfluß auf den Schadstoffentzug besitzt, welcher außerdem durch die Variation weiterer Bodeneigenschaften beeinflusst werden kann.

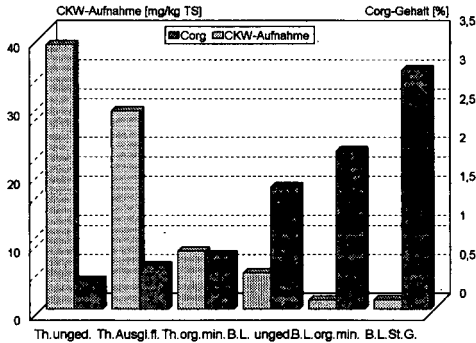


Abb.3: Abhängigkeit der Aufnahme ausgewählter insektizid wirkender chlorierter Kohlenwasserstoffe durch Mais von Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff in Böden der Standorte Thyrow und Bad Lauchstädt

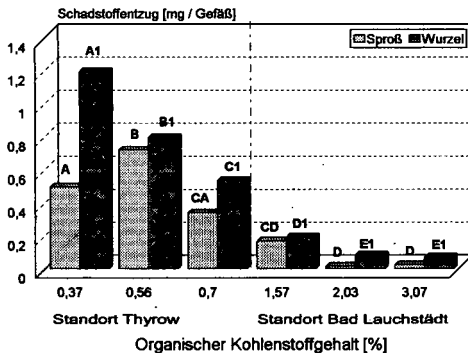


Abb 4: Einfluß des organischen Kohlenstoffgehaltes des Bodens auf den Entzug an den insektizid wirkenden chlorierten Kohlenwasserstoffen Lindan und Methoxychlor durch Mais in einem Gefäßversuch mit Böden unterschiedlichen organischen Kohlenstoffgehaltes der Standorte Thyrow und Bad Lauchstädt

Dank:

Der Boden der Versuchsstation Pflanzenbau der Humboldt Universität zu Berlin Standort Thyrow wurde dankenswerter Weise von Herrn Baumecker zur Verfügung gestellt.

Literatur:

Kampe, W.; Zürcher, C.; Jobst, H. (1986): Schadstoffe im Boden insbesondere Schwermetalle und organische Schadstoffe aus langjähriger Anwendung von Siedlungsabfällen. Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt. Berichtsnummer UBA-FB 10701003

Specht, W.; Tilkes, M. (1980): Gas-chromatographische Bestimmung von Rückständen an Pflanzenbehandlungsmitteln nach Clean-up über Gel-Chromatographie und Mini-Kieselgel-Säulenchromatographie. 3. Mitteilung. Fres. Z. Anal. Chem. 301, 300-307

Specht, W.; Tilkes, M. (1985): Gas-chromatographische Bestimmung von Rückständen an Pflanzenbehandlungsmitteln nach Clean-up über Gel-Chromatographie und Mini-Kieselgel-Säulenchromatographie. 5. Mitteilung. Fres. Z. Anal. Chem. 322, 443-455

Speer; K. (1994): Bestimmung von PAK in Lebensmitteln.
In: Matter, L.: Lebensmittel- und Umweltnalytik mit der Kapillargaschromatographie VCH

Zuckerrüben in dauerhaft pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen - Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großparzellen

von

Becker, C.*, H. Miller** und H.-J. Koch*

Einleitung

In der landwirtschaftlichen Praxis wird insbesondere nach Blattfrüchten mit geringen Mengen an Ernterückständen oft auf den Einsatz des Wendepfluges verzichtet und somit die ökologische und ökonomische Vorzüglichkeit pflugloser Bodenbearbeitungssysteme genutzt (TEBRÜGGE & EICHHORN 1992). Zur Zuckerrübenbestellung wird jedoch in Deutschland weitgehend der Pflug eingesetzt (MERKES ET AL. 1996), obwohl gerade in dieser Fruchtart viele ökologische Gründe für den Pflugverzicht sprechen. So machen immer wieder auftretende Erosionsereignisse die Notwendigkeit einer verstärkten Anwendung erosionsmindernder Bodenbearbeitungssysteme bis hin zur Direktsaat deutlich (EHLERS 1975). Bei Betrachtung aus ökonomischer Sicht zeigt sich, daß insbesondere die komplette Umstellung des Betriebes auf pfluglose Bearbeitungssysteme deutliche Einsparungen bei den Maschinenkosten ermöglicht (BECKER 1996). Dies ist besonders in Großbetrieben in den östlichen Bundesländern ein wesentlicher Anreiz, auf pfluglose Bewirtschaftung umzusteigen (KÖLLER 1994). Bereits seit Ende der 60er Jahre werden in Deutschland Versuche zu dauerhaft pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen in Zuckerrüben durchgeführt. Um zu überprüfen, inwieweit die in diesen Versuchen erzielten Ergebnisse auch unter den Bedingungen eines landwirtschaftlichen Betriebes erreicht werden, wurde der im folgenden beschriebene praxisnahe Versuch auf Großflächen angelegt.

Material und Methoden

Die Versuche wurden als Streifenanlage auf Großflächen ohne Wiederholungen in typischen Zuckerrübenanbaugebieten Süd- und Ostdeutschlands angelegt und befanden sich im 2. bis 6. Versuchsjahr. An jedem Standort wurden vier Großflächen von je 2,5-10 ha auf einem Schlag mit möglichst homogenen Bodenverhältnissen erstellt. Zu allen Früchten der Rotation wurden vier verschiedene Bodenbearbeitungssysteme durchgeführt. In der Variante Pflug wurde der Boden jährlich mit dem Pflug auf 25-35 cm Tiefe bearbeitet, in der Variante Locker erfolgte jährlich eine nichtwendende Lockerung maximal bis auf 35 cm Tiefe. Durch eine flach mischende Bodenbearbeitung (max. 10 cm Arbeitstiefe) war die Variante Mulch gekennzeichnet, während in der Direktsaat auf jegliche Bodenbearbeitung verzichtet wurde. Die Aussaat der Zuckerrüben

* Institut für Zuckerrübenforschung, Abteilung Pflanzenbau, Holtenser Landstraße 77, D-37079 Göttingen

** SÜDZUCKER AG, Geschäftsbereich Landwirtschaft, Ludwig-Kayser-Straße, D-74254 Offenau

erfolgte an jedem Standort mit einem Einzelkornsägerät mit Schneidscheiben. Die Betriebsmittelpreise wurden für das jeweilige Jahr bei den Betrieben erfragt. Für die Zuckerrüben wurde ein Mischpreis (70 % A-Rüben, 20 % B-Rüben, 10 % C-Rüben) nach EU-Preisliste verwendet. Die monetäre Bewertung der durchgeführten Arbeitsgänge erfolgte nach Richtlinien und Daten des KTBL (KTBL 1994). Als Lohnansatz für eine Arbeitsstunde wurden 30 DM Akh⁻¹ festgelegt. Zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Bodenbearbeitungssysteme wurde der Vergleichsdeckungsbeitrag ermittelt, indem vom Markterlös die variablen Kosten sowie fixe Maschinenkosten und Arbeitskosten abgezogen wurden. Detailliertere Angaben zur Methodik finden sich bei BECKER et al. (1997).

Ergebnisse und Diskussion

Der Bereinigte Zuckerertrag betrug im Mittel aller Standorte in der Pflugvariante 9,1 t ha⁻¹ und in den Varianten Locker und Mulch jeweils 9 t ha⁻¹ (Abb. 1). Auch in anderen langjährigen Versuchen zu pflugloser Bearbeitung zu Zuckerrüben wurde unter ähnlichen Bedingungen (Bodeneigenschaften, Bearbeitungssysteme) Ertragsgleichheit beobachtet (HOFFMANN 1996, MÄRLÄNDER 1979, SOMMER & ZACH 1993). In der Direktsaat fiel der Bereinigte Zuckerertrag gegenüber den drei bearbeiteten Varianten signifikant auf 7,6 t ha⁻¹.

Die Betrachtung von Ergebnissen an Einzelstandorten ermöglicht weitaus differenziertere Aussagen. Ein deutlicher Rückgang im Ertrag zeigte sich am Standort Einsiedel auf einem Pseudogley bei Anwendung pflugloser Bodenbearbeitungssysteme. Diese Böden bedürfen nach EHLERS (1992) einer häufigeren Lockerung, um die negativen Effekte der Staunässe auf das Pflanzenwachstum zu vermeiden. In Grombach, Friemar und Salzmünde, auf Parabraunerde und Schwarzerde, war sowohl der Rüben-ertrag als auch der Bereinigte Zuckerertrag nach pflugloser Bearbeitung höher als bei der Bearbeitung mit dem Pflug. Diese Böden eignen sich aufgrund ihrer physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften sehr gut für die pfluglose Bearbeitung (EHLERS 1992).

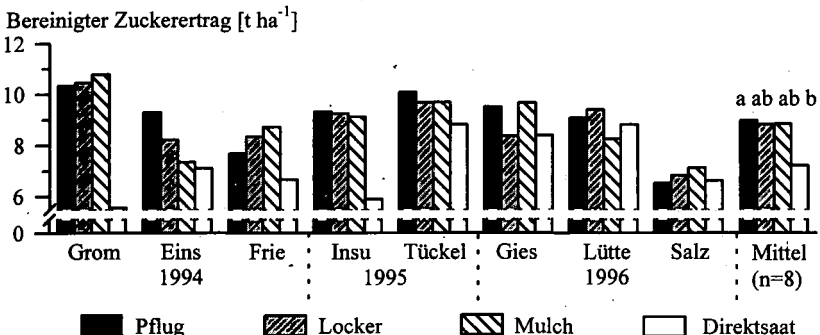


Abb. 1: Bereinigter Zuckerertrag von Zuckerrüben nach mehrjährig differenzierter Bodenbearbeitung, 8 Standorte 1994-1996
unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Signifikanz ($p < 0,05$, Tukey-Test)

Der Vergleichsdeckungsbeitrag betrug im Mittel aller Standorte in den Varianten Pflug und Mulch etwa $3.460 \text{ DM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, in der Variante Locker $3.423 \text{ DM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und sank in der Direktsaat drastisch auf $2.562 \text{ DM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Abb. 2). An den Standorten Grombach und Tüchelhausen lag er zwischen 3.600 und $3.800 \text{ DM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, in Einsiedel, Friemar, Insultheim, Gieshügel und Lüttewitz zwischen 3.000 und $3.400 \text{ DM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und in Salzmünde unter $2.300 \text{ DM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. An den einzelnen Standorten zeigten sich ähnliche bearbeitungs-spezifische Unterschiede wie Bereinigten Zuckerertrag.

Aufgrund der gegenüber der hohen Marktleistung der Zuckerrüben relativ geringen Kosteneinsparung von lediglich $84-184 \text{ DM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ gegenüber der Variante Pflug kam es nicht zu markanten Verschiebungen in der relativen Vorzüglichkeit der verschiedenen Bearbeitungsverfahren. Somit war in den vorliegenden Untersuchungen die Wirtschaftlichkeit der pfluglosen Bodenbearbeitung, insbesondere der Direktsaat, bei Zuckerrüben nicht in jedem Falle gegeben. An einigen Standorten (Grombach, Friemar, Salzmünde) besaß die Bearbeitung ohne Pflug aufgrund der erzielten Mehrerträge und gleichzeitiger Kosteneinsparungen eine hohe relative Vorzüglichkeit. An anderen Standorten wie beispielsweise Einsiedel konnte der Ertragsrückgang von Zuckerrüben bei pflugloser Bodenbearbeitung auch durch die Kosteneinsparungen nicht kompensiert werden. An den übrigen Standorten (Insultheim, Tüchelhausen, Gieshügel, Lüttewitz) entstanden weder negative noch positive ökonomische Effekte beim Übergang auf pfluglose Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben.

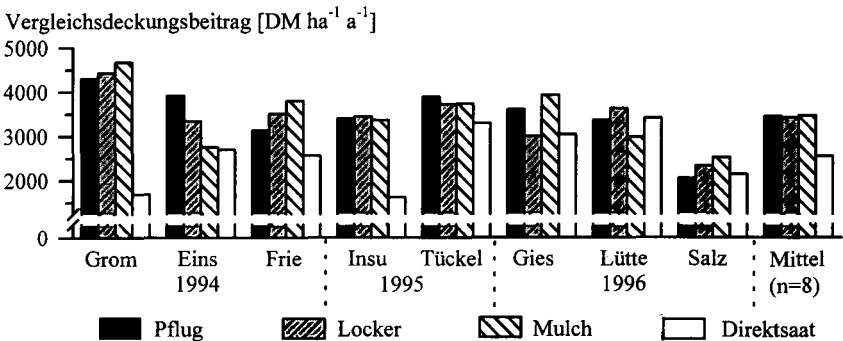


Abb. 2: Vergleichsdeckungsbeitrag von Zuckerrüben nach mehrjährig differenzierter Bodenbearbeitung, 8 Standorte 1994-1996

Schlußfolgerung

Aus den Ergebnissen wird deutlich, daß die Standortvoraussetzungen einen erheblichen Einfluß auf die relative Vorzüglichkeit eines Bodenbearbeitungssystems haben. Es ist davon auszugehen, daß Verzicht auf den Pflug um so eher zu Ertragsgleichheit führt, je trockener und wärmer ein Standort ist. Unter solchen Bedingungen kann der wassersparende Effekt einer pfluglosen Bodenbearbeitung eine entscheidende Rolle für die Ertragsbildung der Feldfrüchte spielen (EHLERS 1992). Die Böden

müssen jedoch für den langjährigen Pflugverzicht geeignet sein, wie z.B. vernässungsfreie lößbürtige Lehm Böden. Bei Direktsaat zu Zuckerrüben bestehen zur Zeit noch technische Schwierigkeiten. Neben dieser einzelbetrieblichen Betrachtung müssen auch die positiven Nebeneffekte wie z.B. die geringere Erosionsgefahr verstärkt Beachtung finden. Würde der Landwirt nach dem Verursacherprinzip beispielsweise für Erosionsschäden zahlen müssen, käme der pfluglosen Bodenbearbeitung auch auf heutzutage hierfür als ungeeignet anzusehenden Standorten eine hohe Bedeutung zu (BRUNOTTE et al. 1995).

Danksagung:

Besonderer Dank gilt dem Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, Ochsenfurt, für die finanzielle Unterstützung dieses Versuchsvorhabens.

Literatur

- BAEUMER, K. & PAPE, G. 1972: Ergebnisse und Aussichten des Anbaus von Zuckerrüben im Ackerbausystem ohne Bodenbearbeitung. *Zucker* 25, 711- 718
- BECKER, C. 1996: Zuckerrüben in dauerhaft pfluglosen Anbausystemen. Zuckerrübe 45, 198-199
- BECKER, C., MILLER, H. & KOCH, H.-J. 1997: Anbau von Zuckerrüben ohne Pflug - eine umweltschonende und ökonomisch effiziente Alternative für die moderne Landwirtschaft. Bericht 60. IIRB-Kongress, Cambridge (in Druck)
- BRUNOTTE, J., ROTH, C., HOLLMANN, P. & SOMMER, C. 1995: Einzelbetrieblicher Nutzen-Kosten-Vergleich von Erosionsschutz durch Mulchsaatverfahren. *Landbauforschung Völkenrode* 45, 122-134
- EHLERS, W. 1975: Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Science* 119, 242-249
- EHLERS, W. 1992: Reduzierte Bodenbearbeitung - Ökologische Folgen und ackerbauliche Grenzen. *VDLUFASchriftenreihe* 35, Kongreßband 1992, 35-58
- EICHHORN, H., GRUBER, W. & GRIEBEL, J. 1991: Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren - Ökonomisch betrachtet. *Landtechnik* 46, 39-42
- HOFFMANN, C. 1996: Wirkung mehrjährig pflugloser Bodenbearbeitung auf die N-Dynamik im Boden und den Ertrag von Zuckerrüben. *Zuckerindustrie* 121, 616-622
- KÖLLER, K. 1994: Gezogene und zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitung - ein Vergleich. In: KTBL-Arbeitspapier 215: Bodenbearbeitung und Bestellung von Großflächen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, 38-46
- KTBL 1994: KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft 1994/95. Daten für die Betriebskalkulation in der Landwirtschaft, 17. Auflage. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt
- MÄRLÄNDER, B. 1979: Wirkung reduzierter Grundbodenbearbeitung auf die Ertragsbildung von Zuckerrüben. Dissertation, Universität Göttingen
- MERKES, R. JUNG, G.H., MUGELE, H. & ZIEGLER, K. 1996: Stand der Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau - Ergebnisse einer Umfrage bei Zuckerfabriken 1994. *Zuckerindustrie* 121, 496-504
- SOMMER, C. & ZACH, M. 1993: Grundbodenbearbeitung mit nichtwendender Lockerung. In: KTBL-Arbeitspapier 190: Ergebnisse von Versuchen zur Bodenbearbeitung und Bestellung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, 35-42
- TEBRÜGGE, F. & EICHHORN, H. 1992: Die ökologischen und ökonomischen Aspekte von Bodenbearbeitungssystemen. In: Friebe, B. (Hrsg.): Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen, 7-20

Die Wirkung der ökologischen Rahmenbedingungen auf die Ertragsbildung der Wintergetreidearten am Beispiel Winterroggen in Brandenburg

von

Schulzke, D. und A. Hillmann

Auf der Grundlage von 20jährigen Witterungsanalysen in Verbindung mit regionalen, standortsbezogenen Ertragsanalysen der drei Wintergetreidearten konnte ein Algorithmus abgeleitet werden, mit dessen Hilfe der Witterungseinfluß auf die Ertragsbildung in Abhängigkeit von Standorteigenschaften quantifiziert werden kann.

Die Quantifizierung der ökologischen Rahmenbedingungen erfolgt mit einem Ertragsbildungsmodell und ermöglicht eine Indikation der jährlichen Produktionsbedingungen am Beispiel der drei Wintergetreidearten.

Problem

Die jährlichen Schwankungen der Getreideerträge haben ihre Ursache in drei unabhängig voneinander wirkenden Faktorenkomplexen:

- Witterungsverlauf
- Anbauverfahren
- Bodenfruchtbarkeit.

Jeder Komplex unterliegt meßbaren Schwankungen und führt in den verschiedensten Kombinationen zu jeweils anderen Erträgen.

Während Anbauverfahren und Bodenfruchtbarkeit durch den Landwirt gesteuert werden können, ist die Witterung eine unabhängige Größe mit breiter Variabilität zwischen den Jahren und regional im jährlichen Verlauf.

Im Folgenden soll die regionale Variabilität der Witterungselemente untersucht und der Einfluß auf die Ertragsbildung dargestellt werden.

Methode

Die Ertragsbildung des Getreides ist das Ergebnis von qualitativen und quantitativen Veränderungen in mehreren Entwicklungsstadien, in denen jeweils spezifische Ertragsanteile nacheinander determiniert werden (AUFHAMMER, W. 1976, SCHÄDLICH, F. 1983).

Diese Entwicklungsstadien oder Compartments (C) können je nach Anbauverfahren, Fruchtfolgestellung und Witterungsqualitäten unterschiedlich lang andauern und unterliegen damit verschieden ausgeprägten Witterungskonstellationen.

Für den ostdeutschen Raum ist ein Modell entwickelt worden (SCHULZKE 1986, 1995), mit dem die wechselnden Verhältnisse und ihre Wirkung auf die Ertragsbildung abgebildet werden können (Abb. 1).

Als die weitgehend bestimmenden, aber auch langjährig gemessenen Witterungselemente wurden

- die Tagesdurchschnittstemperatur,
- die tägliche Niederschlagsmenge und
- die täglichen Sonnenstunden

aus den Tagesangaben des Deutschen Wetterdienstes verwertet. Die Definition der Compartments erfolgte sowohl nach Entwicklungsstadien, als auch nach ökologischen Grenzwerten, wie Temperaturschwellen und Tageslängen.

Das Ergebnis ist ein Witterungswert, der als „Komplexe Maßzahl“ die unterschiedlich langen Entwicklungsabschnitte charakterisiert.

Die Witterung wirkt sowohl direkt als auch über den Boden auf die Ertragsbildung. So werden z.B. Erwärmung und Durchfeuchtung vom Bodensubstrat beeinflusst.

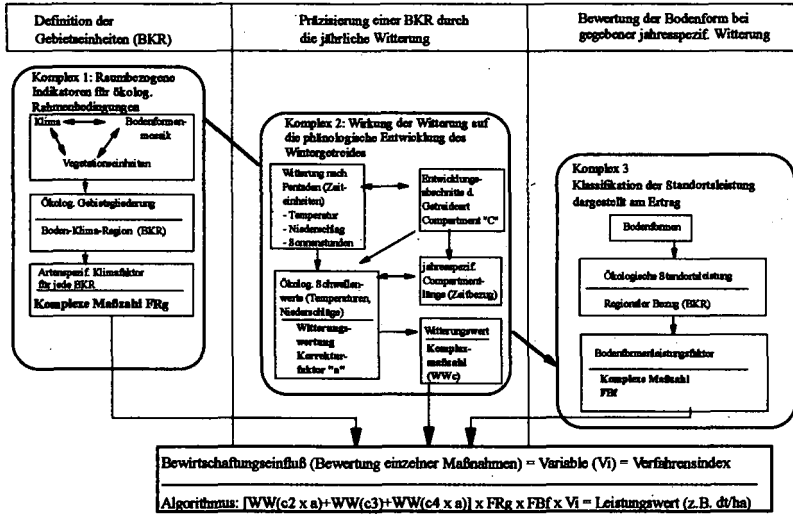


Abb. 1: Modellstruktur für einen biologischen Prozeß am Beispiel Getreide (SCHULZKE, 1986, 1996)

Die Aufgabe bestand nun darin, Gebietseinheiten zu definieren und abzugrenzen, die eine quantifizierbare Häufung von wiederkehrenden Witterungskonstellationen und Compartmentlängen aufweisen und in der Kombination mit verschiedenen Bodenqualitäten zu konkreten Erträgen führen. Eine erste Antwort war aus der Waldökologie abzuleiten. Es ist bekannt, daß die Zuwachseleistungen der Baumarten und das Artenspektrum der Waldbodenvegetation z. B. bei der Rotbuche (*Fagus silvestris*) auf einem definierten Boden in Nordwest-Mecklenburg andere Werte und Artenlisten aufweist als im Raum Eberswalde (HOFMANN 1985; SCAMONI 1977).

Nach solchen waldökologischen Kriterien ist - vor dem Hintergrund einer soliden Datengrundlage - für Ostdeutschland eine ökologisch definierte Raumlagerung für die landwirtschaftliche Landnutzung abgeleitet worden. Die für diese Raumeinheiten (Arbeitsname: Boden-Klima-Region/BKR) vorliegenden Meßwerte sind biostatistisch verrechnet. Als sicherste Indikation ließ sich der Korntrug herausselektieren.

Ergebnis

Nach dieser Methode sind im Rahmen eines von der EU-Kommission geförderten Forschungsprojektes (AIR3-CT94-1296) ökologisch definierte Raumlagerungen auf drei Maßstabsebenen für Europa, Deutschland und Brandenburg erarbeitet worden. Für Brandenburg ist das Ergebnis in Abb. 2 (Karte) dargestellt.

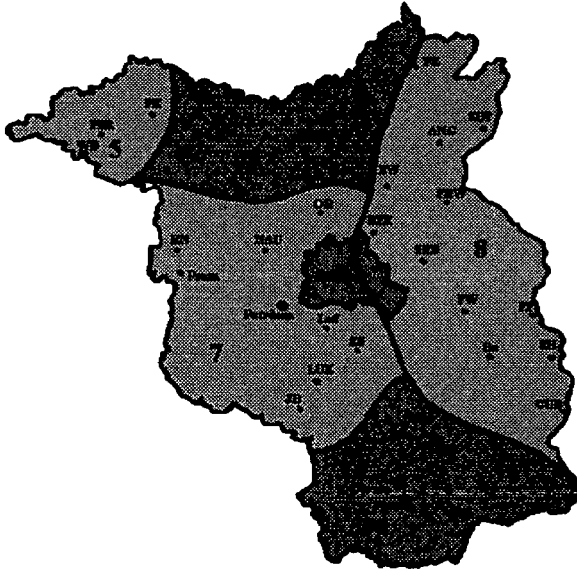


Abb.2: Boden-Klima-Regionen in Brandenburg

Brandenburg wird danach von 5 Boden-Klima-Regionen tangiert, die sich durch die Witterungswerte in den einzelnen Jahren aber auch innerhalb eines Jahres mehr oder weniger unterscheiden (Abb.3).

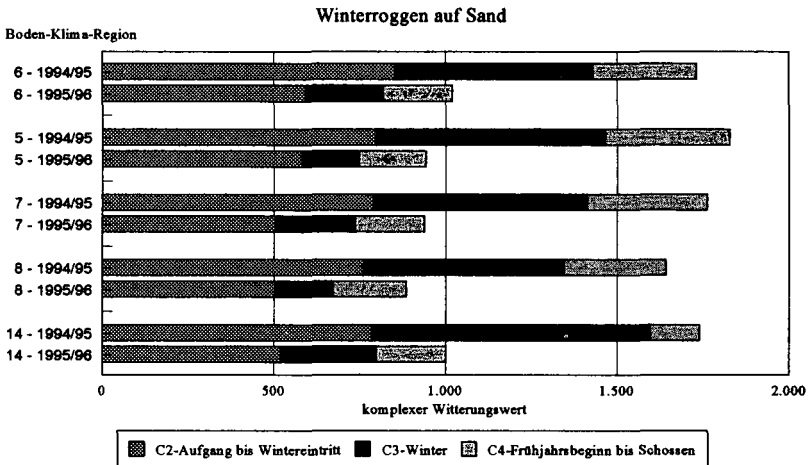


Abb.3: Zusammensetzung der Witterungscompartments in den Vegetationsperioden 1994/1995 und 1995/1996 in den Boden-Klima-Regionen Brandenburgs

Die Beziehung zwischen Witterungsverlauf und Ertrag wird durch die Bodenqualität weiter variiert. In Abb.4 ist der Einfluß von zwei Bodenqualitäten in Abhängigkeit der Jahreswitterung dargestellt. Im Ergebnis läßt sich feststellen, daß bei gleicher Witterung die Bodenqualität zu unterschiedlichen Erträgen führt und das andererseits die jährliche Witterung in den Regionen bei gleicher Bodenqualität die Erträge stark differenzieren kann. Diese unbeeinflussbare Variabilität wird noch verstärkt durch die jährlichen Schwankungen, die sich aus dem Anbauverfahren (Aufgangstermine der Wintergetreidearten) ergeben.

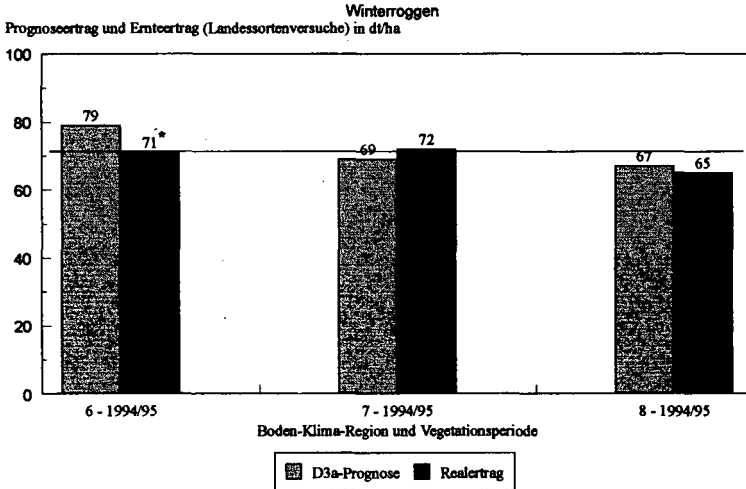


Abb.4: Einfluß der Witterung auf die Ertragsbildung in den Boden-Klima-Regionen auf einem D3 - Standort

Dr. D.Schulzke, A.Hillmann
Landesanstalt für Großschutzgebiete
Am Stadtsee 1-4
16225 Eberswalde

Charakterisierung der organischen Bodensubstanz anhand von Feldexperimenten in Nordost Brandenburg

von

Ellerbrock, R., A. Höhn*, J. Rogasik** und G. Kühn*

Einleitung

Neben Klima und Textur beeinflussen Nutzungsformen die organische Bodensubstanz (OBS) in Gehalt und Zusammensetzung (Jenkinson, 1988). Unter Zusammensetzung wird hier Art und Anzahl funktioneller Gruppen im organischen Material verstanden. Informationen darüber können mit Gelpermeations-chromatographischen (GPC) und FT-IR (Fourier-Transform Infrarot) spektroskopischen Untersuchungen gewonnen werden (MacCarthy & Rice, 1985; Niemeier et al., 1992). Die GPC liefert Informationen über die Molekulargewichtsverteilung, die FT-IR-Spektroskopie ermöglicht eine funktionelle Charakterisierung der OBS. Die Zusammensetzung der OBS ist mit dem Sorptionsvermögen gegenüber Nähr- und Schadstoffen korreliert. Daher können Änderungen von Landnutzungssystemen, weitreichende Folgen für den Landschaftsstoffhaushalt haben. Für eine Prognose dieser Wechselwirkungen ist es infolgedessen erforderlich festzustellen, wie sich die organische Substanz verändert und welcher Zusammenhang zum Sorptionsvermögen und damit zu Stofftransportvorgängen besteht.

Problemstellung

Ein Vergleich verschiedener Düngungsvarianten aus dem Müncheberger Langzeit-Feldexperiment (34 Jahre alt) zeigt, daß die mit Stallmist gedüngten Varianten in trockenen Jahren stets höhere Erträge ergeben als rein mineralisch gedüngte Varianten. Signifikante Unterschiede im C_{org} -Gehalt und der Kationenaustauschkapazität sind jedoch nicht festzustellen (Tab. 1).

Tabelle 1: Kationenaustauschkapazitäten (KAK) [mval/100g] und C_{org} -Gehalte [g/100g] der untersuchten Standorte Müncheberg (MB) und Dedelow (DD).

Varianten	C_{org} MB	C_{org} DD	KAK MB	KAK DD
NPK*	0,48	0,78	1,80	5,34
NPK + Stroh***	0,53	0,78	0,96	6,67
NPK + OD**	0,57	0,81	1,69	5,48

OD: organische Düngung; Stallmist in Müncheberg bzw. Gülle in Dedelow

*: NPK: min. Stickstoff: 150 kg/ha MB bzw.: 105 kg/ha DD; **: Stallmist: 75 kg N/ha a; bzw. Gülle: 100 kg N/ha a; ***: Stroh: 15 kg N/ha a

* Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung ZALF e.V., Eberswalderstr. 84, 15374 Müncheberg

** FAL Braunschweig-Völkenrode, AKF; Eberswalderstr. 84a, 15374 Müncheberg

Daher muß davon ausgegangen werden, daß sich die Zusammensetzung der OBS im Laufe der Jahre verändert und somit die Wasserhaltefähigkeit des Bodens beeinflusst hat. Um dieser Hypothese nachzugehen, wurde die OBS verschiedener Düngungsvarianten mit FT-IR Spektroskopie untersucht.

Material und Methoden

Es wurden Böden aus Langzeit-Feldexperimenten in Müncheberg und Dedelow untersucht. Die Standorte unterscheiden sich in ihrer geographischen Lage, in ihrer Textur und Laufzeit (34 bzw. 21 Jahre) (Tab. 2). Beprobt wurde der Oberboden der ausgewählten Varianten bis 25 cm Tiefe.

Tabelle 2: Textur, Art der organischen Düngung und Fruchtfolge der Langzeit-Feldexperimenten Müncheberg und Dedelow.

	Müncheberg	Dedelow
Tongehalt	5%	9%
Schluffgehalt	21%	34%
Sandgehalt	74%	57%
OD	Stallmist bzw. Stroh	Gülle bzw. Stroh
Fruchtfolge	WW, ZR, SG, Ka	WW, KM, ÖL, Er

Um die Bildung von Artefakten zu vermeiden wurde die OBS mit Natriumpyrophosphat-Lösung extrahiert (Bremner & Lees, 1949). Die FT-IR Spektren wurden mit dem Gerät FTS 135 der Firma BIORAD aufgenommen (Transmission; KBr-Technik).

Ergebnisse und Diskussion

FT-IR Spektren der Natriumpyrophosphat-Extrakte aus den Müncheberger Proben (Abb. 1) weisen Unterschiede zwischen den einzelnen Düngungsvarianten auf. Die mit Stallmist gedüngten Varianten zeigen eine intensivere Absorption im Bereich der Carboxyl-/Carbonylgruppen.

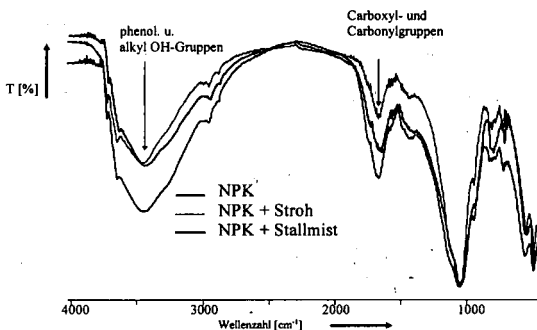


Abbildung 1: FT-IR Spektren der Natriumpyrophosphat-Extrakte der Müncheberger Proben.

Dies zeigt höhere Gehalte an Carboxyl/Carbonylgruppen an. Die mit Stroh gedüngte Variante weist dagegen niedrigere Carboxyl/Carbonylgehalte auf.

Die gleichen Untersuchungen an den Extrakten des Standortes Dedelow (Abb. 2) zeigen keine signifikanten Unterschiede. Es ist daher zu vermuten, daß sich aus den Dedelower Proben mit der

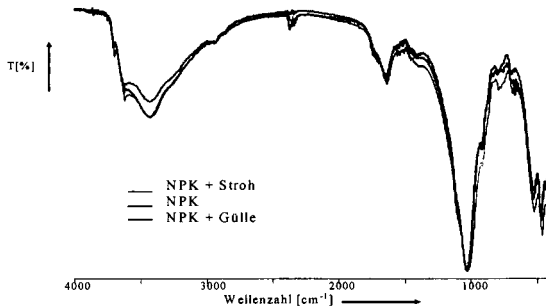


Abbildung 2: FT-IR Spektren der Natriumpyrophosphat-Extrakte der Dedelower Proben.

gewählten Methode keine OBS isolieren läßt, die sich in ihrer Zusammensetzung unterscheidet. Dies läßt sich auf die kürzeren Laufzeit dieses Versuches, aber auch auf dessen höheren Schluff- und Tonanteile zurückführen. Vermutlich bilden sich in diesem Boden aufgrund der höheren Ton- und Schluffgehalte mehr organo-mineralische Komplexe aus, die eine Isolierung der OBS erschweren. Andererseits ist aufgrund der kürzeren Laufzeit dieses Versuches die Wahrscheinlichkeit hoch, das sich das Gleichgewicht der OBS noch nicht vollständig ausgebildet hat. Erst wenn der Gleichgewichtszustand erreicht ist, unterscheiden sich die OBS in ihrer Zusammensetzung und können damit Hinweise auf den Einfluß der unterschiedlichen Düngungsvarianten geben.

Zusammenfassung und Ausblick

FT-IR spektroskopische Untersuchungen an Natriumpyrophosphat-Extrakten aus den sandigen Müncheberger Proben ermöglichen die Identifizierung von Unterschieden in der Zusammensetzung der OBS in Abhängigkeit von der Düngung:

- Stallmist erhöht den Carboxylgehalt der OBS; die Strohdüngung führt zu geringeren Carboxylgehalten

Bei dem 21 Jahre alten Versuch auf dem schwereren Boden in Dedelow gelingt dies nicht. Dies liegt an den höheren Ton- und Schluffgehalten dieses Standortes und der kürzeren Laufzeit dieses Versuches.

Da der Gehalt an Carboxylgruppen in der OBS zum einen die Kationenaustauschkapazität und zum anderen die Aggregatstabilität der Böden beeinflusst, können Kenntnisse über die Auswirkungen von Bewirtschaftungsvarianten auf die Zusammensetzung der OBS genutzt werden, um mit Änderungen in der Bewirtschaftung einhergehende Effekte auf Bodeneigenschaften zu prognostizieren.

Literatur

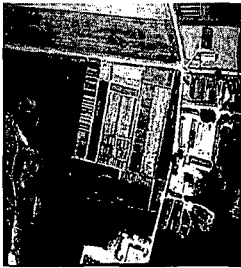
- Bremner, J. M. & Lees, H. 1949. Studies on soil organic matter. Part II. The extraction of organic matter from soil by neutral reagents. *Journal Agricultural Science*, **39**, 274 - 279.
- Jenkinson, D. S. 1988. Soil organic matter and its dynamics. In: *Soil Conditions and Plantgrowth* (ed. Russel, A.), pp. 564 - 607. Longenau Scientific & Technical, London.
- MacCarthy, P. & Rice, J. A. 1985. Spectroscopic methods (other than NMR) for determining functions in humic substances. In: *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water: Geochemistry, Isolation and Characterization* (eds. Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R. L. & MacCarthy, P.), pp. 527 - 559. Wiley Interscience, New York.
- Niemeier, J., Chen, Y. & Bollag, J.-M. 1992. Characterization of humic acids, composts, and peat by diffuse reflectance Fourier-Transform Infrared spectroscopy. *Soil Science Society of America*

Einfluß unterschiedlicher Fruchtfolgen auf die Population mit *Heterodera avenae* Wollenweber 1924 und den Getreideertrag - Ergebnisse aus dem Getreidefruchtfolgeversuch auf dem Löß-Schwarzerde-Standort Etdorf 1984-1992

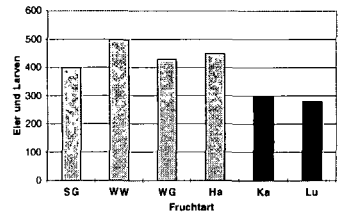
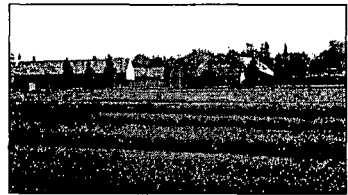
von

Kuntzsch, E. und W. Diepenbrock

Der Dauerfeldversuch ist eine Voraussetzung zum Erkenntnisgewinn über die



Bilanzierung von Stoff- und Energieflüssen und die Auswirkungen unterschiedlicher Bodennutzung auf die Bodenfruchtbarkeit



Ergebnisse:

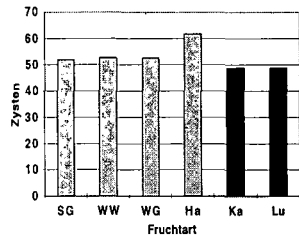
Frühjahrsuntersuchung:

nach Wirtspflanzen wurden im Vergleich zu Nichtwirtspflanzen + 125 Eier und Larven festgestellt

Herbstuntersuchung:

- # nach Wirtspflanzenanbau traten die höchsten Verseuchungsdichten an Eiern und Larven von *H. avenae* im Bereich von 0...20 cm Tiefe auf
- # keine Unterschiede im Besatz mit *H. avenae* zwischen den einzelnen Wirts- bzw. Nichtwirtspflanzenarten
- # bei längerer Getreideanbaupause verringerte sich die Verseuchungsdichte mit Eiern und Larven kontinuierlich

Signifikanz zwischen Blatt- u. Halmfrüchten



Feld	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	SG	WW	SG	WW	SG	WW	SG	WW	SG	WW	SG	WW	SG	WW	SG	WW	SG	SG	WW	SG	WW
2	WW	SG	WW	SG	WW	SG	WW	SG	WW	SG	WW	SG	WW	SG	WW	SG	Ka	WW	SG	WW	SG
3	WG	WG	WG	WG	WG	WG	WG	WG	Ka	Ka	WG	WG	WG	WG	ZR	ZR	WW	Lu	Lu	Ka	Ka
4	SG	WW	SG	WW	SG	WW	Ka	Ka				ZR	Ka	Lu	Lu	Ka	Ka	ZR	ZR	Lu	Lu
5	Ha	Ha	Ka	Ka	Lu	Lu						Ka	Ka	Lu	Lu			Ka	Ka	Lu	Lu
Getr. %	100	100	80	80	80	80	75	75	66	66	60	60	60	60	50	50	50	40	40	40	40
Hackfr. %			20	20			25	25	33	33	40	40			50	50	50	40	40	20	20
Luz. %					20	20							40	40				20	20	40	40



Die Internationalen Organischen Stickstoffdauerdüngungsversuche (IOSDV) Europas

von

Pfefferkorn, A.*

Einleitung

Unter der Leitung von Prof. Dr. v. Boguslawski wurde im Jahre 1984 eine internationale Versuchsreihe mit dem Titel: *Internationaler Organischer Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV)* begonnen. Auf 21 Standorten in zehn Ländern Europas wurden diese zweifaktoriellen Langzeitversuche (organische und mineralische Düngung) mit dem Ziel angelegt, unter Berücksichtigung der nachhaltigen Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und umweltrelevanter Aspekte eine optimale Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen zu sichern. In Abhängigkeit vom Standort werden die Fruchtarten Zuckerrüben, Kartoffeln, Mais, Winterweizen, Wintergerste, Sommerweizen, Sommergerste in einer 3-feldrigen Fruchtfolge geprüft. Die mineralische Düngung ist meist fünfmal, die organische Düngung dreimal abgestuft.

In der 1993 errichteten gemeinsamen Datenbank wurden bis einschließlich 1996 über 430 Versuchsjahre (Fruchtart * Standort * Jahr) erfaßt. Erste Ergebnisse wurden bisher in vier Sonderheften der Zeitschrift „Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde“ veröffentlicht (siehe Literatur).

In dieser Arbeit werden die Versuchsstandorte vorgestellt sowie von ausgewählten Standorten die Kornerträge von Winterweizen der ungedüngten Variante als Charakteristikum der Leistungsfähigkeit dargestellt.

Standorte

Von den 21 angelegten Versuchen werden z.Z. noch 19 Versuche durchgeführt. Vorwiegend aus finanziellen Gründen wurden einige Versuche eingestellt. Dagegen kamen im Verlaufe der nunmehr 14 Versuchsjahre neue Versuche hinzu (Tab. 1). Nordöstlichster Standort ist Tartu (Estland) mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 4,8 °C und mittleren Jahresniederschlägen von 582 mm (KULDKEPP et al., 1996). Im Südwesten erstreckt sich die Versuchsserie bis nach Madrid (Spanien). In der Bundesrepublik Deutschland werden insgesamt 9 Versuche durchgeführt.

Ergebnisse

Ein wesentlicher Aspekt für die Charakterisierung der Leistungsfähigkeit eines Standortes ist die Höhe und die Entwicklung der Erträge auf Flächen ohne jegliche Düngung. In diesem Parameter spiegeln sich zahlreiche Boden- und Umweltfaktoren wieder. Neben dem Einfluß der aktuellen Jahreswitterung sind dies die N-Mineralisationsleistung sowie der N-Eintrag aus sonstigen Quellen (Immisionen, freilebende Symbionten, Saatgut). Befindet sich der Boden nach langjähriger kontinuierlicher Bewirtschaftung im Fließgleichgewicht, d.h. im Falle einer „Nullparzelle“: Sind die Vorräte an umsetzbarer organischer Masse weitgehend aufgebraucht, so realisiert sich der Ertrag nahezu ausschließlich aus den sonstigen N-Quellen. Der Prozeß bis zum fast vollständigen Abbau der umsetzbaren organischen Substanz ist abhängig von der Intensität der Umsatzprozesse im Boden, die nach FRANKO (1989) in funktionalen Zusammenhängen zur Bodenart und Witterung stehen, sowie von der Menge und Qualität der Ernte- und Wurzelrückstände. Auf bindigen Böden kann dies bis zu 30 Jahre dauern.

Aus den vorliegenden Dauerversuchen mit einer Laufzeit zwischen 10 und 12 Jahren können bisher nur Trends erkannt werden, die durch die starken Jahresschwankungen der Witterung - auf zahlreichen Standorten wirkte sich die Trockenperiode von 1988 bis 1991 deutlich aus - wesentlich beeinflusst werden. Ein Vergleich der Winterweizenerträge der ungedüngten Varianten ist in den Abbildungen 1 bis 3 dargestellt.

*Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Bodenforschung, Hallesche Str. 44, 06246 Bad Lauchstädt

Tabelle 1: IOSDV-Standorte, Jahr der Anlage und erste Veröffentlichungen

Standort	Land	Anlage	Veröffentlichung/Bemerkung
Groningen	Niederlande	1985	Versuch 1988 abgebrochen
Oldenburg	Deutschland	1985	KLASINK u. STEFFENS (1995) (Versuch 1995 abgebrochen)
Leuven	Belgien	1984	
Dülmen	Deutschland	1984	KWAST (1996)
Berlin	Deutschland	1985	KÖHN u. LIMBERG (1996)
Rauischholzhausen	Deutschland	1985	v. BOGUSLAWSKI (1995)
Speyer	Deutschland	1985	BISCHOFF (1995)
Ljubljana (Jable)	Slowenien	1993	TAJNSEK u. SANTAVEC (1997)
Novi Sad	Yugoslawien	1985	STARCEVIC et al. (1997)
Puch	Deutschland	1984	DIEZ u. KRAUSS (1996); DIEZ et al. (1997)
Keszthely	Ungarn	1984	HOFFMANN et al. (1997)
Jasi	Rumänien	1985	VASILICA et al. (1997)
Madrid	Spanien	1985	
Wien	Österreich	1986	
Prag - Ruzyne	Tschechien	1984	VRKOC et al. (1996) Versuch 1993 abgebrochen
Prag - Lukavec	Tschechien	1984	VRKOC et al. (1996)
Prag - Ivanovice	Tschechien	1984	VRKOC et al. (1996)
Bukarest	Rumänien	1985	
Limburgerhof	Deutschland	1987	LANG (1995)
Tartu	Estland	1990	KULDKEPP (1996)
Bad Lauchstädt	Deutschland	1978	PFEFFERKORN u. KÖRSCHENS (1995, 1997)
Ljubljana (Rokican)	Slowenien	1993	
Wrocław	Polen	1997	

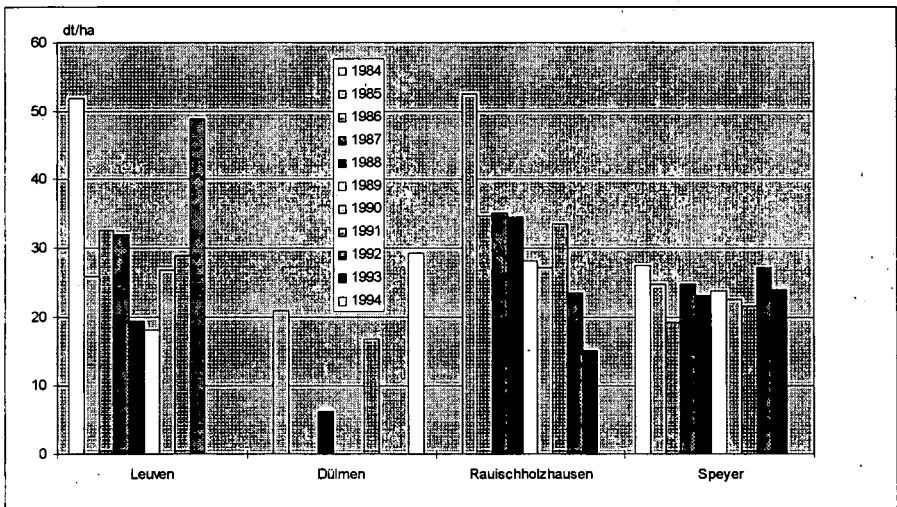


Abbildung 1: Winterweizenkornträge der Nullparzellen verschiedener IOSDV-Standorte

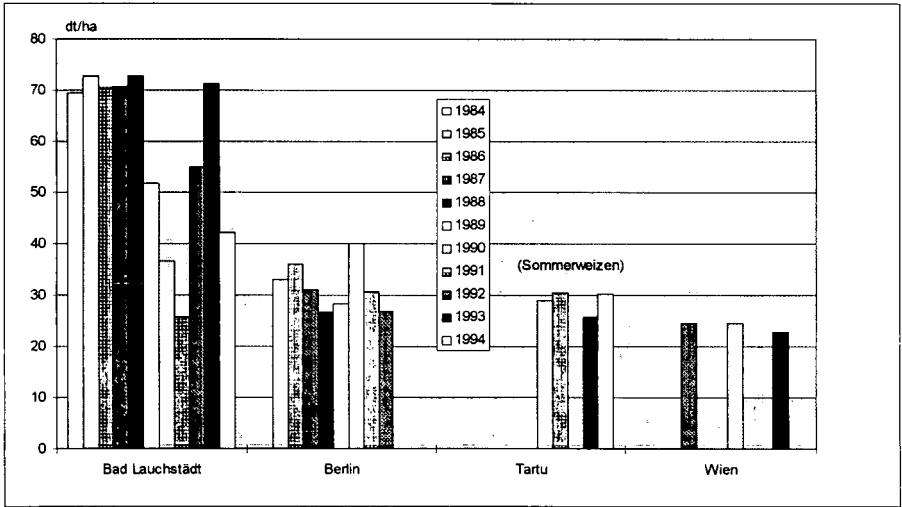


Abbildung 2: Winterweizenkornerträge der Nullparzellen verschiedener IOSDV-Standorte

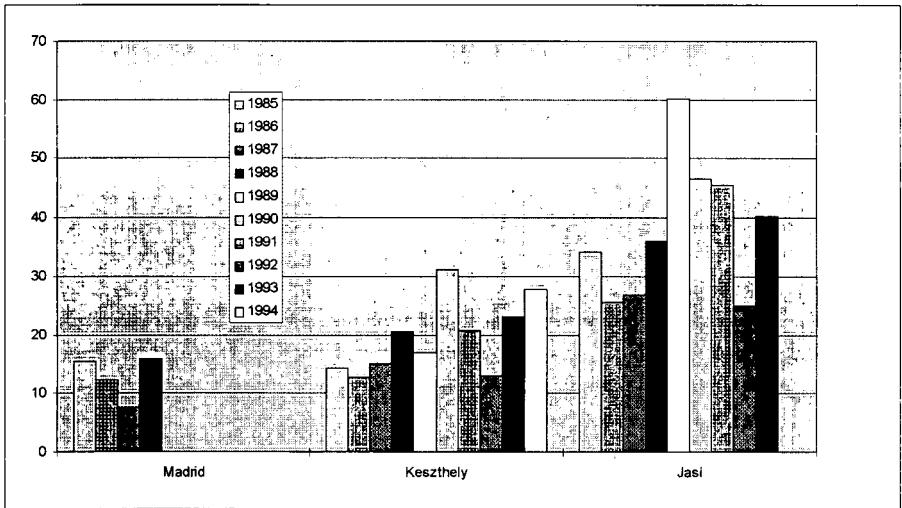


Abbildung 3: Winterweizenkornerträge der Nullparzellen verschiedener IOSDV-Standorte

Deutliche Ertragsrückgänge sind auf den Standorten Rauischholzhausen (Lehm) und Berlin (Sand) zu erkennen. Nahezu konstant blieben dagegen die Erträge in Wien, wo allerdings nicht in jedem Jahr der Winterweizen im Feld steht, und in Speyer. Beide Standorte reagieren auch nicht so deutlich auf jahresabhängige Schwankungen der Witterung. Im Gegensatz dazu wirkte sich die lange Trockenperiode von 1988 bis 1991 in Bad Lauchstädt stark ertragsmindernd aus. Der zwischenzeitliche Anstieg der Erträge (1992 und 1993) ist vor allem auf die hohen N-Rückstände im Boden zurückzuführen, die durch fehlende N-Entzüge der Vorfrüchte (Mißernten) entstehen konnten. Dennoch ist auch hier auf recht hohem Ertragsniveau ein Abfall zu erkennen. Eine ähnliche Reaktion ist am belgischen Standort Leuven zu erkennen. Z.Z. werden die Daten der orthogonalen Kerne der Versuche einer gemeinsamen statistischen Auswertung (Versuchsserienauswertung) zugeführt.

Literatur

- Bischoff, R.: Der Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV). Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 39(1995)6, S. 461-471
- Boguslawski, E. v.: Das Zusammenwirken der mineralischen Düngung mit verschiedenen Formen der organischen Düngung im IOSDV Rauschholzhäusern. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 39(1995)6, S. 403-411
- Diez, Th.; Krauss, M.: Erträge, Produktqualität und N-Bilanzen im Internationalen Organischen Stickstoff-Dauerversuch (IOSDV) Puch. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 40(1996)2, S. 107-113
- Diez, Th.; Beck, T.; Brandhuber, R., Capriel, P.; Krauss, M.: Veränderungen der Bodenparameter im Internationalen Organischen Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Puch nach 12 Versuchsjahren. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 41(1997)2, S. 113-121
- Franko, U.: C- und N-Dynamik beim Umsatz organischer Substanzen im Boden.- AdL der DDR.- (1989).- Diss. B
- Hoffmann, S.; Kismányoky, T.; Balázs, J.: Der Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Kesthely nach 12 Versuchsjahren. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 41(1997)2, S. 123-132
- Klasink, A.; Steffens, G.: Der Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Oldenburg nach neun Versuchsjahren. Arch. Acker-Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 39(1995)6, S. 449-460
- Köhn, W.; Limberg, P.: Der Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Berlin-Dahlem nach drei Rotationen. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 40(1996) 2, S. 75-95
- Kuldkepp, P.; Teesalu, T.; Liiva, I.: Einfluß mineralischer und organischer N-Düngung auf Ertrag, Qualitätsmerkmale und auf die N-Bilanz im IOSDV Tartu/England. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 40(1996)2, S. 97-105
- Kwast, A.: Vorstellung des Internationalen Organischen Stickstoff-Dauerdüngungsversuchs (IOSDV) Dülmen und Auswertung der Erträge und N-Entzüge. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 40(1996)2, S. 133-143
- Lang, H.; Dressel, J.; Bleiholder, H.: Langzeitwirkung der Stickstoffdüngung IOSDV-Standort Limburgerhof (Deutschland) in der Reihe Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuche. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 39(1995)6, S. 429-448
- Pfefferkorn, A.; Körschens, M.: Der Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Bad Lauchstädt nach 16 Jahren. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 39(1995)6, S. 413-427
- Pfefferkorn, A.; Körschens, M.: Untersuchungen zur Pflanzenqualität im Internationalen Organischen Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Bad Lauchstädt. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 41(1997)2, S. 93-112
- Starcevic, L.; Malešević, M.; Marinković, B.; Crnobarac, J.: Der Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Novi Sad nach 12 Jahren. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 41(1997)2, S. 155-166
- Tajnsšek, A.; Šantavec, I.: Ertragsbildung und Stickstoffbilanz im IOSDV Ljubljana-Jable nach der ersten Fruchtfolgerotation. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 41(1997)2, S. 143-153
- Vasilica, C.; Mogařzan, A.; Axinte, M.; Chetrono, M.: Einfluß verschiedener Formen der organischen Düngung in Kombination mit mineralischem Stickstoff auf die Ertragsleistung von Zuckerrüben, Winterweizen und Mais und auf die Nährstoffbilanzen im Boden. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 41(1997)2, S. 133-142
- Vrkoć, F.; Skala, J.; Suskević, M.: Neunjährige Ertragsergebnisse der Internationalen Organischen Stickstoff-Dauerdüngungsversuche in der Tschechischen Republik. Arch. Acker- Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin 40(1996)2, S. 115-132

Dank

Die Arbeit wurde vom MK Sachsen-Anhalt (FKZ 015if97) und dem BMBF (BEO 39697).

Wechselwirkungen zwischen physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften in Abhängigkeit von der Düngung untersucht an 3 Dauerversuchen an 2 unterschiedlichen Standorten

von

Weigel, A., U. Waldschmidt, E.-M. Klimanek, M. Körschens und S. Mercik

1. Einleitung

Im Rahmen eines EU-Projektes wurde von insgesamt 7 Dauerfeldversuchen an 6 verschiedenen Standorten die Kohlenstoff /Stickstoffdynamik unterschiedlicher Düngungsvarianten bilanziert. In Abhängigkeit der über Jahrzehnte verabreichten unterschiedlichen Düngung haben sich die C-Gehalte im Boden der einzelnen Varianten differenziert und bieten daher eine ideale Basis, den Einfluß der Düngung auf physikalische und biologische Bodeneigenschaften zu untersuchen. Nachfolgend werden Ergebnisse des Statischen Düngungsversuches Bad Lauchstädt auf Lößlehm und zweier Dauerversuche auf lehmigen Sand in Skierniewice (Polen) vorgestellt.

2. Material und Methode

Tabelle 1 enthält die wichtigsten Charakteristika der ausgewählten Standorte und eine kurze Versuchsbeschreibung.

Tab. 1: Standort und ausgewählte Düngungsvarianten der untersuchten Dauerversuche

Standort (Land), Anlage	Skierniewice (P), 1921		Bad Lauchstädt (D), 1902
Experiment	Feld „A“, Feld „E“	Gemüse	Statischer Versuch
Jahresniederschlag	520 mm		484 mm
Jahresmitteltemperatur	7,9°C		8,7°C
Bodenart/Bodentyp	lehmiger Sand/ Podsol		Lehm/Tschernosem
organischer Kohlenstoff	0,28-0,83 %	0,55-1,28 %	1,49-2,29 %
Ton	7 %	10 %	21 %
Nutzung	Feld „A“ Fruchtfolge ohne Leguminosen (SA) Feld „E“ Fruchtfolge mit Leguminosen (SE)	Gemüsefruchtfolge (SV)	Fruchtfolge: Zuckerrüben, Sommergerste, Kartoffeln, Winterweizen (L)
Düngung	SA1 = ohne Düngung SA2 = NPK SE1 = 30 t Std*/ha. 5a SE2 = 30 t Std/ha. 5a + NPK SE3 = 20 t Std/ha.a + NPK	SV1 = NPK SV2 = 20 t Std/ha.a SV3 = 40 t Std/ha.a SV4 = 60 t Std/ha.a	L1 = ohne Düngung L2 = NPK L3 = 20 t Std/ha.2a L4 = 20 t Std/ha.2a + NPK L5 = 30 t Std/ha.2a L6 = 30 t Std/ha.2a + NPK

*Std= Stalldung

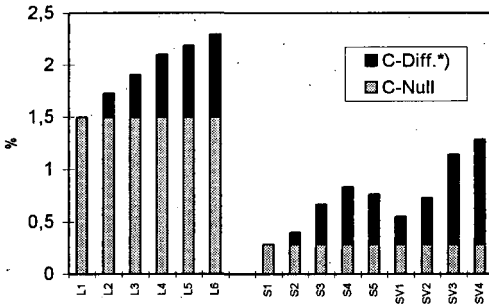
Die Bodenprobenahme (0-20 cm) erfolgte zu gleichen Terminen im Frühjahr 1994 und 1995.

- Der organische Kohlenstoffgehalt des Bodens (C_{org}) wurde durch trockene Verbrennung nach STROEHLEIN (1957) ermittelt.
- Die Bestimmung der physikalischen Bodenparameter Trockenrohddichte (TRD), Wasserkapazität (WK), Porenvolumen (PV) und Hygroskopizität (Hy) des Bodens erfolgte nach standardisierten Methoden.
- Zur Schätzung der mikrobiellen Biomasse wurde die substratinduzierte Respiration nach ANDERSON und DOMSCH (1978) verwendet. Die Messung erfolgte in einer von Heinemeyer et al. (1991) entwickelten Anlage. Die DMSO-Reduktion als ein Kriterium für die biologische Aktivität wurde nach der Methode von ALEF und KLEINER (1989) bestimmt.

3. Ergebnisse

C_{org}-Gehalt in Abhängigkeit von der Düngung

Bei Applikation von praxisüblichen Nährstoffmengen hat sich im Boden in Bad Lauchstädt eine Differenz zwischen 'ungedüngt' und 'gedüngt' von 0,80 % C, in Skierniewice von 0,55 % C eingestellt (Abb.1).



Bei den sehr hohen Stalldüngemengen von 40 t/ha.a und 60 t/ha.a im Gemüseversuch Skierniewice sind die Differenzen größer (0,86; 1,00). Zu beachten ist, daß auf dem Sandboden der Anstieg von 0,55% C in der höchsten Düngungsvariante der ackerbaulichen Fruchtfolge einer Erhöhung von fast 200% gegenüber der Nullvariante entspricht, während der Anstieg von 0,80% C auf dem Lößboden nur eine Erhöhung von 50% bedeutet.

Abb. 1: C_{org}-Gehalte in 3 Dauerdüngungsversuchen an 2 Standorten in Abhängigkeit von der Düngung, *)C-Null = C-Gehalt der Nullparzelle, C-Diff. = Differenz zur Nullparzelle

Physikalische Bodeneigenschaften

Dementsprechend verschieden sind auch die Unterschiede bei den physikalischen Bodeneigenschaften ausgeprägt. Abb. 2 enthält die Mittelwerte für die Trockenrohdichte und die Wasserkapazität der Probenahmen 1994 und 1995 und die Standardabweichung der Einzeljahre.

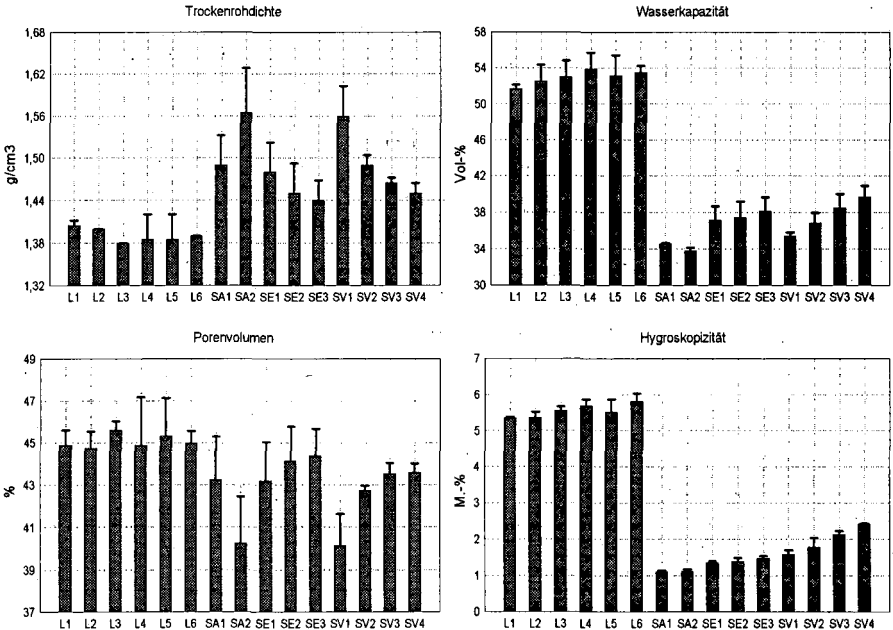


Abb. 2: Physikalische Bodeneigenschaften von 3 Dauerdüngungsversuchen an 2 Standorten (0-20 cm, Mittelwert und Standardabweichung 1994 und 1995)

Es wird ersichtlich, daß die Veränderungen der einzelnen Parameter in Abhängigkeit von der Düngung auf dem Lößboden in Bad Lauchstädt wesentlich geringer sind als auf dem Sandboden in Skierniewice. Der höhere C-Gehalt der Düngungsvarianten gegenüber der Nullvariante führte auf dem Löß kaum zu einer Verringerung der Trockenrohddichte und einer Erhöhung der Wasserkapazität und des Porenvolumens. Dagegen sind auf dem Sandboden in Skierniewice bei steigendem C_{org} -Gehalt deutlichere Veränderungen dieser Eigenschaften zu verzeichnen. Die Ergebnisse der Korrelationsrechnung bestätigen dies (Tab. 2).

Tab. 2: Korrelationen ausgewählter physikalischer und biologischer Bodeneigenschaften zum C_{org} -Gehalt von 3 Dauerdüngungsversuchen an 2 Standorten (Bad Lauchstädt $n=12$, Skierniewice $n=18$)

	TRD	WK	PV	Hy	SIR	DMSO
C_{org}	n.s. -0,52	n.s. 0,83	n.s. n.s.	0,69* 0,90*	0,89* 0,72*	0,95* 0,65*
TRD		-0,73* -0,54*	-0,83* -0,98*	-0,67* -0,38*	n.s. -0,62*	n.s. -0,67*
WK			0,74* n.s.	0,85* 0,66*	n.s. 0,79*	n.s. 0,59*
PV				n.s. n.s.	n.s. 0,54*	n.s. 0,60*
Hy					n.s. n.s.	0,58* 0,47*
SIR						0,91* 0,62*

Die Korrelation der untersuchten physikalischen Parameter zum C_{org} -Gehalt in Abhängigkeit von der Düngung ist am Standort Bad Lauchstädt nur für die Hygroskopizität signifikant.

Die lineare Regression für die Wasserkapazität in Abhängigkeit vom C_{org} -Gehalt (Abb.4) zeigt für den Standort Skierniewice einen deutlichen Anstieg der Regressionsgeraden aber keinen Anstieg für den Löß-Standort.

Biologische Bodeneigenschaften

Demgegenüber zeigen die Ergebnisse der Biomassebestimmung und der DMSO-Reduktion als Kriterium der biologischen Aktivität in Abhängigkeit des unterschiedlichen C-Gehaltes der einzelnen Düngungsvarianten an beiden Standorten eine deutlich Differenzierung (Abb. 3).

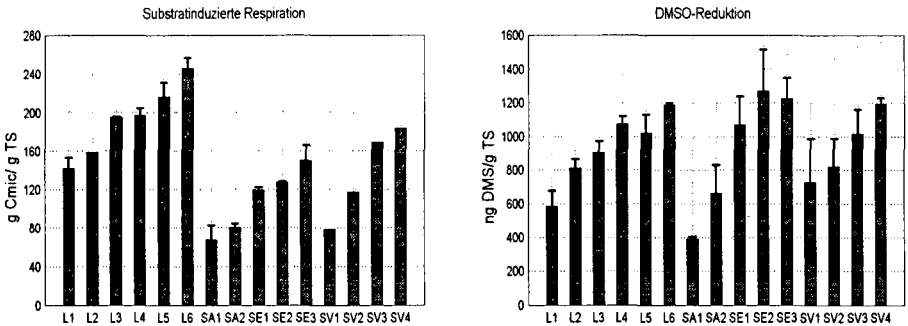


Abb. 3: Biomasse (SIR) und Biologische Aktivität (DMSO-Reduktion) an 2 Standorten (Bad Lauchstädt - Lößlehm, Skierniewice - lehmiger Sand) in Abhängigkeit von der Düngung (0-20 cm, Mittelwert und Standardabweichung 1994 und 1995)

Die Korrelationskoeffizienten zum C_{org} -Gehalt sind sowohl für Bad Lauchstädt als auch für Skierniewice signifikant. Die lineare Regression der SIR-Werte in Abhängigkeit vom C_{org} -Gehalt (Abb. 5) zeigt für beide Standorte einen signifikanten Anstieg der Regressionsgeraden.

Nur am Sandstandort ergeben sich zwischen physikalischen Parametern, der Biomasse und der DMSO-Reduktion signifikante Wechselwirkungen.

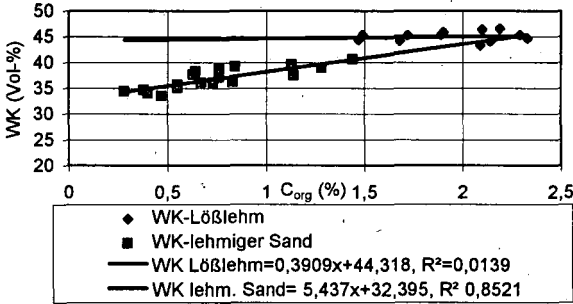


Abb. 4: Wasserkapazität in Abhängigkeit vom C_{org} -Gehalt an 2 unterschiedlichen Standorten (lineare Regression, Bad Lauchstädt - Lößlehm, $n=12$; Skierniewice - lehmiger Sand; $n=18$),

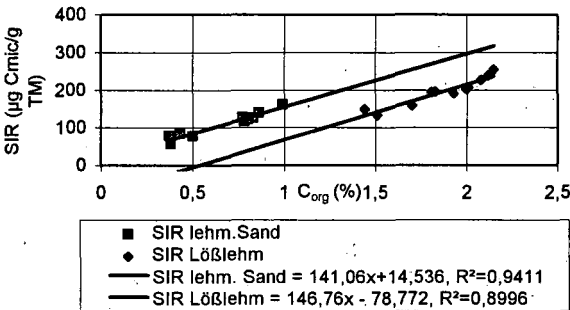


Abb. 5: Biomasse (SIR) in Abhängigkeit vom C_{org} -Gehalt an 2 unterschiedlichen Standorten (lineare Regression, Bad Lauchstädt - Lößlehm, $n=11$; Skierniewice - lehmiger Sand, $n=10$),

Schlußfolgerungen

Für den Sandstandort in Skierniewice konnte, begründet durch das insgesamt niedrigere C-Niveau, ein größerer Einfluß des höheren C_{org} -Gehaltes der Düngungsvarianten auf die bodenphysikalischen Eigenschaften nachgewiesen werden als für die stabilere Lößschwarzerde in Bad Lauchstädt. Dies führt an diesem Standort zu Wechselwirkungen mit den untersuchten biologischen Parametern, während für den Standort Bad Lauchstädt bei den untersuchten Düngungsvarianten kein signifikanter Einfluß der physikalischen Bodeneigenschaften auf Biomasse und biologische Aktivität nachgewiesen werden konnte.

Literatur

- (1) Alef, K. and Kleiner, D. 1989. Rapid and sensitive determination of microbial activity in soils and in soil aggregates by dimethylsulfoxid reduction. *Biol. Fertil. Soils* 8:349-355.
- (2) Anderson, J.P.E. and Domsch, K.H. 1978. A physiological method for the quantitative measurements of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.* 10:215-221.
- (3) Heinemeyer, O., Kaiser, E.-A., and Insam, H. 1991. Kalibration eines neuen Meßsystems zur Erfassung der mikrobiellen Biomasse in Bodenproben durch substratinduzierte Respiration (SIR). VDLUFA-Schriftenreihe, Kongreßband: 701-706.
- (4) Stroehlein, In: Lademann, E. 1957. Verfahren zur schnellen Bestimmung des Kohlenstoffs. *Z. landw. Versuchs- und Untersuchungswesen*, 3:224-235

Dank

Die Autoren danken der Europäischen Kommission für die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojektes.

C-Dynamik der Böden sowie Ertragsentwicklung im Rahmen eines 17-jährigen Düngungsvergleiches

von

Bachinger, J.*/** und J. Raupp*

Einleitung

Die Düngung ist eine der wichtigsten Faktoren, die im Zusammenwirken mit Boden- und Witterungsbedingungen das Pflanzenwachstum, die Erträge und die Produktqualität bedingen. In tierhaltenden Betrieben des Organischen Landbaus spielt der Wirtschaftsdüngereinsatz für die Nährstoffzyklisierung und -verteilung und die Versorgung der Böden mit organischer Substanz die zentrale Rolle. Um diese für die Entwicklung des Organischen Landbaus wichtigen Zusammenhänge zu untersuchen, wurde 1980 ein Feldversuch angelegt, in dem die unterschiedlichen Einflüsse von organischer und mineralischer Düngung zu verglichen wurden. Im Rahmen dieses Versuches wurde ein breites Spektrum von Bodenparametern (C_{org} , N_t , mikrobiologische Aktivität- und Zustandsparameter, Nitratdynamik, Nitratprofilen) und Pflanzenparametern (Ertragsparameter, Lagerqualität, Inhaltsstoffe, Wurzelwachstum, Ackerbegleitflora) in Abhängigkeit der Düngung untersucht. Im folgenden werden einige ausgewählte Ergebnisse dargestellt.

Material und Methoden

Grundlage der Untersuchungen bildete ein seit 1980 in Darmstadt (9,5°C; 590 mm mittl. Jahresniederschläge) auf Sandbänderbraunerde (IS, 22 Bdpkt.) durchgeführter Dauerdüngungsversuch:

3 Düngungsarten: I = NPK, II = Stallmistkompost + Jauche, III = Stallmistkompost + Jauche + biologisch-dynamische Kompost- und Spritzpräparate; 3 Düngungsstufen: (Vergleichsgröße bis 1984 Ertragsgleichheit, ab 1985 N_t -Gleichheit der Düngungsarten) Halm-/Hackfrüchte: 1 = 60/50 kg N/ha, 2 = 100 kg N/ha, 3 = 140/150 kg N/ha; 4 Teilflächen (A-D) x 4 Feldwiederholungen. (ABELE 1987). Die N_t -Gehalte der beiden Stallmistkomposte unterschieden sich über die Jahre nicht. Eine feste vier-

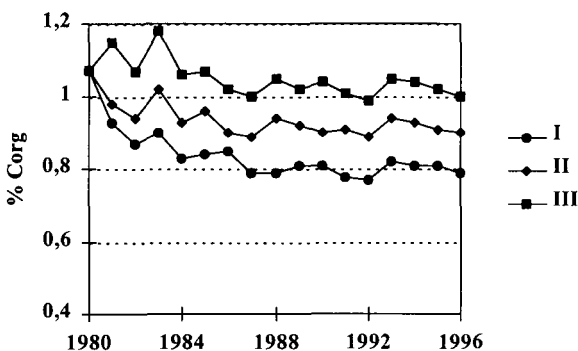
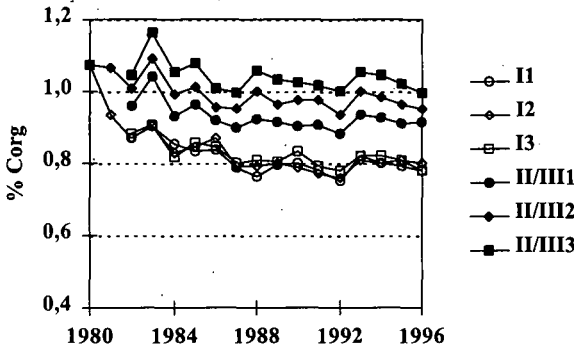


Abb. 1: Entwicklung der C_{org} -Gehalte 1980-96 im Mittel der Düngungsstufen (0-25 cm)

* Inst. f. biol.-dynam. Forschung, Brandschneise 5, D-64295

** jetzige Addr.: ZALF, Inst. f. Landnutzungssysteme u. Landschaftsökologie, Eberswalderstr. 84, D-15374 Müncheberg



feldrige Fruchtfolge besteht seit 1988 aus Luzerne/Klee, Sommerweizen, Kartoffeln/Möhren, Winterroggen.

Dargestellte Parameter:

C_{org} ; N_i ; $CaCl_2$ -extrahierbares N_{org} (HOUBA et al. 1986); Dehydrogenaseaktivität (DHA) nach THALMANN (1968); Proteaseaktivität (PA) (LADD u. BUTLER 1972); Mikrobielle Biomasse (SIR- C_{mic}) (ANDERSON u. DOMSCH, 1978)

Abb. 2: Entwicklung der C_{org} -Gehalte in den Düngungsstufen der Düngungsart I und der Mittelwerte von II und III (0-25cm)

Ergebnisse und Diskussion

C-Dynamik der Böden

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}) blieb nur bei der Düngungsart III (biologisch-dynamisch) annähernd auf dem Ausgangsniveau (1,05% C_{org}) und fiel bei Düngungsart II (organisch) auf 0,9% C_{org} und bei Düngungsart I (mineralisch) auf 0,8% C_{org} ab (Abb. 1). Ein vergleichbarer Einfluß der Düngungsstufen zeigte sich nur bei II und III (Rottemistvarianten), nicht aber bei reiner mineralischer Düngung (Abb. 2). Die Differenzierungen nach Düngungsart und -höhe stabilisierten sich bereits nach wenigen Jahren. Trotz gleicher C-Inputs je Düngungsstufe durch die Rottemistgaben bei II und III, lagen die C_{org} -Gehalte bei III signifikant über denen von II. Versuchsexterne Einflußfaktoren, die aus Ursache für die C_{org} -Gehaltsunterschiede zwischen organisch und biologisch-dynamisch in Frage kämen, konnten nicht gefunden werden (KOOP, 1993).

Die Höhe und Aktivität der mikrobiellen Biomasse war bei organischer Düngung signifikant höher als bei mineralischer. Analog zu den C_{org} -Gehalten lagen die Werte der mikrobiologischen Parameter bei III am höchsten. Hingegen lagen bei dieser Düngungsvariante pro Einheit C_{org} die mikrobiologischen Kenngrößen deutlich unter denen von II. Zusammen mit dem höheren C_{org} -Gehalten kann dies als eine niedrigere Turnover-Rate der organischen Substanz bei III interpretiert werden. Analoge Ergebnisse zeigten sich auch in den Jahren 1990-91 (BACHINGER, 1996).

Tabelle 1: Bodenuntersuchungen 1989 im Mittel der Düngungsstufen 1-3; 0-25 cm; C_{org} in %, N_i in ‰, $CaCl_2-N_{org}$ in mg N/100 g, PA in mg Tyr./g, C_{mic} in mg C/100 g, DHA in µg TPF/10g;

Art	C_{org}	N_i	$CaCl_2-N_{org}$	PA	SIR- C_{mic}	DHA	N_{org}/C_{org}	PA/ C_{org}	C_{mic}/C_{org}	DHA/ C_{org}
(in % I)										
I	0,79 a*	0,57 a	0,44 a	0,20 a	26,1 a	75,9 a	100	100	100	100
II	0,92 b	0,72 b	0,53 b	0,27 b	34,9 b	109,1 b	103	116	106	123
III	1,06 c	0,81 c	0,55 b	0,26 b	37,8 b	121,9 c	93	97	102	120

* Mittelwerte, die mit unterschiedlichen Buchstaben je Spalte gekennzeichnet sind, unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$)

Ertragsentwicklung

Die Sommerweizenерträge lagen im Durchschnitt der Jahre nach Leguminosenvorfrucht bei 35 dt/ha, unabhängig von der Düngerart (Tab 2). Kartoffeln und Winterroggen erbrachten in den meisten Jahren mit Mineraldüngung höhere Erträge als mit Rottemist (Tab 2). Die Anwendung biologisch-dynamischer Präparate steigerte den Kartoffelertrag in den meisten Jahren im Durchschnitt um 16 dt/ha (Tab 2).

Tabelle 2: Durchschnittserträge (dt/ha) der Jahre 1985-1996 nach Düngungsart und -stufe

	Düngungsart			Düngungsstufe		
	I	II	III	1	2	3
Winterroggen	36,2 b*	27,6 a	28,7 a	26,3 a	30,9 b	35,4 c
Sommerweizen	35,9	36,6	36,8	34,6 a	36,7 b	37,9 b
Kartoffeln	268 b	246 a	260 b	227 a	263 b	284 c

* Mittelwerte, die mit unterschiedlichen Buchstaben je Halbzeile (Düngungsart/-stufe) gekennzeichnet sind, unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$)

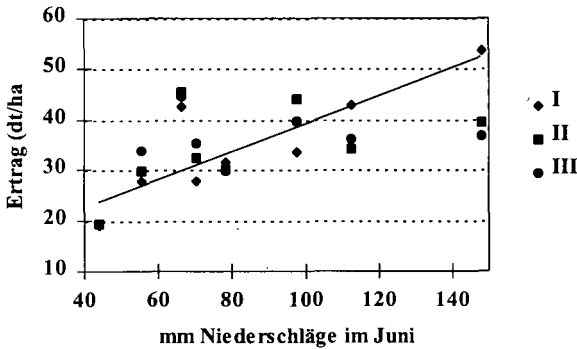


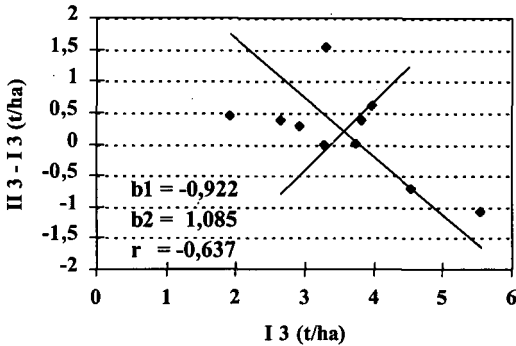
Abb. 3: Abhängigkeit der Sommerweizenерträge von der Niederschlagsmenge im Juni

größere Mengen an verfügbarem Wasser (aus Niederschlägen und Beregnung) während der Hauptwachstumszeit im Juni bis 150 mm Erträge bis 53 dt/ha (Abb. 3). Im Gegensatz dazu erbrachten die organisch gedüngten Varianten unabhängig vom Wasserangebot nur 30-45 dt/ha. Zwischen 60 und 150 mm konnte keine signifikante Regression für diese Varianten errechnet werden.

Wegen den extremen Standortbedingungen (trocken-warme Witterung, sandiger Boden) ergaben sich bei den Erträgen starke jahreszeitliche Schwankungen. Es zeigte sich, daß günstige Wachstumsbedingungen (klimatisch bedingt) bei Mineraldüngung von größerer Bedeutung sind, um hohe Erträge zu erzielen, als bei Rottemist-Düngung.

So zeigt sich bei Sommerweizen eine deutliche Abhängigkeit des Ertrages von der Wasserversorgung. Bei mineralischer Düngung ergaben

Unter schlechten Wachstumsbedingungen zeigten die Varianten II und III geringere Ertragsrückgänge als bei mineralischer Düngung (I). In diesen Jahren lagen die Erträge von II und III bis zu 10 dt/ha über denen von I. Die negative bivariate Korrelation zwischen den Erträgen von I und II/III (Abb. 4; $p < 0,05$) zeigt, daß die mineralischen Düngungsvarianten nur unter günstigen Wachstumsbedingungen



ertraglich überlegen sind. Somit war bei organischer Düngung eine höhere Ertragsstabilität zu beobachten (RAUPP, 1996).

Abb. 4: Erträge von Sommerweizen der Düngungsart I, Düngungsstufe 3 und deren Beziehung zur jeweiligen Ertragsdifferenz zu Düngungsart II

Literatur

- ABELE, U. (1987): Produktqualität und Düngung - Mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch. Schriftenreihe des BML, 345
- ANDERSON, J.P.E. u. DOMSCH, K.H. (1978) A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Sci.*, 130, 211-216
- BACHINGER, J. (1996) Der Einfluß unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf die zeitliche Dynamik und räumliche Verteilung von bodenchemischen und -mikrobiologischen Parametern der C- und N-Dynamik sowie auf das Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen, (Diss.) Schriftenreihe des Inst. f. biol.-dynam. Forsch., Bd. 7
- HOUBA, V.J.G., NOVOZAMSKY, I., HUYBREGTS, A.W.M. and LEE, J.J. van der (1986): Comparison of soil extractions by 0.01 M CaCl₂, by EUF and by some conventional extraction procedures. *Plant and Soil*, 96, 433-437
- LADD, J.N. and J.H.A. BUTLER (1972): Short-term essays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptides derivatives as substrates. *Soil. Biol. Biochem.* 4, 19-30
- KOOP, W. (1993): Einfluß unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf bodenmikrobiologische Indikatoren und Parameter der N- und C-Dynamik im Feldversuch und in Laboratoriumsversuchen. Diss. Univ. Giessen
- RAUPP, J. (1996): Yield pattern with organic or mineral fertilisation. Proceedings of 11th International IFOAM Conference, Aug. 11-15, 1996, Copenhagen, Vol. 2, 62-70
- THALMANN, A. (1967): Über die mikrobielle Aktivität und ihre Beziehung zu Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Ackerböden unter besonderer Berücksichtigung der Dehydrogenaseaktivität (TTC-Reduktion). Diss. Giessen

Der Nährstoffzustand des Thyrower Versuchsbodens aufgrund von Boden- und Pflanzenanalysen

von

Loch, J., S. Kiss, I. Jászberényi und I. Vágó

Einleitung

Zur Charakterisierung des Nährstoffzustandes der Böden werden verschiedene Extraktionsmittel verwendet. Die im Extraktionsverfahren gelösten bzw. ausgetauschten Nährstoffe werden als pflanzenverfügbar betrachtet. Neben den für die einzelne Elemente verbreiteten Methoden werden in letzter Zeit jene Extraktionsmittel bevorzugt, aus denen mehrere Elemente bestimmbar sind. Als Beispiel kann die in den Vereinigten Staaten verbreitete Mehlich-2 (1978) sowie die Mehlich-3 (1984) Methode erwähnt werden. Houba et al. (1990) haben als universelles Extraktionsmittel die 0,01 M/dm³ CaCl₂-Lösung vorgeschlagen. Die Methode hat gegenüber den aggressiven Lösungsmitteln den Vorteil, daß die neutrale Lösung mit einer der Bodenlösung naheliegender Ca-Konzentration, die pflanzenverfügbaren Fraktionen erfaßt. Die Eichung und Kalibrierung der Nährstoffuntersuchungsmethoden ist am besten in Düngungsversuchen durchführbar.

In der Publikation wird über vergleichende Bodenuntersuchungen mit der 0,01 M CaCl₂-Methode und der in Ungarn landesüblichen Methoden berichtet. Ziel der Untersuchungen war die Beurteilung der Aussagefähigkeit der CaCl₂-Methode.

Material und Methoden

Die Bodenproben stammen aus dem langjährigen Thyrower Nährstoffmangelversuch, sie wurden vom Institut für Pflanzenbauwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin zur Verfügung gestellt. Der auf typischem Sandstandort angelegte Statische Nährstoffmangelversuch wird seit seiner Anlage durch K. Opitz im Jahre 1937 unverändert durchgeführt. Die Bodenproben wurden an der Agrarwissenschaftlichen Universität Debrecen mit klassischen Methoden (Baranyai et al., 1987) und der CaCl₂-Methode untersucht. Die Versuchsergebnisse wurden in Anlehnung an die Arbeit von Ellmer und Baumecker (1992) bewertet.

Versuchsergebnisse

Die langjährige Düngung verursachte bedeutende Unterschiede im Bodennährstoffgehalt und in den Aziditätsverhältnissen, die sich im Ertrag und pH-Wert der einzelnen Varianten widerspiegeln.

Die *Erträge* wurden maßgebend durch die Aziditätsverhältnisse bestimmt. In den ungekalkten Varianten sind die pH-Werte bis in den wachstumsbeeinträchtigenden stark sauren Bereich abgesunken und infolge dessen sind in diesen Versuchsgliedern die niedrigsten Erträge zu verzeichnen. Die alleinige organische Düngung konnte die Bodenreaktion auch nicht dauerhaft auf optimalem Wert halten. Die mineralische und organische Düngung wirkte ertragssteigernd, die Kalkergänzung führte zu einem weiteren Ertragszuwachs (Tabelle 1.).

Im *Nährstoffzustand* des Bodens sind signifikante Unterschiede entstanden, die mit den geprüften Methoden nachweisbar sind.

Aziditätsverhältnisse und Kornertrag, 1994

Versuchsvarianten			CaCl ₂ -pH	Kornertrag dt/ha)
1.	0	ungedüngt	4,0	-
2.	#	Stallmist	4,2	3,2
3.	NPKCa+#	Stallmist + NKP + Kalk	5,5	24,0
4.	NPKCa	NPK + Kalk	5,6	10,2
5.	NPK-	NPK	4,1	0,7
6.	NP-Ca	NP + Kalk	5,2	2,1
7.	N-KCa	NK + Kalk	5,6	7,3
8.	-PKCa	PK + Kalk	5,9	1,9

Der CaCl₂-lösliche N_i- und NO₃-N-Gehalt beträgt in den N-gedüngten Varianten etwa das zweifache, gegenüber den ungedüngten. Die größten Werte liegen in der Variante mineralisch+organisch (mit höchstem Ertrag) vor (Abb. 1.).

In den mit Phosphat gedüngten Varianten ist der AL-P und CaCl₂-P signifikant höher als in den ungedüngten. Der Ertrag wurde aber auf dem mit P gut versorgten Boden am wenigsten durch die Phosphatdüngung beeinflusst (Abb. 2.).

Die Wirkung der K-Düngung ist im Ertrag und auch im K-Gehalt des Bodens erkennbar. Die AL- und CaCl₂-K-Werte stehen im Einklang (Abb. 3.).

Aus den Mg-Werten ist abzuleiten, daß mit der Kaliumdüngung, sowie mit der Kalkung Magnesium zugeführt wurde, deren größerer Teil aus den Kalkgaben stammt. Die Boden- und Pflanzenanalysen signalisieren eine schlechte Mg-Versorgung des Bodens (Abb. 4.).

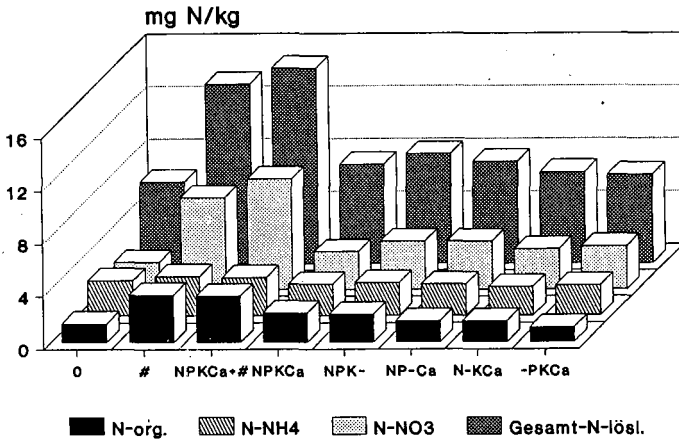


Abb. 1. Calciumchlorid-lösliche Stickstofffraktionen im Boden

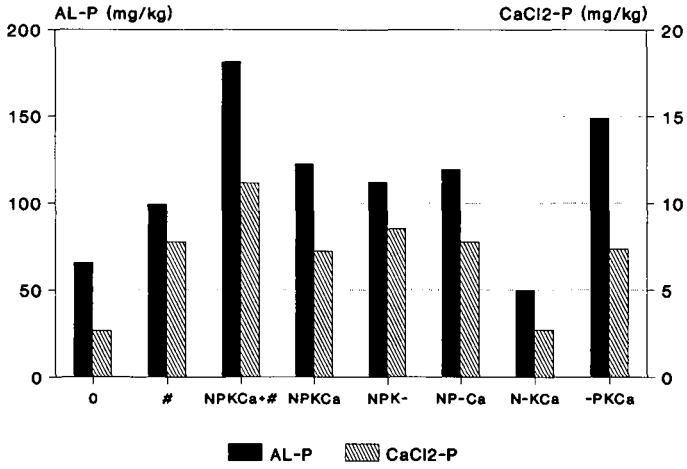


Abb. 2. AL- und CaCl₂-löslicher P-Gehalt

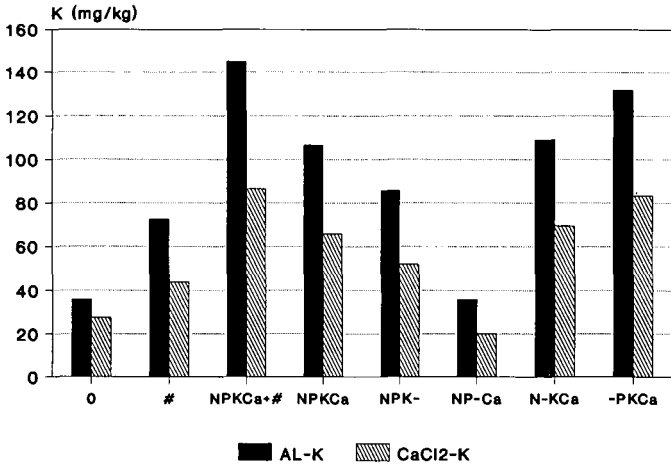


Abb. 3. AL- und CaCl₂-löslicher K-Gehalt

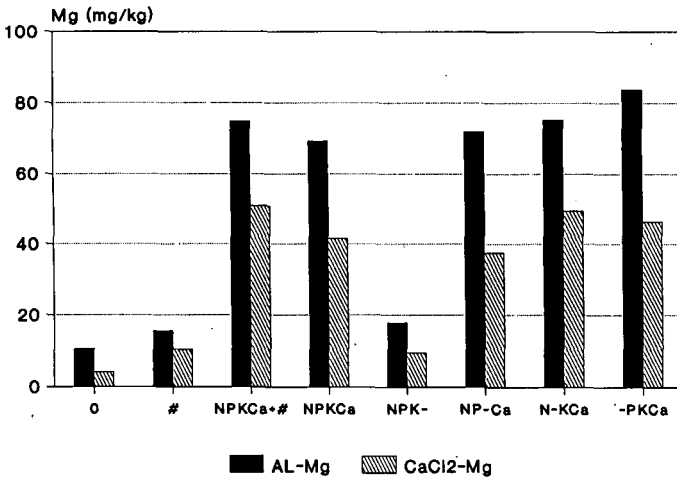


Abb.4. AL- und CaCl₂-löslicher Mg-Gehalt

Schlußfolgerung

- Die im Ertrag erscheinenden Düngewirkungen harmonisieren mit dem Nährstoffgehalt des Bodens.
- Die AL-löslichen P-, K- und Mg-Werte verlaufen mit den CaCl₂-Werten parallel.
- Die CaCl₂-Methode hat den Vorteil, daß aus dem selben Auszug auch die den Stickstoffhaushalt gut charakterisierenden N-Fractionen bestimmt werden können.

Literatur

Baranyai F. - Fekete A. - Kovács I. (1987): A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 153-157.

Ellmer, F. - Baumecker, M. (1992): Bodenfruchtbarkeitsmerkmale eines Sandbodens nach 55 Jahren differenzierter Düngung. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, R. Agr. Wiss. 41.(3). 19-23.

Houba, V. J. G. - Novozamsky, I. - Lexmond, Th. - van der Lee, J. J. (1990): Applicability of 0,01 M CaCl₂ as a single extraction solution for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 21. 2281-2290.

Mehlich, A. (1978): New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 9. 477-492.

Mehlich, A. (1984). Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 15. 1409-1416.

Hinweise für Autoren:

1. Manuskripte für ein Heft der Mitteilungen der DBG werden nur bis zum festgesetzten Termin bei der Schriftleitung angenommen (in der Regel 14 Tage nach Ende der betreffenden Veranstaltung).
2. Der Umfang eines Manuskriptes ist incl. aller Darstellungen, Photos und Literaturzitate auf 4 Seiten Din A 4 begrenzt.
3. Auf der Titelseite sind 8 cm für Kopfleiste, Titel und Autorennamen, die von der Schriftleitung in endgültiger Form eingesetzt werden, freizulassen. Ansonsten ist ein umlaufender Rand von 2 cm erforderlich.
4. Photos sind in der Qualität schwarz/weiß, Hochglanz in den Text einzukleben. Abbildungen und Darstellungen sind als schwarze Kopie in den Text einzufügen.
5. Ausdrücke von Druckern aus EDV-Anlagen werden nur angenommen, wenn sie das Format Din A 4 aufweisen und auf weißem, linienfreiem Papier vorliegen.
6. Es sind nur die Schrifttypen Times Roman und Courier zugelassen.
7. Sonderdrucke werden nicht zur Verfügung gestellt. Die Manuskripte werden nach Drucklegung nicht zurückgesandt.
8. Folgende Angaben für die Titelseite bitte auf einer separaten leeren Seite:

Titel der Veröffentlichung

Autor, A.*; Autor, B.**; Autor, C.***

