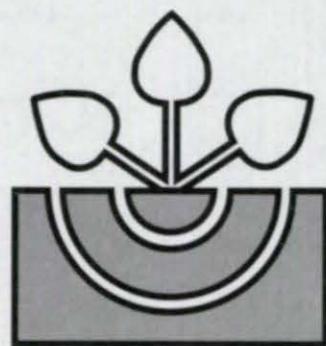


DBG



DEUTSCHE

BODENKUNDLICHE

GESELLSCHAFT

MITTEILUNGEN

DBG · Band 99 · 2002 · ISSN - 0343-1071

Schriftleitung: P. Hugenroth, Oldenburg

**MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT**

REFERATE

**AK „Stadtböden“ und AK „Bodensystematik“
Workshop „Klassifikation von Stadtböden“
07. bis 09. Juni 2002 in Essen**

REFERATE

**AK „Boden in Unterricht und Weiterbildung“
28. und 29. Juni 2002 in Greifswald**

**AG „Bodenschätzung und Bodenbewertung“
Arbeitspapier „Nutzung der Bodenschätzung und Bewertung von Böden“
März 2002**

REFERATE

**AG „Bodenschätzung und Bodenbewertung“
04. bis 06. September 2002 in Gießen**

REFERATE

**Workshop Kommission III – „Bodenbiologie“
07. bis 09. Oktober 2002 in Neuherberg/München**

REFERATE

**Gemeinsame Sitzung Kommission II und VII
„Mineral Surface and Colloid Chemistry in Soil and Aquatic Environments“
08. und 09. Oktober 2002 in Karlsruhe**

**Nachtrag zu Band 97
AG „Geschichte der Bodenkunde“, hier: Arbeitskreis „Humusformen“**

Band 99

2002

INHALT Band 99

AK „Stadtböden“ und AK „Bodensystematik“ Referate Workshop „Klassifikation von Stadtböden“ 07. bis 09. Juni 2002 in Essen

BURGHARD, W. CHARZYNSKI, P.	Diskussionspapier bisher bekannter Stadtböden Classification of Urban Soils in the Systematics of the Soils of Poland (1989) and in Classification of the Forest Soils of Poland (2001)	3-4 5-6
FETZER, K.-D.	Durch Aufbringen und Einbringen von Materialien hergestellte Böden	7-8
JAHN, R.; S. ZIKELI	Böden aus Asche der Braunkohleverbrennung und ihre Klassifikation	9-10
KESSLER, H.	Characterisation and Mapping of Artificial Ground in the British Geological Survey	11-12
KOMOSSA, M.; A. HAGEDORN; W. BURGHARDT KÜHN, D.	Ekranolithe – Böden unter Straßen Indirekte Regeln zur Ableitung und Darstellung von anthropogen bestimmten Bodenformengesellschaf- ten in Bodenübersichtskarten	13-14 15-16
LEHMANN, A.	Tiefhumose Böden und verdichtete Böden im urba- nen Raum	17-18
SIEM, K.	Boden der Stadt Kiel und Eckerförde und das Prob- lem Klassenbildung und Klassenzuweisung von Bo- denausgangsmaterial und Bodenentwicklungssta- dien	19
STASCH, D.; K. STAHR	Steine und Skelettgehalte als Merkmal von Stadtbö- den	21-22
WENIKAJTYS, M.; W. BURGHARDT	Dialeimmasol – Ritzenboden von Gehwegpflastern	23-24

Referate AK „Boden in Unterricht und Weiterbildung“ 28. und 29. Juni 2002 in Greifswald

HEITLAGE, U.; K. MUELLER	Der Stellenwert der Bodenkunde an landwirtschaftli- chen Berufsschulen in Niedersachsen	27-28
HERRMANN, L.; K. JAHN; O. EHRMANN	Spiele zur Vermittlung bodenrelevanter Inhalte Beispiel Vielzweckmemory: Umwelt entdecken - Un- sere Böden	29-30
LAZAR, S.	Bodenwelten.de. – Ein Internet-Projekt zur Verbes- serung des Bodenbewusstseins	31-32
TOLKSDORF-LIENEMANN, E.; H. DERKS	Boden-Bildung im Spiegel der Geschichte	33-34
ZEITZ, J.; H. GOLDBACH	Stellenwert des Bodenschutzes in der Umweltbildung von Kindern und Jugendlichen in Berlin	35-36

AG „Bodenschätzung und Bodenbewertung“ Arbeitspapier „Nutzung der Bodenschätzung zur Bewertung von Böden“ März 2002

PFEIFFER, E.-M.; S. SAUER (Herausgeber)		39-87
--	--	-------

**Referate AG „Bodenschätzung und Bodenbewertung“
04. bis 06. September 2002 in Gießen**

ULONSKA, H.-J.	Beitrag zur Erfassung von Primärdaten aus der Bodenschätzung für Kennzeichnungen des oberflächennahen Bodenwasserregimes	91-92
MITHÖFER, K.	Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung digitaler Bodenschätzungsdaten für Fragen des Bodenschutzes	93-94
HERBST, R.; J. LAMP	Deutschlandweite Untersuchungen zur räumlichen und attributiven Auswertung der Bodenschätzung für großmaßstäbige Bodenfunktionskarten	95-96
BOESS, J.; G. LÖSEL; I. BENNE	Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung der Bodenschätzung für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung	97-98
REIMER, G.; J. LAMP	GIS-gestützte Vergleiche von Bodenschätzungs- und Ertragskarten	99-100
BETZER, H. J.; D. ELHAUS; H.-P. SCHREY	Zur Vertrauenswürdigkeit von aus der Bodenschätzung abgeleiteten Bodenparametern am Beispiel der „Bodenkarte 1 : 5.000 auf der Grundlage der Bodenschätzung“ in Nordrhein-Westfalen	101-102
RÖTSCHER, T.; J. SEIDELBACH	Digitale Bearbeitung der Bodenschätzung in Thüringen	103-104
BURGHARDT, H.; E. AHLERS	Bodenkundliche Aus- und Fortbildung der Amtlich landwirtschaftlichen Sachverständigen bei der Oberfinanzdirektion Hannover	105
PEHAMBERGER, A.; J. WAGNER	„Reformierte“ Bodenschätzung in Österreich anhand praktischer Beispiele	107
SAUER, S; T. VORDERBRÜGGE	Thesen zur Nutzung und Weiterentwicklung der Bodenschätzung aus Sicht des Bodenschutzes und der angewandten Bodenkunde	109-110
LAMP, J.; J. HATJE; R. HERBST	Ein flexibles Programmsystem zur Erfassung, Verwaltung und Übersetzung von Grablochdaten der Bodenschätzung	111-112
VORDERBRÜGGE, T.; H. KASEL; K. FRIEDRICH; T. HARRACH; B. KEIL	Profilsprachen nach den Methoden der Bodenschätzung und der Bodenkunde	113-118

**Referate Workshop Kommission III – „Bodenbiologie“
07. bis 09. Oktober 2002 in Neuherberg/München**

LIESACK, W.	Functional Analysis of Soil Microbial Communities	121
SØRENSEN, J.	Solid-Phase Contact Assay to Estimate Toxicity of Bioavailable Soil Pollutants using Lux-Marked Reporter Bacteria	123
DRAŽENKA, S.; I. PATTIS; M. SCHMID, A. HARTMANN	CO ₂ -fixierende Bakterien in Agrarböden unterschiedlicher Nutzung: Rubis CO als molekularer Marker	125-126
GANTNER, S.; C. DÜRR; M. SCHMID; F. B. DAZZO; A. HARTMANN	Mikrobielle Ökologie von AHL-produzierenden Bakterien in der Rhizosphäre von Tomate	127-128

WERMBTER, N.; T. KRAMAREWA; T. HINTEMANN; T. YASUTA; A. KATAYAMA; P. MARSCHNER; E. KANDELER	Funktionelle und strukturelle Diversität von Mikroorganismen in schwermetallbelasteten Böden eines Langzeitversuchs	129-130
GATTINGER, A.; M. LABRENZ; A. EMBACHER; M. HÖFLE; M. SCHLOTER BAUM, C.	Archaeen-Gemeinschaften in Ackerböden Interaktionen von saprotroper und mykorrhizierender Rhizosphärenmykoflora von <i>Salix</i> spp.	131-132 133-134
ILLMER, P.; J. MAIR	Ökotoxikologische Untersuchungen an zwei bodenbürtigen <i>Arthrobacter</i> Stämmen unter Aluminium-Stress	135-136
MAIR, J.; P. ILLMER	Überlebensrate zweier <i>Arthrobacter</i> Stämme unter Aluminium-Stress	137-138
PFEIFFER, C.; C. POLL; C. EMMERLING; D. SCHRÖDER	Die Reaktion der mikrobiellen Gemeinschaft eines landwirtschaftlich genutzten Bodens auf Kupfer, Isoproturon, Nonylphenol und Tetracyclin	139-140
FILZEK; P.; N. PAREKH; D. SPURGEON; G. BROLL; J. WEEKS	Heavy Metal Effects on Biological Activity and Microbiological Communities in Soils of SW-England	141-142
ANISSIMOVA, M.; G. WELP; G. W. BRÜMMER	Einfluss einer kombinierten Zugabe von Zn und Cd auf die Bodenatmung und Dehydrogenaseaktivität in einer sauren Braunerde	143-144
BLAGODATSKY, S.A.; E.V. BLAGODATSKAYA; T.-H. ANDERSON	Kinetic Respiration Analysis as a Tool for Monitoring of Soil Microbial communities under Environmental Impact	145-146
YEVDOKIMOV, I.; R. RUSER; F. BUEGGER; D. SCHNEIDER; F. KALTWASSER; J.-C. MUNCH DILLY, O.	Microbial Biomass and ist Turnover in Soil and Rhizosphere Verfügbarer Kohlenstoff und mikrobielle Atmungsaktivität im Boden	147-148 149-150
LANGER, U.; S. KORZUCH	Comparison of two Different C-Source Utilization Patterns as Environmental Indicators for Microbial Communities in a Pollution Area of a Former Phosphate Fertilizer Plant	151-152
JOERGENSEN, R. G.; A. K. MOHANTY; K. CHANDER	Abbau von Jute, Biopol, BAK und von deren Komponenten im Boden	153-154
FRIEDEL, J.K.; R. FARTHOFER; G. PIETSCH; B. FREYER	Einfluss von Luzernebeständen auf den mikrobiellen Kohlenstoff und Stickstoff in der Ackerkrume und im Unterboden im Pannonischen Klimaraum Östereichs	155-156
RINKLEBE, J.; E.-M. KLIMANEK; H.-U. NEUE	Dynamik der mikrobiellen Biomasse in Auenböden – Quantifizierung des Einflusses von Überflutungen, Bodentemperatur, Bodenfeuchte, Wasserspannung und DOC -	157-158
LANDGRAF, D.; F. MAKESCHIN	Einfluss mineralischer N-Düngung auf die mikrobielle Biomasse unter Sukzessionsbrache auf einem Sandbraunerdestandort in Sachsen	159-160
BOHM, C.; D. LANDGRAF	Aktivitäten von L-Asparaginase und L-Glutaminase in Abhängigkeit zu ausgewählten mikrobiellen Parametern einer Sand-Braunerde unter Berücksichtigung verschiedener landwirtschaftlicher Nutzungsintensitäten	161-162

MOHR, D.; F. NICOLINE; W. TOPP	Sind mikrobielle Parameter verlässliche Indikatoren für Bodenqualität?	163-164
LORENZ, K.; D. TSCHERKO; E. KANDELER	Bewertung natürlicher Funktionen von Stadtböden: Lebensraum für Mikroorganismen	165-166
CURRY, J.; O. SCHMIDT	Linking Soil Invertebrate Biodiversity with Soil Processes	167
DUNGER, W.; K. VOIGTLÄNDER	Wege zur Beurteilung der biologischen Bodengüte von bewaldeten Kippböden in Abhängigkeit vom Re-kultivierungsalter	169-172
SCHRADER, S.; H. ROGASIK; I. ONASCH; D. JÉGOU	Bodenstrukturanalyse im Umfeld von Regenwurm-gängen eines Ackerbodens	173-174
EHRMANN, O.; A. SCHWARZ	Regenwurmröhren in Äckern Südwestdeutschlands – Vorkommen und Bedeutung für Stofftransporte	175-176
ALTMEIER, J.; S. SCHOBEL; C. EMMERLING	Beitrag von Regenwürmern zum Infiltrations- und Abflussgeschehen in Böden in Abhängigkeit von Bo-densubstrat und Bodennutzung	177-178
PLATNER, C.	Auswirkungen von Bodenveränderungen durch A-meisen (Formicidae, <i>Lasius flavus</i>) auf das Wachs-tum verschiedener Pflanzen – ein Laborversuch	179-180
BEYLICH, A.	Vergleichbarkeit von Daten zur Schwermetalltoxizi-tät: Freiland- und Laboruntersuchungen an En-chytraeiden	181-182
RUF, A.; J. RÖMBKE; K. HUND-RINKE; L. BECK	Darstellung und Beurteilung der Lebensraumfunktion von Böden – Die standorttypische Bodentiergemein-schaft als Referenz	183-184
GRAEFE, U.; A. BEYLICH; M. HAPE	Untersuchungen zur Kongruenz von Typen der Bo-denbiozönose und der Vegetation in einem Auenge-biet	185-186

**Referate Gemeinsame Sitzung Kommission II und VII
„Mineral Surface and Colloid Chemistry in Soil and Aquatic Environments“
08. bis 09. Oktober 2002 in Karlsruhe**

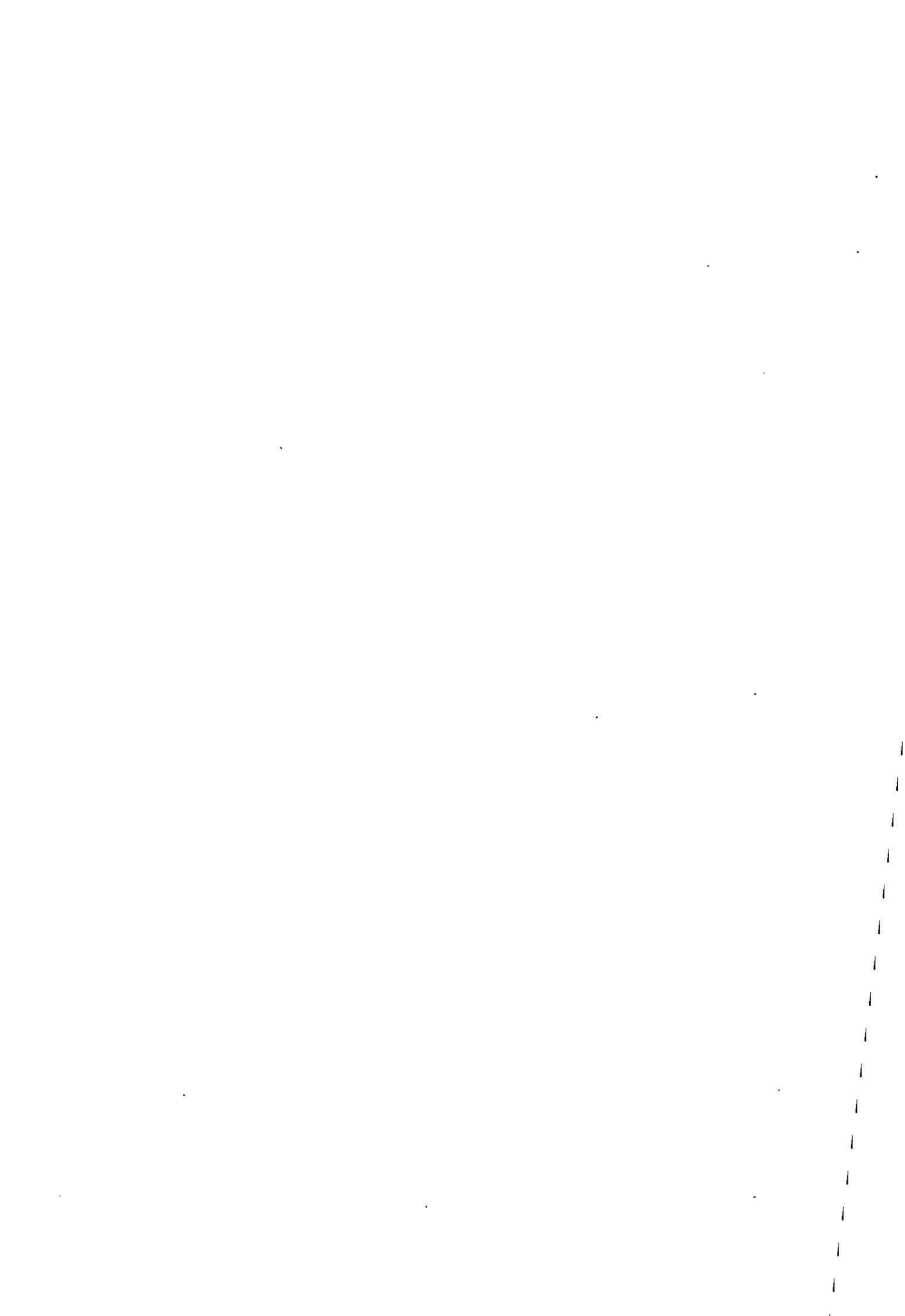
BERG, U.; D. DONNERT; Y. SONG; L. BLACK; F. FRIEDRICH; P.G. WEIDLER; M. SALECKER; R. NÜESCH	Influence of the Surface Properties of Calcite on Phosphorus Removal from Waste Water by Forma-tion of Calcium Phosphates	189-190
BUNDSCHUH, T.; T. WAGNER; R. KÖSTER	Size Determination and Quantification of Colloids by Sedimentation Field-Flow Fractionation Coupled with Laser-Induced Breakdown Detection	191-192
DÄHN, R.; A. M. SCHEIDEGGER; A. MANCEAU	The Use of Polarized EXAFS to Determine Uptake Processes of Metal Ions at the Mineral-Water Inter-face	193-194
HEIDMANN, I.; E. CHRISTL; R. KRETZSCHMAR	Metal Sorption in Kaolinit-Fulvosäure Suspensionen und ihr Einfluss auf die kolloidale Stabilität	195-196
KLEBER, M.	Fluoride Reactivity: A Potential Single Value Index for Carbon Retention in Soils	197-198
METREVELI, G.; C. SPECHT; E.-M. KAULISCH; M. DELAY; F. HARTMANN FRIMMEL	Kollodialer Transport von Metallionen an Laponit (Modellsilikat)	199-200
MOLL, H.; H. ZÄNKER; W. RICHTER; V. BRENDLER; C. HENNIG; T. REICH; A. KLUGE; G. HÜTTIG	Detection and Characterization of Colloids in Acid Rock Drainage Solution from An ore Mine - Applica-tion of X-Ray Absorption Spectroscopy (XAS)	201-202

SCHAUMANN, G.E.; E. HOBLEY; J. HURRAß; W. ROTARD	Colloidal Properties of DOM: Changes due to Drying and Remoistening Cycles?	203-204
SUTEERAPATAROANON, S.; M. BOUBY; H. GECKEIS; K. GRUDPAN; T. FANGHÄNEL	Colloid Formation of Metal Ions Released from a Contaminated Soil Studied by Flow-Field Flow Frac- tionation Coupled to UV/Vis and ICP-MS Detection	205-206

Nachtrag zu Band 97

AG „Geschichte der Bodenkunde“, hier: Arbeitskreis „Humusformen“

AG „Geschichte der Bodenkunde“	Nachtrag zu Band 97	209-213
-----------------------------------	---------------------	---------



Inhalt nach Autoren

AG „Geschichte der Bodenkunde“	209-213
ALTMEIER, J.; S. SCHOBEL; C. EMMERLING	177-178
ANISSIMOVA, M.; G. WELP; G. W. BRÜMMER	143-144
BAUM, C.	133-134
BERG, U.; D. DONNERT; Y. SONG; L. BLACK; F. FRIEDRICH; P.G. WEIDLER; M. SALECKER; R. NÜESCH	189-190
BETZER, H. J.; D. ELHAUS; H.-P. SCHREY	101-102
BEYLICH, A.	181-182
BLAGODATSKY, S.A.; E.V. BLAGODATSKAYA; T.-H. ANDERSON	145-146
BOESS, J.; G. LÖSEL; I. BENNE	97-98
BÖHM, C.; D. LANDGRAF	161-162
BUNDSCHUH, T.; T. WAGNER; R. KÖSTER	191-192
BURGHARD, W.	3-4
BURGHARDT, H.; E. AHLERS	105
CHARZYNSKI, P.	5-6
CURRY, J.; O. SCHMIDT	167
DÄHN, R.; A. M. SCHEIDEGGER; A. MANCEAU	193-194
DILLY, O.	149-150
DRAŽENKA, S.; I. PATTIS; M. SCHMID, A. HARTMANN	125-126
DUNGER, W.; K. VOIGTLÄNDER	169-172
EHRMANN, O.; A. SCHWARZ	175-176
FETZER, K.-D.	7-8
FILZEK, P.; N. PAREKH; D. SPURGEON; G. BROLL; J. WEEKS	141-142
FRIEDEL, J.K.; R. FARTHOFFER; G. PIETSCH; B. FREYER	155-156
GANTNER, S.; C. DÜRR; M. SCHMID; F. B. DAZZO; A. HARTMANN	127-128
GATTINGER, A.; M. LABRENZ; A. EMBACHER; M. HÖFLE; M. SCHLOTER	131-132
GRAEFE, U.; A. BEYLICH; M. HAPE	185-186
HEIDMANN, I.; E. CHRISTL; R. KRETZSCHMAR	195-196
HEITLAGE, U.; K. MUELLER	27-28
HERBST, R.; J. LAMP	95-96
HERRMANN, L.; K. JAHN; O. EHRMANN	29-30
ILLMER, P.; J. MAIR	135-136
JAHN, R.; S. ZIKELI	9-10
JOERGENSEN, R. G.; A. K. MOHANTY; K. CHANDER	153-154
KESSLER, H.	11-12
KLEBER, M.	197-198

KOMOSSA, M.; A. HAGEDORN; W. BURGHARDT	13-14
KÜHN, D.	15-16
LAMP, J.; J. HATJE; R. HERBST	111-112
LANDGRAF, D.; F. MAKESCHIN	159-160
LANGER, U.; S. KORZUCH	151-152
LAZAR, S.	31-32
LEHMANN, A.	17-18
LIESACK, W.	121
LORENZ, K.; D. TSCHERKO; E. KANDELER	165-166
MAIR, J.; P. ILLMER	137-138
METREVELI, G.; C. SPECHT; E.-M. KAULISCH; M. DELAY; F. HARTMANN FRIMMEL	199-200
MITHÖFER, K.	93-94
MOHR, D.; F. NICOLINE; W. TOPP	163-164
MOLL, H.; H. ZÄNKER; W. RICHTER; V. BRENDLER; C. HENNIG; T. REICH; A. KLUGE; G. HÜTTIG	201-202
PEHAMBERGER, A.; J. WAGNER	107
PFEIFFER, C.; C. POLL; C. EMMERLING; D. SCHRÖDER	139-140
PFEIFFER, E.-M.; S. SAUER (Herausgeber)	39-87
PLATNER, C.	179-180
REIMER, G.; J. LAMP	99-100
RINKLEBE, J.; E.-M. KLIMANEK; H.-U. NEUE	157-158
RÖTSCHER, T.; J. SEIDELBACH	103-104
RUF, A.; J. RÖMBKE; K. HUND-RINKE; L. BECK	183-184
SAUER, S; T. VORDERBRÜGGE	109-110
SCHAUMANN, G.E.; E. HOBLEY; J. HURRAß; W. ROTARD	203-204
SCHRADER, S.; H. ROGASIK; I. ONASCH; D. JÉGOU	173-174
SIEM, K.	19
SØRENSEN, J.	123
STASCH, D.; K. STAHR	21-22
SUTEERAPATAROANON, S.; M. BOUBY; H. GECKEIS; K. GRUDPAN; T. FANGHÄNEL	205-206
TOLKSDORF-LIENEMANN, E.; H. DERKS	33-34
ULONSKA, H.-J.	91-92
VORDERBRÜGGE, T.; H. KASEL; K. FRIEDRICH; T. HARRACH; B. KEIL	113-118
WENIKAJTYS, M.; W. BURGHARDT	23-24
WERMBTER, N.; T. KRAMAREWA; T. HINTEMANN; T. YASUTA; A. KATAYAMA; P. MARSCHNER; E. KANDELER	129-130
YEVDOKIMOV, I.; R. RUSER; F. BUEGGER; D. SCHNEIDER; F. KALTWASSER; J.-C. MUNCH	147-148
ZEITZ, J.; H. GOLDBACH	35-36

MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT

REFERATE

AK „Stadtböden“ und AK „Bodensystematik“

Workshop „Klassifikation von Stadtböden“

07. bis 09. Juni 2002 in Essen

Band 99

2002

Diskussionspapier bisher bekannte Stadtböden

W. Burghardt ¹⁾

Einführung

Im Folgenden soll versucht werden, über die bekannten natürlichen Böden hinaus aufzulisten, was an Bodenbildungen in Stadt-, Industrie- und Bergbaugebieten beobachtet wurde.

Diese Gebiete weisen einige besondere oder bisher bei Böden der Natur- und Kulturlandschaften nicht oder nur randlich beachtete Merkmale auf. Diese sind

- viele Böden stehen am Anfang ihrer Entwicklung
- die Umwelt der Böden hat sich verändert. Viele Böden treten als Relikte auf.

- Böden aus umgelagerten Bodenhorizonten weisen Bodenmerkmale auf, die nicht am Ort entstanden sind. Es liegen Phänotypen vor.

Morphologisch machen sich bemerkbar

- Substrate technogenen Ursprungs
- Versiegelungsdecken
- Staublagen
- Verdichtungen
- Steingehalte
- Anreicherung hoher Humusmengen
- Stauwasserbildung
- besondere chemische Prozesse
- Reduktomorphie
- Stoff- und Prozesskonzentrationen
- Eindringen von Staub in Schotter
- Eindringen von organischen Flüssigkeiten
- starke Auswaschungen durch Bewässerung.

Die Nutzung von Bodenmerkmalen zur Ausweisung von taxonomischen Einheiten beschränkt sich auf eine Auswahl. Bisher hat sich diese auf die Bedeutung des Bodens als Pflanzenstandort konzentriert. Aber heute haben Böden für viele weitere Zwecke Bedeutung, so für Wassergewinnung, Abfallbeseitigung, Erholung, örtliches und globales Klima, Gesundheitsvorsorge, für die Errichtung von Bauwerken.

Rohböden, Phänoböden und reliktsche Böden

Böden wurden verändert durch die Beseitigung bestehender Horizonte und/oder Überdeckung verschiedener Materialien, die Substrate neuer Bodenbildungen sind. Die neuen Schichten sind oft jung und hatten keine Zeit durch Bodenbildung diagnostische Horizonte zu entwickeln. Die Merkmale dieser Böden werden allein von den 'lithischen' Eigenschaften der Substrate bestimmt. Die Böden sind Rohböden. Dies sollte durch den Begriff 'lith' deutlich gemacht werden. Die Flächenanteile an Rohböden wachsen rasch. Dadurch wird sich der Bodenbestand unserer Umwelt zu infantile Böden wandeln.

Rohböden aus entblößten natürlichen Substraten sind Autolithe. Das Substrat wurde nicht verlagert. Böden aus umgelagertem natürlichen Substraten sind Allolithe. Technolithe bestehen aus technogenen Substraten (wie Bauschutt, Aschen, Schlacken, Abfall, Bergbaumaterialien). Enthalten Böden beides, natürliche und technogene Substrate, so sind es Phylolithe. Allolithe, Technolithe und Phylolithe erhalten verschiedene bedeutende Eigen-

schaften durch die Substrate. Wir sollten dazu unterscheiden Phasen normaler und homogener Substratzusammensetzung (Eutric), geschichtete Substrate (Stratolithic) und Mischung mehrerer Materialien (Meiktolithic).

Einige Substrate enthalten so hohe Steingehalte, daß die Hohlräume zwischen den Steinen nur sehr locker oder nicht vollständig mit Feinerde gefüllt sind. Es kann angenommen werden, daß die Feinerde andere Eigenschaften hat als in feinerdereichen Böden. Die Phase kann als Interpepholithic (zwischen Steinen) bezeichnet werden.

Viele Böden sind versiegelt. Ähnliche Phänomene sind natürliche Krusten. Künstliche Krusten wie z.B. Straßen sind Ecranolithe (Stroganova u. Prokofieva 2001). Oberflächen wie aufgegebene Straßen, Fußwege, und Plätze werden von Staub bedeckt. Diese Staubdecken sind Aerolithe.

Rohböden können aus Ablagerungen von Substraten bestehen, die zuvor Bodenhorizonte waren. Die Phaensole können wie natürliche Böden aussehen und werden auch einige aber nicht alle ihrer Eigenschaften mitbringen. So kann Stauwasserfleckung auftreten, ohne daß Stauwasserbedingungen vorliegen.

Eine andere Gruppe von Böden liegt durch die veränderten Umweltbedingungen vor. Änderungen der Faktoren führen zur Änderung der Bodenentwicklung. Die ursprünglichen Böden werden Relikte. Damit entstehen reliktsche Böden.

Entwickelte Böden

Unter günstigen Bedingungen entstehen innerhalb von 7 bis 15 Jahren Ah-Horizonte. Somit kann das Entwicklungsstadium eines Regosols bereits innerhalb weniger Jahre erreicht sein. Es liegen aber eine Anzahl weiterer Faktoren und Prozesse vor, die diagnostische Horizontmerkmale aufweisen oder entwickeln.

In Städten werden große Staubmengen erzeugt und abgelagert. Sie können von großer Bedeutung sein. Staublagen sind das Substrat, daß eine Vegetations- und Bodenentwicklung auf Substraten ermöglicht, die zuvor für Pflanzenwachstum ungeeignet waren, so z.B. massive Oberflächen, Steindecken, oder extrem kontaminierte Standorte. Die Böden sind Aerosole.

Einige Oberflächen werden von Moosen bewachsen. Moose sind Staubfänger. Dabei lagern sie jährlich eine neue Staubschicht ab. Die dabei entstehenden Structosole haben ein plattiges Gefüge.

Jüngere aufgetragene Substrate wurden durch Raupen und Radlader verdichtet. Bodenverdichtung ist heute ein weit verbreitetes Phänomen und meiner Meinung nach die größte Beeinträchtigung der Bodenqualität. Die Intensität und die Tiefe der Verdichtung liegt erheblich über dem von land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden (Burghardt 2001a). Verdichtung hat vielerorts versiegelungsgleiche Wirkungen, d.h. Trennung und Segmentierung, Ablenkung und Konzentration von Energie- und Stoffströmen. Compactosole können weiter differenziert werden nach Gefügemerkmalen (kohärent, plattig, über-

¹⁾ Fb.9, Angewandte Bodenkunde, Universität Essen, 45117 Essen

prägt). Oberflächenverdichtung entsteht häufig durch Begehen und Befahren von Böden. In afrikanischen Dörfern tritt sie um Häusern durch häufiges Fegen auf. Die Böden sind Contrusole (Lehmann 2001).

Ein weiteres bedeutendes Phänomen der Stadtböden ist der Steingehalt. Die Steinlagen sind nicht immer sehr mächtig. Die Steingehalte liegen meist bei 10 bis 60 %. Die diagnostischen Merkmale von Leptosolen werden somit sehr selten erfüllt. Der wesentlichste Punkt ist der durch Steine stark verringerte Gehalt an Feinerde (Burghardt 1994). Die Bodenklassifikation muß dies Berücksichtigung, z.B. durch Ausweisung von Regosolen halb grober und grober Phasen.

Einige Böden weisen hohe Humusmengen durch Kompostzufuhr, Friedhofsnutzung, fossile Ah- und Ap-Horizonte und humushaltige Bodenaufträge auf. Stadtböden können daher bedeutende Senken für Kohlendioxid sein (Burghardt 2001b). Die Böden sind Hortisole, Nekrosole, humusfossile Böden, von humosem Substrat bedeckte Böden.

Table 1: Junge Böden der Stadtgebiete (Burghardt2001)

1.Fehlende morphologische Veränderungen durch Bodenbildungsprozesse

1.1 Rohböden

Autolith Allolith Technolith Phylolith (alle drei: Phasen normal/homogen, Interpepholithic, Stratolithic, Meikolithic) Ekranolith Aerolith

1.2 Phaensole

Phäno-Braunerde Phäno-Gley Phäno-Ferralsol Phäno-Tchernozem und andere

1.3 Reliktische Böden

Reliktischer Gley Reliktischer Reductosol Ertrunkene terrestrische Böden Reliktische Hortisole

2.Auftreten von profilmorphologischen Änderungen

2.1 Atmosphärisch abgelagerte Staublagen

Aerosol Structosol

2.2 Verdichtete Böden

Compactosol (Koherente Phase, plattige Phase, grob krümelige Phase, in Platten eingeschlossene Aggregate, Oberflächen Phase), Contrusol

2.3. Steinige, kiesige und felsige Böden

Regosols (halb grobe and grobe Phase) Leptosols

2.4 Tief humusakkumulierte Böden

Hortisol Nekrosol Humusfossile Böden Von humosem Substrate bedeckte Böden

2.5 Stauwasser beeinflusste Böden

Pseudogleye Salzböden

2.6 Durch chemische Prozesse veränderte Böden

Schwefelsaurer Boden Carbonatosol Braunerde

2.7 Reductomorphe Böden

Gas Reductosol Organische Substanz Reductosol Verdichtungs Reductosol Ekran Reductosol

2.8 Substanz- und prozesskonzentrierte Böden

Dialeimmasol

2.9 Intrusole

Organische Flüssigkeiten Intrusol Partikel Intrusol

2.10 Ausgewaschene Böden

Decarbonatosol (Carbonatauswaschung) Degypsisol (Gipsauswaschung) Desalinisol (Salzauswaschung)

Viele der neuen Böden weisen Stauwasser auf. Es wird auf verdichteten Böden, in Staublagen über verlassenen Straßen und anderen versiegelten Flächen angetroffen. Stauwasser tritt auch unter Straßen auf. Bewässerung von Böden in Trockengebieten kann auch zu zuvor unbekanntem Stauwasserböden führen. In diesen Böden wird sich allmählich sekundäre Versalzung einstellen und Bodenversalzung wird zum städtischen Problem.

Einige technogene Substrate haben oder entwickeln bei Verwitterung besondere chemische Merkmale. So können sich Braunerden bilden. Aus Sulfiden des Bergematerials entsteht Schwefelsäure und es bilden sich schwefel-saure Böden. Auf Schlacken und einigen Schlämmen tritt eine extreme Alkalisierung auf. Als Verwitterungsprodukte werden Alkali- und Erdalkalitionen freigesetzt, die mit Wasser und Kohlensäure reagieren. Das Ergebnis sind Horizonte starker Carbonatanreicherung. Diese Böden sind Carbonatosole (Burghardt et al. 2000).

Reduktomorphe Merkmale können in verschiedenen Böden beobachtet werden. Reduktion entsteht durch Gasaustritt aus Gasleitungen und Gasproduktion in Mülldeponien, durch Zersetzung von tief vergrabener frischer organischer Substanz und auf Friedhöfen, Behinderung der Bodenbelüftung durch Verdichtung und durch behinderten Gasaustausch unter Straßen infolge langer Diffusionswege. Die Böden sind Gas Reductosole, Organische Substanz Reductosole, Verdichtungs-reductosole, Ekran Reductosole.

Fußwege, Plätze und einige Straßen sind gepflastert. Zwischen den Platten und Steinen entwickeln sich Böden. Die Merkmale der Böden sind hohe Konzentration von Substanzen und hohe Perkolationsintensität. Damit unterscheiden sich diese Böden beträchtlich von anderen. Dies Böden sind Dialeimmasole (altgriechisch: intervall-Böden, siehe Wenikajty u. Burghardt in diesem Band).

Bei einigen Böden treffen wir Infiltration organischer Flüssigkeiten wie Benzin, Motoröl und Teeröle an. Diese Substanzen sind nicht nur Schadstoffe. Sie ändern auch andere Bodeneigenschaften. Diese Böden sind Organische Flüssigkeitsintrusole. In Oberbodenschichten aus reinem Schotter, z. B bei Bahnanlagen, treffen wir Staubeintrag an. Die Schotter werden von Staub allmählich aufgefüllt und dann von der Vegetation besiedelt. Die Böden sind Partikel Intrusole.

Durch Bewässerung werden auch in Städten Salze wie Carbonate, Gips oder Neutralsalze gelöst und abgeführt. Dies wirkt sich auf die Oberflächenmorphologie und Gebäudestandfestigkeit aus. Die Böden sind Decarbonatosole, Degypsisole und Desalinisole.

Literatur

Stroganova, M., u. T. Prokofieva 2001: Proc. Soil Anthropozation VI, Intern. Workshop Bratislava, Slovakia, 20 - 22. 6. 2001, Soil Science and Conservation Research Inst. / Burghardt, W., 1994: Hrsg. Alfred-Wegner-Stiftg., Ernst u.Sohn, 217-229. / Burghardt, W., 2001a: Mittg. DBG 95, 166 - 170. / Burghardt, W., 2001b: Mittg. DBG 96/II, 477-478. / Burghardt, W., D. Conce, D. u. P. Scholten, 2000: Proc. First International Conference Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas, Univ. Essen, Vol. I, 283-288. / Lehmann, A. (2001): Mittg.DBG 96/II, 751-752.

Classification of Urban Soils in the Systematics of the Soils of Poland (1989) and in Classification of the forest soils of Poland (2001)

Przemyslaw Charzynski ¹⁾

Introduction

In present times there are used in Poland two systems for classification of soils. Systematics of the Soils of Poland (1989) is used in soil science researches and Classification of the forest soils of Poland is used in forestry. The urban soils can be classified with both systems.

Systematics of the Soils of Poland (1989)

The urban soils are placed as follow:

DIVISION: VII Anthropogenic soils

ORDER: VIIB industrial earth and urban soils

TYPE: VIIB Anthropogenic soils with unformed profile

They develops in present time. They haven't any genetic horizons. They develops from material resulting largely from land fills and mine spoils. Soils, which are thoroughly mixed are in this taxon too.

TYPE: VIIB Anthropogenic humous soils

They occur mainly on the territory of urban agglomerations. They are changed as a result of industrial activities and houses and factories building. These soils have thick A horizon but they are usually transformed chemically, mechanically and hydrologically.

TYPE: VIIB Anthropogenic pararendzinas

Soils, which have accumulation of calcium carbonate starting from soil surface as a result of human activities. Calcium carbonate content in surface layer must be over 5% (usually 10% to 20%) and decrease with depth.

TYPE: VIIB Anthropogenic saline soils

Anthropogenic saline soils form in urban agglomerations as a result of using salt during the winter for removing snow from the streets and as result of industrial pollution. Anthropogenic saline soils are soils, which have saline horizon within 125 cm from soil surface, which is more than 15 cm thick. This horizon should have less than 2% of water soluble salts.

Classification of the forest soils of Poland (2001)

The names and definitions of industrial and urban soils in Classification of the forest soils of Poland are identical to the ones in Systematics of the Soils of Poland. The level of taxonomic units was changed in Classification of the forest soils of Poland: Types was changed to Subtypes. The second modification is addition of sequences of horizons.

TYPE: 25. industrial and urban soils AU

SUBTYPE: 25.1 Anthropogenic soils with unformed profile AU_i

SEQUENCE OF HORIZONS: A_{in}-C_{an}-C_{an}-I_IC_{an}

25.1 Anthropogenic humous soils AU_p

SEQUENCE OF HORIZONS: A_{an}-C_{an}-I_IC_{an} or A_{an}-C_{an}-B_{tre}-C_{ca}

25.1 Anthropogenic pararendzinas AU_{pr}

SEQUENCE OF HORIZONS: A_{in}-C_{ca}a_n-I_IC_{ca}a_n-... or A_{in}-C_{ca}a_n-... ..A_b-B_b...

25.1 Anthropogenic saline soils AU_{sl}

SEQUENCE OF HORIZONS: A_Cansa-I_IC_{ansa} or A_{sa}a_n-E_{ts}a_n-B_t-C

¹⁾ Institute of Geography, Nicholas Copernicus University in Torun, ul. Danielewskiego 6, 87-100 Torun, Poland;
E-mail: pecha@geo.uni.torun.pl

Table 1: The most important kinds of subtypes of industrial and urban soils in Classification of the forest soils of Poland (2001)

Subtypes Kind	Industrial and urban soils			
	with unformed profile	humous	anthropogenic pararendzinas	anthropogenic saline
stagnic	X	X	X	X
deep stagnic	X	X	X	X
gleyic		X		
deep gleyic		X		
shallow	X		X	X
medium-deep	X	X		
deep		X		
very deep		X		

Table 2: Correlation with World Reference Base for Soil Resources and Soil Taxonomy

Systematics of the Soils of Poland (1989)/ Classification of the forest soils of Poland (2001)	World Reference Base for Soil Resources (WRB) (1998)	Soil Taxonomy (1999)
anthropogenic soils with unformed profile	Anthropi-Urbic Regosols	-
anthropogenic humous soils	Anthric Umbrisols	-
anthropogenic pararendzinas	Anthropi-Calcaric Regosols	-
anthropogenic saline soils	Anthropic Solonchaks	-

References

Classification of the forest soils of Poland, 2000, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warsaw.

ISSS-ISRIC-FAO, 1998: World Reference Base for Soil Resources. World Soils Res. Rep. 84, FAO, Rome.

SOIL SURVEY STAFF. Keys to soil Taxonomy, 1992: 8th edition. SMSS technical monograph No. 19. Pocahontass Press Inc, Blacksburg, Virginia.

Systematics of the Soils of Poland, 1989: Roczn. Glebozn., 40, 3/4, PWN, Warsaw.

Durch Aufbringen und Einbringen von Materialien hergestellte Böden

Karl Dieter Fetzer¹

1. Einleitung

Im Rahmen der bodenbezogenen Abfallverwertung und im Landschaftsbau werden durchwurzelbare Bodenschichten hergestellt. Daten zu Abfallmengen (in Tsd. t) in Deutschland im Jahre 1997 geben einen Einblick in das Mengengerüst der hergestellten Bodenschichten. Nicht einbezogen in diese Angaben sind Maßnahmen des Landschaftsbaues, die im Ergebnis vergleichbare Böden liefern:

• Deponie	53 246
• Übertägige Verbringung	66 534
• Rekultivierungsmaßnahmen	45 826
• Aufhaldungen im Bergbau	57 585

(Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT 2000 zit. in UBA 2001).

2. Materialien, Rechtliche Grundlagen, Verfahren und Regelwerke sowie Anwendungsbereiche

Die folgende Auflistung zeigt Beispiele von Materialien, die beim Aufbau von Rekultivierungsdeckschichten verwendet werden können:

- Bodenaushub
- Erdmassen
- Bodenmassen aus Bodensanierungsanlagen
- Baggergut
- Bankettschälgut
- Papierschlamm
- Bergematerial
- Bioabfälle
- Komposte
- Klärschlämme
- Siebrückstände aus Recyclinganlagen (sog. Nullkorn mit $\varnothing < 4$ mm)
- Gemische aus verschiedenen Substraten

Verschiedene rechtliche Grundlagen, Verfahren und Regelwerke sind für die Herstellung von durchwurzelbaren Bodenschichten maßgebend (Beispiele):

- Baugesetzbuch
- Bergbaurecht
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
- Bodenschutzgesetz

Je nach Verfahren können folgende Regelwerke, Verordnungen, administrative und legislative Lenkungsinstrumente zu Grunde gelegt werden (Beispiele):

- Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (§12: Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden)
- LAGA: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen
- Bioabfallverordnung
- ATV-M 362: Umgang mit Baggergut
- DIN 19731: 05.98 (Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial)
- Abfall- und Klärschlammverordnung (AbfKlärV)
- Länderspezifische Regelungen (Beispiel: Richtlinie für die Verwertung von Reststoffen bei der Abdeckung und Rekultivierung von Halden des Steinkohlenbergbaues auf Karbon im Saarland)

Auch im Rahmen von nicht genehmigungsbedürftigen Verfahren können Bodenschichten hergestellt werden.

Die im Entwurf vorliegende Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV gliedert die Anwendungsbereiche in zwei Gruppen (LABO 2002):

a. Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht:

- bei Maßnahmen des Garten- und Landschaftsbaus (z. B. Herstellung von Gärten, Grünflächen und Parkanlagen),
- bei der Verwertung von Bodenmaterial auf landwirtschaftlich genutzten Flächen,
- bei der Auf- und Einbringung von Bankettschälgut auf Böden, das bei Unterhaltungsmaßnahmen des Straßenbaus anfällt;

b. Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht:

- im Rahmen der Begrünung von technischen Bauwerken (z. B. Lärmschutzwälle), Rekultivierung von Aufschüttungen, Halden und Deponien
- bei der Rekultivierung von Steine-/Erden-Abbaustätten, Braunkohletagebauen und sonstigen Abgrabungen,
- bei Maßnahmen des Garten- und Landschaftsbaus (z. B. Herstellung von Rasensportanlagen),

¹ Landesamt für Umweltschutz
Don-Bosco-Strasse 1
66119 Saarbrücken
E-mail: KD.Fetzer@lfu.saarland.de

- im Zusammenhang mit der Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten

Die jeweiligen gesetzlichen Grundlagen regeln die Herstellung dieser Böden häufig nur in Ansätzen (z. B. Baugesetzbuch: im Rahmen von Baumaßnahmen hergestellte Böden unterliegen weitgehend der freien Gestaltung). Bei Bundesberggesetz sowie Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz sind Einzelfallentscheidungen verbreitet.

Die im Entwurf vorliegende Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV stellt ein weitreichendes Regelwerk zum Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden dar (LABO 2002). Die Vollzugshilfe definiert folgende Anforderungen an die Materialien:

- **Bodenmaterial** ist nach § 2 Nr. 1 BBodSchV „Material aus Böden im Sinne von § 2 Abs. 1 des BBodSchG und deren Ausgangssubstraten einschließlich Mutterboden, das im Zusammenhang mit Baumaßnahmen oder anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben, abgeschoben oder behandelt wird“
- Als grundsätzlich geeignet für diesen Anwendungsbereich kann nur Bodenmaterial ohne makroskopisch erkennbare und damit ohne nennenswerte Beimengungen von Fremdbestandteilen, d.h. mit einem Volumenanteil von $\leq 10\%$ und ohne Störstoffe angesehen werden. Fremdbestandteile können z.B. aus Beton, Ziegel, Keramik bestehen, die bereits vor Aushub, Abschiebung oder Behandlung im Boden enthalten waren. Störstoffe sind z. B. Holz, Kunststoffe, Glas, Metallteile u. a. in der Regel aussortierbare Stoffe (Abweichungen zur derzeitigen Praxis!)
- Nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung von Bodenfunktionen
- **Physikalische Beschaffenheit** der Materialien:
 - im Regelfall „natürliches“ Bodenmaterial einschließlich Baggergut
 - Prüfkriterien nach DIN 19731 zur Bewertung der physikalischen Eigenschaften
 - Organische Substanz (Ober- und Unterboden)
 - Bodenart (Sand, Schluff, Ton)
 - Grobbodenanteil (Kies, Grus, Steine)
 - Bodenfremde Bestandteile (Bauschutt, Straßenaufbruch etc.)
 - Vernässungsmerkmale (Nassbleichung und Rostfleckigkeit)
- **Standortgegebenheiten:** beim **Aufbringen** und **Einbringen** von **Bodenmaterial** auf oder in eine **durchwurzelbare Bodenschicht** sollte bei vergleichbarer Materialbeschaffenheit erfolgen (Ausnahmen!); bei der **Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht im Rahmen der Rekultivierung** ist ein Einbau

von standortgebundenen sowie standortfremden Material möglich.

3. Klassifikation der Böden

Der Entwurf der Vollzugshilfe des § 12 BBodSchV behandelt die Anforderungen an Materialien und an die neu entstehende durchwurzelbare Schicht, die bedarfsangepaßte Nährstoffzufuhr sowie die technische Ausführung. Besondere Vorgaben werden hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften und der Mächtigkeit der durchwurzelbaren Schicht genannt (LABO 2002). In den bisherigen Regelwerken fehlen jedoch Angaben zur kartiertechnischen Erfassung der neu entstehenden Böden. Aufgrund der großen Palette an Stoffbeständen und wechselndem Aufbau der Rekultivierungsschichten beschreiben diese Böden eine große Bandbreite an Eigenschaften und Merkmalen.

In der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN 1994) werden anthropogene Böden in der Klasse „Terrestrische Kulturosole“ (*WRB: Anthrosole*) berücksichtigt. Je nach technischer Ausführung (einschichtige = nur Unterboden oder zweischichtige Rekultivierungsdeckschicht (Oberboden/Unterboden) lassen sich die Böden als Lockersyrosem (einschichtig) oder als Regosol (aus carbonatfreiem bzw. armen Materialien; zweischichtig) bzw. als Pararendzina (carbonathaltiges Material) beschreiben. Die Anthropogenese der Böden, die im Rahmen von Rekultivierungs- und Baumaßnahmen sowie bei der Verwertung von Reststoffen hergestellt werden, könnte mit dem Begriff **Rekulturosole** Berücksichtigung finden. Eine weitere Differenzierung wäre zwischen Rekulturosolen ohne konstruierten Oberboden (Rohboden-Rekulturosole) und den Rekulturosolen mit ausgebildetem Oberboden (Typischer Rekulturosole) vorzunehmen.

4. Literatur

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. - Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland, 4. Aufl., 392 S., Hannover.

LABO in Zusammenarbeit mit LAB, LAGA und LAW (2002): Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchG (Entwurf). - 25 S., Anh., Manuskript.

STATISTISCHES BUNDESAMT 2000 (zit. in UMWELTBUNDESAMT 2001): Daten zur Umwelt. - 7. Ausgabe, Berlin, 380 S. (E. Schmidt Verl.)

Böden aus Asche der Braunkohleverbrennung und ihre Klassifikation

Reinhold Jahn & Sabine Zikeli¹

1 Einleitung

In Sachsen-Anhalt sind etwa 6000 ha von Aschen aus der Braunkohleverbrennung bedeckt, welche nunmehr bodenbildenden Prozessen unterliegen. Die systematische Einordnung solcher Böden sollte einerseits den allgemeinen Regeln der Bodensystematik folgen und andererseits eine maximale Aussagekraft zur ökologischen Bewertung im Rahmen planerischer Maßnahmen ermöglichen (Schlichting, 1987; Fiedler et al., 2002). Ziel dieses Beitrages ist es diesbezügliche Stärken und Schwächen der Deutschen Klassifikation (DBG, 1998) aufzuzeigen und notwendige Ergänzungen in Anlehnung an bestehende Regelungen der WRB (1998) vorzuschlagen.

2 Material und Methoden

Für die vorliegende Untersuchung wurden 6 Flächen ausgewählt, die aus Braunkohlenaschesubstraten unterschiedlichen Alters (5-30 Jahre) und unterschiedlicher Depositionsart (ökologische Deposition, Verkippung und Verspülung) bestehen. Die Böden wurden nach den Methoden in Schlichting et al. (1995) sowie Blakemore (1987) untersucht. Details sind bei den Autoren erhältlich.

3 Eigenschaften der Böden und abgelaufene bodenbildende Prozesse

Die Böden auf den Untersuchungsflächen haben folgende Eigenschaften: sehr niedrige Lagerungsdichten (<0.85 g cm⁻³), hohe Gips- (max. 27 %) und CaCO₃-Gehalte (max. 46 %), hohe pH Werte (7-9), sehr hohe Gehalte organischer Substanz (ungefähr 20 %) (siehe Abb. 1) und hohe Gehalte oxalatlöslicher Verbindungen aus Si, Al and Fe.

Diese Bodeneigenschaften beruhen auf der Zusammensetzung der Ausgangskohlen und deren Verbrennungsbedingungen. Aschesubstrate stehen zum Zeitpunkt ihrer Deponierung nicht im Gleichgewicht mit ihrer Umwelt. Aus diesem Grund setzen unter natürlichen Witterungsbedingungen Verwitterungsprozesse sehr schnell ein. Typische Merkmale beginnender Verwitterung sind Entgipsung und Decarbonatisierung der Oberböden. Trotz niedriger Gehalte an pflanzenverfügbarem P und K und hoher pH-Werte sind die Untersuchungsflächen von einer Ruderalvegetation besiedelt, die bereits zu einer Anreicherung pedogener organischer Substanz geführt hat. Die untersuchten Böden sind bereits gut belebt und weisen eine mikrobielle Biomasse zwischen 70 und 240 g m⁻² und Bodentiefe auf. Die C : N-Verhältnisse nehmen mit der Tiefe zu, was auf die Zufuhr organischer Substanz mit engen C : N Verhältnissen zurückzuführen ist, während im Unterboden Braunkohle mit einem C : N > 100 dominiert. (Weitere Details siehe Zikeli et al., 2002)

4 Spezifische Eigenschaften

Die untersuchten Böden weisen spezifische Eigenschaften auf, welche sowohl für Wüstenböden (Gypsisols) als auch für Vulkanascheböden (Andosols) typisch sind. Sowohl das Auftreten von Gips (Gypsisols) als auch andische Eigenschaften werden im international gebräuchlichen Klassifikationssystem der WRB auf höchstem Niveau ausgeschieden. Damit werden spezifische und ökologisch bedeutende Eigenschaften dieser Böden, wie z.B. hohe Sulphataktivität, hohe variable Ladung, hohe Anionenfixierung und Erosionsgefährdung über Bodenkarten zugänglich.

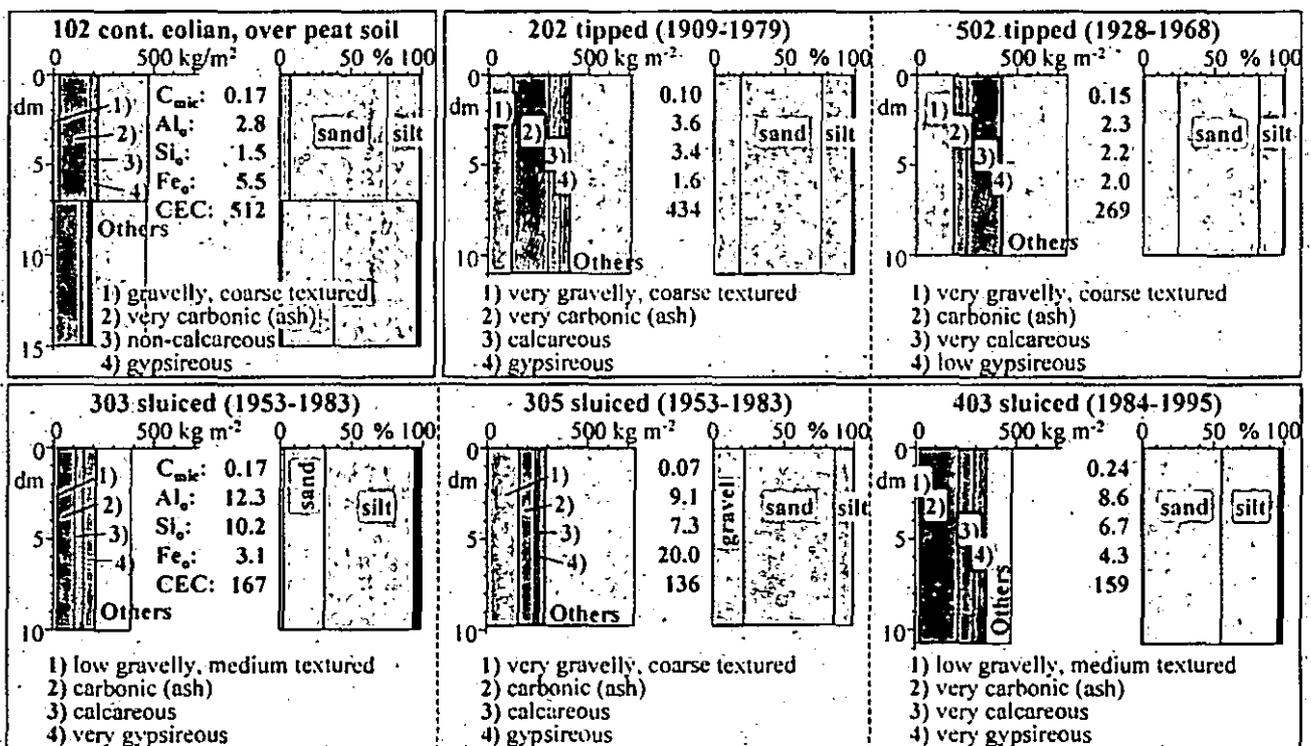


Abb. 1: Zusammensetzung der untersuchten Böden (Mengen in kg m⁻² und Bodentiefe, CEC in mol m⁻² und Bodentiefe)

¹ Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Universität Halle Weidenplan 14, D-06108 Halle (Saale), jahn@landw.uni-halle.de

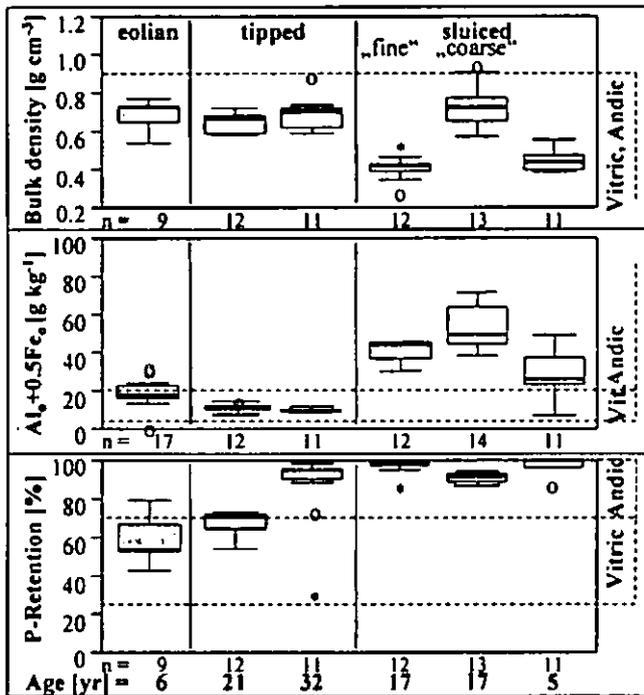


Abb. 2: Einordnung der gefundenen Parameter in die Klassifikationskriterien für vitric und andic horizons nach WRB (1998)

Trotz pedogener Umfällungsprozesse sind die Gips- und Kalkgehalte als Gesteinseigenschaften aufzufassen, nach WRB (1998) erfüllen sie nicht die Kriterien für calcic und gypsic horizons, jedoch die für calcareous und gypsiroous materials.

Akzeptiert man, daß Glas aus thermischer Verbrennung physikochemisch vulkanogenem Glas gleichzusetzen ist, erfüllen die untersuchten Böden die Klassifikationskriterien für einen vitric horizon (Abb. 2). Die Kriterien für einen andic Horizon werden wegen der geringen Tongehalte nicht erfüllt (nur in Ausnahmefällen >10%). Da sich die Al_0 und Si_0 -Gehalte in ähnlicher Größenordnung bewegen, entsprechen sie nach WRB dem Silandic Typ.

5 Konventionelle Klassifikation

Sowohl nach DBG (1998, S. 89) als auch nach WRB (1998, S. 14) werden derzeit anthropogene Böden (bzw. Böden aus anthropogenen Substraten) wie natürliche (junge) Böden eingeordnet. Für die untersuchten Böden ergibt sich hiermit nach DBG (1998):

102: RQn:og-(z2)lsx (Yab) / og-cHn

Norm-Regosol aus schwach Grus führender äolisch deponierter Lehmsandkohle aus Braunkohlenkraftwerksasche über Kalkniedermoortorf

202: RZn:ojl-(z4)xcus (Ybz, Yab)

Norm-Pararendzina aus stark Grus führendem planierverkippten Kohlekalkschluffsand aus Bauschutt und Braunkohlenkraftwerksasche

502: RZn:ojl-(z4)xlsc (Ybz, Yab)

Norm-Pararendzina aus stark Grus führendem planierverkipptem Kohlelehmsandkalk aus Bauschutt und Braunkohlenkraftwerksasche

303: RZn:os-(z2)xcsu (Yab)

Norm-Pararendzina aus schwach Grus führendem verspültem Kohlekalksand schluff aus Braunkohlenkraftwerksasche

305: RZn:os-(z4)xcls (Yab)

Norm-Pararendzina aus stark Grus führendem verspültem Kohlekalklehmsand aus Braunkohlenkraftwerksasche

403: OLn:os-cusx (Yab)

Norm-Lockersyrosem aus verspülter Kalkschluffsandkohle aus Braunkohlenkraftwerksasche

6 Diskussion und Schlußfolgerungen

Die Substrateigenschaften werden mit Ausnahme der hohen Gipsgehalte durch die Substratklassifikation sehr gut wiedergegeben. Die Berücksichtigung von Gips ist in der Substratklassifikation bislang nicht vorgesehen. → Wegen möglicher Sulphatbelastungen in Gewässern wäre dies eine notwendige Ergänzung. Eine äolische Depositionsart (mit Konsequenzen für die Art der Lagerung und Variabilität des Substrates) ist bislang ebenfalls nicht berücksichtigt. → Hier mit og-... vorgenommen. Bei den gespülten Substraten war meist eine außerordentliche Feinschichtigkeit (mm bis cm) mit großer Variabilität der Textur zu beobachten, welche insbesondere auf den Wasserhaushalt Auswirkungen hat. → Hierfür wäre ein Zusatzsymbol, z.B. os-cusx //, denkbar.

Die pedogene systematische Einordnung ist weitaus informationsärmer. Differenzierend werden lediglich carbonatisch/nichtcarbonatisch (Pararendzinen/Regosole, Syrosem) sowie graduelle Unterschiede der Humusanreicherung (Ai/Ah, Syrosem/Regosole, Pararendzinen) erkannt. Wesentliche bodenchemische Eigenschaften, welche mit andischen Eigenschaften identisch sind, werden durch die systematische Einordnung nicht realisiert. Auch wenn bislang nicht vollständig klar ist, inwieweit es sich bei diesen Eigenschaften um geogenetische und/oder pedogenetische Eigenschaften handelt, beeinflussen sie wesentlich die Funktionen der Böden als Pflanzenstandort oder in Stoffflüssen und sollten deshalb zumindest auf Subtypenniveau zum Ausdruck kommen. → Die Notwendigkeit der Einführung andischer Eigenschaften in die Deutsche Systematik ergibt sich für natürliche Böden durch das Auftreten von Andosols (im Sinne der WRB, 1998) in Deutschland (Mikutta et al., 2002) mit deutlich unterschiedlichen Eigenschaften zu den Lockerbraunerden aus kristallinen Festgesteinen (Jahn & Fiedler, 2001). Für die hier besprochenen Böden kann dieses Problem mit der → Einführung eines Anthrovitrandic Subtyps für Lockersyrosem, Regosole und Pararendzinen gelöst werden.

7 Literatur

- Blakemore L.C., Searle P.L. & Daly B.K. (1987): Methods for chemical analysis of soils. NZ Soil Bureau Scientific Report 80. Lower Hutt, New Zealand, 103 p.
- DBG (1998): Systematik der Böden und der Bodenbildenden Substrate Deutschlands. Mitteilung. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft, 86, 180 p.
- Fiedler S., Jungkunst H.P.F., Jahn R., Kleber M., Sommer M. & K. Stahr (2002): Linking soil classification and soil dynamics - pedological and ecological perspectives. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 165 (in Druck)
- Jahn R. & S. Fiedler (2001): Zur systematischen Einordnung und Abgrenzung von Ockererden. Mitteilung. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft, 96/11, 509-510
- Mikutta Ch., Kleber M., Koziol M. & Jahn R. (2002): Andosols auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland - Die Bodengesellschaft der Mosenbergkette bei Manderscheid/ Westeifel (Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv, (in Druck)
- Schlichting E. (1987): Musterbildung in der Pedosphäre - Erkenntnis und Nutzen. Mitteilung Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft, 55, 65-90.
- Schlichting E., Blume H.-P. & K. Stahr (1995): Bodenkundliches Praktikum. Blackwell, 295 p.
- WRB (1998): ISSS, ISRIC, FAO: World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports 84. Rome, 88 p.
- Zikeli S., Jahn R. & M. Kastler (2002): Initial Soil Development in Lignite Ash Landfills and Settling Ponds. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 165 (in Druck)

Characterisation and mapping of Artificial Ground in the British Geological Survey

Holger Kessler¹

The British Geological Survey (BGS) has been mapping artificially influenced ground since the 1930's. Areas of made and worked ground were recorded particularly in coal and ironstone mining areas in order to indicate the areal extent of mineral extraction. In the 1970's and 80's a series of applied geology projects used this data for environmental studies and started to classify different types of made and worked ground.

Throughout the last decade the classification was extended to include Infilled, Landscaped and Disturbed Ground. (see Tab.1 and Fig.1). This classification scheme has been widely accepted and is used in every modern 1:10.000 scale survey in the UK.

MADE GROUND	Areas where the ground is known to have been placed on the former, natural ground surface.
WORKED GROUND	Areas where the ground is known to have been cut away (excavated)
INFILLED GROUND	Areas where the ground has been cut away (excavated) and then had artificial ground (fill) deposited partly or wholly backfilled
DISTURBED GROUND	Areas of surface and near-surface mineral workings where ill defined excavations, areas of subsidence caused by the workings and spoil are complexly associated with each other
LANDSCAPED GROUND	Areas where the original surface has been extensively remodelled, but where it is impractical or impossible to separately delineate areas of worked (excavated) ground and made ground

Table 1 Definition of the existing artificial ground classes

With more pressure on previously developed urban sites, industrial sites and the implementation of the Contaminated Land Act (1990) the demand for even more detailed information on artificial ground has increased dramatically. Additionally, the amount and quality of borehole information on the type of made ground is rising as the British Standard for Site Investigations (BS5930) are put into practice.

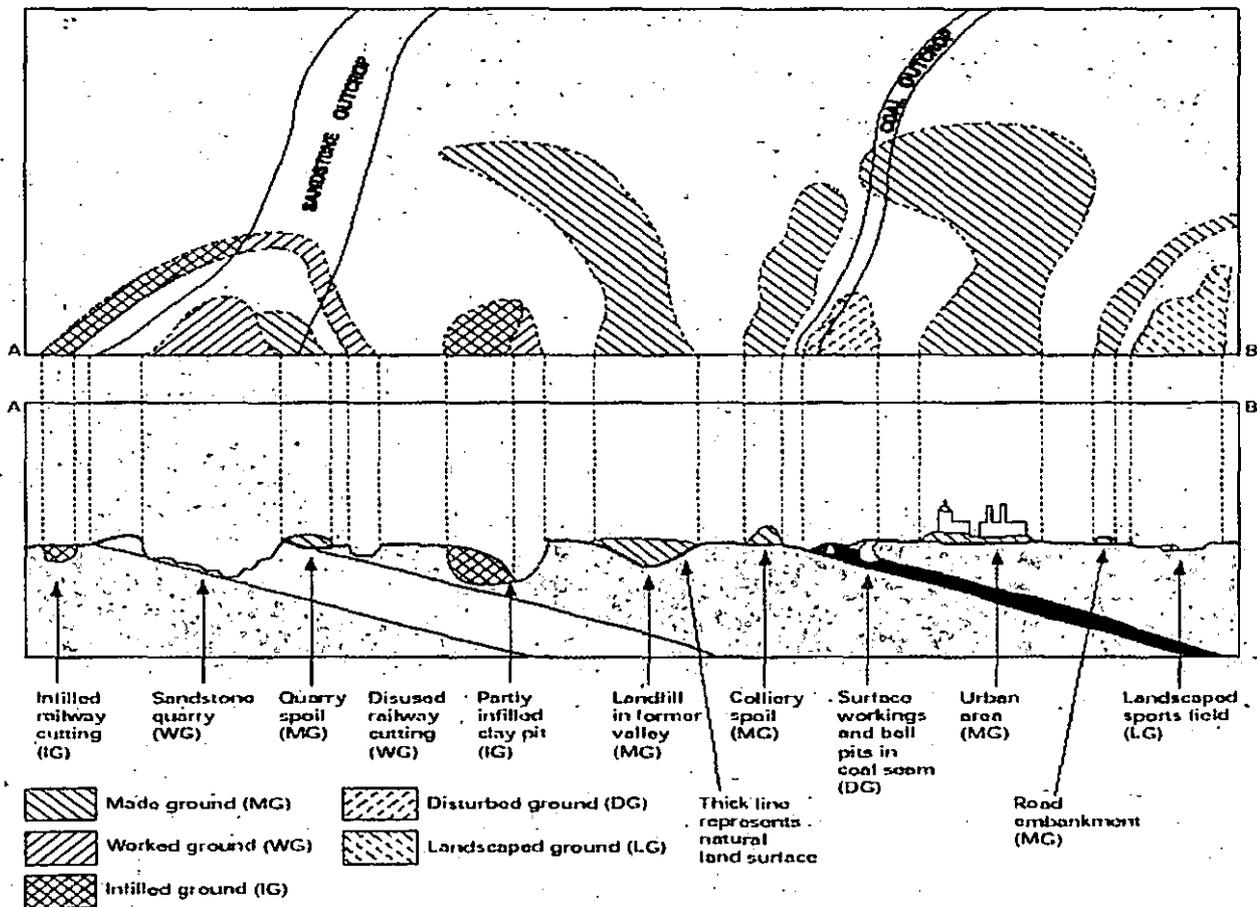


Figure 1: The present scheme for artificial ground mapping used by the BGS.

¹ British Geological Survey, Keyworth, Nottingham, UK; 0044-(0)115- 9363197 ; hke@bgs.ac.uk

As part of BGS's new Urban Geoscience Programme it was therefore decided to investigate the further sub-division of the existing classes of Artificial Ground into types and units (see Fig 2).

This morpho-stratigraphical scheme is strictly hierachical and therefore allows the use of different levels depending on data distribution, quality, scale and purpose of the survey. It is backwards compatible with existing BGS databases and extensible for future requirements. It was also very important that the system was suitable for both the digital map and borehole database.

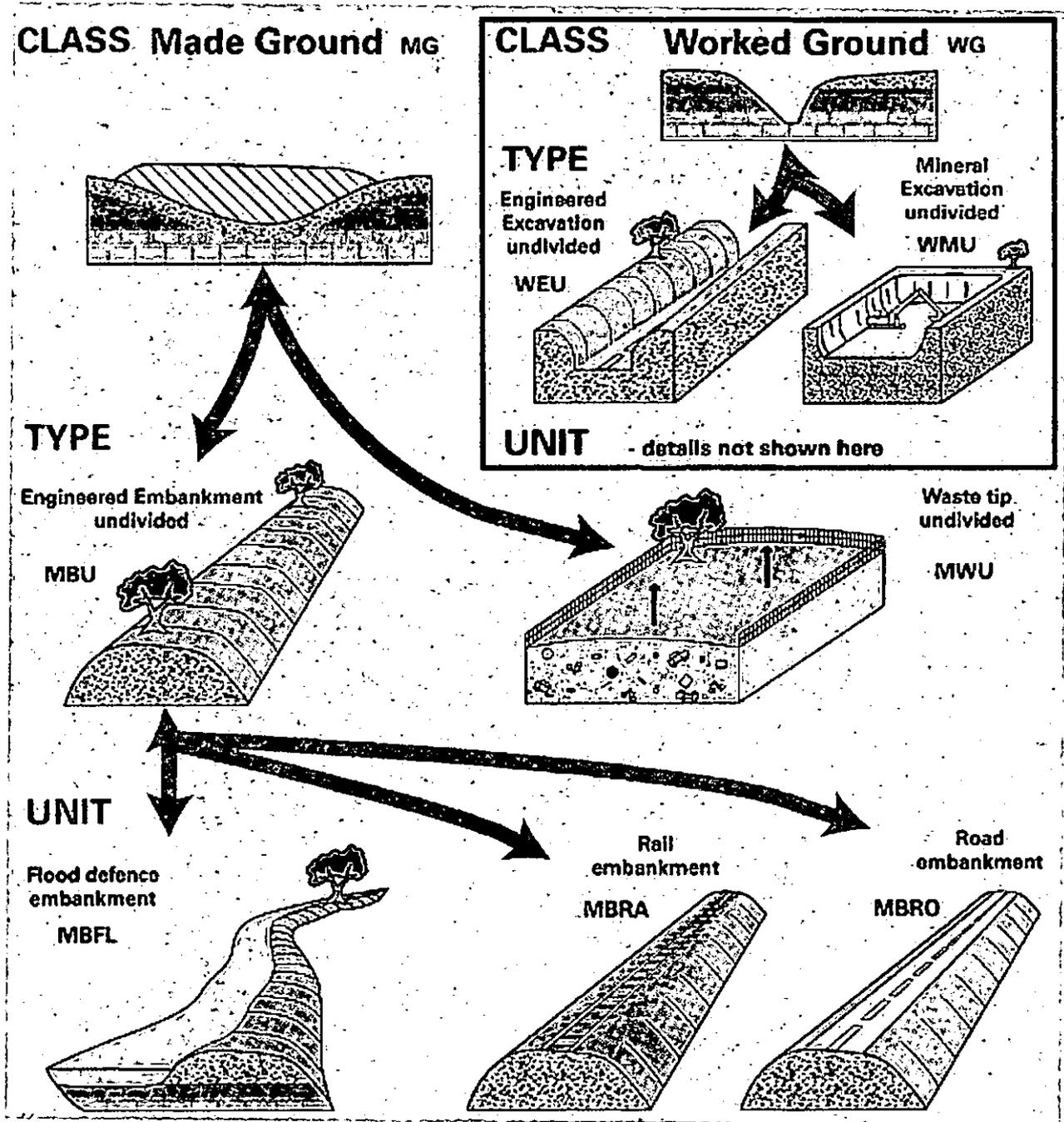


Fig. 2: The proposed further classification of artificial ground, only a few examples and codes for Made and Worked ground are shown here.

In addition to this classification, BGS aims to adopt or develop a scheme to describe the "lithological" composition of artificial deposits, but this will be part of the future work in this programme.

The main users of this improved dataset will be planners, engineers, soil scientists and hydrogeologists who can assign different ground properties depending on the type and age of Artificial Ground. BGS is in contact with the National Soil Resources Institute (prev. Soil Survey of England and Wales) to test the application of the scheme for urban soil mapping.

Ekranolithe - Böden unter Straßen

M. Komossa, A. Hagedorn und W. Burghardt¹⁾

1 Einleitung

Straßen wurden bisher nicht als Böden angesehen. Auf Bodenkarten erschienen sie nur als versiegelte Flächen. Jedoch Böden mit Krusten kommen auch natürlich vor. Daher können auch Straßen als Krusteböden bezeichnet werden. Stroganova und Prokofieva (2000) haben daher folgerichtig begonnen, Straßen als Ekranozeme (Ekranolithe - undurchlässig, zern - Boden, beides russisch) bodentaxonomisch auszuweisen.

Bei genauerem Studium der Straßenaufbrüche gibt es jedoch eine Reihe weiterer Ergebnisse, die Straßen als Böden ausweisen. Letztlich sind zur Relativierung der Versiegelungswirkung und deren Minderung bessere Kenntnisse von Straßen als Böden erforderlich.

In Folgendem sollen nun 2 Beispiele von Straßenböden vorgestellt werden.

2 Taxonomische Einordnung

Bei Straßen handelt es sich zunächst um Substratdecken aus Versiegelungsmaterialien, die unterschiedlich mächtige Auftragsschichten von groben natürlichen oder technogenen Materialien überdecken. Darunter folgen verdichtete natürliche oder technogene Substrate. Der damit vorliegende Boden ist somit zunächst ein Rohboden, in dem 'lithische' Eigenschaften überwiegen. Daher haben wir ihn als Ekranolith bezeichnet.

2 Material und Methoden

Untersucht wurden eine mäßig befahrene Anliegerstraße (Overbergstr.) und eine stark befahrene Durchgangsstraße (Ernestinenstr.). Die Profile standen kurzzeitig durch Rohrverlegung zur Verfügung. Die Entfernung zum Straßenrand war bei dem 2. Beispiel größer.

Die pH - Werte wurden nach DIN ISO 19684, der C- und der N-Gehalt durch Verbrennung und anschließender gaschromatischer Messung der Oxyde und die Karbonatgehalte mit der Scheiblerapparatur bestimmt. An den Profilwänden wurden in den einzelnen Horizonten die Redoxpotentiale ermittelt und nach Korrektur durch die pH-Werte als rH-Werte dargestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Profilverkmale

Die feste Straßendecke ist je nach Beanspruchung der Straße unterschiedlich dick. Darunter folgen bis etwa 70 bis 80 cm Tiefe Aufträge verschiedener

Tabelle 1: Essen, Overbergstraße; Straße auf Löß, pseudovergleyter Braunerde-Ekranozem.

Tiefe cm	Horizont	Horizontbeschreibung
- 8	ymC	massive Straßendecke, Asphalt
- 19	ylC ₁	Schlackensteine, bis 10 cm Durchmesser, schwaches Kittgefüge
- 23	ylC ₂	Schlackensteine, bis 5 cm Durchmesser
- 28	ylC ₃	Bergematerialreste, Aschen (Durchmesser bis 2 cm), Übergang zw. Kohärent- und Subpolyedergefüge; große Subpolyeder (2 - 3 cm); sub4; kohärent; Verfestigungsgrad 4
- 36	jC ₁	schluffiger Lehm (Ul), 30 % Aschenanteil, große Aggregate (0,5 bis 2 cm); sehr unregelmäßige Oberflächen; überprägtes Plattengefüge; Mischmaterial: Aufteilung nach einzelnen Substraten (eigentlich Ul: Subpolyeder, aber: hohe Scherwiderstände: noch kein Name f. entsprechendes Gefüge)
- 53	ylC ₄	Trümmerschutt, stark schluffig (Ul), h4; mit Ziegelbruchstücken, teils Glas
- 73	fAh	Trümmerschutt, Ul, h2; kleine Einschlüsse; eingemischtes Material (evtl. Aschen), Plattengefüge mit schwarzen, vermutl. humosen Einschlüssen
- 93	Bv	Trümmerschutt, Ul, mit kleinen Nadelstichporen: Löss, kleine Aggregate (2 - 5 mm), sub2, fossile Wurzeln (stark)
- 107	Sw ₁	Trümmerschutt, Ul, sub2; kleine Aggregate
> 120	Sw ₂	Trümmerschutt, Ul, starke Durchwurzelung, gleiches Gefüge wie oben; Marmorierung wird stärker; Regenwurmgänge mit eingeschlammtem Material

Tabelle 2: Essen, Ernestinenstraße; reductomorpher Pseudogley-Ekranozem.

Tiefe cm	Horizont	Horizontbeschreibung
- 27	ymC ₁	massive Straßendecke, Bitumen mit Split
- 42	ymC ₂	Unterbau, lockerer bis teils verfestigt, Grobsand/Kalksplit, Steine bis 5 cm Durchmesser
- 63	ymC ₃	Unterbau, lockere Schlacke mit Grobsandeinfüllung, Steine bis 4 cm
- 73	ylC ₁	Schlacke
- 78	ymC ₄	Schlacke; hohlraumreich, blau gefärbt, mit Schlackensand
- 83	fAh ₁	fossiler Ah-Horizont, vereinzelt Ziegelgrus
- 91	fAh ₂	vereinzelt Ziegelgrus, weniger als fAh ₁
- 101	fAh ₃	
- 120	Yr	reduzierter Horizont
- 128	Yo	Oxidationshorizont
- 140	Sw	Wurzelgänge senkrecht nach unten bis Swd ₂ ; direkt unter Yo starke Rostfleckung
- 176	Swd ₁	braune Fleckung: Wurzelgänge mit eingeschwemmten Material; viele Wurzelsprengelungen
> 176	Swd ₂	

¹⁾ Fb.9, Angewandte Bodenkunde, Universität Essen, 45117 Essen

Abbildung 1: pH - Werte der Ekranolithprofile

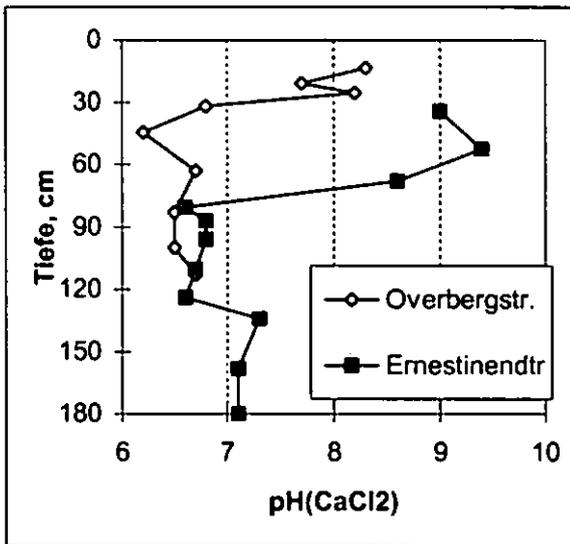


Abbildung 2: Carbonatgehalte der Ekranolithprofile

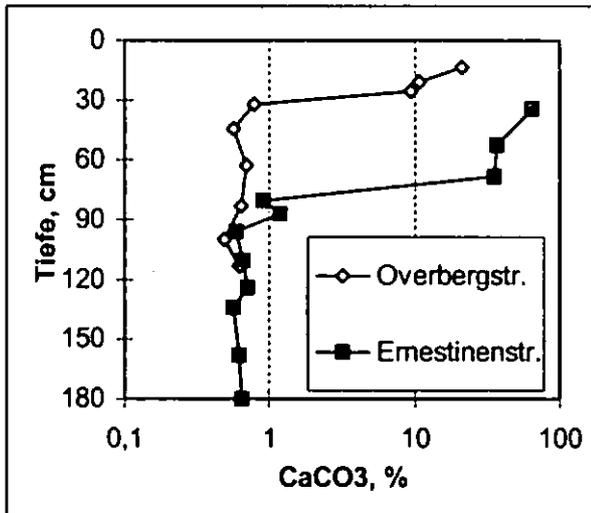
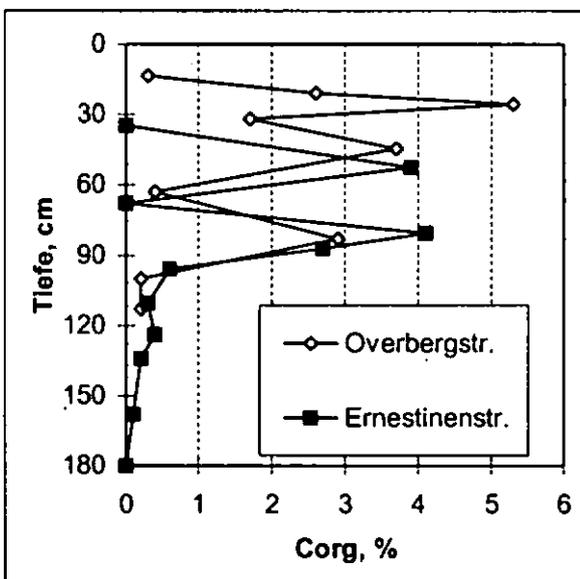


Abbildung 3: Corg-Gehalte der Ekranolithprofile



Substrate, die im Ruhrgebiet Aschen und Schlacken enthalten. Direkt unter der Straßendecke können sie verfestigt und verdichtet sein. Durch die Schlackenverwitterung kann auch CaCO_3 entstehen und damit eine Verkittung durch CaCO_3 entstehen. Besonders bei größeren und damit besser ausgeführten Straßen kommen hohlräumreiche Schichten vor. Darunter folgen alte Bodenbildungen. Es kann sich um fossile natürliche Böden (Ernestinenstr.) wie auch um fossile Böden auf Aufschüttungen, z.B. Trümmerschutt (Overbergstr.) handeln. Die Ah-Horizonte wurden nicht abgetragen. Der Ekranozeme der Ernestinenstraße wies reduktomorphe Horizonte auf. Offensichtlich war der Gasaustausch unter der Straße aufgrund der langen Diffusionswege und der Bodenart schluffiger Lehm nicht mehr gegeben.

3.2. Bodeneigenschaften

Die Böden waren nicht trocken. Vielmehr traten Wassergehalte bis zu 25 Gew.% auf. D.h. die Böden waren eher nass.

Die Böden wiesen unter der Straßendecke in den schlackenhaltigen Schichten hohe Carbonatgehalte auf (Abbildung 1). Entsprechend hoch waren die pH-Werte von pH 8-9 (Abbildung 2). Darunter waren sie schwach sauer bis neutral. Es kann somit auch in dem ungestörten Boden der Ernestinenstraße eine Aufkalkung durch die verwitterten Schlacken angenommen werden.

Die Corg-Gehalte zeigen oberhalb 70-80 cm das Vorkommen von unvollständig verbrannte Aschen an (Abbildung 3). Darunter sind deutlich die fossilen Ah-Horizonte erkennbar.

Im Profil Ernestinenstraße wurde ein Abfall der rH-Werte bis auf 17,5 ermittelt.

3.3 Klassifikation

Die Ekranozeme wiesen aufgrund ihres Aufbaues Merkmale von Stauwasserböden auf. Weiterhin können reduktomorphe Horizonte auftreten. Entsprechend waren Pseudogley-Ekranozeme und reduktomorphe Pseudogley-- Ekranozeme auszuweisen.

Literatur

Stroganova, M., u. T. Prokofieva 2001: Proc. Soil Anthropozation VI, Intern. Workshop Bratislava, Slovakia, 20 - 22. 6. 2001, Soil Science and Conservation Research Institute.

Indirekte Regeln zur Ableitung und Darstellung von anthropogen bestimmten Bodenformengesellschaften in Bodenübersichtskarten

Kühn, Dieter *

Fragestellung:

Bei Bodenübersichtskarten werden i.d.R. die Kartiereinheiten (Einzelflächen) und Legendeneinheiten auf der Grundlage vorhandener Unterlagen mit Kontrollen im Gelände erstellt. In urbanen Bereichen ist sowohl die Datengrundlage als auch die Methodik zur Übertragung von Aufschlussinformationen auf die Flächeneinheiten anders als in Bereichen mit vorwiegend naturnahen Böden. Administrative und inhaltliche Probleme, die die Kartierung erschweren, stehen einer intensiveren Geländeaufnahme entgegen. Diese liegen hauptsächlich in der Zugänglichkeit der Flächen und in der Einholung von Genehmigungen der Eigentümer, Nutzer und Versorger sowie des Munitionsbergungsdienstes. Es ist zwar möglich eigene Aufschlüsse oder jene, die bei Bauarbeiten in städtischen Regionen oder Siedlungen entstehen, systematisch zu erfassen, doch i.d.R. erkennt man recht bald, dass die Verbreitung und Struktur der Bodendecke in urbanen Räumen anderen Regeln folgt, die nur mit einem unvermeidbar hohem Aufwand erkundet werden könnten. Deshalb sind in urbanen Gebieten einige Zusatzinformationen erforderlich. Die Vielfalt insbesondere der Substratabfolgen in stark überprägten Bodenarealen hängt i. w. von folgenden Faktoren ab, zu denen Informationen recherchiert werden müssen:

- das Alter und Verlauf der Siedlungsgeschichte,
- der Grundwasserstand,
- die Nutzungstypen bis heute,
- der Versiegelungsgrad und
- der geologische Untergrund,
- eventuell (kriegsbedingte) Zerstörungen der Bausubstanz.

Spezielle Standortsituationen zeigen die Abbildungen 1 und 2.

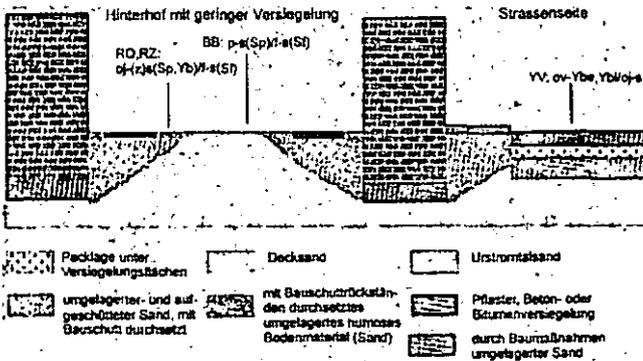


Abb. 1: Beispielsituation für im 2. WK wenig zerstörte Innenstadt im Berliner Urstromtal

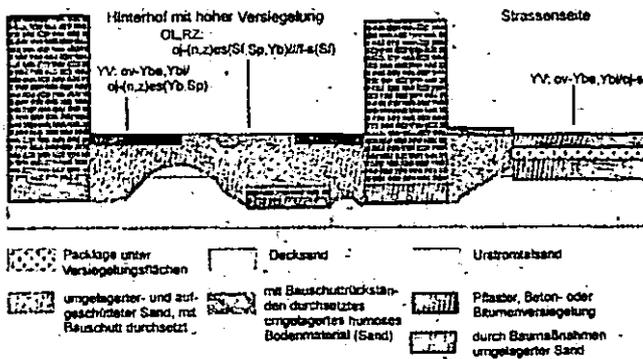


Abb. 2: Beispiel für im 2. WK stark zerstörte Innenstadt im Berliner Urstromtal

Material:

Die folgenden indirekten Informationen ermöglichen Interpretationen zum Substrataufbau für betreffende Areale in Bodenübersichtskarten:

- Flächennutzungskarten, wenn vorhanden, verschiedenen Alters,
- Topographische Karten (auch verschiedener Jahrgänge),
- Luftbilder, wenn vorhanden aus Zeiten verschiedener Entwicklungsphasen der Siedlungen,
- Spezialkarten (z. B. über Versiegelungsgrade wie in Abb. 3 oder über ehemalige Zerstörungsgrade im 2. Weltkrieg),
- Geologische Spezialkarten,
- Hydrogeologische Karten und
- Bodenkarten größeren Maßstabs.

Da bei Übersichtskarten ohnehin keine flächengetreue Darstellung von einzelnen Bodenarealen/-formen möglich ist, dienen die Erfahrungen aus dem großmaßstäbigen Bereich als Hilfsmittel sowohl für die Abgrenzung als auch bei der inhaltlichen Definition der Bodenformengesellschaften in Bodenübersichtskarten (GRENZIUS 1987).

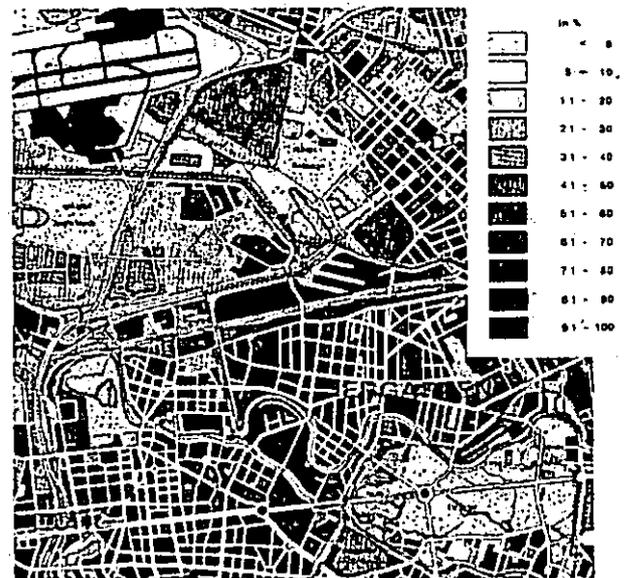


Abb. 3: Kartenausschnitt Versiegelung Berlin I : 50 000



Abb. 4: Ausschnitt Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg I : 300 000

Ausgewählte Beispiele anthropogener Legendeneinheiten (s. Abb. 4) deuten die Heterogenität urbaner Böden an:

* Dr. Dieter Kühn
Landesamt für Geowissenschaften u. Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow (e-mail: kuehn@lgrb.de)

Böden aus bauschutführenden und z.T. umgelagerten natürlichen Substraten mit Versiegelungsflächen:

90 verbreitet Pararendzinen aus schutt- und grusführendem Kippcarbonatlehmsand mit Bauschutt über Lehm; verbreitet Hortisole und Fahlerde-Braunerden aus Sand über Lehm, z.T. Moränencarbonatlehmsand; gering verbreitet Versiegelungsflächen; selten Kolluvisole, Regosole und Lockersyrose aus Kippsand über Lehm, z.T. Moränencarbonatlehmsand
 RZ: oj-(n,z)els(Sgf,Yb,Sp)/p-l(Mg){3.1}; YO, LF-BB: p-s(Sp)/g-els,p-l(Mg){3.1}; YV: ov-Yn/oj-s{2}; YK, RQ, OL: oj-s/g-el,p-l(Mg){1}

WRB: *Calcar-Anthropic Regosols from anthropogenic deposits*

Versiegelungsflächen mit Böden aus bauschutführenden Substraten:

91 überwiegend Versiegelungsflächen; gering verbreitet Lockersyrose und Pararendzinen aus grus- und schuttführendem Kippcarbonatsand mit Bauschutt über sehr tiefem Schmelzwasser- oder Urstromtalsand; gering verbreitet Hortisole, Regosole und Kolluvisole aus grusführendem Kippsand mit Bauschutt über tiefem Schmelzwasser- oder Urstromtalsand; selten Gley-Braunerden und vergleyte Braunerden aus Sand über Urstromtalsand
 YV: ov-Yn/oj-s{3.2}; OL, RZ: oj-(n,z)es(Sf,Sp,Yb)//f-s(Sgf,Sf){2}; YO, RQ, YK: oj-(z)s(Sf,Yb,Sp)//f-s(Sgf,Sf){2}; GG-BB, gBB: p-s(Sp)/f-s(Sf){1}

WRB: *Anthropic Regosols from anthropogenic deposits (rubble)*

92 überwiegend Versiegelungsflächen; verbreitet Lockersyrose und Pararendzinen aus schutt- und grusführendem Kippcarbonatlehmsand mit Bauschutt über sehr tiefem Moränencarbonatlehm; gering verbreitet Hortisole und Kolluvisole aus grusführendem Kippsand mit Bauschutt über Lehm, z.T. Moränencarbonatlehm
 YV: ov-Yn/oj-s{3.2}; OL, RZ: oj-(n,z)els(Sgf,Sp,Yb)//g-el(Mg){3.1}; YO, RQ, YK/LF: oj-(z)s(Yb,Sf,Sp)/g-el,p-l(Mg){2}; LF-YO, LF-BB: p-s(Sp)/p-l(Mg){1}

WRB: *Calcar-Anthropic Regosols from anthropogenic deposits (rubble)*

Versiegelungsflächen mit Böden aus industrie- und bauschutführenden Substraten:

93 überwiegend Versiegelungsflächen; gering verbreitet Lockersyrose und Pararendzinen aus schutt- und grusführendem Kippcarbonatsand mit Bau- und z.T. Industrieschutt über sehr tiefem Fluss- oder Urstromtalsand; gering verbreitet Braunerde-Hortisole, Kolluvisole und Regosole aus grusführendem Kippsand mit Bauschutt über tiefem Fluss- oder Urstromtalsand
 YV: ov-Yn/oj-s{3.2}; OL, RZ: oj-(n,z)es(Sp,Yi,Yb)//f-s(Sf){2}; BB-YO, YK, RQ: oj-(z)s(Yb,Sf,Sp)//f-s(Sf){2}; YK/GG, YK/GG-BB: oj-s(Sp)/f-s(Sf){1}

WRB: *Anthropic Regosols from anthropogenic deposits (rubble)*

96 überwiegend Lockersyrose aus Kippschutt über Kippsand; verbreitet Regosole und Lockersyrose aus Kippsand über Sand; gering verbreitet Regosole, Lockersyrose aus Kippsand über Lehm, z.T. Moränencarbonatlehm
 OL: oj-n(+B,+D)/oj-s{3.2}; RQ, OL: oj-s/f-s{3.1}; RQ, OL: oj-s/g-el,p-l(Mg){2}

WRB: *Anthropic Regosols from anthropogenic deposits (rubble)*

Böden aus deponierten Substraten:

97 überwiegend Lockersyrose und Pararendzinen aus schutt- und grusführendem Kippcarbonatsand über Bauschutt; verbreitet Kolluvisole und Regosole aus schutt- und grusführendem Kippsand über Bauschutt; selten Lockersyrose und Rendzinen aus Kippschutt aus Kalkstein
 OL, RZ: oj-(n,z)es(Yb,Sgf,Sp)/oj-Yb{3.2}; YK, RQ: oj-(n,z)s(Sgf,Yb,Sp)/oj-Yb{3.1}; OL, RR: oj-n(*k){1}

WRB: *Calcar-Anthropic Regosols from anthropogenic deposits*

Die Begriffe wurden nach der Substratsystematik der DBG bzw. der KA4 gebildet. Die Symbole von Grob- und Feinbodenarten korrespondieren entsprechend mit den Angaben zu Ausgangsgesteinen. Dominierende Ausgangsgesteine werden zuletzt genannt (s. AK BODENSYSTEMATIK 1998, S.146).

Schlussfolgerungen:

Regeln für die Ableitung von Bodenformeninventaren sind im urbanen Bereich eher tendenzielle Aussagen, die mit höheren Unsicherheiten behaftet sind als bei der Kartierung in anderen Gebieten. Diese Aussage trifft sogar teilweise auf großmaßstäbige Karten in urbanen Gebieten zu. Erkundung im urbanen Bereich heißt deshalb vorwiegend Gewinnung von Informationen, die indirekt Aufschluss

über die mögliche Bodenbeschaffenheiten geben. Ihre Interpretation und Kombination und das Wissen um mögliche anthropogene Einflüsse auf den Boden bei Nutzungsprozessen, z. B. während der Bautätigkeit lassen die Ableitung von Regeln zu, wie sie anhand des Beispiels der Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg umgesetzt wurden (s. Abb. 4 und Beispiele von Legendeneinheiten):

- Je älter die Siedlungsgeschichte ist, desto mächtiger ist i. d. R. eine anthropogene Überprägung der natürlichen Böden bzw. deren Überdeckung.
- Je stärker Kriegszerstörungen in Städten waren, desto höher ist i.d.R. der Bauschuttanteil in den Substraten und deren Mächtigkeit in den Gebäudezwischenräumen.
- Im bauschutführendem Substrat älterer Wohnsiedlungen dominiert der Grusanteil im Grobboden. Auf Flächen mit längerer industrieller Nutzung dominiert der Schuttanteil im Grobboden. I. d. R. überwiegt der Feinboden am Gesamtboden.
- Je höher der Versiegelungsgrad ist, desto höher ist auch der Anteil anthropogener Substrate auf den verbleibenden Flächen, und desto geringer ist die Bedeutung bodensystematischer Einheiten für die Abgrenzung und inhaltliche Kennzeichnung von Kartiereinheiten.
- Areale mit vorwiegender Eigenheimbebauung haben in den Zwischenräumen eine weitgehend natürliche Bodendecke.
- Der geologische Untergrund beeinflusst die Zusammensetzung von anthropogen geprägten Mischsubstratdecken.
- Hohe Grundwasserstände führten häufig zur Aufschüttung von meist natürlichen Substraten mit abnehmender Hydromorphie mit zunehmender Überdeckung.

Ausblick:

Da sich zukünftig die Möglichkeiten der direkten Erkundung in urbanen Bereichen nicht verbessern werden, weil kaum ausreichende finanzielle und personelle Kapazitäten vorhanden sind, werden die aufgezeigten Möglichkeiten der Ableitung weiterhin Bestand haben. Möglichkeiten zur indirekten Informationsverdichtung sind spezielle Fernerkundungsmethoden wie Gammaspktrometrie oder Infrarotaufnahmen, die nach Überprüfungen der Ergebnisse an erkundeten Standorten weitere Informationen liefern könnten, die zumindest für den Oberboden und dessen Zusammensetzung Anhaltspunkte liefern. Die Ableitung von Bodenformengesellschaften und ihrer Flächenanteile folgt Annahmen zur vorrangig zu erwartenden Substratüberprägung bzw. -ablagerung. Für konkrete Flächen können damit die ausgewiesenen Bodenformen und ihre Flächenanteile stärker von den realen Verhältnissen abweichen, als dies bei natürlich geprägten Bodenarealen zu erwarten ist. Die bisherige Substratsystematik, insbesondere die Kennzeichnung der Tiefenstufenbereiche, ist für die Kennzeichnung urbaner Flächen in Übersichtskarten zu detailliert, so dass Tiefenbereiche dominierende Verhältnisse andeuten. Eine Schätzung der Flächenanteile sämtlicher anzunehmenden Flächenbodenformen, die sich aus einer detaillierten Kennzeichnung der unterschiedlichen Mächtigkeitsverhältnisse ergeben, ist aus Übersichtsgründen wenig zweckmäßig und problematisch.

Quellen:

- Ad-hoc-AG BODEN (1994): *Bodenkundliche Kartieranleitung*, - 4. Aufl., Hannover (KA4).
- AK BODENSYSTEMATIK der DBG (1998): *Systematik der bodenbildenden Substrate*, - Mitt. der DBG, Bd. 86, S. 135 ff..
- *Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000 (BÜK 300)*, - Kleinmachnow/Potsdam 2001.
- *Geologische Übersichtskarte von Berlin und Umgebung 1 : 100 000*, LGRB und Senatsverwaltung Abt. SenStadtUm von Berlin, 1995.
- GRENZIUS, R. (1987): *Die Böden Berlins (West) - Klassifizierung, Vergesellschaftung, ökologische Eigenschaften*, - Diss., Berlin .
- *Luftbildkarte Berlin 1 : 50 000*, Senatsverwaltung Bauen, Wohnen und Verkehr - Vermessungswesen -, 1996 Berlin.
- *Umweltatlas von Berlin, Karte Bodengesellschaften (Konzeptkarte)*, 1993 Berlin.
- *Umweltatlas von Berlin, Karte Versiegelung*, 1993 Berlin.

Tiefhumose Böden und verdichtete Böden im urbanen Raum

von
Andreas Lehmann*

Tiefhumose, urbane Böden

Entstehung, Verbreitung

Ein typischer Zivilisationsezeiger für den siedelnden Menschen sind Humusanreicherungen in der direkten Umgebung seiner Wohnstätte. Dies geschieht durch

- unorganisiertes Entsorgen von Abfällen und durch
- gärtnerisch-landwirtschaftliche Aktivitäten.

Die Bedeutung dieser Einflüsse auf die Bodenbildung durch den Menschen nehmen heute in den großen Städten der Nordhalbkugel ab. In bedeutendem Maßstab erfolgt der rezente Eintrag von organischer Substanz in Stadtböden unseren Kulturkreises durch mechanisches Vermengen von Ober- mit Unterboden. Dies erfolgt beim

- Modellieren städtischer Freiflächen
- Rekultivieren der Freiflächen von Bauplätzen
- beim Verfüllen von Leitungsräben

Häufig werden dabei Böden mit Humusanreicherungen bis zu einer Tiefe von 60 cm und darüber hinaus geschaffen.

Bei der Vorbereitung der Stadtbodenkartierung München wurde in drei Pilotgebieten eine Verbreitung von tiefhumosen Böden von über 50 % ermittelt. Die Kartierung im Maßstab 1 : 50.000 wurde in einem seit 1950 überwiegend industriell genutzten Gebiet (ca. 100 ha) und

in einem seit 50 Jahren schwerpunktmäßig durch Wohnen geprägten Areal (ca. 110 ha) durchgeführt.

Im Industriegebiet zeigten die tiefhumosen Böden häufig Anreicherung mit technischem Kohlenstoff, die auf Einträge von Kohle und anderen Verbrennungsrückständen zurückzuführen waren. In den Wohngebieten beschränkten sich die Anreicherungen mit technogenem Kohlenstoff im Wesentlichen auf die unmittelbare Umgebung der Gebäude mit einem Baujahr jünger als 1970.

Allein aufgrund der Folgerung, dass durch frühere Entsorgungsgewohnheiten in alten Siedlungskernen tiefhumose Böden anzutreffen sind und durch die Beobachtung, dass über Versorgungsleitungen regelmäßig tiefhumose Böden zu erwarten sind, ergibt sich eine bedeutende Verbreitung tiefhumoser urbaner Böden.

Beispiel für die ökologische Bedeutung

Ein Aspekt der ökologischen Bedeutung tiefreichender Humusanreicherung, der über das hinausreicht was für agrarisch geprägte Böden

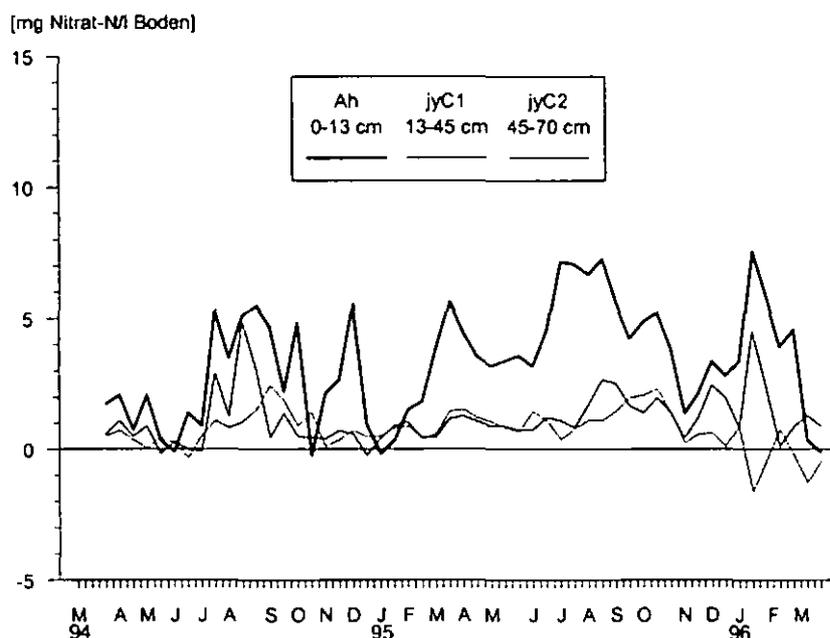


Abb. 1: Nettomineralisation von NO₃-N in 14 Tageszeiträumen bei einem tiefhumosem Boden aus Keupermaterial mit Hausmüll

bekannt ist, soll an einem Stadtboden erläutert werden (s. STAHR et al. 1997).

* Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, D-70599 Stuttgart
lehmandr@uni-hohenheim.de

Bei der Untersuchung der Nettomineralisation von Nitrat bei einem tiefhumosem Boden in Stuttgart ergaben sich über größere Zeiträume höhere Nettomineralisationsraten für einen Horizont in 45-70 cm Tiefe als für den darüberliegenden Horizont, der von 13-45 cm Tiefe reichte (s. Abb. 1).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass tiefhumose Böden in urbanen Gebieten von einer so tiefgreifenden Bedeutung sind, dass dies auch einer bodensystematischen Berücksichtigung bedarf.

Bodensystematik

Als mögliche, aber nicht befriedigende Lösung können tiefhumose Böden, deren Entstehung auf anthropogene Einflüsse des siedelnden und gewerbetreibenden Menschen zurückzuführen sind, als Kolluvisole bezeichnet werden. Dies läßt die gültige deutsche Bodensystematik zu (z.B. KA4 1994). Zielführender wäre, es die tiefhumosen, urbanen Böden bodensystematisch von den agrarischen Kolluvisolen zu trennen. Sinnvoll wäre es auch, reliktsche Hortisole und reliktsche Reduktosole einer solchen bodensystematischen Einheit zuzuordnen.

Verdichtete, urbane Böden

Entstehung, Verbreitung, Bedeutung

In Städten sind verdichtete Böden weit verbreitet. Gründe hierfür sind:

- Tritt
- Befahren
- Parken
- Planieren

Verdichtung entsteht im privaten Bereich sehr häufig durch Übernutzung der wenige Quadratmeter umfassenden Grünflächen. Im öffentlichen Bereich ist das Betreten, Befahren und Parken von Grünflächen, auch bei wassergesättigten Böden oftmals der Grund für Oberbodenverdichtungen. Ein wesentlicher Aspekt der Bodenverdichtungen in Städten kann auch durch die Destabilisierung von Bodenaggregaten in Folge von Streusalzeintrag sein (mündliche Mitteilung GROTENTALER).

Der Gebrauch von ungeeigneten Baumaschinen bei ungeeignetem Bodenzustand kann sehr hohe Lagerungsdichten hervorrufen. Bei einer Untersuchung aktueller Wassergehalte und aktueller Nitratkonzentrationen in 25-60 cm Tiefe bei einer Pararendzina aus Keupermaterial mit Müllkompost unter Weinbergsnutzung wurden über ein Jahr hinweg zwei 5 m entfernte Stellen untersucht. Dabei wies ein Probenahme-punkt eine mittlere Lagerungsdichte in der Beprobungstiefe auf, der andere Probenahme-punkt zeigte eine hohe Lagerungsdichte. Knapp 30 Jahre nach dem Bodenauftrag waren diese Unterschiede erkennbar und schlugen sich durch einen fehlenden Jahresgang der Nitratkonzentrationen in dem stärker verdichteten Horizont nieder. Es kann gefolgert werden, dass der verdichtete Horizont nur im äußerst geringen Maß in der Lage ist, Bodenfunktionen wahrzunehmen.

Verdichtungen können in urbanen Böden als stabile Merkmale angesehen werden, da sie häufig zeitlich so lange bestehen wie die Böden selbst.

Bodensystematik

Es erscheint sinnvoll, bei der Horizontansprache auf anthropogene Verdichtungen hinzuweisen. Dies kann durch ein dem Hauptsymbol vorgestellten Kleinbuchstaben „d“ erfolgen, womit auf den anthropogenen Ursprung der Verdichtung hingewiesen ist.

Literatur

KA4 (AG BODENKUNDE DER GEOLOGISCHEN LANDESÄMTER UND DER BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE IN DER BRD, 1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA4, 4. Auflage). Hannover, 392 S.

STAHR, K., A. LEHMANN und K. HOLLAND (1997): Anionen, S. 66-100. In: BLUME, H. P. und U. SCHLEUB (Hrsg.): Bewertung anthropogener Stadtböden. Schriftenreihe Inst. f. Pflanzenernähr. und Bodenk. 38, S. 63-100.

Boden der Stadt Kiel und Eckernförde und das Problem Klassenbildung und Klassenzuweisung von Bodenausgangsmaterial und Bodenentwicklungsstadien

von

Hans-Kurt Siem

Die Analyse von Boden- und Bodenausschnitten in Kiel auf einer Grundrißfläche von ca. 120 km² durch das ehemalige Geologische Landesamt Schleswig-Holstein und das Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der CAU Kiel setzte 1983 ein und endete 1988 mit der Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel und Umland. Die Analyse in Eckernförde erfolgte auf einer Grundrißfläche von ca. 18 km² ebenfalls durch o. g. Einrichtungen und wurde 1999 mit der Bodenformenkarte Eckernförde 1:12 500 abgeschlossen.

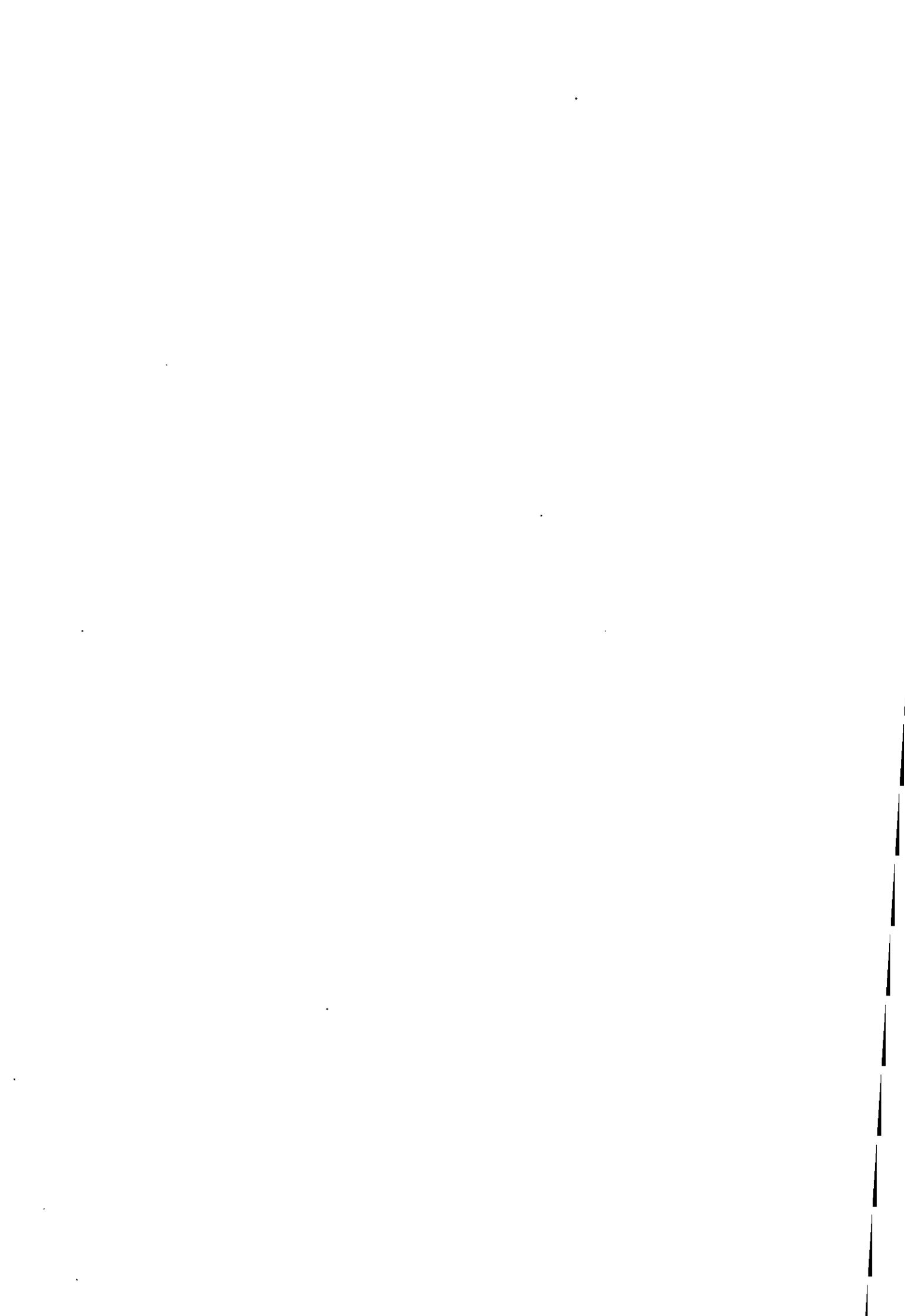
Die Befunde aus der Analyse Kiel und Eckernförde waren hinsichtlich Bodenausgangsmaterial und Bodenentwicklungsstadium nicht zweifelsfrei, da letztendlich nicht auszuschließen war, dass es sich bei den Eigenheiten widerspiegelnden Merkmalen um solche des Ausgangsmaterials handelte. Unabhängig davon, erfolgte mit einer Ausnahme die Zuweisung der aus den Befunden abgeleiteten Bodenentwicklungsstadien aus Kiel zu den Klassen der AG Bodenkunde, 3. Auflage (KA3) und die der aus Eckernförde zu den Klassen der AG Boden, 4. Auflage (KA4). Die Ausnahme bestand in einem Bodenentwicklungsstadium aus Klärschlamm, für das als vorläufig neue Klasse die des Methanosol aufgestellt wurde (Siem et al., 1987), die später in Reduktosol umbenannt und erweitert wurde (KA4).

Noch stärkere Schwierigkeiten bereitete das Bodenausgangsmaterial bei der Analyse soweit es sich um vom Menschen auf- und eingebrachtes lockeres Gesteins- und Bodenmaterial als Gemenge in unterscheidbaren Lagen handelte. Die Bodenbildung aus Festmaterial wie Beton, Ziegel

oder Asphalt wurde zwar registriert aber wie in der klassischen Bodenaufnahme üblich, in beiden Karten nicht dargestellt. Die Karte Eckernförde enthält lediglich den Hinweis, dass Boden unter Wasser, Knick (in Schleswig-Holstein bepflanzte Wälle) und aus anthropogenen Hartgesteinen z.B. von Gebäuden und Straßen, nicht dargestellt ist. Außerdem wurden, um die zahlreichen Objekte in die Kartenlegende Eckernförde aufnehmen zu können, die Klassen der Bodenentwicklungsstadien von denen des Bodenausgangsmaterials getrennt aufgeführt.

Ohne Kenntnis der Bestandteile des Bodenausgangsmaterials und deren Organisation bzw. Koordination, ist ein daraus entstandenes Bodenentwicklungsstadium nicht zweifelsfrei gewinnbar. Wenn jedoch weder das Lithon noch das dazugehörige Pedon zweifelsfrei aus der Analyse gewonnen werden können, stellt sich die Frage, wie und mit welchem Ziel ein An- bzw. Ausschnitt der Erdkruste bodenkundlich zu analysieren ist?

Vorläufig wird hier die Lösung in einer reinen Merkmalsaufnahme gesehen. Dabei werden Merkmale als Widerspiegelung von Eigenheiten (pl. Eigenschaften) der An- bzw. Ausschnitte der Erdkruste angesehen.



Steine und Skelettgehalte als Merkmal von Stadtböden

Dorothea Stasch und Karl Stahr

1. Einleitung

Städtisch-industrielle Nutzungen führen durch Umlagerung und Eintrag technogener Substrate zu Veränderungen der natürlichen Skelett- und Bodenstruktur. Durch die Verringerung des Feinbodenanteils werden wesentliche physikalische Eigenschaften verändert, z.B. das Speichervolumen für Wasser-, Schad- und Nährstoffe. Andererseits besitzen einige technogene Substrate, wie z.B. Ziegel ein gewisses Speichervolumen. Die Erfassung und Beschreibung der Skelett-

gehalte ist mit größerem Aufwand verbunden. Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse von Böden im Stuttgarter Raum dargestellt.

2. Ergebnisse

In Tab. 1 dargestellten Skelettgehalte von zwei Stuttgarter Stadtböden zeigen, dass in Abhängigkeit von der Nutzung bzw. Nutzungsgeschichte die Skelettgehalte sowie die Art und Menge der technogenen Beimengungen stark variieren können. Eine zusammenfassende Auswertung nach Nutzungstypen getrennt für Ober- und Unterböden (Tab. 2) zeigt charakteristische Tendenzen. Erwartungsgemäß die geringsten Skelettgehalte finden sich bei Böden unter den naturnahen Nutzungen Wald und Acker.

Tab. 1: Skelettgehalte und Art der technogenen Beimengungen von zwei typischen Stuttgarter Stadtböden

Hor.	Tiefe (cm)	Skelett (Gew.%)			Skelettart
		ges.	nat.	techn.	
Normpararendzina aus Schlackensand mit Aschen, Hausmüll und Bauschutt (Klingenbachpark)					
Nutzung: Parkanlage seit ca. 1960, vormals Kleintierzüchterverein					
Anthropogener Einfluss: zwei fast zeitgleich aufgebraachte Lagen aus Schlackensand, darüber Lehmschicht (aufgefüllte Klinge)					
jAh	0-5	1-2	1	<1	Ziegel, Glas, Plastik, Kohle
jAh-IC	-25	17	13	4	Kohle, Porzellanscherben, Knochen
II yIC1	-80	36	0	36	Aschen, Schlacken, Kohle, Knochen, Glas, Plastik
III yIC2	-160	23	0	23	Aschen, Schlacken, Kohle, Knochen, Glas, Plastik
Normpararendzina aus umgelagertem Keupergestein (Diakonissenkrankenhaus)					
Nutzung: Innenhof (Blockbebauung)					
Anthropogener Einfluss: durch häufige Bautätigkeit mehrfach geschichtetes Profil, frühere Mischnutzung, teilweise Altlast (alter Gaswerkstandort)					
yjAh	0-6	18	16	2	Ziegel, Mörtel, Kohle, Glas, Plastik
yjICv	-25	20	16	4	Ziegel, Mörtel, Kohle, Glas
II jylC	-31	56	32	24	Beton, Ziegel, Nägel, Mörtel, Glas
III jylC	-40	59	51	8	Kohle, Asche, vereinzelte Ziegel, Glas
IV jylC	-52	72	47	25	Bauschutt
V Sd-ICv	-70	1	0	1	Kohle, Bauschuttreste

Die hohen technogenen Skelettgehalte bei Böden der öffentlichen Parkanlagen und Grünflächen sind meist auf Trümmer-/Bauschuttbeimengungen zurückzuführen.

Die höchsten Skelettgehalte weisen Böden der Blockbebauung der Innenstadt und Einzehausbebauung auf. Die Blockbebauung hat auch den höchsten Anteil an technogenen Substraten im Unterboden. Der geringe Anteil im Oberboden ist vor allem auf Überdeckung mit natürlichen Substraten zurückzuführen.

Tab. 2: Durchschnittliche natürliche und technogene Skelettgehalte von Nutzungstypen aus dem Stuttgarter Raum

Nutzungstyp	n	Skelettgehalt (Gew.%)					
		Oberboden (0-30 cm)			Unterboden (30-100 cm)		
		gesamt	natürlich	technogen	gesamt	natürlich	technogen
Wald	5	1,7	1,7	0	5,4	5,4	0
Acker	5	1,1	1,1	0	3,9	3,9	0
Weinberg	2	25,5	7,5	28,0	15,0	7,5	7,5
Park-/Grünflächen	5	10,1	6,8	3,3	37,8	10,3	27,5
Einzelhausbebauung	6	10,1	8,3	1,8	38,3	38,3	0
Blockbebauung/Innenstadt	4	2,6	2,6	0	25,8	0	25,8
Ortskern	2	8,0	4,0	4,0	10,0	5	5,0
Bahngelände	3	36,3	13,3	23,0	37,3	31,0	6,3
Straße	2	74,8	74,8	0	0	0	0

Beim Nutzungstyp Einzelhaus überwiegen natürliche Skelettgehalte, erhöhter Anteil im Oberboden ist auf Düngung mit Müllkompost zurückzuführen. Die Menge der technogenen Substrate nimmt hier nicht mit der Bodentiefe, sondern mit der Nähe zum Gebäude hin zu. In Straßen- und Bahnflächenböden überwiegen hohe Skelettgehalte, die Oberböden bestehen meist aus unterschiedlich zusammengesetzten Schotterschichten mit schwankenden Anteilen von technogenen Substraten.

Von der Art der technogenen Beimengungen lassen sich ebenfalls Unterschiede feststellen. In Böden der Innenstadtbereiche finden sich

vorwiegend Bauschutt, Schlacken und Aschen, in den alten Ortskernen eher Ziegel, Mörtel und Kompostierungsreste als technogene Beimengungen. In den älteren Industriegebieten sind verstärkt Aschen, Schlacken aber auch Produktionsabfälle zu finden.

Die Auswirkungen der Skelettierung sind in Tab. 3 am Beispiel der kf-Werte dargestellt. Aufgrund ihrer starken Abhängigkeit von der Bodenstruktur sind diese generell großen Streubreiten unterworfen. Die Höhe der gemessenen kf-Werte und die Streubreiten werden aber in Stadtböden noch um ein Vielfaches übertroffen.

Tab. 3: Gesättigte Wasserleitfähigkeit mit Bewertungsstufen von zwei Standorten

Tiefe (cm)	Hor.	Textur	Gefüge	LD (g/cm ³)	X (Gew.%)	kf-Wert (cm/d)			Bewertung	
						Min.	Max.	GeoM.	MW	SW
Normpararendzina aus Schlackensand mit Aschen, Hausmüll und Bauschutt (Klingenbachpark)										
5-25	jAh-C	Ls2	Subpolyeder	1,3	17	477	4412	2885	6	3
25-80	II yC1	Su3	Einzelkorn	0,7	36	720	12215	5468	6	4
80-160	II yC2	Sl3	Einzelkorn	0,7	23	825	7420	5220	6	4
Normpararendzina aus umgelagertem Keupergestein (Diakonissenkrankenhaus)										
0-6	yjAh	Lt3	Subpolyeder	1,5	18	29	6445	672	6	2
6-25	yjCv	Lt3	Subpolyeder	1,6	20	5	3215	267	5	2
25-70	VSd-Cv	Tu2	kohärent	1,7	1-2	0	55	1	1-2	2

MW = Bewertungsstufe nach KA4 abgeleitet aus Messwert

SW = Bewertungsstufe nach KA4 abgeleitet aus Schätzwert nach Bodenart und Lagerungsdichte

3. Schlußfolgerungen

Vorliegende Ergebnisse zeigen eine tendenzielle Charakteristik der Skelettverteilung und Art der Beimengungen in Abhängigkeit von der Nutzung. Aufgrund der

starken Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften erscheint es sinnvoll, über die Skelettgehaltsstufen hinaus die technogenen Substratgehalte in die Horizontbeschreibungen stärker miteinzubeziehen.

Dialeimmasol - Ritzenboden von Gehwegpflastern

M. Wenikajtyš u. W. Burghardt ¹⁾

1 Einleitung

Die Ritzen des Gehwegpflasters sind mit Sand und damit mit Lockersedimenten gefüllt, die Böden bilden können. Sie kommen in regelmäßigen Abständen vor und können daher auch als Intervallböden oder griechisch Dialeimmasol benannt werden. Mit dem folgenden Beitrag sollen Beispiele solcher Dialeimmasole vorgestellt werden.

2 Material und Methoden

Beprobte wurden zwei Typen an Dialeimmasolen. Der eine entwickelte sich zwischen Betonplatten mit den Maßen 40x40x5cm und der andere zwischen unregelmäßig geformten Natursteinpflastersteinen. Bei den Betonplatten wurden 2 Standorte mit unterschiedlichem Umgebungseinfluß ausgewählt. Ein Standort (Bahnhof Kettwig, Pla.1) lag im Freien, der zweite in einer stark befahrenen Unterführung (Gladbeckerstr., Pla2) und damit von der Umgebung und von Niederschlägen abgeschirmt. Der Standort mit Natursteinen (Weberplatz, Nast3) lag im Freien.

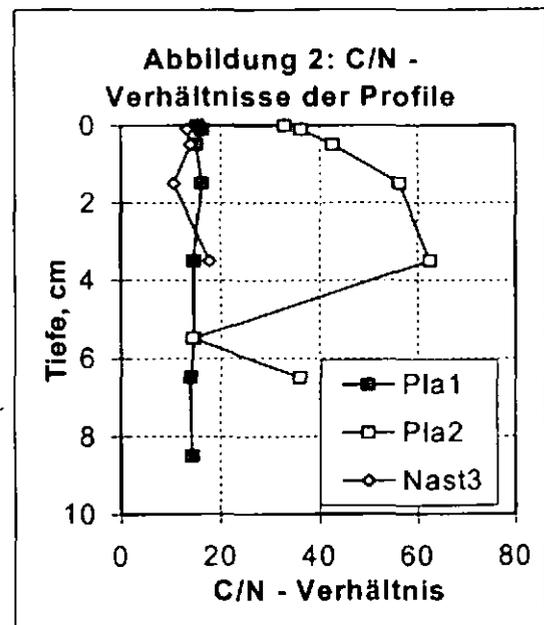
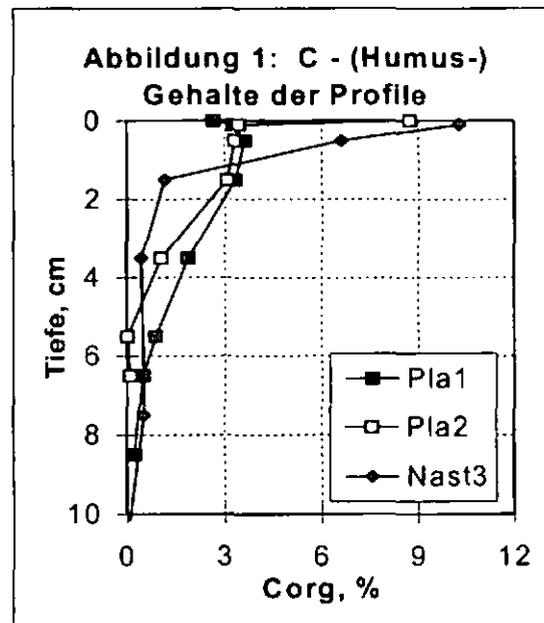
Der wesentlichste Unterschied der Beläge bestand in der Pflasterritzenbreite. Bei den Betonplatten betrug sie nur 3 - 5 mm, bei den Pflastersteinen 1 cm und mehr. Weiterhin von Bedeutung wird das Verhältnis der Flächenanteile der versiegelnden Oberfläche zur Bodenoberfläche der offenen Ritzen sein. Dies war bei den Betonplatten 5 mm (Pla1) und 3 mm (Pla2) und bei den Natursteinpflastersteinen (Nast3) im Mittel 9,8 mm.

Die Dialeimmasole wurden in kleinen Tiefenstufen bis unter die Platten, bzw. Steine beprobt. An den Proben wurde die Korngrößenverteilung nach DIN 19683, Blatt 2 und DIN 4188, Blatt 1, pH - Wert nach DIN ISO 19684, der C- und der N-Gehalt durch Verbrennung und anschließender gaschromatographischer Messung der Oxyde betimmt.

3 Ergebnisse

3.1 Merkmale

Es kommt bei den Dialeimmasolen zur Anreicherung von Kohlenstoff, dessen Gehalte mit der Tiefe abnehmen. Die Verteilung der Kohlenstoffgehalte (Abbildung 1) ist bei

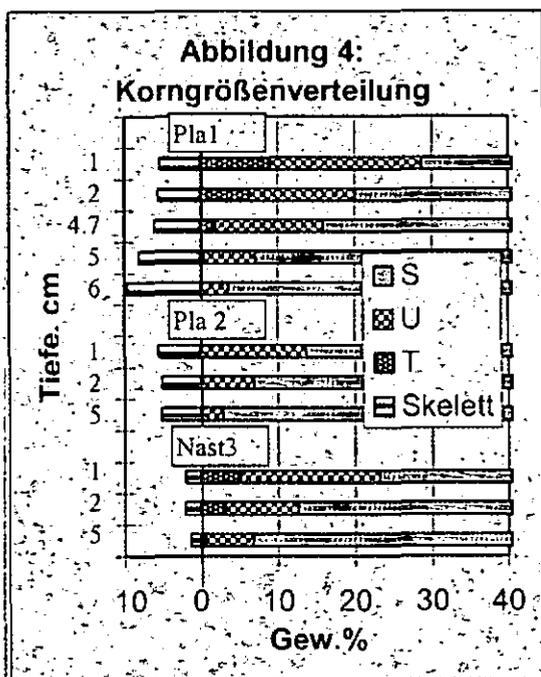
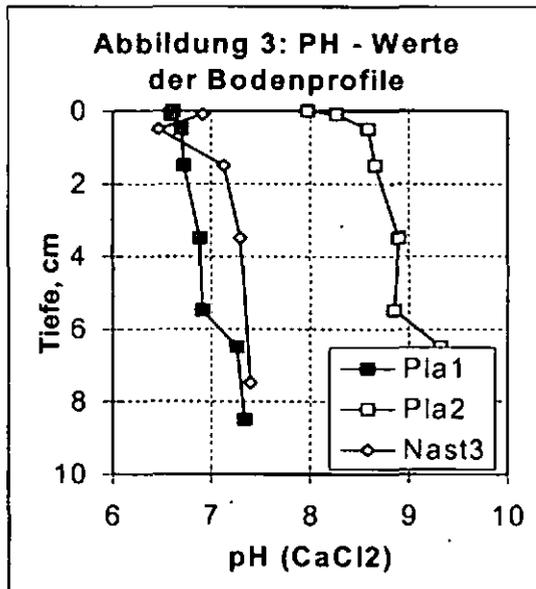


Dialeimmasolen zwischen Betonplatten verschieden von der zwischen den Natursteinpflastern. Bei Betonplatten reicht die Anreicherung bis knapp unter die Platten, während beim Natursteinpflaster lediglich die oberen beiden Zentimeter eine Anreicherung zeigen. Die C/N - Verhältnisse waren in der Unterführung wie erwartet sehr weit (Abbildung 2, Pla2). Dies weist auf den technologischen Ursprung des Kohlestoffs u.A. aus Ruß oder Reifenabrieb hin. Auffällig ist die weitere Zunahme des C/N - Verhältnisses mit der Tiefe. Ohne die Abschottung durch die

¹⁾ Fb.9, Angewandte Bodenkunde, Universität Essen, 45117 Essen.

Unterführung waren die C/N - Verhältnisse eng (Abbildung 2, Pla1 und Nast3) und wiesen eine gleichmäßige Verteilung auf.

Eine Differenzierung der Ergebnisse nach abgeschottet und nicht abgeschottet zeigte sich auch bei dem pH - Werten (Abbildung 3). In der Unterführung lagen sie bei pH 8 bis über pH 9. Außerhalb traten Werte um pH 7 auf. Auffallend war bei jedem der Profile ein starker pH - Wertanstieg über die nur wenige Zentimeter betragende Profiltiefe.



Auch hinsichtlich der Korngrößenverteilung (Abbildung 4) traten deutliche Unterschiede auf. Bei dem Dialeimmasol der Unterführung trat kein Ton auf. Ansonsten konnte man sehr gut die Abnahme des Schluffes mit der Tiefe auf fast 0 % bei allen drei Profilen feststellen.

Die nicht abgeschotteten Profile Pla1 und Nast3 zeigten diese Abnahme auch für Ton.

3.2 Vorgang der Bodenbildung

Die Ergebnisse legen nahe, daß sich zunächst Stäube auf den Platten und Steinen abgelagert haben. Von dort hat das Niederschlagswasser die Stäube zu den Spalten gespült. Durch die hohen auf kleiner Fläche zur Versickerung kommenden Niederschlagswassermengen wurden die Stäube im Boden der Spalten verlagert. Vermutlich wurde dies durch die sehr lockere Verfüllung der Spalten der Platten begünstigt.

In der Unterführung kann kaum eine Verlagerung durch versickerndes Wasser angenommen werden. Es liegt nahe, einen Transport durch Rüttelbewegung anzunehmen, ausgelöst durch den Fußgängerverkehr oder den Schwerlastverkehr der angrenzenden Straße.

Unter den Bedingungen perkolierenden Wassers werden organische Substanz, Ton und Schluff verlagert. In der trockenen Unterführung kamen organische Substanz und Schluff zur Verlagerung. Obgleich im Straßenstaub der Unterführung Korngrößen der Tonfraktion (14%) vorlagen, wurden diese nicht im Boden vorgefunden.

Für die Böden der breiteren Spalten der Natursteinpflastersteine wurde eine schwächere Tiefenverlagerung als zwischen Platten ermittelt. Dies kann mit der dichteren Lagerung der Sande schon bei Einbau erklärt werden, so daß unter 2 cm Tiefe der Eintrag an Humus, Ton und Schluff geringer ist. In den breiteren Spalten ist auch ein Beitrag der Bioturbation zur Humusbildung nicht ausgeschlossen, was den höheren C - Gehalt in den oberen 2 cm erklären würde.

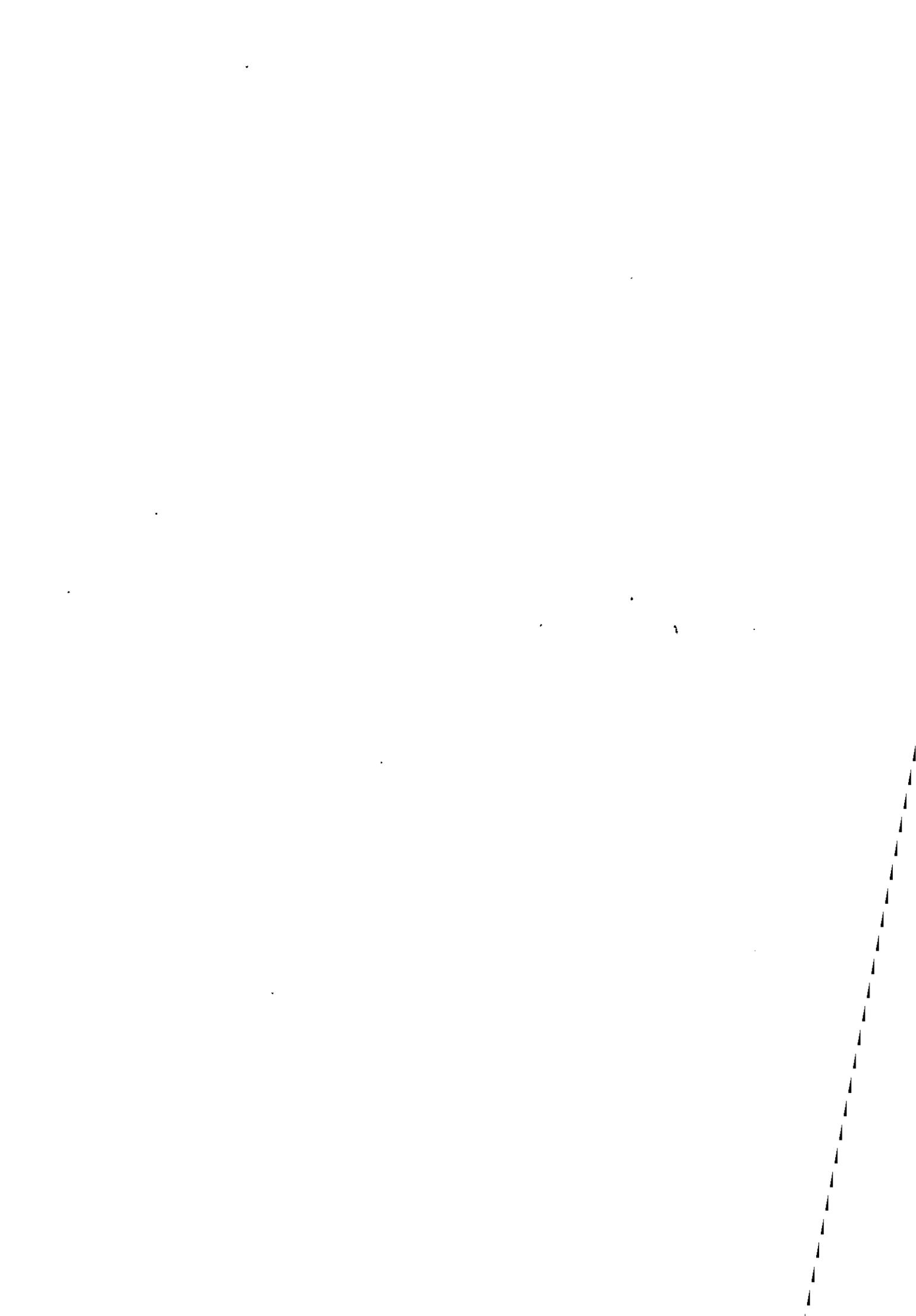
Dominierendes Merkmal des Dialeimmasols ist somit die Verlagerung von Kohlenstoffverbindungen, Ton und Schluff aus kohlenstoffhaltigen Staubablagerungen. Der Transport erfolgt in Form von Partikeln. Er ist bei natürlichen Böden für Ton, jedoch nicht für Schluff und organische Substanzen bekannt. Entsprechende Horizontmerkmalssymbole wären einzuführen, d.h. für Schluffanreicherung „u“ und die Kombinationen „ht“, „hut“. Die Horizontfolgen des Dialeimmasols sind somit „jhC, Bhut, IC“ bzw. „yjhC, Bhut, IC“ oder „Ah, Bhut, IC“ und „yhC, Bhu, IC“.

**MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT**

**REFERATE
AK „Boden in Unterricht und Weiterbildung“
28. und 29. Juni 2002 in Greifswald**

Band 99

2002



Der Stellenwert der Bodenkunde an landwirtschaftlichen Berufsschulen in Niedersachsen

Ulrich Heitlage, Klaus Mueller*

Einleitung

Böden können aufgrund ihrer ökologischen Stellung als Mittelpunkt der Biosphäre und Grundlage des höher entwickelten Lebens betrachtet werden. Im Gegensatz zu anderen Umweltmedien erfahren sie aber bei Weitem nicht eine ihrer Bedeutung entsprechende Wertschätzung in der Gesellschaft. Dies zeigt sich oftmals auch in einer völlig unzureichenden Berücksichtigung des Themas Boden in Unterricht und Weiterbildung.

Im Gegensatz zu allgemein bildenden Schulen, wo sich diese defizitäre Situation durch Untersuchungen von Bochter (1997), Giani (1997), Kluttig u. Mueller (1999) und Sauerborn (2001) belegen lässt, lagen für den Bereich der berufsbildenden Schulen im Agrarsektor bisher keine diesbezüglichen Informationen vor. Diese Lücke konnte jetzt geschlossen werden durch umfangreiche Untersuchungen von Heitlage (2002) an berufsbildenden Schulen im Agrarbereich in Niedersachsen. Durchgeführt wurden Analysen der Lernziele und Lerninhalte in den aktuellen Lehrvorgaben sowie umfangreiche Befragungen von Schülern und Lehrkräften zur Einbeziehung bodenkundlicher Inhalte in den Unterricht.

Analyse der Lernziele und Lerninhalte der aktuellen Lehrvorgaben

Analysiert wurden Lernziele und Lerninhalte folgender aktueller Lehrvorgaben: Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Landwirt, Rahmenlehrplan für den berufsfeldbezogenen Lernbereich im Berufsgrundbildungsjahr (BGJ) Agrarwirtschaft, Rahmenrichtlinien für den berufsfeldbezogenen Lernbereich im Berufsgrundbildungsjahr (BGJ) Agrarwirtschaft, Ausbildungsrahmenplan für die Berufsausbildung zum Landwirt. An dieser Stelle soll beispielhaft über die diesbezüglichen Ergebnisse der Auswertung des Rahmenlehrplans für den Ausbildungsberuf Landwirt berichtet werden (Tab. 1).

Rahmenlehrpläne sind tabellarisch aufgebaut, nach Ausbildungsjahren gegliedert und umfassen Zeitrichtwerte sowie Hauptlerngebiete, welche durch Lernziele sowie Lerninhalte konkretisiert werden. Eine zeitliche bzw. inhaltliche Differenzierung zwischen den einzelnen Lerngebieten ist nicht obligatorisch, methodische Verfahrensweisen zur Erreichung eines Lernzieles werden nicht vorgeschrieben.

Tabelle 1 zeigt, dass lediglich 4 % der Zeitrichtwerte bzw. 35 Stunden in 3 Jahren für die Vermittlung bodenkundlicher Inhalte bei der Ausbildung junger Landwirte zur Verfügung stehen. Lernziele und Lerninhalte umfassen 5,5 bzw. 4,8 % der Vorgaben. Hinzu kommt, dass die Bodenkunde als eigenständiges Fach nicht existiert. Bodenkundliche Inhalte werden vielmehr zerstückelt und ohne Bezug zueinander im Rahmen anderer Themen abgehandelt (z.B. Bodenbearbeitung, Standortansprüche von Fruchtarten, Wasserversorgung von Pflanzen). Bodenkunde kann somit selbst für den interessierten Schüler als eigenständiges Fach oder Wissensdisziplin nicht erkannt werden. Die Ver-

Tabelle 1: Berücksichtigung bodenkundlicher Inhalt im Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Landwirt

Kriterium	Stunden insgesamt	Stunden mit bodenk. Inhalten	prozentualer Anteil
Zeitrichtwerte in Unterrichtsstunden			
• 1. Lehrjahr	320	14	4,4 %
• 2. u. 3. Lehrjahr	560	21	3,8 %
• insgesamt	880	35	4,0 %
Anzahl Lernziele			
• 1. Lehrjahr	26	1	3,9 %
• 2. u. 3. Lehrjahr	65	4	6,2 %
• insgesamt	91	5	5,5 %
Anzahl Lerninhalte			
• 1. Lehrjahr	129	8	6,2 %
• 2. u. 3. Lehrjahr	372	16	4,3 %
• insgesamt	501	24	4,8 %

mutung liegt nahe, dass sich die Lehrplangestalter in der Regel des eklatanten Mangels an bodenkundlich orientierter Ausbildung nicht bewusst sind.

Schülerbefragung

In Niedersachsen werden zurzeit etwa 4.400 Schüler an 38 Berufsschulen zum Landwirt ausgebildet. Davon wurden 276 an 5 Berufsschulen mithilfe eines umfangreichen, eigens dafür entwickelten Fragebogens zu folgenden Schwerpunkten befragt: bodenkundliches Grundlagenwissen, Fragen zur Einstellung (z.B. zum Bodenschutz), Fragen zur Person. Die Antworten zum bodenkundlichen Grundlagenwissen, zusammengefasst nach Fragekomplexen, sind in Tab. 2 dargestellt.

Tabelle 2: Zusammenfassende Darstellung der Antworten zum bodenkundlichen Grundlagenwissen der Auszubildenden

Fragenkomplex	korrekte Antworten in %	falsche oder keine Antworten in %
Bodenbiologie	80,2	19,8
Bodenphysik	33,0	67,0
Bodenchemie	38,2	61,8
Bodensystematik	43,2	56,8
Wesen v. Böden	64,7	35,3
Bodenschutz	78,6	21,4
Stoffbestand v. B.	49,8	50,2
Schätzfragen	29,3	70,7

Insgesamt wurden die Fragen zum Komplex Bodenbiologie zu mehr als 80 % richtig beantwortet. Im Unterricht der allgemein bildenden Schulen wird dieser Themenkomplex offenbar ausreichend behandelt. Zudem gehen die guten bodenbiologischen Kenntnisse auch mit den Interessen der Schüler einher, bei denen die Bodenbiologie als direkt erleb- und begreifbares Wissensgebiet auf größere Aufmerksamkeit stößt als andere Themen der Bodenkunde. Auch die Fragen zum Komplex Bodenschutz und zum Wesen sowie zur Bedeutung von Böden wurden mit fast 79 % und 65 % weit gehend richtig beantwortet. Hier zeigen sich allerdings deutliche Differenzierungen in Abhängigkeit von den zur Beantwortung notwendigen Detailkennt-

nissen. Allgemeine Fragen z.B. zur Notwendigkeit des Bodenschutzes wurden richtig beantwortet, solche dagegen zu Umfang, Ursachen und Wirkung der Bodenerosion dagegen oftmals nicht korrekt.

Deutliche Schwächen in der Beantwortung zeigten sich insbesondere bei den Schätzfragen sowie den Fragekomplexen zur Bodenchemie und zur Bodenphysik. Hier sei ergänzend gesagt, dass die Fragen keinesfalls Spezialwissen verlangten. Sie waren vielmehr so formuliert, dass sie mit durchschnittlichem schulischem Wissen durchaus hätten beantwortet werden können. Beispielsweise waren mehr als 64 % der Auszubildenden (zum Landwirt!) nicht in der Lage, die korrekte Definition des pH-Wertes zu erkennen. Insgesamt scheinen gerade Kenntnisse über allgemeine chemische und physikalische Zusammenhänge teilweise nur rudimentär vorhanden zu sein.

Die Auswertungen der Einstellungsfragen und der Fragen zur Person sowie Kreuzvergleiche lassen teilweise erhebliche Wissensmängel auf wesentlichen Gebieten der Bodenkunde erkennen. Diese Mängel sind im 1. Lehrjahr des Berufsgrundbildungsjahres deutlich höher als im 2. und 3. Jahr. Nach eigenen Aussagen sind 54 % der Befragten bis zum Beginn des Berufsgrundbildungsjahres nicht mit bodenkundlichen Themen in Berührung gekommen. Darüber hinaus offenbaren die Auszubildenden ein nur geringes Interesse an der Bodenkunde. Das der Wert bodenkundlicher Kenntnisse oftmals kaum oder gar nicht erkannt wird, zeigt sich unter anderem auch darin, dass mehr als 87 % der Schüler ihr bodenkundliches Wissen dennoch als sehr gut, gut oder zumindest als befriedigend bezeichnen.

Lehrerbefragung

In Ergänzung zu der Auswertung der Lehrvorgaben und zur Schülerbefragung wurde auch eine Befragung von Fachlehrkräften zum Stellenwert der Bodenkunde an landwirtschaftlichen Berufsschulen durchgeführt. Die eigens dafür entwickelten Fragebögen wurden an die insgesamt 38 Berufsschulen in Niedersachsen mit landwirtschaftlicher Ausbildung versandt. Die Rücklaufquote war mit 80 % (43 von 54 Fragebögen) außerordentlich hoch und belegt das Interesse der Fachlehrer an dieser Befragung. Die Antworten zur Bewertung bodenkundlicher Teilgebiete im Unterricht sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Die Lehrkräfte messen dem bodenkundlichen Grundlagenwissen überwiegend große Bedeutung zu. Besonders der Bodenschutz wird als wichtig erachtet. Hier zeigt sich ein bemerkenswerter Widerspruch im Vergleich zu den Auszubildenden, von denen lediglich 8 % Bodenschutzfragen als bedeutungsvoll bezeichnen. Nach Aussage vieler Lehrer ist in den letzten Jahren ein sichtbarer Trend zur Verschlechterung des allgemeinen Wissens, wie auch bodenkundlicher Grundkenntnisse, bei den Schülern zu beobachten. Die Befragung der Fachlehrer zeigte, dass sie sich durchaus der teils eklatanten bodenkundlichen Wissenslücken der Schüler bewusst sind. Überwiegend wird von den Lehrverantwortlichen eine unzureichende Vermittlung bodenkundlicher Kenntnisse beklagt. 66 Prozent der Befragten nenne aus Hauptgrund die fehlende Zeit. 43 Prozent bemängeln eine unzureichende Berücksichtigung in den Lehrplänen, 36 Prozent weisen auf ein unzureichendes Schülerinteresse hin. 21 Prozent sehen in mangelnden Fortbildungsangeboten den Hauptgrund für die unzureichende Ausbildung auf bodenkundlichem Gebiet.

Tabelle 3: Bewertung bodenkundlicher Teilgebiete für den Unterricht an landwirtschaftlichen Berufsschulen (Angaben in % Nennung)

Teilgebiet	sehr wichtig bis relativ wichtig	mäßige Bedeutung	relativ unwichtig bis unwichtig
Bodenschutz, Bodenschädigungen	87,2	6,4	6,4
geologische Grundlagen	19,2	25,5	55,3
Ionenaustausch, pH-Wert, Düngung	78,7	17,0	4,3
Bodenorganismen, Bodenbiologie	68,1	27,7	4,2
Bodenbestandteile, (Körnung, Humus)	80,9	14,9	4,2
Gefüge, Porenvol., Lagerungsdichte	70,2	25,5	4,3
Bodenbearbeitung	68,1	19,1	12,8
Eigensch. u. Nutzung v. Bodentypen	63,9	31,9	4,2
Bodensystematik u. Bodenbewertung	31,9	44,7	23,4
Verwitterung und Bodengese	34,1	40,4	25,5
Wasser-, Wärme- und Lufthaushalt	74,5	25,5	0

Fazit

1. Allgemein sind die bodenkundlichen Vorkenntnisse von Schülern an Berufsschulen in Agrarbereich in Niedersachsen zu gering.
2. Die Bemühungen zur Vermittlung bodenkundlicher Grundkenntnisse müssen sowohl an allgemein bildenden Schulen wie auch Berufsschulen verstärkt werden.
3. Bei der Gestaltung von Lehrplänen, Richtlinien und anderen Vorgaben für den Unterricht an berufsbildenden Schulen im Agrarbereich sollte die Bodenkunde in weit höherem Maße als bisher Berücksichtigung finden (Lehrplangestalter sind sich der diesbezüglich eklatanten Mängel oft nicht bewusst).
4. Es bedarf der Entwicklung didaktischer Konzepte, die den Schüler den Zugang zur Bodenkunde erleichtert. Besonderes Augenmerk sollte dabei gelegt werden auf Anleitungen zur Arbeit am „Objekt“, d.h. zur Arbeit am Boden im Gelände.
5. Es ist erforderlich, Fortbildungsangebot für interessierter Lehrkräfte aller Schulformen zu entwickeln und im geeigneten Rahmen sowie ausreichendem Umfang anzubieten.

Literatur

Bochter, R. (1997): Der Boden im Biologie- und Chemieunterricht am Gymnasium in Bayern. Mittlg. Dt. Bodenk. Ges., Jg. 85, Heft III, S. 1639 – 1642
 Giani, L. (1997): Bodenkundliche Themen in den Lehrplänen (am Beispiel Baden-Württembergs) und in visuellen Unterrichtsmedien. Mittlg. Dt. Bodenk. Ges., Jg. 85, Heft III, S. 1647 – 1648
 Heitlage, U. (2002): Der Stellenwert der Bodenkunde an landwirtschaftlichen Berufsschulen. Diplomarbeit, FH Osnabrück
 Kluttig, T.; Mueller, K. (1999): Berücksichtigung der Bodenkunde in den Lehrplänen der deutschen Schulen: Stand und Möglichkeiten. Mittlg. Dt. Bodenk. Ges., Jg. 91, Heft III, S. 1584 – 1587
 Sauerborn, P. (2001): Der Boden in Richtlinien und Lehrplänen der Regel- und Sonderschule – Praxisorientierte Kommentierung am Beispiel NRW. www.aw.fh-osnabrueck.de/akboden

Spiele zur Vermittlung boden-relevanter Inhalte

Beispiel Vielzweckmemory:

Umwelt entdecken - Unsere Böden

Ludger Herrmann¹, Klara Jahn² & Otto Ehrmann³

Motivation

Auf politischer Ebene ist die Bedeutung des Umweltmediums Boden neben Luft und Wasser mittlerweile anerkannt, wie das Bundesbodenschutzgesetz belegt. Allerdings hat Letzteres - außer punktuell - zu keiner besseren Wahrnehmung unserer Böden in der Gesellschaft geführt. Vielmehr droht die Wahrnehmung und Kenntnis unserer Böden durch die Verstädterung weiter abzunehmen. Effektive Maßnahmen zum Schutz unserer Böden und Förderung bodenwissenschaftlicher Aktivitäten sind aber auf Dauer an die Akzeptanz in unserer Bevölkerung gebunden. Daher müssen bodenwissenschaftliche Inhalte allen Bevölkerungsgruppen vermittelt werden. Und dies muß dauerhaft geschehen, damit das Umweltmedium Boden bei allen umweltrelevanten Entscheidungen automatisch Berücksichtigung findet.

Mittlerweile mangelt es nicht mehr an Angeboten für verschiedenste Bevölkerungsschichten und Zielgruppen, sich mit bodenrelevantem Wissen zu beschäftigen. Allerdings wenden sie sich häufig nur an die "aktiven Bevölkerungsgruppen" wie Schüler und Erwachsene, die bereits durch aktive Beschäftigung mit dem Thema Natur auch zu den Böden vordringen. Zwei Gesellschaftsgruppen werden dabei außer Acht gelassen: Die Kleinkinder, die mehr über äußere Reize denn Inhalte angesprochen werden und die Älteren, die bisher nicht ausreichend als "Verbraucher" und politisch relevante Gruppe erkannt werden. Außerdem wird die Möglichkeit der "passiven Wahrnehmung" und damit unterbewußten Vermittlung bodenrelevanter Inhalte außer Acht gelassen.

Diese Lücke kann durch (Gesellschafts-) Spiele ausgefüllt werden, die potentiell alle Bevölkerungsgruppen erreichen können. Zudem werden Spiele verschenkt und erreichen so Menschen, die sich sonst nie mit dem behandelten Thema auseinandergesetzt hätten. Grund genug

also, sich mit der Entwicklung von Spielen mit bodenrelevantem Inhalt zu beschäftigen.

Im folgenden sollen kurz das Konzept eines Boden-Memoryspiels und die damit verbundenen Aspekte und Schwierigkeiten behandelt werden.

Das Vielzweck-Memory "Umwelt entdecken - Unsere Böden"

Das primäre Publikum für Memoryspiele sind Kinder im Vorschulalter (3-6 Jahre). Häufig wird dieses Spiel aber mit Älteren - insbesondere den Eltern - zusammen gespielt, die auch gleichzeitig den wichtigsten Käuferkreis darstellen. Damit ergibt sich das erste Problem für diese Spielgattung. Das Spiel muß für mindestens zwei Zielgruppen attraktiv sein. Und diese Attraktivität muß für die Kaufentscheidung und das Spielerlebnis hergestellt werden. Dies bedeutet zum Einen, daß die äußere Gestaltung professionell sein muß und daß zum Anderen die Inhalte zum Spielen Anreiz geben.

Um den Kaufanreiz zu steigern, wurde der Titel "Vielzweckmemory Umwelt entdecken - Unsere Böden" gewählt. Das Wort Vielzweckmemory verweist auf mehrere Spielideen, die für verschiedene Altersgruppen interessant sein könnten. Der Teil "Umwelt entdecken" stellt den Bezug zu einem dem Käufer bekannten Thema her und motiviert über ein positiv rezipiertes Verb. Schließlich appelliert der Teil "Unsere Böden" an das Wir-Gefühl und bringt den unbekannteren noch zu entdeckenden Teil ins Spiel.

Um die Spielattraktivität zu steigern, werden mehrere Spielmöglichkeiten gleichzeitig zur Verfügung gestellt. Die grundsätzliche Idee stellt das Memory mit 96 Karten (= 48 Motiven) dar. Durch eine Vergrößerung der Einzelkarten über das normale Memorymaß hinaus, kann das Spiel auch wie ein Quartett-Kartenspiel benutzt werden. Für Einzelspieler schließlich, lassen sich die Rückseiten der Memorykarten zu einem Bodenprofil zusammenlegen.

Um schließlich die Spielattraktivität für Jugendliche und Erwachsene zu steigern, wird mit dem Kartenset auch ein Begleitheft geliefert, das die dargestellten Inhalte in angepaßter Sprache kommentiert.

Inhaltlich wird das Memory in 12 Themenbereiche mit jeweils 4 Darstellungen gegliedert. Das bisherige Konzept sieht die in Tabelle 1 dargestellten Themen vor. Dieser klassisch themenorientierte Ansatz ist aber durchaus problematisch, da er sich stärker an Inhalten als

¹Institut für Bodenkunde und Standortlehre

Universität Hohenheim

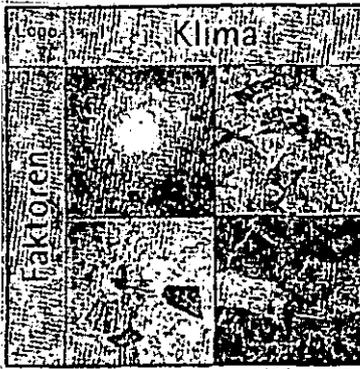
70593 Stuttgart, Email: herrmann@uni-hohenheim.de

²Rathenauplatz 21, 06114 Halle, atelier@klara-jahn.de

³Nürtinger Str. 44, 72639 Neuffen, otto.ehrmann@gmx.de

an Darstellungsmöglichkeiten orientiert. Daher ist zu diskutieren, ob Themen wie z.B. Klassifikation nicht durch andere lebensnähere und einfacher darstellbare ersetzt werden sollten. Dabei stellt sich die Frage der attraktiven graphischen Gestaltung.

Abbildung 1. Beispiel für das Memory-Design



Diese sieht auf einer Memory-Karte bisher vier Zonen vor (Abb. 1). Die Größte nimmt der Bildinhalt ein. Dieser wird durch ein Piktogramm für das Thema und Schriftzüge zu Thema und Bildinhalt ergänzt. Entgegen ersten Planungen soll der Bildinhalt sowohl durch Photos als auch Graphiken realisiert werden, um auch Kinder besser ansprechen zu können. Die Piktogramme sollen das Sammeln von Serien für die Kinder im nicht lesefähigen Alter erleichtern. Die Schriftzüge kennzeichnen den Lern-/Bildinhalt für die Lesefähigen und stellen den Bezug zum Begleitheft her.

Das Begleitheft kommentiert die einzelnen Themen und beschreibt jeden Bildinhalt allgemein verständlich. An dessen Beginn steht ein Motivationstext, der zum Durchlesen des Heftes animiert. Von speziellem Interesse ist die Sprachwahl. Denn sie muß so einfach sein, daß die Texte auch von Jüngeren gelesen werden. Andererseits müssen die Texte inhaltlich so interessant sein, daß sie auch für Erwachsene spannend sind.

Für den Erfolg eines Spiels ist es darüber hinaus wichtig, daß es graphisch professionell aufgearbeitet und auch vermarktet wird. Gerade letzter Punkt stellt ein großes Hindernis dar, denn wo kein Hintergrundwissen vorhanden ist, können sich Verlage kein Vermarktungspotential vorstellen und schrecken vor einer Publikation zurück.

Abschlußbemerkung

Spiele haben das Potential bodenrelevantes Wissen in alle Bevölkerungsgruppen zu tragen. Vom heutigen Standpunkt aus ist es aber schwierig Ideen, die sich ausschließlich auf das Thema Boden konzentrieren, zu vermarkten. Von daher lohnt es sich auch, Ideen zu entwickeln, in denen Boden nur ein Thema unter anderen ist.

Tabelle 1: Themen und Inhalte der Memory-Karten

Thema	Karte 1	Karte 2	Karte 3	Karte 4
Potentiale	Produktion	Baugrund	Filter	Lebensraum
Bodenorganismen	Maulwurf	Regenwurm	Springschwanz	Mikroorganismen
Sphären	Geosphäre	Hydrosphäre	Biosphäre	Atmosphäre
Faktoren	Ausgangsgestein	Klima	Relief	Organismen
Gesteine	Granit	Basalt	Kalkstein	Löß
Minerale	Quarz	Feldspat	Glimmer	Calcit
Prozesse	Physikalische Verwitterung	Chemische Verwitterung	Humusakkumulation	Aggregation
Merkmale	Körnung	pH-Wert	Farbe	Lagerungsdichte
Horizonte	Oberboden (A)	Unterboden (B)	Untergrund (C)	organische Auflagen (O)
Humusformen	Mull	Moder	Rohhumus	Torf
Klassifikation	Abteilungen	Klassen	Bodentyp	Bodenform
Terrestrische Böden	Braunerde	Podsol	Parabraunerde	Rendzina

Bodenwelten.de – Ein Internet-Projekt zur Verbesserung des Bodenbewusstseins

Dr. Silvia Lazar

Das Image des Bodens

Boden ist eine zentrale Grundlage des Lebens. Trotzdem ist das Bewusstsein über die Folgen von Bodenbelastungen und Bodenverbrauch meist nur wenig präsent. Oft wird Boden als schmutzig empfunden. Eine wertvolle Ressource und Lebensgrundlage nur Dreck?

Angesichts der Notwendigkeit, den bodenschonenden und sparsamen Umgang mit der begrenzten Ressource als wichtige Zukunftsaufgabe zu verfolgen, muss die Nicht-Wahrnehmung und das teilweise negative Image des Bodens als Hindernis für den Bodenschutz gelten. Die Berücksichtigung von Bodenbelangen im täglichen Handeln bedarf neben dem Wissen über den Boden auch einer emotionalen Ebene.

Um wirkungsvoll Boden zu schützen, ist somit das Bewusstsein für Boden als wertvolles Gut zu stärken. Boden muss erfahrbar werden und die ästhetischen Seiten der Welt unter unseren Füßen sichtbar gemacht werden. Nur wenn wir den Reichtum von Boden und dessen Rolle im Lebensalltag erkennen, können wir ihm Anerkennung zumessen und die eigene Verantwortung für die Entwicklung von Böden erkennen. Damit stellt sich die Frage, durch welche Maßnahmen Boden ins Bewusstsein der Öffentlichkeit gerückt werden kann.

Eine wirkungsvolle Möglichkeit, Boden auf zeitgemäße Art und Weise als Ressource der Zukunft darzustellen, ist durch das Internet gegeben.

Dr. Silvia Lazar
ahu AG - Wasser Boden Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen
Tel.: 0241 – 900 011-37
email: s.lazar@ahu.de

Das Internet als Möglichkeit zur Verbesserung des Bodenbewusstseins?

Ein wesentliches Kennzeichen des World-Wide-Web ist die Unabhängigkeit von Zeit und Raum: Informationen sind jederzeit und von jedem Ort, an dem ein Computer mit Modem zur Verfügung steht, erreichbar. Zusätzlich ist der Nutzer unabhängig vom Ort, an dem sich 'das Sehenswerte' befindet. Gerade diese einfache Zugänglichkeit bietet die Chance, auch jene Menschen zu erreichen, die den Gang durch die Natur zugunsten des Surferlebnisses vernachlässigen.

Das Internet bietet somit auf einfache Weise die Möglichkeit, Einblicke in einen teilweise nur schwer zugänglichen Lebensraum wie Boden zu bekommen. Denn wer nimmt schließlich schon die Mühe auf sich, ein Profil zu graben, nur um zu sehen, wie eine Braunerde aussieht oder wie sich ein Regenwurm durch die Erde gräbt?

Im Gegensatz zu Naturlehrpfaden kann der Boden im Internet zwar nicht gefühlt und geformt werden, aber sinnliche Eindrücke können dennoch vermittelt werden. Durch Bilder, die der Internetnutzer als schön empfindet, können die (Seh-)Sinne sensibilisiert und das ästhetische Empfinden geweckt werden. Interesse kann insbesondere durch die Möglichkeit geweckt werden, Einblicke in eine Welt zu erhalten, die im verborgenen Dunkel liegt.

Ein wichtiger Aspekt der Motivation stellt weiterhin die freie Wahl der Informationsvermittlung dar. Während in Museen durch Klapptafeln oder das Einblenden von Texten versucht wird, die Besucher über das aktive Handeln zur Wissensaufnahme zu animieren, setzt das Internet stets den aktiven Klick mit der Maus voraus. Dabei wird im Gegensatz zum Lehrpfad kein fester Weg vorgegeben. Der Nutzer hat stets die Möglichkeit, sich in jene Themen zu vertiefen, die ihn interessieren.

Das Internet-Projekt www.bodenwelten.de – eine Fundgrube zum Thema Boden

Um die genannten Potenziale des Internets gezielt zu einer Verbesserung des Bodenbewusstseins zu nutzen, wurde vom Bundesverband Boden das Internetprojekt 'bodenwelten.de' angeregt, das vom BMU

aus den Mitteln der Sonderbriefmarke 'Der Boden lebt' gefördert und von der ahu AG erstellt wird.

Ziel des Projekts ist die interaktive Vermittlung von Bodenwissen als Beitrag zur Umweltbildung und Aktivierung des Bodenbewusstseins in der Öffentlichkeit. Dabei wird in Anlehnung an die Erkenntnisse aus der Umweltpädagogik die Intention verfolgt, die Schönheit von Boden visuell erlebbar zu machen und dabei gängige Assoziationen wie 'Boden ist schmutzig' in Frage zu stellen. Gleichzeitig wird aufgezeigt, welche Konsequenzen aus dem sorglosen Umgang mit Boden resultieren und wie ein 'bodenloser' Zustand vermieden werden kann.

Die Module im Überblick

'Bodenwelten.de' ist aus sieben zielgruppenbezogen konzipierten Modulen aufgebaut, mit denen verschiedene Adressaten angesprochen werden:

BODENSCHÄTZE öffnet den Blick für neue (Boden-)Horizonte. Der Begriff Bodenschätze knüpft hierbei an die gängige Vorstellung über Rohstoffe wie Gold, Silber oder Erdöl an, um dann Boden, wie man ihn täglich erleben kann, als Schatz zu zeigen.

BODENLOS zeigt, dass dieser Schatz durch eine nachlässige Nutzung auch verloren gehen kann. Die Konsequenzen sind Bodenerosion, Bodenverdichtung, Schadstoffbelastungen und Bodenversiegelung.

BODENWERT stellt die wirtschaftliche Bedeutung des Bodens als Fläche zum Bauen und zum Anbau von Nahrungsmitteln heraus. Im Mittelpunkt stehen positive Beispiele für den bodenschonenden und sparsamen Umgang mit der Ressource Boden.

BODENERLEBNIS nutzt die Möglichkeiten des Internets und bietet mit Animationen und Rätseln einen spielerischen Zugang zum Boden.

BODEN SCHULE ist mit eingestellten Unterrichtsentwürfen und Links auf Bildungsserver als Service für Multiplikatoren im Bildungsbereich konzipiert.

BODEN KUNST zeigt die ästhetische Seite des Bodens – Boden als Kunstwerk und als Kunstobjekt.

Ein virtuelles **BODENNETZWERK** bietet schließlich eine Plattform für Diskussionsforen und für Hinweise auf Initiativen und Veranstaltungen, durch die Projekte vernetzt werden können.

Virtuelle Exkursionen geben Einblick in den Boden

Einen zentralen Baustein der Bodenwelten bilden virtuelle Boden-Exkursionen. Die Nutzer können sich über eine spezielle Menüleiste durch verschiedene Stationen klicken. Mit Mouse-over-Effekten können sie die jeweiligen charakteristischen Horizonte untersuchen, etwas über typische Pflanzen und Gesteine erfahren oder sich zugehörige Landschaften ansehen, indem sie sich 'auf den Boden klicken'.



Abb. 1: Virtuelle Bodenexkursionen

Die Nutzer werden ausgehend vom Vertrauten und Bekannten in das Neue und Interessante – den Boden, der sich unter ihren Füßen befindet – geführt. Dabei bietet insbesondere der Wechsel von Aufsicht, Profil, Detailaufnahmen und Animation in den Bodenwelten die Möglichkeit, die Web-Site auch gezielt in der Schule einzusetzen.

Interessiert? Unter der URL www.bodenwelten.de erfahren Sie mehr.

Die Zukunft der Bodenwelten

Seit Mitte September 2001 ist die ständig aktualisierte Web-Site 'Bodenwelten.de' im Internet zu erreichen. Für den weiteren Ausbau und Betrieb der Seite ist der BVB als Initiator der Seite ab 2003 auf die finanzielle Unterstützung von Sponsoren angewiesen, die unter 'friends & sponsors' gewürdigt werden.

Boden-Bildung im Spiegel der Geschichte von

Eva Tolksdorf-Lienemann¹⁾
und Heidrun Derks²⁾

Vorbemerkungen:

Bodenbildung, so definieren Kuntze et al. (1994) ist die Entstehungsart der Bodenmerkmale, Boden-Bildung ließe sich also in Anlehnung daran als „Entstehungsart des Wissens über Boden“ definieren.

Wie entsteht Wissen?

- Lernen ist ein individueller und komplexer Prozeß
- In Bildungseinrichtungen erfolgt die Wissensvermittlung auch über Boden curricular, also nach Lernplänen, in Lernprogrammen über verschiedene Lernzielebenen. Ihr Erfolg wird kontrolliert
- Der Erfolg von Wissensvermittlung außerhalb von Bildungseinrichtungen steigt proportional mit dem Interesse, das dem Gegenstand entgegengebracht wird und ist nur bedingt kontrollierbar
- Das spezifische Problem der Boden-Bildung: das Interesse für Boden in der Allgemeinheit ist gering.

⇒

Boden-Bildung außerhalb von Bildungseinrichtungen kann dann besonders erfolgreich sein, wenn es gelingt, 1. Interesse für den Boden zu wecken, 2. einen Lernplan mit verschiedenen Lernzielebenen, der die Individualität des Lernprozesses berücksichtigt, zu entwickeln.

1) Universität Oldenburg, Fb 7- Bio-Geo- und Umweltwissenschaften, AG Bodenkunde
Carl-von-Ossietzky-Str. 19-11
26 129 Oldenburg

2) Museum und Park Kalkriese
Venner Str. 69
49565 Bramsche-Kalkriese

Der Versuch: Boden-Bildung im Spiegel der Geschichte

• Vermittlungsansätze und Inhalte

Die Ausgrabungen zur Varusschlacht und das neue Museum in Kalkriese bei Bramsche sind inzwischen durch die Medien überregional bekannt.

Das Museum von Kalkriese ist ein archäologisches Museum, aber es ist ein Museum der neuen Art. Es ist nicht mehr nur Sammlung und Archiv sondern auch Arbeitsstätte. Es ist nicht mehr nur archäologisch sondern so interdisziplinär wie die archäologischen Forschungen zur Varusschlacht der letzten 12 Jahre.

Die konzeptionelle Idee, die den Besucher durch die Ausstellung führt ist die Spurensuche und die Spurensicherung, die das Anliegen der Ausgrabungen und wissenschaftlichen Begleituntersuchungen ist. In der Ausstellung wird sie das Anliegen des Ermittlers Stahnke. Eine Spur führt Stahnke zum Boden. Boden, Archäologie und Geschichte sind verzahnt.

Sie führt zu den Funden, die der Boden überliefert – römische Schleuderbleie als erste Militaria aus der Prospektion 1987, Knochen, in einer Grube deponiert, aus den Ausgrabungen auf dem Oberesch, Fundstelle 13-8-90 1999.

Sie führt zu den Befunden, die der Boden konserviert – das germanische Wallsystem auf dem ehemaligen Schlachtfeld, gebaut mit Rasensoden, bestätigt durch erhöhte Phytoopalgehalte des Bodens.



Abb.2 : Phytoopal aus einer Bodenprobe des germanischen Wallsystems

Sie führt zur historischen Landschaft, die der Boden archiviert – Rekonstruktion der historischen Oberfläche auf dem Oberesch, Fundstelle 13-8—50/90 anhand einer Bohrkartierung im 2m-Raster (Lienemann & Tolksdorf-Lienemann 1992).

Sie führt zur Schlacht, deren Spuren bodenkundlich nachweisbar sind – in Zusammenhng mit der Archäologie markieren größerflächige mäßige P-Erhöhungen einen möglichen Schlachtfeldbereich, weisen begrenzte Bereiche starker P-Akkumulation auf Plätze besonders intensiver Kampfhandlungen hin, stellen punktuell auftretende extreme P-Akkumulationen im Boden erhaltene große Knochen oder Knochenansammlungen dar (Tolksdorf-Lienemann 2001).

- Didaktische Umsetzung

Archäologie und Boden – ein interessanter Doppelpack. Die Ebene affektiver Lernziele.

Die Vermittlung der Informationen erfolgt curricular in einem dreistufigen System aus Text, Bild und Medien.

Das Textsystem ist gegliedert in die Ebenen: subjektive, emotionale Ermittler – Texte, zweisprachige, größerformatige Übersichtstexte, kleinformatige Vertiefungstexte. Dem Prinzip der Texte entspricht die Bildsprache. Großbilder führen in die Situation, Mittelformate sind Informationsträger, Kleinformate visualisieren Spuren und Indizien. Die Ebene affirmativer Lernziele.

Hinzu kommen weitere Medien wie Bücher, mikroskopartige Guckrohe, die in einem archäologischen Schnitt, als schematisches Bodenprofil dargestellt, den Blick in den Boden und auf seine Minerale zulassen, eine Laborzeile, die die Schritte und Ergebnisse der Phosphatanalyse darstellt, Computeranwendungen, in denen der Ablauf und die Ergebnisse bodenkundlicher Geländearbeit gezeigt werden. Die Ebene instrumenteller und kognitiver Lernziele.

Die Darstellung der bodenkundlichen Aspekte erfolgt nicht in eindeutig gekennzeichneten, klar abgegrenzten Einheiten, sondern wird im Durchgang durch die Ausstellung immer wieder

aufgenommen. Dabei werden nicht nur die Lernzielebenen sondern auch die beteiligten Wissenschaftsdisziplinen verzahnt. Darüber hinaus werden im Außengelände Einblicke in die naturräumlichen Bedingungen und Strukturen in der Zeit um Christi Geburt gegeben und die für die Schlacht mitentscheidenden Elemente dargestellt.

- Boden-Bildung – Erfolgskontrolle

Ob mit den aufgezeigten Materialien und Methoden tatsächlich Wissen über Boden bei den Besuchern gebildet wird, ist objektiv nicht kontrollierbar.

Festzustellen ist jedoch, dass vielen Besuchern zum ersten Mal bewusst wird, dass Archäologie, Geschichte und Boden eine gemeinsame Schnittstelle haben. In der Reaktion werden oft einzelne Stationen nochmals aufgesucht und weitere Informationen aus dem Arbeitsmaterial abgefragt. Ein weiteres indirektes Maß des Erfolges sind die Wiederkehrintervalle von Besuchern oder die Frage nach gezielt gerichteten Führungen.

Deutlich wird, dass der Prozeß des Lernens und der Wahrnehmung sehr individuell ist und über das Angebot verschiedener Lernzielebenen erleichtert werden kann.

Die Planung und Umsetzung der Ausstellung im Museum Kalkriese wurde gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück.

Literatur:

Kuntze, H., Roeschmann, G. & Schwerdtfeger, G., 1994: Bodenkunde. Eugen Ulmer, Stuttgart.
Lienemann, J. & Tolksdorf-Lienemann, E., 1992: Bodenkundliche Untersuchungen im Zusammenhang mit den Ausgrabungen auf dem Oberesch in Kalkriese, Stadt Bramsche, Landkreis Osnabrück. In: Schlüter, W. (Hrsg.): Archäologische Zeugnisse zur Varusschlacht. Die Untersuchungen in der Kalkrieser-Niewedder Senke bei Osnabrück. Germania 70/2.335-344.
Tolksdorf-Lienemann, E., 2001: „Boden macht Geschichte“?! Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 96/2. 8113-814.

Stellenwert des Bodenschutzes in der Umweltbildung von Kindern und Jugendlichen in Berlin

JUTTA ZEITZ, HERBERT GOLDBACH

1. Projektvorstellung

Anlass und Zielstellung

Im Jahre 2001 wurde im Rahmen einer SAM- Maßnahme das Teilprojekt Bodenschutz - Umweltbildung mit einer Laufzeit von einem Jahr von der Initiative Umweltdidaktik e.V. (IUA e.V.), die seit mehreren Jahren teilweise im Auftrag aber auch in enger Kooperation mit der Landwirtschaftlich- Gärtnerei Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin (HUB) verschiedene Projekte im Rahmen des Boden- und Gewässerschutzes sowie in der Umweltbildung in Schulen betreut, beantragt. Unterstützt wird dieses Projekt von dem Fachausschuss „Bodenlehrpfade“ des Berufsverbandes Bundesverband Boden (BVB) und der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG), „AK Boden im Unterricht und Weiterbildung“. Im vorliegenden Beitrag werden Ziele und erste Ergebnisse dargestellt.

In dem konkreten Aufgabenbereich geht es um die „Erarbeitung einer Konzeption zur Einbeziehung der Ziele des Bodenschutzes in die Umweltbildung von Kindern und Jugendlichen“. Unser Ziel ist es, das Medium Boden insbesondere Kindern und Jugendlichen näher zu bringen und seinen Stellenwert im Rahmen der Umwelterziehung zu erhöhen. Das Medium Boden ist im Gegensatz zu den Umweltmedien Wasser und Luft wesentlich schwieriger an Kinder und Jugendliche zu vermitteln. Es ist nicht so attraktiv und mögliche Schädigungen des Bodens sind häufig erst über längere Zeiträume zu erkennen. Das Wissen um die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge und um die Bedeutung eines gesunden Bodens für die Gesellschaft ist bei Kindern und Jugendlichen wenig ausgeprägt und bedarf unbedingt einer verstärkten Aufklärung und Information.

Die Erziehung zu einem echten Bodenbewusstsein muss bereits im Kindesalter erfolgen. Von daher umfassen die Untersuchungen und Betrachtungen unterschiedliche Altersgruppen. Das Ziel aller Bestrebungen muss sein, Interesse in Sachen Boden bei den Kindern und Jugendlichen zu wecken, wobei eine entsprechende didaktische und methodische Vorgehensweise Berücksichtigung finden muß.

Kinder und Jugendliche werden in der Zukunft Einfluß auf den Boden haben. Somit kommt Lehrern und Erziehern eine große Aufgabe zu, Bodenbewusstsein zu vermitteln, die Wechselwirkung zwischen Boden und Mensch und dessen Lebensqualität zu erklären. Erste Ergebnisse zeigen, dass Informationen über Böden in den Schulen relativ wenig vermittelt werden. Anreize, sich darüber hinaus mit dem Thema zu beschäftigen, gibt es kaum. Bodenbewusstsein jedoch fängt damit an, dass man erst einmal versteht, was es zu schützen gilt und warum. Und eben zu dieser

Aufklärungsarbeit, insbesondere im Berliner Raum, soll das Projekt beitragen.

Vorgehen

- A Ist-Standserfassung
- B Zusammenarbeit mit Behörden, Institutionen und Unternehmen
- C Erarbeitung von konzeptionellen Handlungsempfehlungen

2. Zwischenergebnisse

Schwerpunkt der Projektarbeit im bisherigen Zeitraum war die Ist-Standserfassung zum Thema und Konsultationen mit Behörden, Institutionen und Unternehmen in Berlin und dem näheren Umland.

Internet

Um die Informationen über das Thema Boden zu erhalten, wurden Internetrecherchen im WorldWideWeb (www) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser umfangreichen Recherchen wurden dokumentiert und ausgewertet. Mit dem breiten Spektrum der Informationen im www zum Bodenthema werden viele Zielgruppen angesprochen. Wichtige Webseiten zum Thema Boden und Umweltbildung, die in die Recherche einbezogen und bewertet wurden, sind u.a. www.umweltbildung.de, www.bodenwelten.de, www.bodenbewusstsein.de, www.umweltbundesamt.de, www.nabu.de, www.geo2002.de www.bodenlehrpfad.de.

Berlinspezifisch sind darüber hinaus zu nennen:

- www.umweltbildung-berlin.de
- www.igas-berlin.de
- www.gruen-macht-schule.de

Medien

Bei den Medien ist das Berliner Landesinstitut für Schule und Medien (LISUM) federführend für den Bereich Umweltbildung zuständig und unter der Internetadresse

- www.lisum.de

zu finden. Auf dieser Homepage wird das Angebot zu Medien, Weiterbildungen und aktuellen Informationen und Projekten dargestellt, welches insbesondere für die Hauptzielgruppe LehrerInnen zugeschnitten ist. Diese Informationen können neben dem Internet auch in Katalogform und auf CD-Rom abgerufen werden; der gesamte Schulbereich Berlins wird damit fachlich abgedeckt. Deutschlandweit ist das Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht gemeinnützige GmbH (FWU) als Medienzentrale zu nennen (www.fwu.de). Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Fachverlagen, die verschiedenste Medien zum Thema Boden und Bodenschutz anbieten und die in die Recherche einbezogen werden.

Doz. Dr. J. Zeitz: Humboldt-Universität zu Berlin, FG Bodenkunde und Standortlehre, Invalidenstrasse 42, 10115 Berlin

E-mail: jutta.zeitz@rz.hu-berlin.de

Herbert Goldbach, E-mail: herbert.goldbach@agrar.hu-berlin.de

Grüne Lernorte Berlin

„Grüne Lernorte Berlin“ – außerschulische Bildungseinrichtungen sind im Berliner Stadtgebiet und nahem Umland nach folgenden Bereichen zugeordnet (Anzahl - ()):

- Botanische und zoologische Einrichtungen (12)
- Energie und Klima (5)
- Gartenarbeitsschulen (14)
- Gesunde Ernährung und Lebensweise (6)
- Informations- und Beratungsstellen (8)
- Kinderbauernhöfe (7)
- Kinderumweltzentren/-projekte (15)
- Lehrpfade und Wanderwege (5)
- Müll und Umwelt (2)
- Museen (9)
- Naturschutzzentren/-stationen (12)
- Ökologische Kleingärten und Werkstätten (3)
- Schul- und Raumgestaltung (2)
- Tierschutz (1)
- Verkehr und Umwelt (2)
- Waldschulen (6)
- Wasser (2)
- Grüne Lernorte im Umland von Berliner Trägern (4)
- Jugendumweltgruppen in Berlin (9)

Von den mehr als 100 Umweltzentren und Grünen Lernorten sind bei den bisherigen Recherchen schwerpunktmäßig die Bereiche Gartenarbeitsschulen (GAS), Waldschulen (WS) und Naturschutzzentren/-stationen (NSZ) näher untersucht worden und den Kern bodenrelevanter Bezüge bilden.

Schulen

In Berlin gibt es etwa 1000 Schulen, die nach Schultyp in Grundschulen, Hauptschulen, Realschulen, Gesamtschulen, Gymnasien, Sonderschulen und Berufsschulen/-zentren unterteilt werden.

Bisher konnten nur in begrenztem Umfang Konsultationen mit LehrerInnen an Berliner Schulen wahrgenommen werden (ca. 10 projektbezogene Kontakte). Neben diesen Zielgruppen ist beabsichtigt, die Kitas, Berufsschulen (insbesondere im gärtnerischen Bereich) und Volkshochschulen des Berliner Raumes in die Betrachtungen mit einzubeziehen.

Rahmensschulpläne Berlin

Ein wichtiger Bestandteil bei den Recherchen zur Ist-Standserfassung war die Einsichtnahme in die seit 1993/94 gültigen vorläufigen Rahmensschulpläne an den Berliner Schulen. Diese wurden auf methodisch-didaktische Inhalte zur Thematik Boden in den verschiedenen Unterrichtsfächern untersucht.

Projekte/ Dokumentationen

Über die bisherigen Recherchen, Konsultationen und Tätigkeiten liegt umfangreiches Material vor, welches nach Themenbereichen zusammengestellt wird. Materialsammlungen zum Thema Boden nehmen dabei den Schwerpunkt ein. Beispielprojekte und Initiativen zur Unterstützung der Umweltbildung – Bodenschutz bei einer vorhandenen

umfangreichen und breiten Medienpalette werden bewertet, dokumentiert und zusammengestellt. Bestandteil des SAM-Projektes ist die Erweiterung der Homepage des Fachgebietes Bodenkunde und Standortlehre der HU Berlin durch die Themenseiten

- Geojahr 2002
- Bodenschutz – Umweltbildung

unter der Internetadresse www.agrar.hu-berlin.de/boden/ deren Pflege, Ergänzung und einer aktuellen Bezugnahme zum Arbeitsstand.

Zusammenarbeit mit Behörden, Institutionen und Unternehmen

Wichtig war für die Arbeitsgruppe, bereits zu Beginn des Projektes die entsprechenden zuständigen Fachbehörden, Institutionen und beteiligten Unternehmen im Berlin-Brandenburger Raum zu konsultieren und in die Aufgabenstellung einzubeziehen. Im Berichtszeitraum wurden umfangreiche Kontakte aufgenommen. Eine Reihe von bezirklichen und gesamtberliner Initiativen und Aktivitäten, wie Schülerumweltpreise, Grün macht Schule, Tage der offenen Tür, Internetaktionen, Förderprojekte, Bezirkliche Arbeitsgruppen Umweltbildung u.a. können stellvertretend genannt werden, bei denen das Thema Boden im Blickpunkt steht. Eine „Konzeption für schulische Umwelterziehung“, die bereits im Jahre 1996 erstellt worden ist und in der inhaltliche Aussagen zur Analyse der schulischen Umwelterziehung und Vorschläge für eine verstärkte Umwelterziehung in der Berliner Schule getroffen werden, liegt im Abgeordnetenhaus von Berlin vor.

3. Fazit und weitere Schritte der Projektfortführung

Aus den vorliegenden Zwischenergebnissen zum Arbeitsstand ist ersichtlich, dass die Ist-Standserfassung noch nicht vollständig abgeschlossen ist.

Ziel des Projektes für den Teilabschnitt 2002 ist die Erarbeitung von konzeptionellen Handlungsempfehlungen, einer thematischen Materialübersicht und die Vorbereitung der Projektfortsetzung für das Jahr 2003.

Folgende Schwerpunktaufgaben sind für die weitere Arbeit zu nennen:

- ① Vervollständigung der Dokumentation
- ② Erarbeitung einer Materialzusammenstellung
- ③ Förderung bestehender Aktivitäten und Unterstützung von Bodenprojekten
- ④ Öffentlichkeitsarbeit/ Internetpräsentation
- ⑤ Erarbeitung von Handlungsempfehlungen

Die Vorbereitung eines Konzeptes zur Entwicklung eines bodenkundlichen Lehrpfades (BLP) im Berliner Raum 2003 mit dem Ziel der Projektbegleitung, dessen Betreuung durch die Arbeitsgruppe und einer Realisierung im Jahre 2004 ist Ziel der Projektfortführung. Dabei wird auf die Erfahrungen des „Arbeitskreises Boden im Unterricht und Weiterbildung“ aufgebaut.

**MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT**

**AG „Bodenschätzung und Bodenbewertung“
Arbeitspapier „Nutzung der Bodenschätzung und Bewertung von Böden“
März 2002**

Band 99

2002

Nutzung der Bodenschätzung zur Bewertung von Böden

Arbeitsmaterial der
Arbeitsgruppe Bodenschätzung und Bodenbewertung
der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft

Eva-Maria Pfeiffer und Stephan Sauer (Herausgeber)

zusammengestellt von

M. Altermann, I. Benne, H.-J. Betzer, A. Capelle, R. Diemann,
E. Engel, K. Etzkom, K. Hartmann, B. Keil, U. Niehorster,
E.-M. Pfeiffer, S. Sauer, K.-P. Schäfer, E. Vogler & J. Zeitz

Marz 2002

Inhaltsverzeichnis

	- Seite -
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	41
1 Vorwort	42
2 Einführung: Zweck und Anwendungsbereich des Arbeitsmaterials	43
3 Grundlagen der Bodenschätzung	44
4 Parameter der Bodenschätzung	49
5 Anwendungsmöglichkeiten der Bodenschätzung	60
6 Zukünftige Nutzung der Bodenschätzung	64
7 Fachliteratur und Rechtsgrundlagen	67
8 Kontakte zur AG und wichtige Adressen	70
Anhang 1: Kennzeichnung der Korngrößen nach Bodenschätzung	74
Anhang 2: Stand der Auswertung von Bodenschätzungsdaten in den Bundesländern	75

Zum Titelfoto: Erodierter Parabraunerde aus Löß, Mittelsächsisches Lößhügelland

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

		- Seite -
Abbildung 1:	Der hierarchische Aufbau der Bodenschätzung	46
Abbildung 2:	Ausschnitt einer idealisierten Bodenschätzungskarte	50
Abbildung 3:	Schematischer Ausschnitt einer Feldschätzungskarte	51
Abbildung 4:	Auszug aus dem alten Feldschätzungsbuch	52
Abbildung 5:	Auszug aus dem neuen Feldschätzungsbuch	52
Tabelle 1:	Ackerschätzungsrahmen	48
Tabelle 2:	Grünlandschätzungsrahmen	48
Tabelle 3:	Auswertungsmöglichkeiten von Grablochbeschreibungen	53
Tabelle 4:	Auswertungsmöglichkeiten von Bodenschätzungskarten	56

1 Vorwort

Die Bodenschätzung in Deutschland ist ein anerkanntes und bewährtes Verfahren zur Bewertung landwirtschaftlich genutzter Böden. Die Methodik wurde für eine „gerechte“ Besteuerung landwirtschaftlich genutzter Flächen erarbeitet. Sie geht auf Vorarbeiten aus Preußen in den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts zurück. Damals hatte der Geologe Albert Orth (1835-1915) ein Verfahren vorgeschlagen, das dem ab 1920 erarbeiteten und 1934 Gesetz gewordenen Verfahren der Reichsbodenschätzung bereits sehr nahe kam. Eine große Leistung war, dass die Bodenschätzung für alle Acker- und Grünlandflächen Deutschlands weitgehend bis zu Beginn des 2. Weltkrieges abgeschlossen werden konnte und Mitte der 50er Jahre vollständig vorlag. Seither gibt es unter Federführung der Oberfinanzdirektionen bis in die Gegenwart Nachschätzungen unter Beibehaltung des gesetzlich geregelten Verfahrens.

Die Bodenschätzung ist die erste nach einheitlichen Prinzipien durchgeführte bodenkundliche Bestandsaufnahme der Agrarflächen Deutschlands. Ihre Ergebnisse werden seit vielen Jahren nicht mehr ausschließlich für den Fiskus, sondern zunehmend für unterschiedliche bodenkundliche Aufgabenstellungen genutzt. Von besonderer Bedeutung ist, dass die Bodenschätzung parzellenscharf und flächendeckend vorliegt. Auch wenn man heute verfeinerte Methoden und insbesondere die Erfassung kausaler Beziehungen zwischen Bodeneigenschaften und -eignungen vorschlagen kann, so gibt es doch kein einziges Verfahren, das allgemein anerkannt wird. Es bleibt zu hoffen, dass bei einer möglichen Novellierung des Bodenschätzungsgesetzes die Fachkenntnisse der Bodenschätzer weiter genutzt werden und die Bodenschätzung und -bewertung für die wachsenden Aufgaben gerüstet bleibt.

Um eine sachgerechte Nutzung von Bodenschätzungsdaten abzusichern und die Aktualisierung dieser wissenschaftlichen Basisdaten zu fördern, haben sich Bodenkundler der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG) und Bodenschätzer der Oberfinanzdirektionen (OFD) in einer Arbeitsgruppe zusammengeschlossen und die vorliegende Broschüre „Nutzung der Bodenschätzung zur Bewertung von Böden“ erarbeitet. Die Broschüre umreißt kurz die Grundlagen der Bodenschätzung und deren Anwendungsbereiche. Sie stellt übersichtlich alle Parameter der Bodenschätzung zusammen und zeigt Möglichkeiten und Grenzen sowie Perspektiven für künftige Auswertungen und Nutzungen auf.

Die Broschüre soll einen zusammenfassenden Überblick über die Bodenschätzung geben und helfen, dass die nach einheitlichen Prinzipien ermittelten Bodenschätzungsdaten auch weiterhin eine wertvolle, auf wissenschaftlichen Erkenntnissen aufbauende Basis zur vergleichbaren und einheitlichen Bodenbewertung bleibt. Dazu ist aber ein kontinuierlicher Dialog zwischen Bodenkundlern und Bodenschätzern erforderlich, der auch durch diesen vorgelegten gemeinsamen Beitrag beider Arbeitsrichtungen wesentlich vorangetrieben wurde.

Ich wünsche allen mit der Bodenbewertung befassten Fachleuten und Gremien viel Erfolg und Freude bei der Nutzung der Bodenschätzung für unsere wichtigste Aufgabe, die Durchsetzung eines umfassenden Bodenschutzes!

Prof. Dr. Karl Stahr
Präsident
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft

Oldenburg im November 2001

2 Einleitung: Zweck und Anwendungsbereich des Arbeitsmaterials

Bodenbewertung ist eine aktuelle notwendige Aufgabe aller mit dem Medium Boden befassten Fachleute und Gremien. Bodenbewertung ist u.a. erforderlich, um die vielfältigen Funktionen des Bodens aufzuzeigen, die Folgen geplanter Maßnahmen und Eingriffe in die Böden zu kennzeichnen und damit die Funktionalität der Böden dauerhaft zu erhalten und/oder wieder herzustellen. Die Bodenbewertung ist Grundlage für den Bodenschutz bei allen bodenrelevanten Maßnahmen. Sie beinhaltet die umfassende Beurteilung von Böden, einschließlich ihrer Eigenschaften, Funktionen und Potentiale. Sie liefert die notwendigen Basisdaten für den Vergleich von Standorten und die Prognosen über Folgewirkung von geplanten Eingriffen. Dafür müssen in der Regel eine Vielzahl von Datengrundlagen (Karten, Gutachten etc.) ausgewertet werden. Eine wichtige - in vielen Planungsgebieten sogar häufig die **einzige** verfügbare Information zum Boden - ist die Bodenschätzung mit ihrem großen Datenfundus.

Die Bodenschätzung nach dem Bodenschätzungsgesetz (BodSchätzG vom 16.10.1934) ist das Verfahren zur Bewertung landwirtschaftlich nutzbarer Böden. Nach dem Bodenschätzungsgesetz werden Grundlagen zur Besteuerung, zur planerischen Gestaltung der Bodennutzung (§1), zur Kennzeichnung der Bodenbeschaffenheit sowie Aussagen zur Ertragsfähigkeit (§2) geschaffen. Damit sind im Bodenschätzungsgesetz bereits wichtige Grundlagen für gegenwärtige Aufgaben einer Bodenbewertung verankert.

Die Bodenschätzung leistet in Deutschland nunmehr fast 70 65 Jahren einen wesentlichen Beitrag zur agronomischen Bewertung von Böden (ALTERMANN 1995). Sie enthält als die größte verfügbare, einheitlich strukturierte und flächenbezogene Datenbasis wichtige boden- und standortkundliche Parameter, die zur Bodenbewertung herangezogen werden können (Bodenart, Humusgehalt, Hydromorphie, Horizontmächtigkeit u.a.). Grundlegende Ausführungen zum Potenzial der nichtsteuerlichen Nutzung der Bodenschätzung sind in den Arbeiten von HAASE (1956), ARENS (1960) und LIEBEROTH (1969) zu finden.

Diese Zusammenstellung soll eine fachliche Informationsquelle zur Nutzung der Bodenschätzung im nichtsteuerlichen Anwendungsbereich sein. Dabei werden den einzelnen Parametern der Bodenschätzung in einem Katalog bodenkundlichen Erläuterungen sowie Möglichkeiten und Grenzen der Auswertung gegenübergestellt. Einen bundesweiten einheitlichen Schlüssel für die Interpretationen nach Bodenfunktionen, Bodentypen u.a. kann es wegen regionaler Besonderheiten nicht geben. Die Nutzung von Bodenschätzungsdaten ist vielfältig, z.B. für die bodenkundliche Landesaufnahme, die Raumordnungs- und Flächennutzungsplanung, die Wasserschutzgebietsverfahren, für Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP), für Naturschutzbelange und Flurbereinigungsverfahren sowie für den Bodenschutz und den teilflächenspezifischen Ackerbau. Diese Anwendungspalette wird auch in der ersten Übersicht zum Stand der Auswertung und Nutzung von Bodenschätzungsdaten durch die zuständigen Einrichtungen in den verschiedenen Bundesländern deutlich (siehe Anhang 2).

Darüber hinaus enthält dieses Papier konkrete Datenanforderungen für die Bodenbewertung und den Bodenschutz. In mehr als 50 Gesetzen, Verordnungen und Regelwerken werden boden- bzw. bodenschutzrelevante Belange berührt. Allein bei der länderbezogenen Umsetzung des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG vom 17.03.1998) werden für vier von neun Bodenfunktionen (Teilfunktionen) die Daten der Bodenschätzung genutzt bzw. zur Anwendung empfohlen. So gehen zum Beispiel die Bodenschätzungsdaten in die Bewertung der Lebensraum-, Transformations- und Produktionsfunktion ein. Für den sachgerechten Umgang mit den Schätzungsdaten im Zusammenhang mit der Bodenbewertung ist die Kenntnis des Inhalts der Bodenschätzung und deren Auswertungs- und Nutzungsmöglichkeiten sowie Anwendungsgrenzen unerlässlich. Hierzu soll dieses Arbeitsmaterial beitragen.

Das Arbeitspapier richtet sich an alle, die die Ergebnisse der Bodenschätzung nutzen oder anwenden wollen. Es soll Planungs- und Verfahrensträgern, Fachbehörden, Planungsbüros und allen mit den Aufgaben des Bodenschutzes befassten Einrichtungen den sachgerechten Umgang mit den Bodenschätzungsdaten ermöglichen.

Das Arbeitsmaterial verdeutlicht außerdem, dass die Bodenschätzung noch häufiger als bisher für die Beurteilung von Böden bei nahezu allen bodenrelevanten Fragestellungen und Aufgaben genutzt werden kann. Dies gilt umso mehr, da die Geländearbeiten für die bodenkundliche Landesaufnahme bei den Geologischen Diensten der Länder aus Kostengründen reduziert wurden. Bodenschätzungsparameter und deren Verknüpfung mit anderen geowissenschaftlichen, landwirtschaftlichen und hydrologischen Kenngrößen sind eine wichtige und bei mittel- und großmaßstäbigen Fragestellungen oft die einzige Datengrundlage für Maßnahmen zum Schutz von Böden und deren einheitliche Bewertung. Die Nutzung der Bodenschätzung dient damit u.a. dem Grundwasserschutz, der standortgerechten Bodennutzung und dem schonenden sowie ressourcensparenden Umgang mit unserer Lebensgrundlage Boden.

3 Grundlagen der Bodenschätzung

Gesetzliche Grundlagen

Im Zuge der Neustrukturierung der Finanzverwaltungen nach dem ersten Weltkrieg und angesichts knapper werdender öffentlicher Mittel wurde mit dem Bewertungsgesetz (BewG) von 1925 eine einheitliche Basis für die Bewertung des gesamten Vermögens und insbesondere auch für die Bewertung des landwirtschaftlichen Vermögens geschaffen. Dieses Gesetz wurde in den 30er Jahren neu gefasst und durch das Bodenschätzungsgesetz (BodSchätzG) vom 16. Oktober 1934 ergänzt. Damit wurde die Bodenschätzung "für den Zweck einer gerechten Verteilung der Steuern, einer planvollen Gestaltung der Bodennutzung und zu einer Verbesserung der Beleihungsgrundlagen" (§ 1 BodSchätzG) eingeführt. Das Bodenschätzungsgesetz von 1934 ist zwar auf der Basis des sogenannten Ermächtigungsgesetzes erlassen worden, hat aber seine Geltung gemäß Artikel 123 Abs. 1, Artikel 125 Nr. 1 und in Verbindung mit Artikel 105 Abs. 2 des Grundgesetzes auch in der Bundesrepublik behalten.

Durchführung der Erstschätzung

Die erstmalige Bestandsaufnahme und Bewertung des gesamten landwirtschaftlich nutzbaren Bodens in Deutschland nach dem Bodenschätzungsgesetz erfolgte ab 1935 bis in die 50er Jahre hinein (Erstschätzung). Die Ergebnisse der Bodenschätzung liegen für alle Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland, außer Berlin, vor. Die o. g. Arbeiten wurden in der Weise durchgeführt, dass auf allen Acker- und Grünlandflächen Deutschlands rasterartig im Abstand von ca. 20 bis 50 m eine Bohrung bzw. Aufgrabung bis zu einer Tiefe von einem Meter vorgenommen wurde. Die dabei erkennbaren Bodenprofile wurden nach einem einheitlichen Schema beschrieben und danach die Böden in Form von Wertzahlen und Klassen bewertet. Gleichartige Böden wurden nach der jeweiligen Klassenzugehörigkeit im Gelände abgegrenzt und die Klassengrenzen in Karten (Schätzungskarten) festgehalten. Bei entsprechendem Bedarf wurden auch noch innerhalb der Klassenflächen weitere Flächen mit besonderen Merkmalen, wie z. B. Waldschatten oder Flächen höherer Ertragsfähigkeit, ausgewiesen.

Zweck der Bodenschätzung

Die immense Arbeit - Millionen von Bohrungen bzw. Aufgrabungen und entsprechende Beschreibungen und Ausgrenzungen auf Karten - wurde in erster Linie geleistet, um die natürliche Ertragsfähigkeit der landwirtschaftlich nutzbaren Flächen für die Bewertung des landwirtschaftlichen Vermögens zu erfassen. Für steuerliche Zwecke, wie z. B. für die Grundsteuer oder die Einkommenssteuer ist die Bodenschätzung unmittelbar von Bedeutung. Insgesamt ergeben sich über 20 steuerli-

che Anwendungsgebiete. Eine mindestens genauso große Anzahl von Anwendungen betreffen den nichtsteuerlichen Bereich. So ist die Bodenschätzung z.B. Grundlage der Wertermittlung in Flurbereinigungsverfahren (§ 28 FlurbG) oder bei Flächenstilllegungen. Die größte Bedeutung der Bodenschätzung außerhalb des Steuerrechts dürfte in der Wertermittlung im Rahmen des Grundstücksverkehrs liegen. Das zeigt sich z. B. in Bodenrichtwertkarten der Gutachterausschüsse. Dort sind die für landwirtschaftliche Flächen ausgewiesenen Bodenpreise häufig an den Wertzahlen der Bodenschätzung orientiert. Vergleichbare Verhältnisse ergeben sich übrigens auch beim Pachtmarkt für landwirtschaftliche Grundstücke.

Aufgaben des Bundesfinanzministeriums

Das Bundesfinanzministerium (BMF) gewährleistet die Einheitlichkeit der Bodenschätzung. Zu diesem Zweck werden vom BMF mit Hilfe der landwirtschaftlichen Abteilung des Bewertungsbeirats, die die Aufgaben des Schätzungsbeirats nach dem BodSchätzG wahrnimmt (§ 5 BodSchätzG, §§ 63-66 BewG), sogenannte **Musterstücke** (§ 4 BodSchätzG) angelegt (vgl. Abb. 1). Bei den Musterstücken handelt es sich um genau abgegrenzte Flächen mit meist weniger als 1000 qm Größe auf regional-typischen Böden in Deutschland. Anhand von Aufgrabungen werden die Musterstücke detailliert beschrieben und nach den Vorgaben des BodSchätzG bewertet. Zu jedem Musterstück liegen außerdem chemische und physikalische Analysedaten vor. Um die Rechtsverbindlichkeit der Musterstücke zu gewährleisten, werden diese vom Bundesminister der Finanzen mit Zustimmung des Bundesrates per Rechtsverordnung bekannt gegeben (s. Anlageband zum Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 20 vom 10. Mai 2000). In Deutschland gibt es z. Zt. 4131 rechtskräftige Musterstücke der Bodenschätzung. Die Beschreibungen dieser Musterstücke (einschl. der chemischen und physikalischen Untersuchungsergebnisse) sind digital erfasst. Von mehr als 1000 Musterstücksprofilen liegen Fotografien digital vor (s. Hinweis in Kapitel 7.1).

Aufgaben der Oberfinanzdirektionen und Finanzämter

Auf Länderebene ist die landwirtschaftliche Abteilung des Gutachterausschusses für die Beschreibung und Bewertung von sogenannten Landesmusterstücken zuständig (§ 6 BodSchätzG; §§ 67-69 BewG). Die Leitung hat der Oberfinanzpräsident. Sein Vertreter bei der Bodenschätzung ist der sogenannte Leitende Landwirt. Er koordiniert die Bodenschätzungsarbeiten im Geschäftsbereich der einzelnen Oberfinanzdirektionen (OFD) und gewährleistet die Einheitlichkeit und Qualität der Bodenschätzungsergebnisse auf dieser Ebene. Landesmusterstücke werden in Anlehnung an die (Bundes-) Musterstücke geschätzt.

Bei der Durchführung einer Bodenschätzung werden unter Berücksichtigung von Musterstücken und Landesmusterstücken sogenannten Vergleichsstücke unter Beteiligung der jeweiligen Oberfinanzdirektion auf Gemarkungsebene festgelegt (vgl. Abb. 1). Diese Bodenprofile geben einen Überblick über die vorhandenen Böden einer Gemarkung und dienen auch dem Nachweis von Bodenveränderungen. Sie sichern und erleichtern somit maßgeblich die eigentlichen Schätzungsarbeiten, die wiederum in Anlehnung an diese Vergleichsstücke erfolgt. Hinsichtlich der praktischen und technischen Durchführung sowohl der Erstschätzung als auch der Nachschätzung wird auf RÖSCH & KURANDT (1950) verwiesen. In diesem Werk werden neben dem Bodenschätzungsgesetz mit amtlicher Begründung auch die Durchführungsbestimmungen und Verwaltungsvorschriften, wie sie im wesentlichen auch heute noch gültig sind, wiedergegeben.

Die Beschreibung der Bodenprofile (Grablochbeschriebe) wurde in den 90er Jahren modernisiert und in einer für das ganze Bundesgebiet einheitlichen „Arbeitsanleitung Neues Feldschätzungsbuch“ zusammengefasst. Nach dieser Arbeitsanleitung gehen derzeit alle Gremien der Bodenschätzung vor.

Die eigentlichen Bodenschätzungsarbeiten auf den Flächen einer Gemarkung werden vom sogenannten Schätzungsausschuss des jeweiligen Finanzamtes (FA) durchgeführt, dessen Leiter auch

den Vorsitz des Schätzungsausschusses (§ 7 BodSchätzG) innehat. Er delegiert diese Aufgabe regelmäßig an den meist für mehrere Finanzamtsbezirke zuständigen Amtlichen Landwirtschaftlichen Sachverständigen (ALS). Der ALS wird bei seiner Arbeit unterstützt durch einen Mitarbeiter und ehrenamtliche landwirtschaftliche Sachverständige. Letztere entstammen dem landwirtschaftlichen Berufsstand mit entsprechender Fachkenntnis. Nach Abschluss der Schätzungsarbeiten werden die Ergebnisse der Schätzung „offengelegt“, d. h. alle Grundstückseigentümer, deren Flächen von der Schätzung betroffen sind, erhalten die Möglichkeit, innerhalb einer Frist (i.R. 4 Wochen) gegen die Bodenschätzung Beschwerden einzulegen. Nach Ablauf der Frist und Abhilfe hinsichtlich der eingelegten Beschwerden wird die jeweilige Bodenschätzung rechtskräftig.

Nach dem Bodenschätzungsgesetz müssen die Bodenschätzungsergebnisse über den Zeitpunkt der Erstschätzung hinaus aktuell gehalten werden. Dies geschieht durch sogenannte Nachschätzungen (§ 12 BodSchätzG), die grundsätzlich nach dem gleichen Verfahren ablaufen wie die Erstschätzung. Gründe für die Nachschätzung sind z. B. Änderung der Nutzungsarten oder anthropogene Bodenveränderungen (Tagebau, Meliorationen).

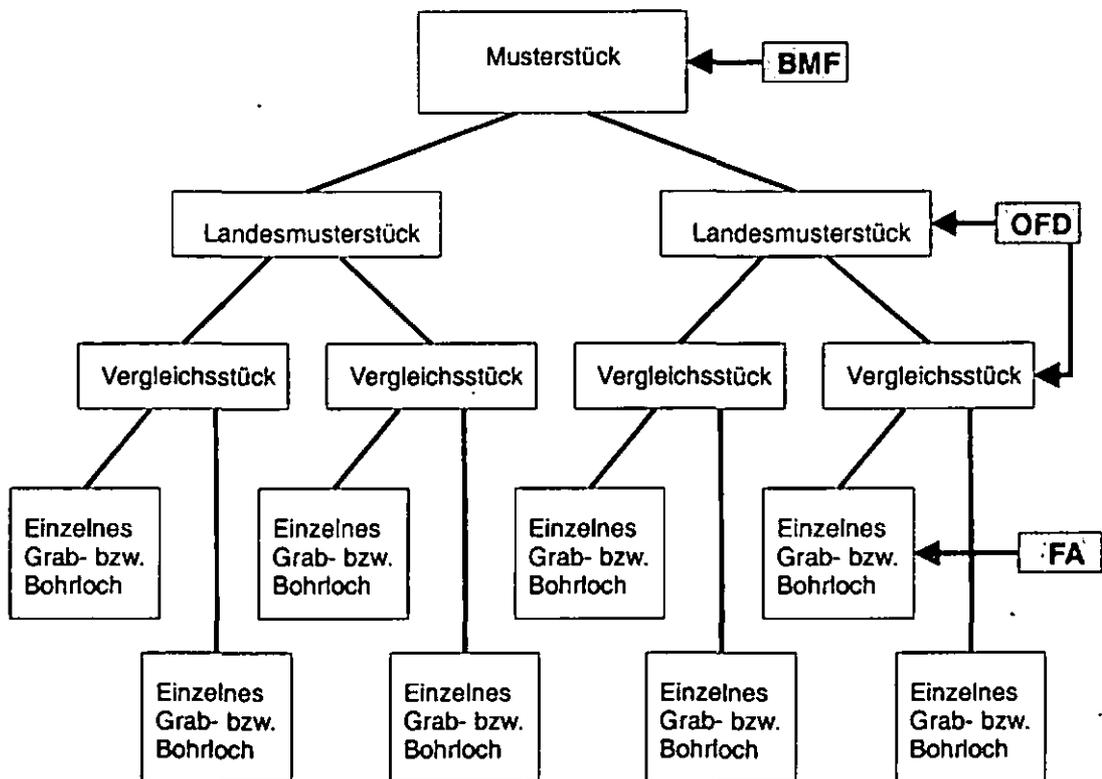


Abbildung 1: Der hierarchischer Aufbau der Bodenschätzung (BMF = Bundesfinanzministerium, OFD = Oberfinanzdirektion, FA = Finanzamt).

Ermittlung der Wertzahlen und Klassen

Auf der Basis bereits vor Inkrafttreten des Bodenschätzungsgesetzes bewerteter Musterstücke hat die Finanzverwaltung Acker- und Grünland-schätzungsrahmen entwickelt (s. Tabelle 1 und Tabelle 2). Sie dienen der schnellen Ermittlung der Bodenschätzungswertzahlen. In den Schätzungsrahmen

sind die Böden nach Klassen eingeteilt. Diese ergeben sich bei der Ackerschätzung aus Bodenart, geologischen Entstehung und Zustandsstufe und bei der Grünlandschätzung aus Bodenart, Bodenstufe, Klima und Wasserverhältnissen. Für jede Klasse sind Wertzahlen festgelegt, die eine mehr oder weniger große Spanne aufweisen. Über die Wertzahlen können auch geringe Unterschiede innerhalb einer Klasse zum Ausdruck gebracht werden.

Die Wertzahlen sind Verhältniszahlen, die Unterschiede im Reinertrag bei gemeinüblicher und ordnungsgemäßer Bewirtschaftung zum Ausdruck bringen sollen. Die mittels Ackerschätzungs- bzw. Grünlandschätzungsrahmen bestimmte Wertzahl wird als Bodenzahl bzw. Grünlandgrundzahl bezeichnet. Durch Zu- und Abrechnungen, z.B. für klimatische Besonderheiten oder Geländeneigung, wird dann die Ackerzahl bzw. Grünlandzahl ermittelt. Zum Verständnis der Schätzungsrahmen sei auf WILL (1987) verwiesen.

Ergebnisnachweis

Im Ergebnis liefert die Bodenschätzung Punkt- und Flächendaten, die zunächst in Feldschätzungsbüchern und -karten festgehalten werden und danach in Acker- und Grünlandschätzungsbüchern und Schätzungsurkarten übertragen werden (Maßstab zwischen 1 :500 und 1 :5.000). Die Karten und Bücher der Bodenschätzung lagern bei den Finanzämtern und bei der Katasterverwaltung.

Die umfassende Auswertung der Bodenschätzungsdaten wird erst durch ihre Digitalisierung ermöglicht. In fast allen Bundesländern wird diese derzeit vorangetrieben. Dies geschieht auf der Basis von entsprechenden Beschlüssen der Finanz-, Innen- und Umweltminister der Länder aus den Jahren 1994 und 1995. Im Rahmen der automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) der Katasterverwaltung wird die Bodenschätzung zunehmend in einer eigenen Kartenebene (Folie 42) nachgewiesen.

Bodenart	Entstehung	Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S Sand	D		41-34	33-27	26-21	20-16	15-12	11-7
	Al		44-37	36-30	29-24	23-19	18-14	13-9
	V		41-34	33-27	26-21	20-16	15-12	11-7
Sl (S/IS) anlehmiger Sand	D		51-43	42-35	34-28	27-22	21-17	16-11
	Al		53-46	45-38	37-31	30-24	23-19	18-13
	V		49-43	42-36	35-29	28-23	22-18	17-12
IS lehmiger Sand	D	68-60	59-51	50-44	43-37	36-30	29-23	22-16
	Lö	71-63	62-54	53-46	45-39	38-32	31-25	24-18
	Al	71-63	62-54	53-46	45-39	38-32	31-25	24-18
	Vg		57-51	50-44	43-37	36-30	29-24	23-17
SL (IS/sL) stark lehmiger Sand	D	75-68	67-60	59-52	51-45	44-38	37-31	30-23
	Lö	81-73	72-64	63-55	54-47	46-40	39-33	32-25
	Al	80-72	71-63	62-55	54-47	46-40	39-33	32-25
	Vg	75-68	67-60	59-52	51-44	43-37	36-30	29-22
sL sandiger Lehm	D	84-76	75-68	67-60	59-53	52-46	45-39	38-30
	Lö	92-83	82-74	73-65	64-56	55-48	47-41	40-32
	Al	90-81	80-72	71-64	63-56	55-48	47-41	40-32
	Vg	85-77	76-68	67-59	58-51	50-44	43-36	35-27
L Lehm	D	90-82	81-74	73-66	65-58	57-50	49-43	42-34
	Lö	100-92	91-83	82-74	73-65	64-56	55-46	45-36
	Al	100-90	89-80	79-71	70-62	61-54	53-45	44-35
	Vg	91-83	82-74	73-65	64-56	55-47	48-39	38-30
LT schwerer Lehm	D	87-79	78-70	69-62	61-54	53-46	45-38	37-28
	Al	91-83	82-74	73-65	64-57	56-49	48-40	39-29
	V	87-79	78-70	69-61	60-52	51-43	42-34	33-24
	Vg		78-70	69-61	60-52	51-43	42-34	33-24
T Ton	D		71-64	63-56	55-48	47-40	39-30	29-18
	Al		74-66	65-58	57-50	49-41	40-31	30-18
	Vg		71-63	62-54	53-45	44-36	35-26	25-14
Mo Moor			54-46	45-37	36-29	28-22	21-16	15-10

Tabelle 1: Ackerschätzungsrahmen (RÖSCH & KURANDT 1950)

Boden- Art	Stufe	Klima	Wasserverhältnisse				
			1	2	3	4	5
S Sand	I (45-40)	a	60-51	50-43	42-35	34-28	27-20
		b	52-44	43-36	35-29	28-23	22-16
		c	45-38	37-30	29-24	23-19	18-13
	II (30-25)	a	50-43	42-36	35-29	28-23	22-16
		b	43-37	36-30	29-24	23-19	18-13
		c	37-32	31-26	25-21	20-16	15-10
	III (20-15)	a	41-34	33-28	27-23	22-18	17-12
		b	36-30	29-24	23-19	18-15	14-10
		c	31-26	25-21	20-16	15-12	11-7
IS lehmiger Sand	I (60-55)	a	73-64	63-54	53-45	44-37	36-28
		b	65-56	55-47	46-39	38-31	30-23
		c	57-49	48-41	40-34	33-27	26-19
	II (45-40)	a	62-54	53-45	44-37	36-30	29-22
		b	55-47	46-39	38-32	31-26	25-19
		c	48-41	40-34	33-28	27-23	22-16
	III (30-25)	a	52-45	44-37	36-30	29-24	23-17
		b	46-39	38-32	31-26	25-21	20-14
		c	40-34	33-28	27-23	22-18	17-11
L Lehm	I (75-70)	a	88-77	76-66	65-55	54-44	43-33
		b	80-70	69-59	58-49	48-40	39-30
		c	70-61	60-52	51-43	42-35	34-26
	II (60-55)	a	75-65	64-55	54-46	45-38	37-28
		b	68-59	58-50	49-41	40-33	32-24
		c	60-52	51-44	43-36	35-29	28-20
	III (45-40)	a	64-55	54-46	45-38	37-30	29-22
		b	58-50	49-42	41-34	33-27	26-18
		c	51-44	43-37	36-30	29-23	22-14
T Ton	I (70-65)	a	88-77	76-66	65-55	54-44	43-33
		b	80-70	69-59	58-48	47-39	38-28
		c	70-61	60-52	51-43	42-34	33-23
	II (55-60)	a	74-64	63-54	53-45	44-36	35-26
		b	66-57	56-48	47-39	38-30	29-21
		c	57-49	48-41	40-33	32-25	24-17
	III (40-35)	a	61-52	51-43	42-35	34-28	27-20
		b	54-46	45-38	37-31	30-24	23-16
		c	46-39	38-32	31-25	24-19	18-12
Mo Moor	I (45-40)	a	60-51	50-42	41-34	33-27	26-19
		b	57-49	48-40	39-32	31-25	24-17
		c	54-46	45-38	37-30	29-23	22-15
	II (30-25)	a	53-45	44-37	36-30	29-23	22-16
		b	50-43	42-35	34-28	27-21	20-14
		c	47-40	39-33	32-26	25-19	18-12
	III (20-15)	a	45-38	37-31	30-25	24-19	18-13
		b	41-35	34-28	27-22	21-16	15-10
		c	37-31	30-25	24-19	18-13	12-7

Tabelle 2: Grünlandschätzungsrahmen (RÖSCH & KURANDT 1950)

4 Parameter der Bodenschätzung

In den Schätzungskarten sind die Grenzen der geschätzten Flächen mit den jeweiligen Klassenzeichen und der Lage der Grablöcher flurstücksscharf markiert (Abb. 2 und 3). Den größten Informationsgehalt für alle bodenbezogenen Aussagen beinhalten die Grablochbeschreibungen der Schätzungsbücher. In diesen wird für jede Klassenfläche ein repräsentatives Bodenprofil beschrieben (Beispiele in Abb. 4 und Abb. 5). Die ausführliche Kennzeichnung der Bodenmerkmale lässt sich erfahrungsgemäß recht gut in die aktuelle bodenkundliche Nomenklatur übersetzen (BENNE et al. 1990). Die übersetzten Profilbeschreibungen dienen dann als Ausgangsinformation für die Ableitung von Bodenkennwerten. Der im Vergleich zur Auswertung der Klassenzeichen erheblich höhere Arbeitsaufwand bei der bodenkundlichen Interpretation der Grablochbeschreibungen, der durch die Eichung des "Übersetzungsschlüssels" und die Eingabe der Grablochbeschreibungen entsteht, ist durch die dadurch mögliche Beantwortung von bodenkundlichen und umweltrelevanten Fragestellungen gerechtfertigt.

Neben den Schätzungskarten und Schätzungsbüchern wurde bei der Erstschätzung für jede Gemarkung eine Gemeindebeschreibung angelegt. In dieser sind Angaben zum Flurzustand, Klima, zu Wachstumsbedingungen für Kulturpflanzen, zu Anbau- und Ertragsverhältnissen sowie zur Geologie enthalten, die jedoch meist nicht mehr aktualisiert wurden und auch nicht digitalisiert erfasst werden.

Zur Sicherung der Einheitlichkeit der Bodenschätzung werden ausgewählte Bodenflächen als Musterstücke geschätzt. Die Musterstücke haben Leitprofilcharakter. Sie sind durch das Klassenzeichen, die Wertzahlen und Grablochbeschreibungen gekennzeichnet, und Proben der Musterstücke-Profile werden im Labor bodenchemisch und bodenphysikalisch untersucht. Neben Angaben zur geologischen Entstehung, zur Höhenlage und zum Klima liegen horizontbezogene Angaben zur Korngrößenfraktionierung nach KOPECKY (1914), zum pH-Wert sowie zum Karbonat-, Kohlenstoff- und Humusgehalt vor. Abbildung A1 im Anhang zeigt eine Gegenüberstellung der Korngrößen nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (Methode von ATTERBERG [1912]; verbessert nach KÖHN [1928]) und nach der Bodenschätzung (Methode KOPECKY).

Die Musterstücke liefern somit das analytisch abgesicherte Gerüst, die Eckpfeiler der Bodenschätzung. Sie stellen hierdurch wertvolle Verbindungsstücke zwischen Bodenschätzung und Bodenkunde dar. Sie bilden neben den Kontakten zu den örtlichen Bodenschätzern die Grundlage der Entwicklung regionaler Übersetzungsschlüssel als Hilfsmittel bei der bodenkundlichen Umsetzung der Schätzungsparameter.

Die Tabellen 3 und 4 zeigen die Möglichkeiten und Grenzen der Übersetzung von Grablochbeschreibungen der Bodenschätzung in die moderne bodenkundliche Nomenklatur sowie Interpretationsmöglichkeiten der Klassenzeichen auf. Generell ist bei der Interpretation von Altschätzungen zu beachten, dass sich Böden im Laufe der Zeit vor allem durch anthropogene Eingriffe verändert haben (z.B. durch Krumenvertiefung, Erosion oder Eingriffe in den Wasserhaushalt). Andererseits haben gerade ältere Schätzungen bei der Rekonstruktion heute zerstörter, versiegelter und somit nicht mehr zugänglicher oder stark erodierter Böden einen sehr großen Wert. Bei der Interpretation und Übersetzung von Bodenschätzungsdaten müssen durch den Kontakt zu den Amtlichen Landwirtschaftlichen Sachverständigen regionale Besonderheiten der Bodenschätzung beachtet werden. Hier kommt die Subjektivität des jeweiligen Schätzers bei der Feldansprache besonders zum Tragen. Nachschätzungen aktualisieren den Datenbestand.

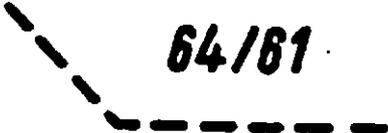
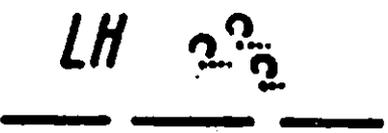
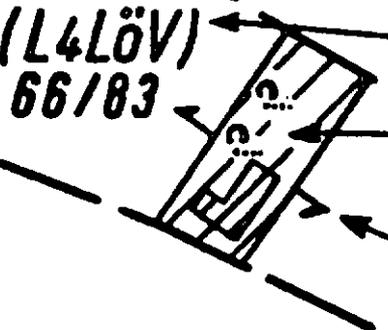
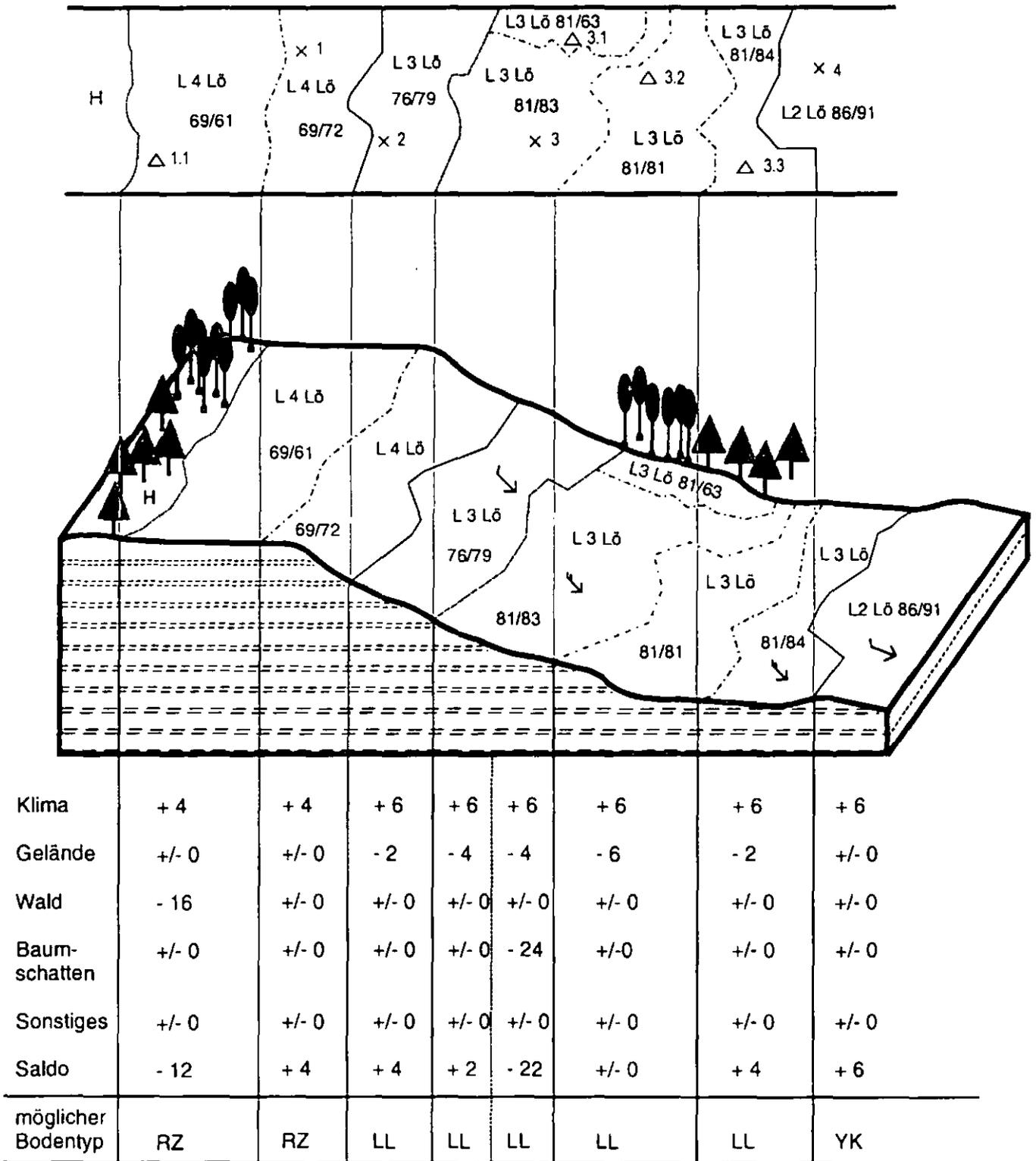
Idealisierter Kartenausschnitt	Erläuterungen
	<p>Klassenzeichen für Ackerland. Boden- und Ackerzahl</p>
	<p>Klassenflächengrenze Klassenabschnitt</p>
	<p>Klassenabschnittsgrenze Klassenfläche</p>
	<p>Sonderflächengrenze Sonderfläche (Abzug für Waldschatten)</p>
	<p>Waldfläche (Laubholz)</p>
	<p>Tagesabschnittsnummer Bohrlochnummer</p>
	<p>Klassenzeichen für Grünland, Grünlandgrundzahl u. Grünlandzahl (Abzug für Geländeneigung)</p>
	<p>Reichsmusterstück Bach (mit Fließrichtung)</p>
	<p>Wechselland, vorwiegend Ackerland, A Gr. nicht geschätzte Fläche (Gebäude- und Hofraum) Haken (durch Hofraum getrennte Klassenfläche)</p>

Abbildung 2: Ausschnitt einer idealisierten Bodenschätzungskarte (nach ARENS 1960).



RZ = Pararendzina, LL=Parabraunerde, YK=Kolluvisol

Abbildung 3: Schematischer Ausschnitt einer Feldschätzungskarte, Darstellung der Topografie und Vorgehensweise zur Ermittlung der Ackerzahl aus der Bodenzahl mittels Zu- und Abschlägen (Die in der Karte vermerkten Grablöcher entsprechen den Eintragungen im Feldschätzungsbuch der Abbildungen 4 und 5).

Feldschätzungsbuch

Anlage 2
(BodSchätz TechnAnw)

Gemeinde <u>Musterstadt</u> Gemarkung <u>Mustendorf</u> Flur <u>1</u> Seite <u>1</u>		Schätzungsbezeichnung <u>I</u> Beobachtungszeit <u>3.4.98</u>		Bemerkungen; insbesondere über Besonderheiten				
Kulturart	Lfd. Nr. des Grablochs	Bodenprofile	Klasse	Stärke des Bodenschwund	Baumart	Art	Abgrenzung	Zy.H.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1	h' ka' hL 2, f3 ka h-bL	L 4 LÖ	69	1	Kli: +4 Gel: ±0	SF Kli: +4 SF Wild 0-16 } 69/61	
A	2	h-h' h' L 3 h'-kr L a5 ka hL	L 3 LÖ	76	2	Kli: +6 Gel: -2		
A	3	h hL 3 h-h' ka' hL a5 h'-kr L 4 ka hL	L 3 LÖ	81	3	Kli: +6 Gel: W-4	SF Kli: +6 SF Gel: W-4 } 81/63 SF Kli: +6 SF Gel: W-6 } 81/81 SF Kli: +6 SF Gel: -2 } 81/84	
A	4	h h' L 3 h' ka' hL	L 2 LÖ	86	4	Kli: +6		

Abbildung 4: Auszug aus dem Alten Feldschätzungsbuch (Die Grablochnummern entsprechen den Eintragungen in der Schätzungskarte der Abbildung 2).

Feldschätzungsbuch										(Rahmenseite)	Seite 1
Gemeinde - Gemarkung		Schätzungsbezeichnung / Flur		Feuchtheitszustand des Bodens		Datum					
Musterdorf		I I		F3		03.04.1998					
Grabloch	Nr.	bestimm.	Lage	Richtung	Högl. in %	Baumart	Bodentyp	M, L, V,	T, H	Ertrag, Kategorie	
Kulturart		Bodenklasse	Bz. Grdz	Besonderheiten, Abrechnungen (%)		Allg. Klima		Wertzahlen			
Bemerkungen											
Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart		Schicht, an		Horizont	
A	1	L 4 LÖ	69	SF. 1 Wild 0-16 SF. 2 SF. 3		+/- 0 +4		69/72 69/61			
h2	ka2					L, fa3		2,5-3		Ap	
	ka4					L, fa3 - fa4				eIC	
A	2	L 3 LÖ	76	SF. 1 SF. 2 SF. 3		Gel -2 +6		76/79			
h3-h2						L, fa2		3		Ap	
						L, fa2 - kr		1,5		Bt	
	ka4					L, fa3				eIC	

Abbildung 5: Auszug aus dem Neuen Feldschätzungsbuch.

Tabelle 3: Auswertungsmöglichkeiten von Grablochbeschreibungen der Bodenschätzung für bodenkundliche Fragestellungen.

Parameter der Bodenschätzung	Aussagen und Interpretationsmöglichkeiten für bodenkundliche Parameter	Ergänzende Hinweise
1 Horizontbezogene Daten Schichtmächtigkeit	<p>Die Beschreibung der Grablöcher erfolgt bis auf maximal ein Meter Bodentiefe.</p> <p>Die Angaben zu den Schichtgrenzen können übernommen werden, die Genauigkeit liegt bei etwa 0,5 dm. Die Tiefenangaben erfolgen als Schichtmächtigkeiten, sie müssen zu Horizontuntergrenzen unter GOF aufaddiert werden.</p> <p>Die Bodenschätzung berücksichtigt die Aufhöhung des Bodens - z.B. durch die Pflugarbeit - und geht in der Regel von einer Bodenhöhe bei der Ernte der Hauptfrucht aus.</p>	<p>Bei Altschätzungen erfolgte in der Regel seit der Erstbeschreibung eine Krümmenvertiefung, so dass die Horizontmächtigkeit des Oberbodens und des darunter liegenden Horizontes bei fehlender Nachschätzung korrigiert werden muss.</p> <p>Die Untergrenze der letzten Schicht wird nicht angegeben. Folglich sind besonders in Mittelgebirgslandschaften (V-Böden) Aussagen zur Gründigkeit erschwert.</p> <p>Bei V-Böden wird die Untergrenze des Wurzelraumes durch die Bodenschätzung nicht immer erbohrt.</p>
Bodenart	<p>Der Bodenschätzung liegt eine andere Korngrößenfraktionierung als der modernen Bodenkunde zugrunde (vgl. Tab.4: Klassenzeichen, Bodenart sowie Abbildung A1 im Anhang).</p> <p>Die Übersetzung in die aktuelle bodenkundliche Nomenklatur erfordert die Entwicklung eines regionalen Übersetzungsschlüssels, der vor allem das geologische Ausgangssubstrat berücksichtigt.</p>	<p>Die Bodenart ist der wichtigste Parameter zur Abschätzung der Potentiale von Bodenfunktionen.</p> <p>Die Bodenartenhauptgruppe „Schluff“ fehlt (feinsandig entspricht schluffig).</p> <p>Die Subjektivität des Schätzers hat einen deutlichen Einfluss auf die Bodenartenansprache.</p>
Steingehalt	<p>Die regionale Übersetzung des Steingehaltes ist für die Abschätzung des Bodenskelettanteils nach KA4 (AG Boden 1994) mit hinreichender Genauigkeit möglich.</p> <p>Wertvolle Hilfe leisten Angaben zur Petrographie des Ausgangssubstrates.</p>	<p>Da die Körnungsgrenze zwischen Grus und Steinen in der Bodenschätzung von der in der Bodenkunde abweicht, sind der Grus- und Steingehalt nur bedingt direkt zu übersetzen.</p> <p>Die korrekte Ansprache des Grobbodenanteils ist mit dem Bohrstock generell schwierig.</p>

Fortsetzung Tabelle 3

Parameter der Bodenschätzung	Aussagen und Interpretationsmöglichkeiten für bodenkundliche Parameter	Ergänzende Hinweise
Humusgehalt	Die Übersetzung des Humusgehaltes und der Humusmächtigkeit ist bei Beachtung regionaler und bodenformspezifischer Besonderheiten mit hoher Treffsicherheit möglich und liefert zur KA4 (AG Boden 1994) vergleichbare Ergebnisse.	<p>Der Parameter ist von besonderem Interesse für eine bodentypologische Übersetzung, z.B. die Identifizierung von Kolluvisolen in Verbindung mit Reliefdaten, von Schwarzerden in Lößgebieten oder von Plaggeneschen in Verbindung mit historischen Karten und Reliefdaten.</p> <p>Die Ausprägung der Bodenfarbe der Horizonte lässt eine exakte Ansprache des Humusgehaltes nicht immer zu, besonders im Unterboden.</p> <p>Bei Kolluvisolen und anderen tiefgründig humosen Böden wird der Humusgehalt im Unterboden häufig nicht durch die Bodenschätzung erfasst.</p>
Kalkgehalt	Die Auswertung sollte nicht quantitativ, sondern lediglich qualitativ - im Sinne von Karbonat vorhanden/ nicht vorhanden - erfolgen. In Abhängigkeit vom Ausgangsgestein kann z.T. der Karbonatgehalt abgeschätzt werden.	<p>Der durch die Bodenschätzung erfasste Kalkgehalt hat u.a. Bedeutung für boden-genetische Fragestellungen.</p> <p>Je nach subjektiver Ansprache kann die Angabe des Kalkgehaltes fehlen. Besonders in Lößgebieten wurde der Kalkgehalt nicht immer beschrieben.</p> <p>Sehr geringe Karbonatgehalte werden von den Schätzern vielfach nicht erfasst.</p>
Hydromorphiemerkmale	Die Feuchtigkeitsmerkmale werden unter „Farbe“ und „Eisen“ - allerdings nur unvollständig - erfasst.	<p>Die Ansprache von Hydromorphiemiernmerkmalen hat Bedeutung für bodentypologische und ökologische Fragestellungen sowie für Aussagen zum Bodenwasserhaushalt und kann in Verbindung mit Karten zum Relief oder zur Geologie Zusatzinformationen liefern (z.B. Hinweis auf Stau- oder Grundwassereinfluss).</p> <p>Es sind – soweit es sich um rezente Merkmale handelt - Aussagen zur Eignung als Standort für verschiedene Nutzungen möglich. Insgesamt werden die Hydromorphiemerkmale schwächer als nach KA4 (AG Boden 1994) angesprochen. Bei humosen Horizonten werden Hydromorphiemerkmale vielfach nicht angesprochen.</p> <p>Die beschriebenen Wasserverhältnisse sind infolge von Meliorationen häufig reliktsch.</p>

Fortsetzung Tabelle 3

Parameter der Bodenschätzung	Aussagen und Interpretationsmöglichkeiten für bodenkundliche Parameter	Ergänzende Hinweise
Sonstiges	Zusätzliche Beschreibung der Schicht, z.B. „roh“ zur Kennzeichnung von Hydromorphiemerkmalen, tonreichen Bt- und C-Horizonten oder Horizonten mit überwiegend geogenen Farben.	<p>Die Bezeichnung „roh“ wird bei Nachschätzungen nicht mehr zur Darstellung von Hydromorphiemerkmalen verwandt. In Mittelgebirgslandschaften wird „roh“ lediglich noch zur Beschreibung von Cv- und Cn-Horizonten eingesetzt.</p> <p>Die Bezeichnung „verdichtet“ - z.B. zur Beschreibung von Horizonten mit höheren Tongehalten (auch tonreiche Bt-Horizonte) – findet heute keine Anwendung mehr.</p>
2 Nicht schichtbezogene	Angaben	
Bodenklasse	siehe Tabelle 4	
Bemerkungen	<p>Erfassung von Besonderheiten und Geologie sowie Hinweise zu Einheitsbewertung.</p> <p>Die Angaben dieser Rubrik sind fakultativ.</p> <p>In der Regel ohne Relevanz für aktuelle Auswertungen.</p>	

Tabelle 4: Auswertungsmöglichkeiten von Bodenschätzungskarten für bodenkundliche Fragestellungen

Parameter der Bodenschätzung	Aussagen und Interpretationsmöglichkeiten für bodenkundliche Parameter	Ergänzende Hinweise
1 Flächenabgrenzung	<p>Abgrenzung hinsichtlich natürlicher Ertragsbedingungen (Acker-, Grünland-, Wechsel- oder Gartenutzung, Hutung).</p> <p>Es werden Klassenflächen, Klassenabschnittsflächen und Sonderflächen unterschieden (Abb. 2-4). Unterschiedliche Klassenflächen weisen deutliche Unterschiede, z.B. in der Bodenart, auf. Es gibt nur geringe Unterschiede innerhalb der Klasse bei der Boden- und Grünlandgrundzahl. Sonderflächen stellen Besonderheiten innerhalb einer Klasse dar (z.B. bedingt durch Abrechnungen für Gelände, Waldschatten etc.), die in unterschiedlichen Acker- und Grünlandzahlen zum Ausdruck kommen (siehe auch Abb. 2-4).</p>	<p>Verfügbare Flächen zur Regionalisierung von Bohrpunkten. Eine weitere Untergliederung kann über Reliefdaten erfolgen.</p> <p>Es sind parzellenscharfe Aussagen möglich.</p> <p>Bei flachgründigen Mooren hat sich bei Altschätzungen aufgrund der Mineralisierung von 1 bis 2 cm/Jahr der Grenzverlauf meistens stark verändert.</p> <p>Unnatürliche Flächenabgrenzung, da sich die Grenzen z.B. an Flurstücksgrenzen oder Wegen orientieren.</p>
2 Klassenzeichen Ackerland Bodenart	<p>Die Bodenart des Klassenzeichens bezeichnet den bodenartigen Gesamtcharakter eines Bodens bis ein Meter Bodentiefe mit stärkerer Gewichtung des Oberbodens unter Einbeziehung des Skelettgehalts. Beim Ackerschätzungsrahmen werden neun (beim Grünland fünf) Bodenarten unterschieden (vgl. Tab. 1 und 2).</p> <p>Die Klassifizierung erfolgt nach dem Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen (< 0,01 mm Äquivalentdurchmesser). Siehe auch Abbildung A1 im Anhang.</p>	<p>Das Klassenzeichen kann Hinweise auf Böden mit extremen Standorteigenschaften geben. Bei der Hauptbodenart Mo ist unklar, ab welchem Gehalt an organischer Substanz Moore als solche bezeichnet wurden.</p> <p>Bodenkundliche Ableitungen sind besonders bei geschichteten Böden, wenn mehrere stark abweichende Bodenarten zu einer Gesamtbodenart zusammengefasst werden, schwierig. Ein Substratwechsel ist bezüglich des Wasserhaushaltes besonders bei Mo-Böden wichtig.</p>

Fortsetzung Tab. 4

Parameter der Bodenschätzung	Aussagen und Interpretationsmöglichkeiten für bodenkundliche Parameter	Ergänzende Hinweise
Bodenart (Forts.)	<p>Bodenartenschichtungen mit Moor oder sehr großen bodenartlichen Unterschieden werden meist als "Schichtwechsel" mit zwei Bodenarten dargestellt.</p> <p>Die Bodenart des Klassenzeichens ist nicht identisch mit der Bodenart nach KA4 und auch nicht 1:1 übersetzbar.</p>	<p>Zum Teil sind in beschränktem Umfang Aussagen über die Eignung als Pflanzenstandort, den Wasserhaushalt, den Nährstoffhaushalt und die Bearbeitbarkeit sowie das Filter- und Puffervermögen möglich. Hierbei ist eine Absicherung durch andere Daten oder eine Validierung im Gelände erforderlich. Mit den Informationen zur Hangneigung sind – sofern das Klassenzeichen die Bodenart des Oberbodens widerspiegelt - Aussagen über eine potentielle Erosionsgefährdung möglich.</p> <p>Genauere Ableitungen zur Bestimmung von Bodenpotenzialen und -funktionen sind nur in Verbindung mit den Bodenarten der in den Feldschätzungsbüchern hinterlegten Grablochbeschreibungen möglich.</p> <p>Es erfolgt keine Unterteilung der Sandfraktion.</p> <p>Besonders skelettreiche Mittelgebirgsböden werden in der Regel in der Gesamtbodenart als zu leicht (sandig) und Böden mit hohem Grundwasserstand oftmals als zu bindig (tonig) angesprochen.</p>
Zustandsstufe	<p>Nach Vorstellung der Bodenschätzung ist die Zustandsstufe ein Maßstab für den Entwicklungsgrad und somit die Leistungsfähigkeit des Bodens. Bei Ackerflächen werden sieben Zustandsstufen unterschieden.</p>	<p>Besonders auf Verwitterungsböden sind Aussagen über die Gründigkeit und Durchwurzelbarkeit eines Bodens ableitbar. Da sich hydromorphe Merkmale in gleicher Weise auf die Zustandsstufe auswirken wie die Gründigkeit, müssen diese vor einer Auswertung ausgeschlossen werden.</p> <p>Liefert im Zusammenhang mit anderen Parametern, z.B. mit der Bodenart, der Entstehung sowie der Lage im Relief - besonders bei Verwendung eines regionalen Schlüssels -, wichtige Informationen. So können z.B. Hinweise zur Bodengenese abgeleitet werden.</p> <p>Die Zustandsstufe repräsentiert den bodenkundlichen Kenntnisstand der zwanziger und dreißiger Jahre.</p>

Fortsetzung Tab. 4

Parameter der Bodenschätzung	Aussagen und Interpretationsmöglichkeiten für bodenkundliche Parameter	Ergänzende Hinweise
Entstehung	Einteilung der Böden in Al-Böden (holozäne Schwemmlandböden), D-Böden (Ausgangssubstrate der Bodenbildung sind pleistozäne Substrate mit Ausnahme des Lösses, aber auch andere Lockerseimente wie tertiäre Substrate), LÖ-Böden (Ausgangsmaterial Löss) und V-Böden (Festgesteinsverwitterungsböden).	Es sind in beschränktem Umfang Aussagen über das Substrat möglich. Bei D-Böden ist es schwierig, die Entstehung abzuleiten. So wurde beispielsweise auch umgelagerter Löss mit „D“ eingestuft, ebenso holozäner Flugsand. Vg- und Alg-Böden gestatten nicht immer Rückschlüsse auf die Verbreitung steiniger Flächen.
Bodenzahl	Die Bodenzahl, eine Verhältniszahl zwischen 7 und 100, wird nach Ermittlung der Bodenart, der Zustandsstufe und der Entstehung mit Hilfe des Acker-schätzungsrahmens (Tab. 1) festgelegt. Sie drückt auf unterschiedliche stabile Bodeneigenschaften zurückführbare Reinertragsunterschiede aus.	In einer einheitlichen Klimaregion bzw. in einem Naturraum besteht für anhydromorphe Böden eine eindeutige Beziehung zwischen der Bodenzahl und der nutzbaren Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum, sofern die Bodenzahlenspanne eine ausreichende Variationsbreite aufweist.
Ackerzahl	Berechnung aus der Bodenzahl aufgrund von Unterschieden hinsichtlich des Klimas (Zu- oder Abrechnungen) oder der Hangneigung, Waldschatten etc. (Abrechnungen)	Relativzahl mit geringer Aussagekraft für außerlandwirtschaftliche Fragestellungen.
3 Klassenzeichen Bodenart	Grünland Im Gegensatz zum Ackerland werden nur fünf Bodenarten unterschieden. Eine Bodenart umfasst dabei zwei benachbarte Bodenarten beim Ackerland (vgl. Tab. 1 und 2).	Durch die geringere Anzahl an Bodenarten sind ungenauere Aussagen und Ableitungen als beim Ackerland (siehe dort) möglich.
Bodenstufe	Im Vergleich zur Zustandsstufe ist die Bodenstufe wenig differenziert. Bodenstufe I entspricht einem tiefgründigen Boden, vergleichbar in etwa mit Zustandsstufe 2 und 3 bei Ackerland. Bodenstufe II entspricht einem mittelgründigen Boden, vergleichbar in etwa mit Zustandsstufe 4 und 5 bei Ackerland. Bodenstufe III entspricht einem flachgründigen Boden, vergleichbar in etwa mit Zustandsstufe 6 und 7 bei Ackerland.	Von der Bodenstufe sind bei anhydromorphen Böden in beschränktem Umfang Aussagen über die Gründigkeit eines Bodens ableitbar. Sie liefert im Zusammenhang mit anderen Parametern der Bodenschätzung Informationen. Die Bodenstufe ist wegen der geringen Differenzierung deutlich schlechter auswertbar als die Zustandsstufe (s. dort).

Fortsetzung Tab. 4

Parameter der Bodenschätzung	Aussagen und Interpretationsmöglichkeiten für bodenkundliche Parameter	Ergänzende Hinweise
Klima	Zur Kennzeichnung der Klimaverhältnisse werden beim Grünland in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Jahrestemperatur vier Klimastufen mit dem Ziel der Einstufung der klimatischen Standort-eignung unterschieden.	Ohne Relevanz für aktuelle Auswertungen.
Grünlandgrundzahl	Die Grünlandgrundzahl ist eine Verhältniszahl zwischen 7 und 88 und wird entsprechend der Bodenzahl mit Hilfe des Grünlandschätzungs-rahmens festgelegt. Sie entspricht der natürlichen Ertragsfähigkeit der Böden bei Grünlandnutzung. Im Gegensatz zur Bodenzahl wird mit der Grünlandgrundzahl das regionale Klima bereits berücksichtigt.	Im Gegensatz zum Ackerland lässt sich auf anhydromorphen Böden eine weniger enge Beziehung zwischen der Grünlandgrundzahl und der nutzbaren Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum feststellen.
Grünlandzahl	Berechnung aus der Grünlandgrundzahl aufgrund von Unterschieden hinsichtlich der Hangneigung, Waldschatten etc. (Abrechnungen)	s. Ackerzahl
Wasserverhältnisse	Die Wasserverhältnisse, Ausdruck des Grundwassers, der Staunässe, der nutzbaren Feldkapazität und der Niederschläge werden in einer Ordinalskala von 1 (sehr günstig) bis 5 (ungünstig) bewertet. Die Einstufung erfolgt unter Berücksichtigung des Gräserbestandes (auch Zeigerpflanzen).	Es sind Hinweise auf Grundwasseranschluss und Hydromorphie-merkmale der Böden der Stufen 4 und 5 möglich. Es können extreme Standorte in Hinblick auf den Wasserhaushalt ausgewiesen werden. Die Zusatzangaben zu den Wasserverhältnissen bieten weitere Informationen, besonders die Vermerke Wa+ (= nass), Wa- (= trocken) oder Wa gt (= besonders günstige Wasserverhältnisse). Diese Zusatzangaben sind nicht verbindlich. In einigen Bundesländern finden sie nur dort Verwendung, wo die Wasserverhältnisse nicht mehr der Profilmorphologie entsprechen. Hier sind die Angaben wertvolle Zusatzinformationen, besonders in Berg-senkungsgebieten und nach Meliorationen. Die beschriebenen Wasserverhältnisse können infolge von Meliorationen reliktsch sein, z.B. durch Grundwasserabsenkungen im Zuge des Rohstoffabbaus. Die Auswertung von Altdaten kann somit problematisch sein. Es handelt sich nur um eine grobe und typisierende Einteilung.

5 Anwendungsmöglichkeiten der Bodenschätzung

Bodenschätzungsdaten finden in verschiedenen Bereichen als Informations- und Datengrundlage Verwendung. Hierbei erleichtert eine digitale Verfügbarkeit die Handhabung der umfangreichen Datenbestände. Grundsätzlich sind die Anwendungen auch mit analogen Daten möglich. Nach GRÜNER (1993) sind folgende nichtsteuerliche Verwendungszwecke der Bodenschätzungsdaten herauszustellen:

- Herstellung von Bodenkarten verschiedener Maßstäbe
- Bemessungsgrundlage für den Tauschwert der Flächen bei Flurbereinigungen nach § 28 FlurbG, wobei Abweichungen von der Bodenschätzung zulässig sind
- Wertmaßstab für die Kauf- und Pachtpreishöhe landwirtschaftlicher Grundstücke
- amtliche Kaufpreisstatistik für landwirtschaftlichen Grundbesitz
- Grundlage für die Ermittlung der Beleihungsgrenzen im landwirtschaftlichen Kreditwesen
- Förderung der Landwirtschaft in benachteiligten Gebieten
- Basisinformation für die Erstellung von Bodeninformationssystemen.

Im Folgenden wird an mehreren Beispielen erläutert, wie Daten der Bodenschätzung für die Bearbeitung bodenkundlicher Fragestellungen genutzt werden können. Es würde den Umfang dieser Arbeit sprengen, wollte man alle Verwendungsmöglichkeiten der Bodenschätzung anführen, erläutern und bewerten.

5.1 Auswertungsverfahren durch Nutzung der Grablochbeschriebe

Bei diesem Verfahren werden die Beschreibungen (Beschriebe) der Grablöcher, die für jede Klassenfläche ein typisches, die Fläche repräsentierendes Bodenprofil dokumentieren, genutzt. Nach Übertragung der vorhandenen Informationen zum Profilaufbau, u. a. zu Bodenarten und Humusgehalten, können auf Basis vorhandener Umsetzungstabellen und Regelwerke (AG BODEN 1994, KA4) die Eigenschaften der Böden abgeleitet werden.

Im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS) liegen folgende Auswertungsmethoden programmiert vor, und sie sind demzufolge bei gegebener Datenlage automatisiert anwendbar (MÜLLER 1997):

- Pflanzenverfügbares Bodenwasser
- Sickerwasserrate
- Bodenkundliche Feuchtestufe
- Erosionsgefährdung der Mineralböden durch Wasser
- Erosionsgefährdung der Mineralböden durch Wind
- Erosionsgefährdung der Moorböden durch Wind
- Verdichtungsempfindlichkeit
- Verhalten von organischen Stoffen in Böden
- Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schwermetallen
- Nitratverlagerungstiefe im Winterhalbjahr
- Standortbezogenes ackerbauliches Ertragspotenzial
- Verschlammungsneigung
- Biotopentwicklungspotenzial
- Nitratwaschungsgefährdung (Austauschhäufigkeit).

Weitere Methoden - wie z.B. Beregnungsbedürftigkeit, Feldbearbeitungstage etc. - sind in der Test- und Anpassungsphase.

Die Methoden beinhalten mehrere Verarbeitungsschritten, in deren Abfolge aus Eingangsdaten Kennwerte abgeleitet werden. Die Methoden bestehen aus Verknüpfungsregeln, die die Verrechnung der Eingangsdaten zu Kennwerten unterschiedlicher Komplexität beschreiben und in Form von Tabellen oder Regressionsgleichungen darstellen (MÜLLER 1997).

Folgende Bodendaten, die unmittelbar aus den Grablochbeschrieben der Bodenschätzung und deren Übersetzung entsprechend den Vorgaben von BENNE et al. (1990) oder direkt aus den Bodenschätzungsdaten abgeleitet werden können, sind Eingangsparameter der Verknüpfungsregeln:

a) originäre Informationen der Bodenschätzung

- Klassenzeichen
- Acker- und Grünlandzahl
- Schichtmächtigkeit
- Wasserverhältnisse im Grünlandklassenzeichen.

b) mittels Übersetzungsschlüsseln aus Schichtbeschrieben (Grablochbeschreibungen) ableitbare Informationen

- Bodenart
- Grobbodenanteile
- Humusgehalt
- Torfart/Mudde (beschriebener Zustand kann reliktsch sein)
- Zersetzungsstufe (beschriebener Zustand kann reliktsch sein)
- Carbonatgehalt
- Festgestein/Festgesteinszersatz.

c) aus abgeleiteten Daten interpretierbare Bodenmerkmale und Eigenschaften

- Tongehalt als Wert aus der Bodenart nach KA 4 (AG Boden 1994) bestimmbar
- Horizontbezeichnung (kritische Überprüfung nach regionalen Aspekten erforderlich)
- Bodentyp nach Horizontabfolge (kritische Überprüfung nach regionalen Aspekten erforderlich).

Mit Hilfe relativ einfacher Verknüpfungsregeln lassen sich folgende wesentliche Bodenkennwerte ableiten:

- Lagerungsdichte (näherungsweise aus Horizontbezeichnung)
- Substanzvolumen (näherungsweise aus Horizontbezeichnung)
- effektive Durchwurzelungstiefe (abgeleitet aus der Wasseraufnahme einjähriger landwirtschaftlicher Nutzpflanzen)
- nutzbare Feldkapazität (aus Bodenart u.a. nach KA4)
- Feldkapazität (aus Bodenart u.a. nach KA4)
- Luftkapazität (aus Bodenart u.a. nach KA4)
- Gesamtporenvolumen (Luftkapazität + Feldkapazität)
- Wasserdurchlässigkeit im gesättigten Boden (aus Bodenart u.a. nach KA4)
- Mittlerer Grundwassertiefstand (durch Grenze Go-/Gr- (Hr-) Horizont)
- mittlere kapillare Aufstiegsrate (aus Bodenart u.a. nach KA 4)
- Dauer des kapillaren Aufstiegs.

Diese bodenphysikalischen und hydrologischen Kennwerte aber auch die Bewertungsparameter des Bodenwasserhaushaltes lassen sich fast ausschließlich aus den Parametern der Bodenschätzung ableiten. Im Gegensatz dazu sind für die Verknüpfung der bodenchemischen Kennwerte sowie der Kennwerte zur Bewertung der Filtereigenschaften neben den Grunddaten aus der Bodenschätzung

die Zusatzinformationen zum pH-Wert, zur Pufferung bei Bodenversauerung, zu Tonmineralkennwerten, zum geologisches Ausgangssubstrat, zur Hangposition und Klimadaten erforderlich.

5.2 Erstellung von Bodenkarten

Die Nutzung der Bodenschätzung zur Erstellung von Bodenkarten reicht bis in die 30er Jahre zurück (OSTENDORFF 1942). Anfang der 60er Jahre wurde mit einer systematischen Erstellung von Bodenkarten im Darstellungsmaßstab 1 : 5.000 auf Basis der Bodenschätzung in Nordrhein-Westfalen begonnen (ARENS 1960). In anderen Bundesländern werden andere Maßstäbe verwendet.

Mit der Erarbeitung von Arbeitsrichtlinien und Übersetzungsschlüsseln (ANONYM 1971; KASCH 1971; ALTERMANN et al, 1979; BENNE et al. 1990) wurde auch die Voraussetzung einer digitalen Nutzung der Bodenschätzung für die Bodenkartierung geschaffen (OELKERS 1993a). Hierbei werden wesentliche Parameter der Profilbeschreibungen aus dem Sprachgebrauch der Bodenschätzung in heute verwendete Kategorien und Symbole übertragen. Dies gilt u. a. für Bodenart, Humus- und Kalkgehalt. Weitergehende Interpretationen erlauben die Ableitung von Substraten, Horizonten und Bodentypen (ANONYM 1971; BENNE et al. 1990; WALLBAUM 1991).

Nach Homogenisierung der Daten aus der Bodenschätzung erlaubt das in Niedersachsen entwickelte DV-gestützte Übersetzungsprogramm (BENNE et al. 1990) eine automatisierte Übersetzung in Nomenklaturen nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung. Die Endergebnisse sind die wesentliche Datenbasis für die Weiterverwendung in zielorientierten Fragestellungen, wie z.B. der Erarbeitung von flächenbezogenen Daten für den vorsorgenden Bodenschutz.

5.3 Operationalisierung von Bodenfunktionen

Das Ziel bodenkundlicher Auswertungskarten besteht u.a. in der Darstellung bestimmter Bodeneigenschaften und/oder -funktionen. Hierbei werden in der Regel die umfangreichen Legenden der Grundlagenkarten nach definierten und dokumentierten Kriterien für die thematischen Karten zu drei bis sieben Kategorien zusammengefasst. Für die Bearbeitung von Kriterien und Parametern zur Bewertung der Funktion von Böden nutzten von elf befragten Bundesländern, mit Ausnahme von Mecklenburg-Vorpommern, alle die Unterlagen der Bodenschätzung oder der Bodenschätzungsübersichtskarten (BLOSSEY & LEHLE 1998). Zur Darstellung dienen die in Karten vorgehaltenen Klassenflächen (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1995; HARTMANN & KAINZ 1996; BORG et al. 1998, SAUER 2001).

Das Umweltministerium Baden-Württemberg schlägt in der „Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit - Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren“ (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1995) die Auswertung von Bodenschätzungsdaten auf Basis der Klassenzeichen vor. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Übersichtlichkeit und einfachen Handhabung, die sich aus der überschaubaren Anzahl von Eingangsgrößen und dem Bewertungsschema ergibt. So ist z. B. die Bewertung der natürlichen Ertragsfähigkeit des Bodens über die Bodenzahl in grober Annäherung möglich. Für die Beschreibung komplexer Funktionen, wie Wasserhaushalt oder Filter- und Puffervermögen, sind die Informationen der Klassenzeichen nicht ausreichend. Ein Vergleich zwischen Bewertungen nach Klassenzeichen und konkreten Informationen der Profil- und Schichtbeschreibungen führt zu widersprüchlichen Ergebnissen (HARTMANN et al. 1998; HARTMANN & FELDHAUS 1999). Der Grund liegt darin, dass die im Klassenzeichen angegebene Bodenart über das gesamte Profil gemittelt ist und daher nicht die Spannweite der in den Schichtbeschreibungen dokumentierten Informationen wiedergibt. Für die Bewertung dieser oben genannten Funktionen ist es erforderlich, bodenphysikalische Parameter nach einer Auswertung der Schichtbeschreibungen heranzuziehen.

Zur Zuverlässigkeit der einzelnen Bestandteile des Klassenzeichens muss angemerkt werden, dass der Schätzung der Ertragsfähigkeit in Form der Wertzahlen die größere Gewichtung zukommt als Bodenklasse. In einem einheitlichen Naturraum besteht bei anhydromorphen Böden ein deutlicher

Zusammenhang zwischen der Bodenzahl und der nutzbaren Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum, der sich mit einer logarithmischen Funktion beschreiben lässt. Das gilt für eine Landschaft, deren Böden eine ausreichende Variationsbreite der Bodenzahlenspanne aufweisen. Bei ergänzenden Nachbohrungen sollten die Bohrpunkte möglichst genau an den bestimmenden Grablöchern der vorhandenen Bodenschätzung liegen (PETER et al. 1999). Über die Funktion lässt sich jeder Bodenzahl eine nutzbare Feldkapazität näherungsweise zuordnen. Aus den Karten der nutzbaren Feldkapazität lassen sich Bodenfunktionskarten ableiten (SAUER 1999, 2001).

5.4 Datenbedarf für Flurbereinigung bzw. Flurneuordnung

Für die Wertermittlung nach § 27-33 des Flurbereinigungsgesetzes (FlurbG) stellt die Bodenschätzung im Regelfall die Datengrundlage bereit (§ 28 FlurbG). Die Bodenschätzung dient weiterhin als Informationsquelle für Maßnahmen der Landschaftspflege und des Bodenschutzes im Rahmen des Planes über die gemeinschaftlichen und öffentlichen Anlagen nach § 41 FlurbG. speziell für den Wege- und Gewässerplan mit landschaftspflegerischem Begleitplan sowie hinsichtlich des Schutzgutes Boden für Umweltverträglichkeitsprüfungen werden Unterlagen der Bodenschätzung genutzt.

Eine separate Wert-Ermittlung gilt jeweils für ein bestimmtes Flurbereinigungsverfahren bzw. -gebiet. Sie besitzt besonders Bedeutung für die Landabfindung zu gleichem Wert (§ 27 FlurbG) und beruht insgesamt auf Kriterien („Wertbestimmende Umstände“), die über die Bodenschätzung hinausgehen können. Der Wertermittlungsrahmen enthält folglich spezielle Festlegungen, wie vorzunehmende Zu- und Abschläge, die z.B. aus dem nutzungsbedingten Zustand des Gebietes resultieren und die Ertragsbedingungen beeinflussen.

Die Basisinformationen zu den Böden in Flurbereinigungsverfahren beinhalten auch die geogene und pedogene Grundausstattung und räumliche Verteilung, wie z.B. Angaben

- zu Bodentypen auf der Grundlage der Bodenschätzung im Darstellungsmaßstab 1 : 5.000
- zu Böden mit besonderer Verteilung im Flurbereinigungsgebiet
- zur Bodenart im Klassenzeichen der Bodenschätzung
- zu Statistiken über die Bodenverteilung.

Die thematische Auswertungen ermöglicht folgende Aspekte:

- Bewertung der natürlichen Leistungspotenziale der Landschaft (Bodenfunktionen), z.B. als standortgebundenes natürliches landwirtschaftliches Ertragspotenzial für Acker- oder Grünlandnutzung.
- Beurteilung von Empfindlichkeiten bei landwirtschaftlicher Nutzung (Risikovorhersage), z.B. bei Strukturbeeinträchtigung des Bodens (Erosionsgefährdung, Verdichtungsempfindlichkeit; Verschlammungsneigung).

5.5 Teilflächenspezifische Landbewirtschaftung (precision farming)

Bei fehlenden oder unzureichenden Daten zur räumlichen Variabilität stabiler Bodeneigenschaften bilden die Grablochbeschriebe und die in den Bodenschätzungskarten hinterlegten Grenzen der Klassenflächen, Klassenabschnitte und Sonderflächen eine erste Grundlage zur Erfassung der Variabilität der Standortparameter und zur Festlegung bewirtschaftungsrelevanter Teilschläge (HARRACH et al. 2001).

Die differenzierte Bewirtschaftung heterogener Teilflächen eines Schläges gewinnt sowohl aus ökonomischer als auch ökologischer Sicht zunehmend an Bedeutung. Ziel der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung ist die Anpassung der Bewirtschaftungsmaßnahmen - z.B. der Bodenbearbeitung, der Aussaat, der Düngung, oder von Pflanzenschutzmaßnahmen - an die Variabilität

der Standortparameter. Die Bodenschätzung liefert hierfür die notwendigen Eckdaten, da großmaßstäbige Bodenkartierungen für Felder bzw. Schläge, z.B. in Form von Hof-Bodenkarten, meist nicht vorliegen.

6 Zukünftige Nutzung der Bodenschätzung

Seit ihrer Einführung begleiten die Bodenschätzung kritische Hinweise - vorwiegend von Bodenkundlern und Ökonomen - auf Schwachstellen sowohl in der Bodenansprache und in den Angaben zum Wasserhaushalt als auch zu den ökonomischen Schlussfolgerungen. Obwohl sich seit Beginn der Bodenschätzung die Methoden der Bodenaufnahme und Bodenbewertung wesentlich weiterentwickelt und verbessert haben, hat die Bodenschätzung an der gesetzlich festgelegten Methodik festgehalten. Die bei der Bodenschätzung unterbliebene Methoden- und Nomenklaturanpassung erweist sich nun mehr und mehr als Vorteil, denn so kann – unabhängig vom bodenkundlichen Erkenntnisfortschritt – immer auf gleichstrukturierte bodenkundliche Grunddaten zurückgegriffen werden. Letztlich liegt dadurch für Deutschland ein bisher einmaliges einheitliches und flächendeckendes standortkundliches Kartenwerk vor, das auch auf Grund der Einfachheit und der Nachvollziehbarkeit bis heute eine ungebrochene Akzeptanz in Landwirtschaft und Bodenwissenschaft hat. Die Bodenschätzung wird in Deutschland ihre Bedeutung als Jahrhundertwerk der Bodenkartierung und Bodenbewertung auch in absehbarer Zukunft weiterhin behalten (ALTERMANN 1995). Allerdings wird in den nächsten Jahrzehnten infolge von Klima- und Bodenveränderungen und bei weltweit knapper werdenden Bodenressourcen die Notwendigkeit einer europaweiten Standortkartierung und –bewertung im Maßstab 1:5.000 – 1:10.000 immer dringlicher. Die Bodenschätzung bildet dafür eine entscheidende methodische Basis.

Die Bodenschätzung in der Bundesrepublik Deutschland unterscheidet sich von anderen Methoden der Bodenbewertung durch:

- **ihren demokratischen Charakter:**
Die Ergebnisse der Bodenschätzung wurden und werden auf der Grundlage von Rechtsverordnungen ermittelt. Sie werden offengelegt und interessierten Bevölkerungskreisen vorgestellt. Die Bürger haben Einspruchsrecht.
- **die Bindung an messbare natürliche Faktoren:**
Verschiedene zur Bodenschätzung herangezogene Bodenmerkmale wurden auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse bis heute weiter differenziert (z.B. die Textur oder die Horizontierung). Das Grundanliegen der Bodenschätzung, die Bewertung der Böden auf der Grundlage messbarer und reproduzierbarer Bodenmerkmale vorzunehmen, wird hierdurch nicht beeinträchtigt. Anpassungen und Modifikationen an das feststehende Bewertungsgerüst der Bodenschätzung sind möglich.
- **ihre Flächenrepräsentanz für die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland:**
Bodenschätzungsergebnisse liegen flächendeckend und einheitlich für ca. 17 Mio. Hektar, d.h. den überwiegenden Anteil der landwirtschaftliche Nutzfläche der Bundesrepublik Deutschland, vor. Etwa 20 Mio. Profilbeschreibungen der Grablöcher dokumentieren die bodenkundliche Situation auf diesen Flächen (FREUND 1998). Sie findet nicht nur Anwendung im Rahmen der steuerliche Veranlagung (Grundsteuer, Erbschaftssteuer, Vermögenssteuer), sondern auch bei zahlreichen regionalen und überregionalen Planungsaufgaben. Das Programm MUSTER (MUSTER 1997) ermöglicht bereits gegenwärtig den bundesweiten Vergleich fast aller landwirtschaftlich nutzbaren Böden der Bundesrepublik Deutschland. Die zur Zeit noch nicht vollständig von der Bodenschätzung erfassten landwirtschaftlich nutzbaren Böden aus anthropogen aufgeschüt-

teten, natürlichen Substraten lassen sich in das Programm einfügen. Es ist die einzige länderübergreifende Basis für das Bodeninformationssystem. Bodenschätzungsergebnisse liegen des Weiteren für große Teile der ehemaligen deutschen Ostgebiete in den EU-Beitrittsländern vor.

Auf Grund dieser Tatsachen sind die Bodenschätzungsergebnisse heute zunehmend, auch unter dem Gesichtspunkt der Möglichkeiten der Datenverarbeitung, eine unschätzbare Datenquelle für viele Aufgaben der Bodenkunde und des Bodenschutzes. Neben den bereits bei der Verabschiedung des Bodenschätzungsgesetzes erkennbaren Anwendungsmöglichkeiten der Bodenschätzung für fiskalische Zwecke und für „den Zweck....einer planvollen Gestaltung der Bodennutzung...“ (BODSCHÄTZG 1934) hat das wachsende Interesse der Gesellschaft am Bodenerhalt vielfältige Verwendungsmöglichkeiten gezeigt. Es sind unverzichtbare Basisinformationen für Bodenschutzaufgaben, die wegen der hohen räumlichen Auflösung besonders wertvoll sind (REIMANN 1999).

Auf Grund des besonderen Wertes der Bodenschätzungsdaten (hohe räumliche Auflösung, einheitliche Erhebungsmethode, laufende Fortschreibung und Nachschätzungen – bisher im wesentlichen nur in den alten Bundesländern, Offenlegung und Übernahme in das Liegenschaftskataster) wurde deshalb allen Bundesländern von der 40. Umweltministerkonferenz am 5./6. Mai 1993 und von der Finanzministerkonferenz am 14. April 1994 sowie einem Beschluss der Ständigen Konferenz der Innenminister und Senatoren der Länder vom 8. Juli 1994 die Nutzung der Bodenschätzungsergebnisse in Bodeninformationssystemen empfohlen (GUTTECK 1999). Die heute vorliegenden Bewertungsmethoden für die verschiedenen Bodenfunktionen (z.B. GRÖNGRÖFT et al. 1999) fußen zu einem wesentlichen Teil auf den Ergebnissen der Bodenschätzung.

Die meisten standort- und bodenkundlichen Kartenwerke Deutschlands der Nachkriegszeit nutzten die Ergebnisse der Bodenschätzung zur Ausgrenzung und Interpretation von Einheiten (z.B.: Bodenkarten auf der Grundlage der Bodenschätzung von Nordrhein-Westfalen, Bodenkarten i.M. 1:200 000 der Geologischen Landesämter, Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung der neuen Bundesländer). Auch zukünftige standortkundliche Kartenwerke und Themenkarten unterschiedlicher Maßstäbe und Zielstellung nutzen den Datenbasis der Bodenschätzung, zumal jetzt bei Nachschätzungen zusätzliche Erhebungen (z.B. Horizontabfolge, Ansprache des Bodentyps usw.) in Abstimmung mit den Geologischen Landesämtern zusätzlich dokumentiert werden. Durch die begonnene digitale Aufbereitung der Bodenschätzungsdaten (vgl. Anhang 2) wird die Nutzung wesentlich erleichtert und neue Anwendungsgebiete werden erschlossen, so z.B. für den Nachweis von Bodenveränderungen, anthropogenen Überprägungen, Wertminderungen und zur Kennzeichnung von Bodengesellschaften sowie Ausgangsbasis für geostatistische Auswertungen.

Für anthropogen aufgeschüttete Standorte – insbesondere für die landwirtschaftlich nutzbaren Kippenflächen – haben die Daten der Bodenschätzung besondere Bedeutung. Die Bodenschätzungsergebnisse sind nämlich – soweit vorhanden – häufig die einzigen Unterlagen, aus denen die Lage und die pedologische Ausstattung dieser Kippenflächen ersichtlich ist. Im Zusammenhang mit den Nachschätzungen können auf diesen Standorten Zeitreihen abgeleitet werden, die zur Beurteilung der Bodenentwicklung und zum Rekultivierungserfolg notwendig sind.

Gemessen an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche der Bundesrepublik ist der Flächenanteil der anthropogenen aufgeschütteten Böden zwar relativ gering, jedoch resultiert die Notwendigkeit und Bedeutung der treffsicheren Bewertung dieser Böden im Rahmen der Bodenschätzung aus:

- der räumlichen Konzentration in den Ballungsgebieten,
- den gegenwärtigen tiefgreifenden Strukturierungs- und Umstrukturierungsprozessen mit sehr lebhaftem Grundstücksverkehr in den Bergbaufolgelandschaften Mittel- und Ostdeutschlands,

- der auch zukünftig in vielen Bundesländern zu erwartenden flächenbedeutsamen Gewinnung von mineralischen Rohstoffen und Braunkohle,
- dem erheblichen Umfang zur Bewertung anstehender Flächen mit anthropogen aufgeschütteten Böden als Folge von Baumaßnahmen, die in allen Bundesländern.

Der Flächenanteil der anthropogenen Böden hat in den letzten Jahrzehnten in Deutschland erheblich zugenommen. Er wird auch in Zukunft weiter zunehmen. Das ist wesentlich durch Rohstoffabbau (Kohle, Steine und Erden) und durch den weiteren Ausbau von Infrastruktur bedingt. Dabei werden gegenwärtig in Deutschland täglich ca. 130 ha Bodenfläche der Nutzung entzogen. Diesem Entzug steht aber andererseits eine Zunahme rekultivierter Flächen (z. B. durch Flächenrückgabe nach dem Rohstoffabbau sowie Rückbau und Entsiegelung), die zumindest teilweise landwirtschaftlich nutzbar sind, gegenüber. Der Entzug von landwirtschaftlich genutzten Böden und der Ausgleich des Entzugs sollten grundsätzlich auf der Basis der Bewertung durch die Bodenschätzung erfolgen. Entsprechende Grundsätze zur Schätzung der Neukulturflächen hat der Schätzungsbeirat erarbeitet (NIEHÖRSTER 1999). Die Erarbeitung einer detaillierten und ergänzenden Methodik (Vorschrift) zur Durchführung der Bodenschätzung auf landwirtschaftlich nutzbaren anthropogenen Standorten ist aber unbedingt erforderlich (VOGLER et al. 2000).

Zusammenfassend lässt sich zur Perspektive der Nutzung der Bodenschätzung festhalten:

- Die Bodenschätzung mit den in Rechtsvorschriften festgelegten Instrumentarien kann grundsätzlich sowohl auf natürlichen als auch auf anthropogen aufgeschütteten Böden erfolgen. Die Bewertungsergebnisse haben hohe Akzeptanz insbesondere bei den Landwirtschaftsbetrieben.
- Für die geschätzten Böden ist die Aktualisierung sicherzustellen. Das gilt vornehmlich für die Böden in den Bergbaugebieten, die im Zuge der Gestaltung von Bergbaufolgelandschaften durch Grundwasseranstieg erheblichen Veränderungen unterliegen, die sich unmittelbar auf die Böden, deren Eigenschaften und deren Bewertung auswirken.
- Die Bodenschätzungsergebnisse sind, insbesondere unter Berücksichtigung der Möglichkeiten der Datenverarbeitung, eine unverzichtbare ergiebige Datenquelle für viele Zwecke der Bodenforschung und des Bodenschutzes. Die Verknüpfung der Datenbanken der Bodenschätzung mit den Datensammlungen anderer Geoinformationssysteme durch entsprechende Hinweise und Schnittstellen ist sinnvoll.
- In Zukunft ist mit weiteren Anforderungen an die Bodenschätzung zu rechnen. Grundsätzlich sind alle landwirtschaftlich nutzbaren Böden (natürliche Böden, Böden aus anthropogenen aufgeschütteten Substraten sowie technogenen Substraten) unabhängig von ihrer gegenwärtigen oder künftig geplanten Nutzung zu schätzen. Die Option zur landwirtschaftlichen Nutzung muss auf alle Fälle offen gehalten werden.
- Die Ergebnisse der Bodenschätzung haben nicht nur für die Besteuerung der Flächen, sondern auch für den Grundstücksverkehr, das Kreditwesen, für Planungsaufgaben, im Zivilrecht, sowie zunehmend im Rahmen des Bodenschutzes Bedeutung. Im Rahmen der Landschaftsplanung und der Bauleitplanung (Landesplanung bis regionale Planungen) sind die Ergebnisse der Bodenschätzung zur Darstellung der bodenkundlichen Gebietsausstattung und für die Abwägung des Bodenentzugs sowie möglicher Bodenrückgaben zu nutzen.
- Die umfassende Nutzung und Weiterentwicklung der Bodenschätzung erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen den Leitenden Landwirten, den Amtlichen Landwirtschaftlichen Sachverständigen, den Verantwortlichen für den Bodenschutz, Landschaftsplanern sowie den Bodenwissenschaftlern in den universitären und außeruniversitären Einrichtungen.

7 Fachliteratur und Rechtsgrundlagen

7.1 Literatur

- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE „BODENSCHÄTZUNG“ (1994): Nutzung der Bodenschätzungsergebnisse zum Aufbau eines Bodeninformationssystems: Abschlußbericht der Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Bodenschätzung“ des Arbeitskreises 2 „Bodeninformationssysteme“ und der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft. „Bodenschutz“ (LABO). Stuttgart.
- ALTERMANN, M. et al. (1979): Arbeitsrichtlinie Bodengeologie. 2/5. VEB Kombinat Geolog. Forsch. u. Erkundung, Halle.
- ALTERMANN, M. (1995): 60 Jahre Bodenschätzung in Deutschland. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 78, 165-170.
- ANONYM (1971) : Arbeitsrichtlinie zur Standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung. 2. überarb. Aufl., Dt. Akad. Landwirtschaftswiss. zu Berlin, Inst. f. Bodenkunde, Eberswalde.
- AG BODENKUNDE (1982) : Bodenkdl. Kartieranleitung. 3. Aufl., Hannover.
- AG BODEN (1994) : Bodenkdl. Kartieranleitung. 4. Aufl., Hannover.
- ARENS, H. (1960) : Die Bodenkarte 1 : 5.000 auf Grundlage der Bodenschätzung, ihre Herstellung und ihre Verwendungsmöglichkeiten. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. 8.
- ATTERBERG, A. (1912) : Die mechanische Bodenanalyse und die Klassifikation der Mineralböden Schwedens. Int. Mitt. Bodenkunde 2, 312-342.
- BACHSEITZ, F. H. (1949): Grundlagen der Bodenschätzung. Coburg.
- BENNE, I., HEINEKE, H.-J., NETTELMANN, R. (1990) : Die DV-gestützte Auswertung der Bodenschätzung. Techn. Ber. NIBIS, Hannover.
- BLOSSEY, S, LEHLE, M. (1998) : Eckpunkte zur Bewertung von natürlichen Bodenfunktionen in Planungs- und Zulassungsverfahren. Bodenschutz H. 4, 131-137.
- BORG, H., PREETZ, H., FEHESE, K.-U., WOLTER, M., WALLBAUM, E. (1998) : Bodenschutz in der räumlichen Planung. Ber. Landesumweltamt Umweltschutz Sachsen-Anhalt 29, Halle (Saale).
- CORDESEN, E., SIEM, H.-K., KÜHL, H. & WILLRODT, H.-J. (1992): Bodenschätzung und Bodenschutz, Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges. 67, 197-200.
- DIEMANN, R. (1988) : Auswertung der Bodenschätzung für das Gebiet der neuen Bundesländer. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 88, 293 – 296.
- EHWALD, E. (1968): Die großmaßstäbige landwirtschaftliche Boden- und Standortkartierung und ihre Auswertung. Fortschrittsberichte f. d. Landwirtschaft. Berlin, 6: 6.
- FIEDLER, H.J. (1964): Die Untersuchung der Böden. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig.
- FLEISCHMANN, R., HACKER, E. & K.-H. OELKERS (1979): Vorschlag zu einem Übersetzungsschlüssel für die automatische bodenkundliche Auswertung der Bodenschätzung. Geolog. Jb. R. F, H. 6, 3-28.
- FREUND, K.L. (1998): Zur Geschichte und zu ausgewählten Fragen der Bodenschätzung. Bundesministerium der Finanzen Bonn, unveröff.
- GRÜNER, D. (1993) : Bodenschätzungsdaten bei der Finanzverwaltung. In : Bodenschätzung in Niedersachsen, Nachr. Niedersächs. Vermessungs- u. Katasterverwalt. 4/1993, 196-218.
- GUTTECK, U. (1999): Digitalisierung von Altdaten der Bodenschätzung. Ber. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt H. 32.
- GUTTECK, U. & WALLBAUM, E. (2001); Aufbereitung und Ausbau der amtlichen Bodenschätzung als Geobasisinformationssystem. Flächenmanagement u. Bodenordnung 2/2001, Luchterhand-Verlag.
- HAASE, G. (1956): Die Auswertung der Ergebnisse der Bodenschätzung für geographische Heimatforschung. Geograph. Ber. 1 (3), 205-228.

- HARRACH, T., S. SAUER, H. STREYL & P. GENTISCHER (2001): Bedeutung des Bodenwasserhaushaltes für die umweltverträgliche Präzisionslandwirtschaft. VDLUFA-Schriftenr. 55/II, Kongressbd. 2000, 69-103.
- HARTMANN, K.-J., KAINZ, W. (1996) : Ertragspotential und Anbaueignung der Böden in Sachsen-Anhalt. Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt 2, 213 – 217.
- HARTMANN, K.-J., FINNERN, L., CORDSEN, E. (1998) : Verfahrensvergleich zur Bewertung der Bodenfunktion „Ausgleichskörper im Wasserkreislauf“ auf Basis von Bodenschätzungsdaten. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 88, 311 – 314.
- HARTMANN, K.-J., FELDHAUS, D. (1999) : Klassifizierung von Bodenfunktionen für Klassenzeichen der Bodenschätzung mittels digitaler Profildaten. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 99, 1013-1016.
- HENNINGS, V. (1994) : Methodendokumentation Bodenkunde. Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden, Geol. Jb. R. F, H. 31.
- HERZOG, F. (1937): Die Bedeutung der Bodenschätzung für die Landwirtschaft. Berlin.
- KASCH, W. (1971) : Erläuterungen und Hinweise zur Arbeitsrichtlinie zur Durchführung der Standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung. Akad. Landwirtschaftswiss. DDR, Ber. Bodenkunde/Fernerkundung, Eberswalde.
- KÖHN, M. (1928): Bemerkungen zur mechanischen Bodenanalyse. III. ein neuer Pipettapparat. Z. Pflanzenerähr. Bodenkunde A11, 50-54.
- KOPECKY, J. (1914): Ein Beitrag zur Frage der neuen Einteilung der Körnungsprodukte bei der mechanischen Analyse. Int. Mitt. Bodenkunde 4, 199-202.
- LIEBEROTH, I. (1969): Bodenkunde Bodenfruchtbarkeit. 2. Aufl., Dt. Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- LÜTTICKEN, R. (1996): Realisierung des Raum-Zeit-Bezugs von Daten zur Umsetzung teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsmaßnahmen im Pflanzenbau. Diss. Univ. Hohenheim.
- MÜCKENHAUSEN, E., H. MERTENS & H. J. DUBBER (1988): Die Bodenkarte 1:5000 auf Grundlage der Bodenschätzung. Landesauschuß f. Landwirt. Forsch., Erziehung u. Wirtschaftsberatung beim Ministerium f. Umwelt, Raumordnung u. Landwirt. des Landes Nordrhein-Westfalen, 4. Aufl., Düsseldorf.
- MÜLLER, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) 6. erw. u. erg. Aufl., Hrsg. : Niedersächs. Landesamt f. Bodenforschung, Hannover.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESVERWALTUNGSAMT-LANDESVERMESSUNG- (1994): Bodenschätzung in Niedersachsen heute. Hannover.
- NIEHÖRSTER, U. (1999): Problem Bodenschätzung und Bodenbewertung auf Rekultivierungsflächen. Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges. 93, 277-279.
- NIESCHULZ, A. (1953): Die landwirtschaftliche Bodenschätzung und Einheitsbewertung. Hannover.
- OELKERS, K.-H. (1993a) : Führung der Bodenschätzungsdaten beim Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung. In : Bodenschätzung in Niedersachsen, Nachr. Niedersächs. Vermessungs- u. Katasterverwalt. 4/1993, 242-261.
- OELKERS, K.-H. (1993b): Thematische Auswertung der Bodenschätzung mit dem Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS. In : Bodenschätzung in Niedersachsen, Nachricht der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, 4/1993, 262-284.
- OSTENDORFF, E. (1942): Raumordnungsplan auf bodenkundlicher Grundlage für eine Gutsgemeinde in Niedersachsen. GEA-Verlag, Berlin.
- PETER, M. , S. SAUER & S. SIEBERT (1999): Die Bodenschätzung als großmaßstäbliche Datenbasis für Bodenschutzplanungen. Bodenschutz 2/99, 62-68.
- PETERSEN, A. (1956): Bodenschätzung, Rohertragsbonitierung und Meliorationsbonitierung. Leipzig.
- REIMANN, G. (1999): Digitalisierung von Altdaten der Bodenschätzung. Ber. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt H. 32.
- ROTHKEGEL, W. (1947): Landwirtschaftliche Schätzungslehre. Ulmer Verlag, Stuttgart.

- ROTHKEGEL, W. (1956): Geschichtliche Entwicklung der Bodenbonitierungen und Wesen und Bedeutung der deutschen Bodenschätzung. E. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- RÖSCH, A. & KURANDT, F. (1950): Bodenschätzung und Liegenschaftskataster. 3. Aufl., Heymann Verlag, Berlin.
- SAUER, S. (1999): Nutzung der Bodenschätzung zur Erstellung von Bodenfunktionskarten, dargestellt am Beispiel der nutzbaren Feldkapazität. Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges. 91, 1076-1079.
- SAUER, S. (2001): Bodenschätzungsergebnisse als bodenkundliche Datengrundlage im urbanen Raum: Beispiel Niederschlagswasserversickerung. Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges. 95, 141-144.
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995) : Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Luft, Boden, Abfall H. 31.
- VOGLER, E., ALTERMANN, M. & VOGLER, F. (2000): Realisierung der Bodenschätzung auf landwirtschaftlich nutzbaren Kippenböden – Analyse des gegenwärtigen Zustandes. Unveröff. Studie im Auftrag des Bundesministeriums der Finanzen, Leipzig u. Halle.
- WALLBAUM, E. (1991) : Ableitung von Informationen zur Bodenkartierung aus Ergebnissen der Reichsbodenschätzung. Diss. Univ. Berlin.
- WILL, D. (1987): Die Bodenschätzung in Theorie und Praxis sowie als bodenkundliche Datenquelle. Nachrichtenbl. Vermessungs- und Katasterverw. Rheinland-Pfalz; Ministerium des Innern und für Sport – Abteilung für Vermessungs- und Katasterwesen, Mainz Jg. 30, H. 4.
- ZIEGLER, T. (1986): Einführung in die Bodenschätzung, 13. Aufl., München.

Eine Sammlung von Publikationen zur Nutzung von Bodenschätzungsdaten für nichtsteuerliche Fragestellungen findet sich in folgenden **Mitteilungsbänden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft**:

- DBG Band 67 (1992), S. 171-300 (Tagung „Bodenkartierung – gestern, heute, morgen“ der Kommission V).
- DBG Band 88 (1998), S. 247-356 (Tagung „Nutzung der Bodenschätzung zur Bewertung von Bodenfunktionen und für Bodenschutzplanungen“ der AG Bodenschätzung und Bodenbewertung).
- DBG Band 93 (2000), S. 253-257 (Tagung „Bewertung aufgeschütteter landwirtschaftlich nutzbarer Böden“ der AG Bodenschätzung und Bodenbewertung).

Die CD „**Musterstücke der Bodenschätzung**“ mit Fotos der Musterstücke und einem Programm zur Auswertung dieser Daten kann beim Bundesministerium der Finanzen (Referat IV C 2) angefordert werden.

7.2 Gesetze und Verordnungen

- Arbeitsanleitung „Neues Feldschätzungsbuch“ der Finanzverwaltung von 1996. Herausgegeben von den jeweiligen Oberfinanzdirektionen der Bundesländer.
- BBSchG: Gesetz zum Schutz des Bodens (Bundes-Bodenschutzgesetz – BbodSchG) vom 17. März 1998, BGBl. I, S. 502.
- BewG 1965: Bewertungsgesetz vom 13.08.1965 in der Fassung vom 01.02.1991 (BGBl. I, S. 230), zuletzt geändert durch Art. 11 des StÄndG vom 20.12.01 (BGBl. I, S. 3794).
- BewRL: Richtlinien für die Bewertung des land- und forstwirtschaftlichen Vermögens. Herausg. vom Bundesminister der Finanzen 1968. BAnz. Nr. 17 v. 25.01.1968.
- BewG 1925: Reichsbewertungsgesetz vom 10.08.1925 (RGBl. I, S. 214).

- BodSchätzG: Gesetz über die Schätzung des Kulturbodens (Bodenschätzungsgesetz) vom 16.10.1934 (RGBl. I S. 1050), zuletzt geändert durch Gesetz vom 11.10.1995 (BGBl. I S. 1250).
- FlurbG: Flurbereinigungsgesetz vom 14.07.1953 in der Fassung der Bekanntmachung vom 16.03.1976 (BGBl. I S. 546) zuletzt geändert durch Art. 7 Abs. 38 Gesetz vom 19.06. 2001 (BGBl. I, S. 1149) .
- Nieders. Minister f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten (1977): Richtlinien für die Bearbeitung der Flurbereinigung in Niedersachsen - Wertermittlungsverfahren.
- Oberfinanzdirektion Hannover (1989): Arbeitsanleitung für die Bodenschätzung sowie für die vermessungs- und katastertechnischen Arbeiten in der niedersächsischen Steuerverwaltung (BodSchätz Verm Anl). Hannover.

8 Kontakte zur AG und wichtige Adressen

Die Daten der Bodenschätzung der Finanzverwaltungen stellen die größte, verfügbare, einheitlich strukturierte punkt- und flächenbezogene Informationsbasis über die Böden in Deutschland dar. Unabhängig vom ursprünglichen Ziel der Bodenschätzung - Schaffung von Bewertungsgrundlagen für steuerliche Zwecke - wird sie seit mehreren Jahren bereits für den Aufbau des Bodeninformationssystemes und zur Erstellung von bodenkundlichen Kartenwerken erfolgreich eingesetzt. Für andere Belange - z.B. Aufgabenstellungen des Bodenschutzes und der Bodenbewertung im Bereich der Umweltverwaltungen - wird sie jedoch bisher nicht genügend genutzt. Deshalb haben sich Fachkollegen und -kolleginnen in der *Arbeitsgruppe „Bodenschätzung und Bodenbewertung“* zusammengeschlossen. Die AG der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG) ist in der Kommission V „Bodengenetik, Klassifikation und Kartierung“ angesiedelt und kooperiert mit anderen Kommissionen und Arbeitsgruppen der DBG sowie mit dem Bundesverband Boden.

Kontakte zur AG:

- Dr. August Capelle, Vorsitzender der AG,
Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Stilleweg 2, 30655 Hannover, Tel.: 0551-643-3598, email: a.capelle@bgr.de
- Dr. B. Keil, Stellvertretender Vorsitzender der AG, OFD, Adickesallee 32, 60347 Frankfurt am Main, Tel.: 069-5979-8033, Fax: 069-5979-8059, email: poststelle@ofd.hessen.de

Kontaktadressen der Autorinnen und Autoren (alphabetisch):

- Prof. Dr. Manfred Altermann, Büro für Bodenökologie, Bodenkartierung, Bodenschutz, Wilhelm-Raabe-Str. 9,
06118 Halle/Saale
- Dipl.-Ing. agr Irmin Benne, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Postfach 51 01 53
30631 Hannover
- Dr. H.J. Betzer, Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen, De Greiffstr. 195
47803 Krefeld
- Dr. August Capelle, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Postfach 51 01 53
30631 Hannover

Dr. R. Diemann
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut f. Agrarökonomie u. Agrarraumgestaltung:
Agrargeographie und Raumordnung,
06099 Halle/S.

Ministerialrat E. Engel
Bundesministerium für Finanzen, -Ref. IV/C8-, Graurheindorfer Str. 108
53117 Bonn

Dr. Klaus-Jörg Hartmann, Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34,
06118 Halle

Dr. B. Keil, OFD Frankfurt/Main, STIII 5b Steuerabteilung, Adickesallee 32
60322 Frankfurt/Main

Dipl.-Ing.-agr. U. Niehörster, In den Auen 110, 51427 Bergisch-Gladbach

PD Dr. E.-M. Pfeiffer, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Forschungsstelle
Potsdam, Telegrafenberg A43,
14473 Potsdam

Dr. Stephan Sauer, Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung im IFZ, Justus-Liebig-Universität
Gießen, Heinrich-Buff-Ring 26
D-35392 Giessen

Dipl.- Ing. Klaus-Peter Schäfer, Hügelstr. 3
35305 Grünberg

Dr. Etnar Vogler, Dr. Vogel & Partner Ing.Gesellschaft, Ludwig-Hupfeld-Str. 8, Postfach 51 01 53
004430 Böhlitz-Ehrenberg

Doz. Dr. Jutta Zeitz, FG Ökologie der Ressourcennutzung, Humboldt Universität Berlin,
Invalidenstr. 42
10115 Berlin

Weitere wichtige Adressen:

Adressen der für die Bodenschätzung zuständigen Landwirtschaftlichen Fachreferate der Oberfinanzdirektionen der einzelnen Bundesländer und des Bundesfinanzministeriums:

Dienststelle	Anschrift	Tel.dienstl.
Bundesministerium der Finanzen Referat IV C 2	Graurheindorfer Straße 108 53117 Bonn	
Oberfinanzdirektion Chemnitz	Brückenstraße 10 09111 Chemnitz	0371-4573402
Oberfinanzdirektion Düsseldorf	Postfach 10 11 14 40002 Düsseldorf	0211-8222 321
Oberfinanzdirektion Erfurt	Jenaer Straße 37 99099 Erfurt	0361-3787 415
Oberfinanzdirektion Frankfurt am Main	Adickesallee 32 60322 Frankfurt am Main	069-597980 31
Oberfinanzdirektion Freiburg	Stefan-Meier-Straße 76 79104 Freiburg	0761-204 1126
Oberfinanzdirektion Hannover	Postfach 2 40 30002 Hannover	0511-101 2581
Oberfinanzdirektion Hannover - StA. Oldenburg -	Am Festungsgraben 1 26135 Oldenburg	0441-921 4332
Oberfinanzdirektion Kiel	Postfach 11 42 24096 Kiel	0431-6641 551
Oberfinanzdirektion Koblenz	56064 Koblenz	0261-493 1265
Oberfinanzdirektion München	80284 München Andreas-Hofer-Straße 50	089-5995 4440
Oberfinanzdirektion Münster	48145 Münster	0251-934 2368
Oberfinanzdirektion Nürnberg	90332 Nürnberg	0911-376 4390
Oberfinanzdirektion Rostock	Wallstraße 2 18055 Rostock	0381-469-0
Oberfinanzdirektion Saarbrücken	Präsident-Baltz-Straße 5 66119 Saarbrücken	0681-501 6420
Oberfinanzdirektion Stuttgart	Postfach 10 36 41 70031 Stuttgart	0711-6608 3298
Oberfinanzdirektion Cottbus	Am Nordrand 45 3044 Cottbus	0355-865 2893
Oberfinanzdirektion Magdeburg	August-Bebel-Damm 20 39126 Magdeburg	0391-567-02
Oberfinanzdirektion Hamburg	Postfach 11 08 73 20408 Hamburg	040-3497 3743

Adressen der Geologischen und Bodenkundlichen Dienste in Deutschland

Dienststellen	Anschrift
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Hausbrücker Straße 31a; 09599 Freiberg
Geologischer Dienst NRW-Landesbetrieb	de-Greiff-Straße 195; 47803 Krefeld
Freie und Hansestadt Hamburg	Billstraße 82-84; 20539 Hamburg
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg	Stahnsdorfer Damm 77; 14532 Kleinmachnow
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau	Albertstraße 5; 79104 Freiburg
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie	Goldberger Straße 12; 18273 Güstrow
Bayer. Geologisches Landesamt	Heßstraße 128; 80797 München
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt	Köthener Straße 34; 06118 Halle
Thür. Landesamt für Umwelt und Geologie	Prüssingstraße 25; 07745 Jena
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Roh- stoffe	Stilleweg 2; 30655 Hannover
Hess. Landesamt für Umwelt und Geologie	Rheingaustraße 186; 65203 Wiesbaden
Nds. Landesamt für Bodenforschung	Stilleweg 2; 30655 Hannover
Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz	Emy-Roeder-Straße 5; 55129 Mainz
Landesamt für Umweltschutz des Saarlandes	Don-Bosco-Straße 1; 66119 Saarbrücken
Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig Holstein (LANU)	Hamburger Chaussee 25; 24220 Flintbek

Anhang 1: Kennzeichnung der Korngrößen nach Bodenkundlicher Kartieranleitung und Bodenschätzung

Methode KÖHN	Bodenkundliche Kartieranleitung	Äquivalent- durchmesser in mm	Äquivalent- durchmesser in mm	Bodenschätzung
N a b s i e b u n g	Grobsand	2,0	2,0	Grobsand
	Mittelsand	0,63		
	Feinsand	0,2	0,1	Feinsand
	Grobschluff	0,063	0,05	
S e d i m e n t a t i o n	Mittelschluff	0,02	0,01	Staubsand
	Feinschluff	0,0063		
	Ton	0,002		abschlämbare Teilchen (tonige Bestandteile)

Anhang 2: Stand der Auswertung von Bodenschätzungsdaten in den Bundesländern

Das Ergebnis einer aktuellen Befragung (Stand: August 2001) der Geologischen Dienste in den Bundesländern zum Stand der Auswertung von Bodenschätzungsdaten ist im folgenden ein erster Überblick zusammengestellt. Dabei fehlen die Angaben vom Land Bremen und Baden-Württemberg. Die vorliegenden Textbeiträge erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Beiträge wurden durch die entsprechenden Landesbehörden (s. angegebene Adressen) verfasst. In diesem Zusammenhang sei auch auf die Umfrage der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz LABO (AK 2, Redaktionsgruppe „Nutzung der Bodenschätzung“) zum Stand der Nutzung von Bodenschätzungsdaten aus dem Jahr 1997 sowie auf die Arbeit von BLOSSEY & LEHLE (1998) verwiesen.

1. Bayern

Die Ergebnisse der Bodenschätzung werden in Bayern von zwei Institutionen analog vorgehalten. Die Urdaten liegen in den Behörden der Finanzverwaltung. Darstellungen, vor allem Kartenwerke unterschiedlicher Maßstäbe, wurden im Bayerischen Geologischen Landesamt erarbeitet. Hierzu zählt die Gemeindebodenschätzung 1:5.000, die als handcolorierte Inselkarte für alle 7000 Gemeinden Bayerns (vor der Gebietsreform) bei den zuständigen Landwirtschaftsämtern einsehbar sind. Aus dieser 5.000er Karte wurde durch leichte Aggregation die Bodenschätzungsübersichtskarte 1:25.000 erstellt. Diese gibt ca. 98% der erfassten Flächen wieder. Auf Angaben zu Schätzungszahlen und Bohrlöchern wird verzichtet.

Aus der 25.000er Karte erarbeitete man durch weitere Aggregationsschritte die Bodenschätzungskarte 1:100.000. Sie erlaubt einen schnellen Überblick über größere Gebiete, liegt aber nicht für alle Regierungsbezirke Bayerns vor.

Daneben existierten die sogenannten Bodengütekarten 1:100.000 und eine daraus abgeleitete Karte im Maßstab 1:800.000. Neben den klassischen Anwendungsbereichen der Bodenschätzung bei Flächentausch, Bewertung, Flurbereinigung etc., wurden die Ergebnisse in der Vergangenheit im GLA vor allem für die Vorerkundung bei Kartiermaßnahmen eingesetzt. In jüngerer Zeit erlebt die Bodenschätzung im Rahmen des Bodenschutzes eine erneute Aufwertung. Stellt sie doch in vielen Regionen die einzigen verwertbaren bodenkundlichen Informationen dar.

Da die analogen Archive der Bodenschätzung im Zeitalter der digitalen Informationstechnik den gewachsenen Anforderungen nicht mehr genügen, hat die Bayerische Finanzverwaltung beschlossen, die gesamten Ergebnisse der Bodenschätzung bis 2007 im ALKIS digital aufzubereiten. Dadurch wird der Nutzerkreis dieser Informationen erheblich erweitert, ein rascher Zugriff ermöglicht und die Daten können mit anderen geowissenschaftlichen Ergebnissen verschnitten werden. Die große Auflösung und Flächenschärfe dieses Vorhabens ist im Rahmen des Bodenschutzes von immenser Bedeutung.

Bodenbewertungen werden am Bayerischen GLA standardmäßig auf der Grundlage von Bodenkarten und den dazugehörigen Datensätzen durchgeführt. Die Bodenschätzung kommt bei Fragen der natürlichen Ertragsfähigkeit zum Einsatz, oder dort, wo keine anderen Datengrundlagen zur Verfügung stehen. Eine Übersetzung der Bodenschätzung in KA4-gerechte Daten wird am Bayerischen GLA nicht vorgenommen, da Pilotstudien gezeigt haben, dass in den Bayerischen Mittelgebirgsregionen eine Übersetzung der Bodenschätzung problematisch ist. Für folgende Fragestellungen kommt die Bodenschätzung zum Einsatz:

- Bewertung der natürlichen Ertragsfähigkeit anhand der Bodenzahlen (im Maßstab 1:5.000-1:25.000).

- Bewertung der Filter- und Pufferfunktion für Schwermetalle anhand des Klassenbeschriebs der Bodenschätzung (nach Leitfaden Baden-Württemberg im Maßstab 1:5.000-1:25.000, Generalisierung bis zum Maßstab 1:100.000 möglich).
- Retentionsvermögen für Niederschläge anhand des Klassenbeschriebs der Bodenschätzung (nach Leitfaden Baden-Württemberg im Maßstab 1:5.000-1:25.000, Generalisierung bis zum Maßstab 1:100.000 möglich).
- Potentielle Erosionsgefährdung anhand des K-Faktors, abgeleitet aus dem Klassenbeschrieb.

Ansprechpartner: F. Schmidt, Bayerisches Geologisches Landesamt

2. Brandenburg

Ergebnisse der amtlichen Bodenschätzung

Die sogenannten Flurbücher (vollständig) und die Schätzungsfolien (analog) befinden sich in den Katasterämtern. Diese beinhalten allerdings nicht die Lagepunkte der Grablöcher. Der Bestand der Schätzungsfolien ist relativ lückenhaft.

In den Finanzämtern wird nahezu der gesamte übrige Datenbestand der amtlichen Bodenschätzung noch in analoger Form verwaltet. Es handelt sich um die Schätzungsurkarten, die Feldschätzungskarten, die Feldschätzungsbücher und die Schätzungsbücher für Acker- und Grünland. Die Unterlagen liegen weitgehend flächendeckend vor. Da im Rahmen der flächendeckenden Nutzung der Bodenschätzungsarchive analoge Datengrundlagen den Anforderungen nicht genügen, wird zielstrebig an der Digitalisierung der Daten gearbeitet. Grablochbeschriebe der seit 1994 durchgeführten aktuellen Neu- oder Nachschätzung werden grundsätzlich digital mittels des Programms FESCH gespeichert.

Seit Jahren werden alle von den amtlichen Bodenschätzern der Finanzverwaltung in Vorbereitung von Überprüfungen von Altschätzungen bzw. Nachschätzungen angelegten bzw. zu überprüfenden Vergleichsstücke der Bodenschätzung in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg entsprechend der KA 4 beschrieben und vollständig beprobt bzw. analysiert.

Stand der Aufarbeitung der Ergebnisse der Bodenschätzung

Die Aufarbeitung der Ergebnisse der Reichsbodenschätzung begann in Brandenburg schon in den 50er Jahren durch die Staatliche Geologische Kommission Berlin. Im Ergebnis entstanden über 200 aggregierte, farbige und gedruckte Bodenschätzungskarten (ca. 2/3 der Landesfläche) im Meßtischblattschnitt (M 1:25 000). Im Maßstab 1:10 000 liegen die Zusammenzeichnungen landesweit, aber uncoloriert vor.

Mit Beginn der 70er Jahre erfolgte eine bodenkundliche Auf- und Neubearbeitung der Bodenschätzung i. e.S. durch das Programm der Standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung. (KASCH 1971). Die Arbeiten gingen über eine reine Auswertung hinaus, da sie mit einer großen Anzahl neuer Sondierungen und Grabungen und bodenkundliche Flächenbeschreibungen unteretzt wurde. Im Ergebnis entstanden für die ehemaligen Bezirke Potsdam, Frankfurt/Oder und Cottbus großmaßstäbige Substrat-, Bodenformen- und Hangneigungskarten, die heute leider nur noch bedingt verfügbar sind. Für den ehemaligen Bezirk Frankfurt/Oder sind die Punktdaten dieses Projektes mittlerweile weitgehend digital erschlossen und liegen vor. Da es sich hierbei um sehr wertvolle großmaßstäbige Daten handelt, ist es das Bestreben des LGRB, diese Daten auch für die anderen Altbezirke zu erschließen.

Im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Raumordnung wurde eine Methodik zur „Bodenbewertung für Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg“ (JESSEL et al. 2000) entwickelt, die im Wesentlichen auf die Nutzung der Ergebnisse der Bodenschätzung fußt.

Laufende und geplante Arbeiten

Seit Februar 2000 werden die Beschreibungen der Grablöcher in Zusammenarbeit mit dem LGRB unter Anleitung und Kontrolle der amtlichen Bodenschätzer digitalisiert und verortet. Bisher sind über 200.000 Datensätze eingegeben. Insgesamt existieren ca. 2329 Feldschätzungsbücher, von denen inzwischen 628 als digitale FESCH-Daten vorliegen. Von 175 Gemarkungen liegen keine Feldschätzungsbücher/Schätzungsbücher (mehr) vor. Der Bestand an Grablöchern wird, Normalverteilung vorausgesetzt, auf ca. 730.000 geschätzt. Die insgesamt bodengeschätzte Fläche beträgt 1.550.000 Hektar.

Im Rahmen einer Arbeitsgruppe unter Federführung des Innerministeriums unter Beteiligung des LGRB, des Landesvermessungsamtes, des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Raumordnung und der Finanzverwaltung des Landes Brandenburg wird gegenwärtig ein Verfahren zur Digitalisierung der Schätzungskarten einschließlich der Lagepunkte der Grablöcher (Verknüpfung mit Datenbank FESCH) entwickelt. Die Digitalisierung des Kartenwerkes soll parallel zur Einführung der ALK im Land Brandenburg bis 2006 realisiert werden.

Literatur:

JESSEL, B.; FEICKERT, U., SCHMIDT, R., GELDMACHER, K., KNOTHE, D., DOTTERWEICH, N. & ZAPPEL, M. (2000): Bodenbewertung für Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg.- Bericht im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Raumordnung des Landes Brandenburg (unveröff.).

KASCH, W. (1971): Erläuterungen und Hinweise zu Arbeitsrichtlinien zur Durchführung der standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung, Inst. f. Bodenkunde Eberswalde, Eberswalde.

Ansprechpartner: Dr. K.-H. Morstein, Oberfinanzdirektion Cottbus; Dr. D. Kühn, Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg.

3. Hamburg

Mit der bodenkundlichen Aufarbeitung der Bodenschätzungsdaten wurde in Hamburg Ende 1996 begonnen. Seit 1998 kann auf alle Grablochbeschreibungen des Stadtgebietes gemarkungsweise digital zugegriffen werden. Insgesamt sind dabei 14994 Grablöcher mit 43564 Horizontbeschreibungen erfasst worden. Inzwischen sind bisher in fünf von sieben Stadtbezirken Hamburgs für 9375 Grablöcher auch die Rechts- und Hochwerte sowie die Schätzungsflächen digitalisiert.

Die Daten werden über eine Oracle-Datenbank sowie als ArcView-Shapefiles über das Intranet der Umweltbehörde für die Nutzung zur Verfügung gestellt.

Die Nutzung der Bodenschätzungsdaten für den Bodenschutz war ursprünglich geknüpft an die Forderung, für die Bearbeitung von altlastverdächtigen Flächen auch bodenkundliche Daten zur Verfügung zu stellen. Die Schätzungsdaten sollen dabei neben weiteren bodenkundlichen Daten z.B. aus Kartierungen der Parks, der forstlichen Standortkartierung, Stadtbodenkartierungen und Kartierungen aus einzelnen Planungsvorhaben ein Baustein der Fachinformationssysteme Bodenkunde und Bodenschutz werden.

Wichtige Nutzungsmöglichkeiten der Bodenschätzungsdaten in Hamburg liegen inzwischen auch im Bereich der Bewertung von Bodenfunktionen bei Planungs- und Zulassungsvorhaben (s. Gutachten des Instituts für Bodenkunde der Universität Hamburg: „Funktionale Bewertung von Böden bei

grossmassstäbigen Planungsprozessen“ Umweltbehörde Hamburg 1999). Bei der bodenkundlichen Bewertung altlastverdächtiger Flächen mit landwirtschaftlicher Nutzung werden ebenfalls u.a. bodenkundliche Daten und Ertragsmesszahlen der Bodenschätzung genutzt.

Hierfür wird eine Ableitung bodenkundlicher Parameter aus Bodenschätzungsdaten, z.B. in Form von Übersetzungsschlüsseln benötigt. Erste diesbezügliche Auswertungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung durchgeführt. Die Aussagegenauigkeit der für Niedersachsen erarbeiteten Übersetzungsschlüssel für die in Hamburg vorkommenden Böden ist jedoch noch zu prüfen.

Für die intensive bodenkundliche Nutzung der Daten sind weitere validierende Schritte wie statistische Auswertungen (Fehlersuche) und Vergleiche mit anderen vorhanden bzw. noch durchzuführenden Kartierungen vorgesehen.

Ansprechpartner: Umweltbehörde Hamburg, Gewässer- und Bodenschutz, Elisabeth Oechtering;
Geologisches Landesamt, Dr. Jürgen Ehlers

4. Hessen

Für Fragestellungen des Boden-, Grundwasser- und Naturschutzes bedarf es auch in Hessen künftig zunehmend einer digitalen Datengrundlage im Maßstab 1 : 5 000. Dieser Bedarf kann durch die Kartenwerke des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) in den Maßstäben 1 : 25 000 und kleiner nicht abgedeckt werden. Diese Karten wurden vornehmlich für landesweite Fragestellungen wie z.B. Landschaftsrahmen- bzw. Regionalplanung entwickelt, nicht jedoch für parzellenscharfe Aussagen im Maßstab 1 : 5000. Gerade für diesen Bereich werden aber seitens der Flächennutzungs- sowie Bebauungsplanung verstärkt aktuelle, digital verfügbare Daten benötigt.

Aufgrund der gesetzlichen Grundlage zur Nutzung der Daten der Bodenschätzung bzw. zum Aufbau von Bodeninformationssystemen (Beschluss der Umweltminister (05.05.1993), der Finanzminister (14.04.1994) und der Innenminister (08.07.1994)) sollten die Daten der Bodenschätzung in Hessen als notwendige Datenbasis für Fragestellungen des Ressourcenschutzes einheitlich digital aufbereitet und vorgehalten werden.

Zur Zeit liegen die Daten der Bodenschätzung in Hessen zum größten Teil nur analog vor. Dies betrifft sowohl die Grablochbeschriebe, als auch die Flächendaten, d.h. die Schätzungsgrenzen der Schätzungskarten. Durch die verstärkte Digitalisierung der Folie 42 der Amtlichen Liegenschaftskarte (ALK) durch das Hessische Landesvermessungsamt (HLVA) werden künftig zunehmend die Flächendaten digital verfügbar sein. Durch einen engen fachtechnischen Austausch von Schätzung (OFD-Frankfurt), Vermessung (HLVA Wiesbaden) und potentiellm Nutzer (HLUG Wiesbaden) wurde frühzeitig auf DV-technische Probleme (Schnittstellen, Einbindung in weitere GIS-DB Systeme, Mängel im OBAK, uneindeutige Zuordnung von Punkt- und Flächendaten, etc.) seitens des HLUG hingewiesen, und versucht, rechtzeitig einen problemlosen digitalen Transfer der Daten zwischen unterschiedlichen DV-Systemen (HLVA / OFD / HLUG) und verschiedenen Nutzern (Ing.-Büros, Universitäten) sicherzustellen.

Neben der rein technischen Zusammenarbeit liegt ein weiterer Schwerpunkt in der fachlichen Interpretation und Nutzung der Daten für den vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz. Bereits seit 1993 werden Musterstücke in das Programm der Bodendauerbeobachtung eingebunden. In den Gemarkungen, in denen eine Nachschätzung durchgeführt wird, werden die jeweiligen Musterstücke von den ALS und Mitarbeitern des HLUG gemeinsam angesprochen und aufgenommen. Die Profile werden horizontweise beprobt und nach den Vorgaben der Boden-Dauerbeobachtung analysiert. Dadurch werden nicht nur die klassischen Parameter der Schätzung erhoben, sondern weitere Informationen, z.B. zu Gehalten an organischen und anorganischen Schadstoffen gewonnen. Die Daten werden zentral im FIS Boden/Bodenschutz des HLUG vorgehalten. Die bodenkundliche Profilaufnahme erfolgt sowohl gemäß Erfassungsstandard des HLUG als auch gemäß der Nomenklatur

der Bodenschätzung. Die Vorhaltung der Daten erfolgt digital im Bodenformenarchiv des HLUG. Durch die gemeinsame Aufnahme der Profile lernen zum einen die Kartierer des HLUG die Eigenheiten der Schätzung kennen, die in vielerlei Hinsicht von der klassischen Bodenkunde abweicht. Andererseits werden die ALS sicherer in der Anwendung der bodenkundlichen Kartieranleitung. Eine gemeinsame Nutzung der Daten ist sichergestellt.

Da z.Zt. jährlich bis zu 50 Gemarkungen in Hessen nachgeschätzt werden, kann nur ein Bruchteil der Musterstücke beprobt werden. Die Auswahl erfolgt zu Beginn des Jahres. Seitens des HLUG werden bevorzugt die Flächen ausgewählt, deren geologische und bodenkundliche Situation eine Verdichtung der Datengrundlage des HLUG sicherstellt. Bestehende Defizite, z.B. substratspezifische Hintergrundwerte, Stoffgehalte von Unterböden und bodenphysikalische Kennwerte sollen dadurch mit möglichst geringem Aufwand beseitigt werden. Weiterhin sollen die Musterstücke in Gemarkungen, die in der Nähe von Ballungsräumen liegen, aufgrund des großen Konfliktpotenziales in diesen Regionen, bevorzugt aufgenommen werden.

Ziel dieser Arbeiten sind:

- die digitale Weitergabe an externe Anwender (Forschungseinrichtungen, Umweltämter und Regierungspräsidien, Ing.-Büros) zu ermöglichen
- eine fachwissenschaftliche Auswertung der Daten der Bodenschätzung (Plausibilitätskontrolle, Berücksichtigung regionaler Besonderheiten durch die Entwicklung von Pedotransferfunktionen zur Herleitung substratspezifischer bodenphysikalischer und bodenchemischer Kennwerte) auf Basis der Profildaten der Bodenschätzung
- die Entwicklung von Übersetzungsschlüsseln für die Altdaten der Schätzung in die geowissenschaftliche Fachnomenklatur
- Entwicklung von Auswertungsmethoden für thematische Anwendungen des Bodenschutzes (Bewertung der Bodenfunktionen gemäß Vorgabe des Bodenschutzgesetzes).

Die im folgenden angeführte Literatur bietet weitere Informationen zur aktuellen Nutzung der Daten der Bodenschätzung in Hessen:

EMMERICH, K.-H., T. HARRACH UND B. KEIL (1998): Nutzung der Bodenschätzung zur Bewertung von Bodenfunktionen und für Bodenschutzplanungen. Exk.-Führer zur Tagung der AG Bodenschätzung und Bodenbewertung der DBG vom 30.09 bis 1.10.1998 in Frankfurt, 100 S.

PETER, M. & SIEBERT, S. (1998): Nutzung der Bodenschätzung in der hessischen Praxis des Boden- und Gewässerschutzes - Möglichkeiten und Grenzen. Mitt. Dtsch. Bdkdl. Ges. 88, 273-276.

PETER, M. , S. SAUER & S. SIEBERT (1999): Die Bodenschätzung als großmaßstäbliche Datenbasis für Bodenschutzplanungen. Bodenschutz, 2/99, 62 - 68.

SAUER, S. (1999): Nutzung der Bodenschätzung zur Erstellung von Bodenfunktionskarten, dargestellt am Beispiel der nutzbaren Feldkapazität. Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges. 91, 1076-1079.

SAUER, S. (2000): Methoden zur Ableitung von Bodenkennwerten aus Daten der Bodenschätzung - Stand, Problem und Perspektiven. Vortrag im NZH Wetzlar; weitere Information unter <http://www.hlfb.de/medien/boden/publikationen/auswertungsmethoden/sauer.html>

Anprechpartner: Dr. Thomas Vorderbrügge, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

5. Mecklenburg-Vorpommern

Es gibt ein vom Umweltministerium finanziertes Pilotprojekt (teilweise Bearbeitung von 2 Landkreisen) zur Digitalisierung und Geofferenzierung von Grablöchern der Bodenschätzung. Diese Arbeiten werden in Zusammenarbeit mit der Oberfinanzdirektion von einem Ingenieurbüro durchgeführt. Weiterführende Auswertungen sind derzeit nicht zu erwarten, da zwischen den beteiligten Ministerien noch keine Einigung über die Zuständigkeiten und die Finanzierung dieser Arbeiten erzielt wurde.

Ansprechpartnerin: Monika Hanetschak, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

6. Niedersachsen

Seit ca. 30 Jahren werden die Daten der Bodenschätzung im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (NLfB) in mannigfaltiger Weise genutzt. Sie dienen als Grundlage für die Erstellung unterschiedlicher Kartenwerke, wobei in der Regel die Fachtermini der Bodenschätzung dv-gestützt in die neuere bodenkundliche Nomenklatur übersetzt und die Schichtbeschreibungen der bestimmenden Grablöcher mit geologischen Substratangaben verglichen, abgestimmt und bei Bedarf ergänzt werden.

Ältestes Kartenwerk, das auf den Daten der Bodenschätzung basiert, ist die Bodenkarte auf der Grundlage der Bodenschätzung 1:5 000 (DGK 5 B). Sie deckt ca. 35 % der Landesfläche Niedersachsens ab und wird von den Katasterämtern vertrieben. Topografische Grundlage ist die Deutsche Grundkarte 1:5 000. In Anlehnung an dieses Kartenwerk entstand im Auftrage der Ämter für Agrarstruktur bzw. der Landwirtschaftskammern die Bodenkundliche Planungskarte für die Flurbereinigung 1:5 000. Die Karten wurden als separate Inselkarten für die Verfahrensgebiete erstellt und enthalten häufig Angaben zu speziellen Fragestellungen, z. B. Dränbedürftigkeit, Grenzflurabstand, Tiefumbruchwürdigkeit etc. Sie sind nicht öffentlich verfügbar.

Grundlage bildet die Bodenschätzung auch für die Erstellung der Bodenkarte von Niedersachsen 1:25 000. Gezielt abgeteufte eigene Bohrungen in nicht eindeutig interpretierbaren Arealen ergänzen die von der Oberfinanzdirektion Hannover übernommenen Daten. Ca. 30 % der Fläche Niedersachsens deckt dieses Kartenwerk ab.

Als Träger öffentlicher Belange nutzt das NLfB die Bodenschätzungsdaten für Gutachten und Stellungnahmen in der Raumordnungs- und Bauleitplanung, bei der Ausweisung von Naturschutzmaßnahmen und bei der Bewertung von Böden in Wasserschutzgebieten hinsichtlich der Sickerwasser- rate, der Stoffverlagerung und der landwirtschaftlichen Bodennutzung.

In neueren Projekten des NLfB (Geologische Karte von Niedersachsen 1:50 000, Bodenkarte von Niedersachsen 1:50 000) bildet die Bodenschätzung eine sehr wichtige Datenbasis. Bei der GK 50 finden ihre Daten Verwendung zur Abgrenzung von Mooren, Lössen, Geschiebelehmen, Auensedimenten etc. Für die BK 50 werden aus den Daten Bodentypen und Bodenarten sowie ihre Vergesellschaftung und Verbreitung abgeleitet.

Der Forschung in den Disziplinen Bodenkunde sowie Acker- und Pflanzenbau wurde mit der „teilflächenspezifischen Landwirtschaft“ ein neuer Schwerpunkt gesetzt. Erste Kartierungen zur Erstellung einer Hofbodenkarte im Jahr 2001 bewiesen erneut den Wert der Bodenschätzung für großmaßstäbige bodenkundliche Geländeaufnahmen. Bei einigen Teilkartierungen musste jedoch das Bohrraster der Bodenschätzung (50 m x 50 m) durch „Zwischenbohrungen“ verfeinert werden, da Wechsel im Ausgangssubstrat nicht erkannt worden waren.

Im Rahmen einer Diplomarbeit (Univ. Bremen) wird zur Zeit geprüft, ob aus der Beschreibung der oberen Bodenschicht (Ap-Horizont) am bestimmenden Grabloch der K-Faktor der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung abgeleitet werden kann.

Sobald eine Beratung zur Bodennutzung nach dem Bundesbodenschutzgesetz durchgeführt werden muss, ergibt sich für die Daten der Bodenschätzung ein weites Nutzungsfeld. DV-gestützte Methoden zur zielorientierten Auswertung der Daten sowie Regeln zur Ableitung der Parameter bzw. Grenzwerte müssen allerdings noch im NLfB erarbeitet werden. Ende 2001 liegen im NLfB ca. 65 % der Bodenschätzungsdaten von Niedersachsen in digitaler Form vor.

Ansprechpartner: Dr. A. Capelle & I. Benne, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung

7. Nordrhein-Westfalen

Im Jahre 1952 begann der Geologische Dienst Nordrhein-Westfalen (vormals Geologisches Landesamt NRW) mit der Bearbeitung von Bodenkarten auf der Grundlage der Ergebnisse der Reichsbodenschätzung im Maßstab 1 : 5 000. Die Arbeiten an diesem Kartenwerk stehen heute kurz vor dem Abschluss. Über 7 500 der 8 413 Grundkarten liegen als Drucke auf der topographischen Grundlage der DGK5 (DGK5 Bo) vor. Den Klassenflächen der Bodenschätzung ist als Legende über Ziffern je eines der bis zu 20 verschiedenen Bodenprofile am unteren Blattrand zugeordnet. Bei diesen sind nur die Geogenese und die Bodentypologie – nicht die Bodenart – in die bodenkundliche Nomenklatur übersetzt.

Dieses Kartenwerk war ein wesentliches Hilfsmittel für die zügige, heute abgeschlossene Bearbeitung der Bodenkarte 1 : 50 000 von Nordrhein-Westfalen. Daneben wird es auch für andere analoge Arbeiten im Rahmen von Stellungnahmen, Gutachten u. a. eingesetzt.

Laut einer Technischen Vorschrift des Finanzministeriums des Landes Nordrhein-Westfalen ist es vorgesehen, nach der Automatisierung der Liegenschaftskataster auch die Ergebnisse der Bodenschätzung digital vorzuhalten. Als zusätzliche Information könnte man dabei über eine spezielle Kennung jeder Klassenfläche der Bodenschätzung das nach KA4 übersetzte zugehörige Bodenprofil in Form einer digitalen Einzelflächenbeschreibung zuordnen. So ist mit vergleichsweise geringem Aufwand in relativ kurzer Zeit ein digitalisiertes und – je nach Parameter – auch großmaßstäbig auswertbares Kartenwerk für große Teile der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Nordrhein-Westfalen zu erstellen. Dieses Produkt könnte für den praktischen Bodenschutz nach dem Bundes- und Landesbodenschutzgesetz eine Hilfe sein.

Seit einiger Zeit laufen beim Geologischen Dienst NRW erste Versuche zur praktischen Umsetzung dieser Vorstellungen. Zum einen wurde eine Methode erarbeitet, mit deren Hilfe die Bodenprofile der DGK5 Bo in digitalisierte, die Bodenverhältnisse der Klassenfläche charakterisierende Einzelflächenbeschreibungen übersetzt werden. Sie gehen damit als Ergänzung in die BK5-Datenbank der großmaßstäbigen Bodenkartierungen des Geologischen Dienstes ein. Hierdurch stehen rein technisch auch für die übersetzten Schätzungsdaten mittlerweile über 20 bodenkundliche Standardauswertungen zur Verfügung, die wegen der schlechteren Datengrundlage der Schätzung jedoch nur teilweise und/oder in kleineren Maßstäben anzuwenden sind. Dieses Spektrum der Schätzungsdaten-Auswertungen und deren Vertrauenswürdigkeit wurde untersucht und für einige Parameter positiv geprüft, wenn auch das z. T. hohe Alter der Karten stets zu berücksichtigen ist. So müssen zwischenzeitliche Veränderungen der Böden vor allem durch anthropogene Eingriffe sowie Änderungen in der Bodensystematik beachtet werden.

Wegen der eingeschränkten Auswertbarkeit der Schätzungsdaten für viele großmaßstäbige Fragestellungen und weil in Nordrhein-Westfalen neben der digitalen Bodenkarte 1 : 50 000 bereits etwa 70 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Maßstab 1 : 5 000 bodenkundlich kartiert sind und sukzessive für viele Standardauswertungen digitalisiert werden, wird der Einsatz der Schätzung meist auf einige Beurteilungen der Restflächen beschränkt bleiben.

So werden z. B. als Beratungsgrundlage für die Landwirtschaftskammer schlagbezogene digitale Auswertungen zur Erosionsgefährdung durch Verschneidung mit digitalen Höhen- und Niederschlagsdaten erstellt. Zur Ermittlung der Bodenart des Oberbodens sowie der Humus- und Skeletthaltsstufe wird dabei über die gedruckte Karte hinaus auch auf die beim Geologischen Dienst analog archivierten Grablochbeschreibungen zurückgegriffen.

Ansprechpartner: Dr. H.J. Betzer, Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen

8. Rheinland-Pfalz

Die Oberfinanzdirektion plant, die Daten der Bodenschätzung für die Nutzung in EDV-gestützten Informationssystemen verfügbar zu machen. Dies geschieht in enger Abstimmung mit der Vermessungs- und Katasterverwaltung (VuKV), die die Daten der Bodenschätzung in Karten- und Buchwerk vorhält. Das Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz (LVA) als obere Fachbehörde der VuKV gibt dabei den technischen und zeitlichen Rahmen, aber auch die Hard- und Softwareanforderungen für eine Datenübernahme in die EDV vor. Bisher liegt die Bodenschätzung in Rheinland-Pfalz flächendeckend in graphischer Form als analoge Schätzungsfolie (Maßstäbe 1:1000 und 1:2000) vor. Das Buchwerk mit dem seit 1994 angewendeten „Neuen Feldschätzungsbuch“, in dem im Vergleich zu früher auch bodenkundliche Daten erfasst werden, besteht ebenfalls in analoger Form.

Eine Digitalisierung der Bodenschätzung erfolgt bisher bei den Katasterämtern durch Scannen der Schätzungsfolien. Ergebnis sind Rasterdateien mit Georeferenz. Eine laufende systematische Aufbereitung für die Nutzung in EDV-Systemen bis hin zu objektbezogenen Grafikbeständen wurde bisher nicht durchgeführt.

Im Bereich der OFD Koblenz wurden seit Ende 1997 Pilotprojekte initiiert, in denen in enger Zusammenarbeit mit VuKV, LVA und anderen staatlichen und privaten Stellen die Bodenschätzung für begrenzte Gebiete in Buch- und Kartenwerk komplett digitalisiert werden. Ergebnis ist eine objektorientierte und grafische Darstellung verknüpft mit Datenbanken, die alle Informationen des Buchwerkes enthalten. In dieser Form werden die Bestände der Bodenschätzung unmittelbar oder über Schnittstellen in Bodeninformationssysteme integrierbar sein.

Ansprechpartner: D. Will, Oberfinanzdirektion Koblenz; Dr. H. Lothammer, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz

9. Saarland

Im saarländischen Bodeninformationssystem (SAARBIS) wurden die Grenzlinien der Bodenschätzungskarten für die Gebiete Saarbrücken und Bliesen (Beispiel einer Gemarkung im nordöstlichen Landesgebiet mit ruraler Struktur im Rotliegenden) mit dem GIS ARC/INFO einschließlich der Klassenbeschriebe digital aufgenommen. Im ruralen Raum bilden die Bodenschätzungskarten neben der geologischen Karte die Grundlage für die Primärdatenerhebung in Form der Konzeptkarte. Die Konzeptkarte i. M. 1:5.000 (KK 5) enthält folgende Informationsebenen:

- Klassengrenzen der Bodenschätzungskarten
- Position der Grablöcher
- Klassenbeschrieb als Nummerncode
- Grenzlinien geologischer Einheiten
- Verwerfungen mit geologischen Sonderzeichen.

Die Verifizierung der Konzeptkarte erfolgte durch stichprobenhaftes Abbohren der Einheiten im Gelände in Abhängigkeit der Reliefsituation. Mit Hilfe eines Übersetzungsschlüssels wurde eine flächendeckende Konzeptbodenkarte i. M. 1:5.000 (KBK 5) entwickelt (FETZER et al. 1993).

Auf der Basis des Klassenbeschriebs der Bodenschätzung wurde nach dem von AUERSWALD (1986) entwickelten Verfahren eine Abschätzung des K-Faktors der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung vorgenommen. Die geogene Erosionsdisposition wurde unter Berücksichtigung der Erosivität der Niederschläge, der abgeleiteten K-Werte und der Hangneigung bewertet.

Unter Nutzung der Bodenschätzungsergebnisse wurden für die beiden genannten Modellgebiete Karten zur Bewertung von Böden als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf nach der Methode von LEHLE et al. (1995) erstellt (ARK 1998).

Die weitere Nutzung der Bodenschätzung für den Bodenschutz im Saarland hängt von der Bereitstellung digitaler Daten durch die Finanzverwaltung ab.

Literatur:

ARK UMWELTPLANUNG UND –CONSULTING (1998): Entwicklung einer Karte zur Bewertung von Böden als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf – Methodendokumentation.- Bericht i. A. des Landesamtes für Umweltschutz des Saarlandes, Saarbrücken, 18 S.

AUERSWALD, K. (1986): Einstufung der Bodenerodibilität (K-Faktor) nach dem Klassenbeschrieb der Bodenschätzung für Südbayern.- Z. Kulturtechnik und Flurbereinigung, 27, S. 218-224.

FETZER, K. D., R. GRENZIUS, CH. KÖNIG, K. LARRES, M. LOBENHOFER, A. PORTZ UND P. SCHLICKER (1993): Beispielhafter Aufbau eines Bodeninformationssystems für das Saarland (SAARBIS).- Bericht GLA des Saarlandes i. A. des Umweltbundesamtes, Manusk. 66 S.

LEHLE, M., J. BLEY, E. MAYER, R. VEIT-MEYA & W. VOGL (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit – Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren – Luft, Boden, Abfall, Heft 31, Umweltministerium

Ansprechpartner: Dr. K. D. Fetzer, Landesamt für Umweltschutz

10. Sachsen

Für Fragestellungen der Bodenbewertung stehen in Sachsen folgende Bodenschätzungsunterlagen im Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) zur Verfügung:

- Analoge original Schätzungskarten (Maßstab um 1 : 2.000) und Schätzungsbücher, die von den Finanzämtern und der Oberfinanzdirektion geführt werden.
- Analoge Folien im Maßstab und Blattschnitt der topographischen Karte 1:10.000, mit der maßstabsbedingten Aggregierung von Klassenflächen (Klassenzeichen ohne Wertzahlen). Diese Karten wurden von 1955 bis 1970 für die landwirtschaftlich bedeutsamen Regionen der DDR auf Grundlage der original Bodenschätzung zusammengestellt.
- Digitale Daten und Karten auf der Grundlage der GEMDAT (Gemeindedatei) im Übersichtsmaßstab 1: 400.00 bis 750.000 (Bodenatlas Sachsen). Die sogenannte GEMDAT umfasst u.a. Bodenschätzungsinformationen zum Klassenzeichen und den daraus abgeleiteten Bodenwertzahlen. Für jede der 1600 sächsischen Gemeindeflächen (Stand 1975) wurde ein repräsentativer Datensatz ermittelt (Mittelwert, Dominanz) mit Aussagen zur Boden-, Entstehungsart und Zustandsstufe des Klassenzeichens für Ackerland sowie der Bodenzahl.
- Seit 1995 werden die bodenkundlich relevanten Inhalte aus den original Bodenschätzungsunterlagen vom LfUG digital erfasst: 1. Schätzungsbücher mit Informationen zum Grabloch (Grablochbeschriebe und 2. Schätzungskarte mit Informationen zur digitalisierten Klassenfläche, Klassenabschnittsfläche, Sonderfläche (Klassenzeichen und Wertzahlen) sowie Nutzungsarten der nicht geschätzten Flächen.

Von den rund 750.000 original Grablochbeschrieben in Sachsen wurden bisher ca. 50.000 digital erfasst.

Ein Übersetzungsprogramm, das die Bodenschätzungsdaten in die aktuelle Nomenklatur der Bodenkunde (KA4) übersetzt, wird zur Zeit überarbeitet. Das Übersetzungsprogramm baut im wesentlichen auf den Erfahrungen des *Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung* auf.

Die digital vorliegenden Bodenschätzungsdaten werden seitens des LfUG als eine Informationsgrundlage in der bodenkundlichen Landesaufnahme genutzt.

Darüber hinaus werden die digitalen Daten seitens des Bodenschutzes herangezogen, um Bewertungen von Bodenfunktionen vorzunehmen. In diesem Zusammenhang erfolgt die Anwendung der *Methodenbank Boden* nachdem die Originaldaten in die Nomenklatur der KA4 übersetzt sind.

Bis Ende 2002 läuft im LfUG ein FuE-Vorhaben (Auftragnehmer Universität Gießen), in dem Erstschätzungen mit aktuellen Bodenaufnahmen verglichen werden. Im Rahmen des Vorhabens wird geprüft, inwieweit es durch diese vergleichende Auswertung möglich ist, die im sächsischen Lösshügelland anzutreffende Bodendegradierung durch Erosion zu quantifizieren. An repräsentativen Hangcatenen soll die Gesamterosion und -deposition der letzten 40-65 Jahre abgeleitet werden.

Ansprechpartner: Dr. Arnd Bräunig, Landesamt für Umwelt und Geologie

11. Sachsen-Anhalt

Zur Bedeutung der Bodenschätzung als Grundlage für die bodenkundliche Landesaufnahme und den Bodenschutz ist in Sachsen-Anhalt bestehen keine Zweifel. Die Informationen der Bodenschätzung liegen in mit unterschiedlichen Erschließungsstand vor.

1. Grablochbeschriebe

Die Grablochbeschriebe liegen, mit Ausnahme eines Kreises, in den Schätzungsbüchern im Original vor. Für einen Kreis sind die Grablochbeschriebe durch einen Wasserschaden allerdings verloren gegangen. Am Landesamt für Umweltschutz werden die Grablochbeschriebe im Rahmen einer ABM digital erfasst. Aufgrund der Qualifizierung der Mitarbeiter erfolgt hier das Eingabe der Daten in eine EXCEL-Struktur ohne weitere fachliche Prüfung. Im Nachgang laufen Routinen, um die Informationen inhaltlich aufzuschlüsseln. Hierfür liegt ein Programm vor, das die Informationen in eine Form bringt, die eine automatisierte Weiterverarbeitung (Übersetzung) erlaubt, mit der allerdings noch nicht begonnen wurde. Die Georeferenzierung erfolgt in Zusammenarbeit mit der Katasterverwaltung. Ende 2003 soll das Projekt abgeschlossen sein.

2. Karten 1:10.000

Für das Land Sachsen-Anhalt liegen die Flächen der Klassenzeichen in Karten im Maßstab 1 : 10.000 vor. Hierbei sind die Klassenflächen ohne die Wertzahlen in Karten eingezeichnet worden. Topographische Grundlage bilden auf den Maßstab 1 : 10.000 vergrößerte topographische Karten im Maßstab 1 : 25.000

3. Einsatz im Bodenschutz

Die Bodenschätzung dient als Informationsgrundlage für den Bodenschutz. Hierfür wurden die Karten der Klassenflächen in ein digitales Raster entsprechend des überwiegenden Klassenzeichens einer Rasterzelle überführt und auf Grundlage des Schätzungsrahmen für die einzelnen Klassenzeichen Bodenfunktionsbewertungen vorgenommen. Die Einordnung als Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzung erfolgt auf Grundlage der Bodenzahl, die Regelung des Oberflächenabflusses über eine Zuordnung von kf-Werten zur Bodenart des Klassenzeichens. Dieser Ansatz findet nicht ungeteilt Zustimmung.

4. Weitere Aktivitäten

Das GLA beschäftigt sich mit methodischen Arbeiten. Hierbei geht es einerseits um die Nutzung der Bodenschätzung für die bodenkundliche Landesaufnahme, andererseits um Arbeiten zur Charakterisierung von Klassenzeichen mittels Flächendaten sowie die Qualifizierung des Profilbestandes.

Bislang werden die Daten der Bodenschätzung für die Kartierung analog genutzt. Eine digitale Anwendung ist nach Abschluss der Grablochdigitalisierung geplant.

Vorhandene Profildaten werden in Zusammenhang mit Informationen zum Klassenzeichen ausgewertet und bodenkundliche Parameter aufbereitet. Ziel dieser Arbeiten sind boden-

kundliche Flächendaten für die Klassenzeichen, die über die originären Informationen der Bodenschätzung hinausgehen.

In Zusammenarbeit mit der Oberfinanzdirektion werden die Musterstücke bodenkundlich aufgenommen und analysiert.

BORG, H., PREETZ, H., FEHESE, K.-U., WOLTER, M., WALLBAUM, E. (1998): Bodenschutz in der räumlichen Planung. Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. 29, 50 S, Halle (Saale)

GUTTECK, U. (1999): Digitalisierung von Altdaten der Bodenschätzung, Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. 32, 32 S, Halle (Saale)

HARTMANN, K.-J. (2001): Ableitung von Flächendaten für Klassenzeichen der Bodenschätzung, Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt. 6, 129-134

Ansprechpartner: Ulrich Gutteck, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt; Dr. Klaus-Jörg Hartmann, Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

12. Schleswig-Holstein

In Schleswig-Holstein liegen für knapp die Hälfte der Landesfläche Informationen der Bodenkarte 1:25.000 vor. Zur erforderlichen Ergänzung dieser raumbezogenen Informationsgrundlage werden seit 1983 anlassbezogen, seit 1987 im damaligen Geologischen Landesamt systematisch die Unterlagen der Bodenschätzung übernommen und ausgewertet. Sie dienen als unmittelbare Informationsgrundlage zur Bearbeitung bodenbezogener Fragestellungen sowie als Informationsgrundlage für die Erstellung von Konzept-Bodenkarten. Zunächst erfolgte die Übernahme der Grablochbeschreibungen und Geometrien analog, späterhin insbesondere für den Bereich der Grablochbeschreibungen digital, bald mit Hilfe des Programmes REIBOTRA (REICHE o.J.) zur Erfassung und Auswertung. Die digitale Übernahme der Geometrien setzte sich erst viel später im Zuge der Fortentwicklung der Anwendung geographischer Informationssysteme durch.

Der auf diesem Wege bis heute erzeugte Datenbestand bezieht sich auf einige über das Land verteilte Gebiete und hat einen nur geringen Umfang gemessen an der Landesfläche und dem bei der Finanzverwaltung vorliegenden analogen Datenbestand.

Im Rahmen von Landschaftsplanungsverfahren sind Bodenschätzungsunterlagen bereits seit Jahren zur Bewertung der Böden herangezogen worden. Da hier nur stark vereinfachende analoge Verfahren auf der Grundlage der Bodenschätzungskarten eingesetzt worden sind, die den Anforderungen der zuständigen obersten Behörde für diesen Bereich nicht mehr genügten, ist 1996 im Auftrag des Umweltministeriums das Datenverarbeitungsprogramm BOSSA (BOSSA-SH - Bodenschätzungs-Standard-Auswertung Schleswig-Holstein - Übersetzung und Auswertung der Profilbeschreibungen der Bodenschätzung) (REICHE 1997) entwickelt worden. Es ist ein digitales Verfahren zur Erfassung, Aus- und Bewertung von Bodenfunktionen nach Bundes-Bodenschutzgesetz der Daten der Grablochbeschreibungen der Bodenschätzung zum Einsatz durch Ingenieurbüros in Landschaftsplanungsverfahren.

Die Nutzung der Bodenschätzungsdaten ist zunächst über einschlägige Verfahren zur Bewertung der Boden- und Standorteigenschaften erfolgt. Zukünftig kommt den Daten der Bodenschätzung als raumbezogener für rund achtzig Prozent der Landesfläche verfügbarer räumlich detaillierter flächenscharfer Informationsgrundlage eine zentrale Bedeutung im vorsorgenden Bodenschutz zu. Aus diesem Grunde ist auf der Grundlage der Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO 1995) zur Übernahme und Nutzung von Bodenschätzungsdaten für Schleswig-Holstein unter Federführung des Umweltministeriums unter Beteiligung der Kataster-/ Vermessungs- und der Finanzverwaltung ein landesbezogenes Rahmenkonzept zur landesweiten digitalen

Übernahme der Unterlagen der Bodenschätzung (MUNF 1998) erarbeitet worden. Es befindet sich zur Zeit in der Umsetzungsphase.

Die Nutzung der dann vorliegenden digitalen Datenbestände der Bodenschätzung unter Hinzunahme weiterer digital verfügbarer Informationsgrundlagen wie z.B. des Amtlich Topographischen Informationssystemes (ATKIS) und des Digitalen Höhenmodells (DHM) vom Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein erlaubt mittels einer digitalen Landschaftsanalyse und -modellierung (DILAMO) (REICHE et al. 1999) komplexe, raum- und zeitbezogene Bewertungen. Dieses System extrapoliert nicht nur punktbezogene Daten in den Raum, sondern berücksichtigt auch die Beziehungen der Flächen untereinander.

Zu den Eingangsparametern, die für die Bewertung von Bodenfunktionen herangezogen werden, zählen physikalische Bodeneigenschaften, die das Bodenwasser- und Stoffhaltevermögen von Böden beschreiben genauso, wie Reliefcharakteristika sowie Grundwasser-Flurabstandsklassen. Mittels Simulation durch DILAMO wird das Verhalten von Wasser und Nähr- bzw. Schadstoffen standortspezifisch u.a. in Abhängigkeit vom Klimageschehen sowie unter Einbeziehung nutzungsbedingter Bodenbearbeitungsmaßnahmen beschrieben. Ein wesentlicher Vorteil des Modelleinsatzes ist die Möglichkeit, Wasser- und Stoffbilanzen auf der Basis unterschiedlicher Vorgaben zur Flächennutzung zu berechnen. Um die natürlichen Bodenfunktionen einstuft zu können, erfolgt ein Vergleich ausgewählter Stoff- und Wasserbilanzgrößen berechnet zum einen unter naturnahen Vegetationsbedingungen, zum anderen unter aktuellen Nutzungsbedingungen. Die Abweichungen der für diese zwei Szenarien ermittelten Parameterausprägungen kennzeichnen den Funktionserfüllungsgrad.

Zur Zeit können Böden mittels der beschriebenen Methodik in Hinblick auf ihre Funktion als Lebensraum, als Bestandteil des Naturhaushaltes mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen sowie als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium anhand von bewertungsrelevanten Kenngrößen bzw. Parameterausprägungen eingestuft werden. Um für die Einteilung von Bewertungsstufen eine möglichst nachvollziehbare, an schleswig-holsteinischen Bodenverhältnissen geeichte Rangfolge zu erzielen, wurden Parameterausprägungen für Pilotgebiete bestimmt, die typischen Ausschnitten von Naturräumen des Landes angehören (lehmiges östliches Hügelland, sandige Vorgeest, schluffig-tonige Marschen). Die Testphase im Jahre 2000 bewies die Funktionsfähigkeit des Verfahrens zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen. Wesentliche Aufgabe in nächster Zeit wird sein, dieses Verfahren für ganz Schleswig-Holstein zur Anwendungsreife zu bringen. Dazu muss es in weiteren Landschaftsausschnitten bzw. Pilotgebieten getestet werden.

Literatur

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (LABO) (1995): Nutzung der Bodenschätzungsergebnisse zum Aufbau eines Bodeninformationssystems.

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (LABO) (1998): Eckpunkte zur Bewertung von natürlichen Bodenfunktionen in Planungs- und Zulassungsverfahren - Sachstand und Empfehlungen. Bodenschutz - Ergänzbare Handbuch, 28. Lfg. XII, Ordnungsnummer 9010, Schmidt, Berlin. PROJEKTGRUPPE "NUTZUNG DER BODENSCHÄTZUNGSERGEBNISSE IN SCHLESWIG-HOLSTEIN" (1998): Rahmenkonzept Nutzung der Bodenschätzungsdaten in Schleswig-Holstein Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten, unveröffentlicht.

REICHE, ERNST-WALTER (O.J.): REIBOTRA - ein Programm zur Übersetzung der Reichsbodenschätzung.

REICHE, ERNST-WALTER (1997): Bodenschätzungs-Standard-Auswertung Schleswig-Holstein (BOSSA-SH). Internet: <http://www.pz-oekosys.uni-kiel.de/~ernst/bossa/bossaman.html>

REICHE, ERNST-WALTER, MARTIN MEYER & ILKA DIBBERN (1999): Methodenpaket zur digitalen Landschaftsanalyse und -modellierung (DILAMO). Erschienen in: Blaschke, T.: Umweltmonitoring und Umweltmodellierung. GIS und Fernerkundung als Werkzeuge einer nachhaltigen Entwicklung H. Wichmann Verlag, Heidelberg.

Ansprechpartner: Dr. Dirk-Christian Elsner & Dr. Eckhard Cordsen, Landesamt für Natur und Umwelt.

13. Thüringen:

Die Daten der Bodenschätzung stellen, auf Grund ihrer hohen Auflösung und der Tatsache, dass sie landesflächendeckend vorliegen, die wichtigste Datenbasis für eine Methodik dar, die in Thüringen für die Bewertung der Bodenfunktionen im Jahr 2000 ausgearbeitet wurde. Sie befindet sich in diesem Jahr in der Erprobung.

Bewertet werden die Lebensraumfunktion (Teilfunktionen Lebensraumfunktion für Fauna und Flora; Ertragsfunktion), die Regelungsfunktion im Wasser- und Stoffhaushalt (Teilfunktionen Filter- und Pufferfunktion; Ausgleichsfunktion im Wasserhaushalt; Transformatorfunktion), die Archivfunktion (Teilfunktionen Archiv- der Naturgeschichte; Archiv der Kulturgeschichte) und die zusätzlichen Merkmale Naturnähe und Empfindlichkeit der Böden.

Fehlen exakte Messwerte, werden die benötigten Parameter über vorliegende Verknüpfungsregeln (z.B. MÜLLER, 1997) hergeleitet.

Verfügbarkeit der Bodenschätzungsdaten in Thüringen:

In den Finanzverwaltungen:

- Urkarten der Bodenschätzung mit handschriftlichen Eintragungen der Schätzer. Maßstäbe 1 : 500 bis 1 : 5 000.
- Grablochbeschriebe in den Feldschätzungsbüchern
- Aggregierte Karten der Bodenschätzungsdaten (für die ehemaligen Bezirke Erfurt und Suhl sowie für den Kreis Altenburg). Maßstab 1 : 10 000.

In den Katasterämtern:

- Schätzungskarten mit bestimmenden Grablöchern
- Reinkarten der Bodenschätzung wie oben, aber ohne Bohrpunkte. Es sind keine Grablochbeschriebe vorhanden.

In der Oberfinanzdirektion:

Die Bodenschätzungsdaten weisen nach der gegenwärtig in der Verantwortung der OFD laufenden Digitalisierung folgende Qualität auf:

- Gescannte und georeferenzierte Feldschätzungskarten.
- Karten mit Nachschätzungsergebnissen als Rahmenkarten. Z.Zt. gibt es lediglich von 5 nachgeschätzten Gemarkungen komplette Karten der Bodenschätzung auf der Basis von Vektordaten.
- Bundeseinheitliches, digitales Feldschätzungsbuch.

Zur Zeit werden über ABM-Kräfte die beschreibenden Daten (Grablochbeschriebe) digital erfasst. Stand: 22 %; erwarteter Stand Ende 2001: 30%-35 %.

Ansprechpartner: Dr. Peter Steinert

**MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT**

**REFERATE
AG „Bodenschätzung und Bodenbewertung“
04. bis 06. September 2002 in Gießen**

Band 99

2002

Beitrag zur Erfassung von Primärdaten aus der Bodenschätzung für Kennzeichnungen des oberflächennahen Bodenwasserregimes

Hans- Jürgen Ulonska¹⁾

1. Einleitung

Mit der Veröffentlichung fortgeschriebener Ergebnisse aus der Bodenschätzung per Bundesgesetzblatt (2000) konnte erstmals seit der deutschen Wiedervereinigung auf dem gesamten Bundesgebiet die Bodenschätzung vorerst erneut einheitlich abgeschlossen werden. Nach ALTERMANN (1992) wurde bis 1990 in Mitteldeutschland ein anderer Weg zur Nutzung von Ergebnissen aus der Bodenschätzung eingeschlagen. Die nunmehr wieder einheitlichen und methodisch vergleichbaren Primärdaten (z. B. Bodenarten) eröffnen die Möglichkeit, Bodenteilfunktionen des Bodenwasserhaushaltes (z. B. nutzbare Feldkapazität des durchwurzelbaren Bodenraumes nach HARRACH, 1987) mittels Kriterien über einheitliche Primärdaten für ein bundeseinheitliches Bodeninformationssystem (BIS) nach ENGEL (2001) abzuleiten. Besondere Bedeutung kommt dabei interdisziplinären Bewertungen von Böden zu. Die bundeseinheitlichen Primärdaten der Bodenschätzung bieten für den durchwurzelbaren Raum (dR) die derzeit verbindlichste Alternative für ein BIS.

2. Methoden

Die acht mineralischen Bodenarten des Feinbodens mit den einfassenden drei Hauptbodenarten resultieren aus Vergleichen von über 350 Körnungsanalysen nach ULONSKA (2002). Vervollständigt werden diese aus Ableitungen an der methodischen Bruchstelle auf den bis zu 2 m abgedeckten geologischen Karten mit der die fehlende Deckschicht ergänzenden Kartierung von RAU et al. (1992) in Thüringen. Diese zur Bodenschätzung kompatible Kartierung beruht auf der kongruenten Basis Messtischblatt.

3. Ergebnisse

Die ausgewiesenen Boden- und Hauptbodenarten dienen u. a. als Grundlage interdisziplinärer Anknüpfungspunkte für die indirekte Ermittlung von Kriterien zur Charakterisierung und Bewertung von Bodenteilfunktionen. Die fortzuschreibende Basis dafür bildet neben Bodenart und Humusgehalt nach PÄLCHEN et al. (1996) das Synonym der Packungsdichte nach HARRACH et al. (2002) unter Beachtung z.B. von HARTMANN et al. (2001) sowie JESSEL et al. (2001). Dabei hat der fachübergreifende Gebrauch einheitlicher Termini mit an vorderster Stelle zu stehen. Dies betrifft neben Korngrößenklassifikationen und daraus abgeleiteten Bodenarten nebst Hauptbodenarten gemäß Tabelle 1 bzw. Bild 1, i. A. a. Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) (1998) und Wasserhaushaltsgesetz (WHG) (2002), die für diesen Zweck abgeleitete Definition des funktionsbezogenen Begriffes Boden aus kulturtechnischer Sicht: **Boden ist das oberste vielfach in der ungesättigten Zone beleb- und durchwurzelbare, anstehende oder ortsfest aufgebrachte lockere natürliche Verwitterungsmaterial der Erdrinde. Boden ist ein nicht scharf abzugrenzender**

¹⁾ c./o. Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Beethovenplatz 3, 99096 Erfurt

Naturkörper, der sich ständig weiterentwickelt.

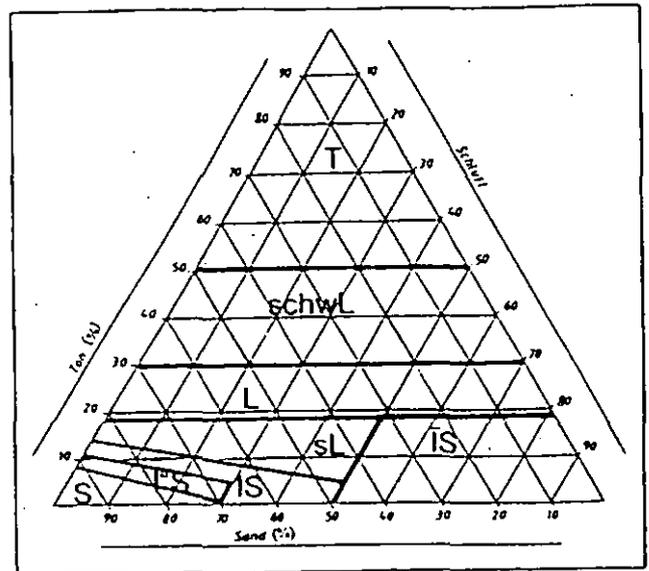


Bild 1: Bodenartendreieck im mineralischen Feinboden des dR (aus: ULONSKA, 2002)

4. Zusammenfassung

Das BBodSchG (1998) ermöglicht den Ländern, BIS einzurichten. Davon haben die Länder Bayern und Niedersachsen mit unterschiedlichen administrativen Wichtungen Gebrauch gemacht. Diese bestimmen in Deutschland die Auswahl von Primärdaten. In Österreich wird dagegen das Datenmodell für ein BIS nach SCHREYER et al. (2001) auf Bundesebene erarbeitet und geführt. Es basiert im Wesentlichen auf Standorten land- und forstwirtschaftlicher Nutzungen. Aus dieser Erwägung heraus wird vorgeschlagen, hier ebenso zu verfahren. Beim bundeseinheitlichen Vollzug der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) (1999) in Deutschland sollte i. A. a. BOHNE (1998) bei der Ableitung ausgewählter Parameter zur Kennzeichnung des Bodenwasserregimes auf einen verbindlich definierten und zugleich wissenschaftlich verwertbaren Begriff "Boden" gemäß den Primärdaten aus der Bodenschätzung zurückgegriffen werden. Analysen und Schätzungen von Körnungen sowie deren Bestimmungen über einheitliche Fraktionsanteile gehören nach KRETSCHMER (1997) zu den wichtigsten Methoden der Bodenkennzeichnung. Ausgangspunkt ist z. B. die seit mehr als 65 Jahren über die amtliche Bodenschätzung nachvollziehbare, ableitbare und verbindliche Bestimmung von Korngrößenfraktionen für acht mineralische Bodenarten über ein Bodenartendreieck in der durchwurzelbaren Bodenschicht. Unter Beachtung von PREIS et al. (2001) laufen derzeit weitergehende Untersuchungen zur Verwendung von Primärdaten aus der Bodenschätzung für die Kennzeichnung des oberflächennahen Bodenwasserregimes. Dadurch wird die Einbeziehung von Archivbeständen anderer Zuständigkeitsbereiche - auch zur vordergründigen Ableitung von Schwermetallgehalten gemäß BBodSchV (1999) möglich. Dem Begriff der guten

landwirtschaftlichen Praxis wäre damit im Sinne des BBodSchG (1998), § 17, gleichzeitig entsprochen.

Quellenverzeichnis:

ALTERMANN, M. (1992): Die Nutzung der Bodenschätzung zur Erarbeitung von Lokalbodenformen und Betriebsstandortkarten für ausgewählte Gebiete Sachsen- Anhalts. In: Mitt. d. Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 67; BOHNE, K. (1998): Wasserbewegung und Wasserleitfähigkeit des Bodens. In: BLUME, H.- P. et al. (Hrsg.): Handbuch der Bodenkunde, Landsberg/ Lech; ENGEL, E. (2001): Die Bodenschätzung in Deutschland und deren Perspektiven. In: Mitt. d. Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 96/ 2; FIEDLER, H.- J. et REISSIG, H. (1964): Lehrbuch der Bodenkunde, Jena; HARRACH, T. (1987): Bodenbewertung für die Landwirtschaft und den Naturschutz. In: Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 28; HARRACH, T.; DUMBECK, G.; SAUER, S.; TENHOLTERN, R. et VORDERBRÜGGE, T. (2002): Bestimmung der Packungsdichte von Böden. In: Exkursionsführer zur Tagung der AG Bodenschätzung und Bodenbewertung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft; HART-MANN, K.- J.; GRABE, M.; KLEBER, M. et JAHN, R. (2001): Organische Kohlenstoffgehalte der Boden-regionen des Tieflandes im Land Sachsen- Anhalt. In: Mitt. d. Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 96/ 1; JESSEL, B.; KNOTHE, D. et GELDMACHER, K. (2001): Bewertung von Bodenfunktionen für die Planungspraxis. In: Bodenschutz 4; KRETSCHMER, H. (1997): Körnung und Konsistenz. In: BLUME, H.- P. et al. (Hrsg.): Handbuch der Bodenkunde, Landsberg/ Lech; PÄLCHEN, D.; FINNERN, H.; GROTTEN-

THALER, W.; KÜHN, D.; SCHRAPS, W. G. et SPONAGEL, H. (1996): Bodenkundliche Kartieranleitung, Stuttgart; PREIS, M.; SAUER, S.; PETER, M. et HARRACH, T. (2001): Bodenkundliche Aussagekraft von Bodenwertzahlen der Bodenschätzung. In: Mitt. d. Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 96/ 2; RAU, D.; SCHRAMM, H. et PANTEL, H. (1972): Bodengeologische Karte Bezirk Erfurt i. M. 1: 100.000 (Hrsg.): Zentrales Geologisches Institut; Arbeitskarten i. M. 1: 25.000, Jena (unveröffentlicht); ROTHKEGEL, W. (1950): Geschichtliche Entwicklung der Bodenbonitierungen und Wesen und Bedeutung der deutschen Bodenschätzung, Stuttgart/ Ludwigsburg; SCHREYER, I.; SCHWARZ, S.; TULIPAN, M. et MIKSITS, H. (2001): Entwicklung von Datenmodell und Schnittstelle des Bodeninformationssystems BORIS- Fachliche Anforderungen und EDV- technische Umsetzung. In: Mitt. d. Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 96/ 2; TASCHENMACHER, W. (1937): Grundriß einer deutschen Feldbodenkunde. In: KLAPP, E. (Hrsg.): Schriften über neuzeitlichen Landbau, Stuttgart; ULONSKA, H.- J. (2002): Abgleich von Körnungsarten in aktuelle Nomenklatur. In: Wasser & Boden 1/2; Anlage zu § 1 der Fünften Verordnung zur Durchführung des § 4 Abs. 2 des Bodenschätzungsgesetzes vom 20. April 2000. In: BGBl. Teil I Nr. 20; Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)(1999). In: BGBl. Teil I Nr. 36; Standortaufnahme von Böden (1975 und 1985). In: Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR (Hrsg.): Fachbereichstandard 24300, Blatt 05, Leipzig; Gesetz zum Schutz des Bodens (1998). In: BGBl. Teil I Nr. 16; Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (2002). In: BGBl. Teil I Nr. 59

Im Horizont		Korngrößenfraktionen (Masse %)			
Hauptbodenart	Bodenart	Ton (T)	Schluff (U)	Sand (S)	Abschlämbbares (A)
Sand (S)	Sand (S)	0 - 5	0 - 15	85 - 100	< 10,0
	anlehmiger Sand (l'S oder Sl)	0 - 8	0 - 30	70 - 95	10,0 - 13,9
	lehmiger Sand (lS)	0 - 14	0 - 49,9	45 - 92	14,0 - 18,9
	Stark lehmiger Sand (l̄S oder SL)	0 - 18	50,0 - 100	0 - 50	19,0 - 23,9
Lehm (L)	sandiger Lehm (sL)	5 - 17,9	0 - 49,9	32 - 81,9	24,0 - 29,9
	Lehm (L)	18 - 29,9	0 - 82	0 - 82	30,0 - 44,9
Ton (T)	lehmiger Ton (schwL oder lT)	30 - 49,9	0 - 70	0 - 70	45,0 - 60,0
	Ton (T)	50,0 - 100	0 - 50	0 - 50	>60,0

Tabelle 1: Korngrößenfraktionen der drei Hauptbodenarten, acht Bodenarten und des Abschlämbbaren im mineralischen Feinboden des dR für das bundeseinheitliche BIS (i. A. a.: Fachbereichstandard 24300, 1975 und 1985; ROTHKEGEL, 1950 sowie unter Berücksichtigung von FIEDLER et REISSIG, 1964 und TASCHENMACHER, 1937)

Danksagung: Der Autor bedankt sich bei den Herren Dr. A. Capelle, Hannover, und Prof. Dr. T. Harrach, Gießen, für gegebene Hinweise und Ratschläge.

Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung digitaler Bodenschätzungsdaten für Fragen des Bodenschutzes

Klaus Mithöfer¹

Bodeninformationen für die Planung

Zur Umsetzung der Ziele des Bodenschutzes werden für Fachplanungen Informationen zu verschiedenen Bodenfunktionen für verschiedene Planungsebenen (Landesplanung, Regionalplanung, kommunale Planung) benötigt. Für jede Planungsebene werden dem Maßstab entsprechende bodenkundliche Datengrundlagen zur Auswertung herangezogen. Für Fragestellungen der mittleren Planungsebene (1:50.000) wird in Niedersachsen die BUEK50 verwendet, auf der untersten Planungsebene (1:5.000) stellt derzeit die Bodenschätzung die bestmögliche Datengrundlage zur Auswertung dar. Die Auswertung der Profile erfolgt digital im Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS, die Ergebnisse werden dem Kunden als Plot oder digital (GIS, EXCEL) zur Verfügung gestellt.

Anforderungen an die Auswertung der Bodeninformationen ergeben sich aus den gesetzlichen Grundlagen (z.B. Bundes-Bodenschutzgesetz) sowie den Anforderungen der jeweiligen Fachplanungen (vergl. ERDMANN et al., 2000; MÜLLER et al., 2000; SCHNEIDER et al., 2000). Die im Bodenschutzgesetz definierten Bodenfunktionen werden dazu in Teilfunktionen und Kriterien umgesetzt.

Bodenfunktionen	Bodenfunktionen	Kriterien
Lebensraumfunktion	<ul style="list-style-type: none"> Lebensgrundlage f. Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen Standort für natürliche Vegetation Lebensgrundlage für Tiere und Bodenorganismen Standort für Vegetation 	<ul style="list-style-type: none"> Nährstoffe Besondere Standortsgenheiten Pot. Lebensräume von Bodenorganismengemeinschaften Natürliche Bodenfruchtbarkeit (Ertragspotenzial)
Bestandort des Naturhaushalts	<ul style="list-style-type: none"> Bodenwasserhaushalt Bodenluftwasserhaushalt 	<ul style="list-style-type: none"> Bodenwasserhalte Nährstoffpotenzial
Abbau-, Ausgleich- und Aufbaufunktion	<ul style="list-style-type: none"> Fäul/Puffer f. Schwermetalle, Salze, Organika, Säuren 	<ul style="list-style-type: none"> Pot. Schwermetallbindung Nährstoffumschlagungsgefahr Pot. Bindung f. Organika Verwitterungsgefahr
Anprufunktion	<ul style="list-style-type: none"> Naturwissenschaftliche Bedeutung Kulturwissenschaftliche Bedeutung Selenwert 	<ul style="list-style-type: none"> Bodentypen Fäulwert

Tab.1: Umsetzung der Bodenfunktionen in Kriterien (erweitert nach Müller et al., 2000)

Möglichkeiten der Nutzung der Bodenschätzung

Zur Auswertung der Bodenschätzung für Planungszwecke können die Klassenzeichen, die Wertzahlen oder Grablochbeschreibungen herangezogen werden. Hierzu liegen unterschiedliche Erfahrungen vor. Die Auswertung der Klassenzeichen stellt eine sehr stark generalisierte Aussage dar, was im Gegensatz steht zu den Anprüchen an eine hochauflösende Bodenfunktionskarte auf einer großen Maßstabsebene. Die Untersuchungen von HARTMANN et al. (1999) zeigen, dass die Bodenarten des Klassenzeichens keine geeigneten Kategorien bilden, um bestimmte Bodeneigenschaften und -funktionen zu beschreiben, was eigene Auswertungen bestätigen.

Eine weitere Möglichkeit stellt die Auswertung der Bodenzahlen der Bodenschätzung dar (vergl. PETER et al. 1999; Sauer & Harrach 2001), wobei insbesondere die Beziehung zwischen Bodenzahl und nutzbarer Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) eine Auswertung nahe legt. Eigene Untersuchungen an ca. 4500 Ackerstandorten der Geest im Raum Braunschweig – Wolfsburg zeigen, dass für ca. 65% der Standorte eine funktionale Beziehung besteht.

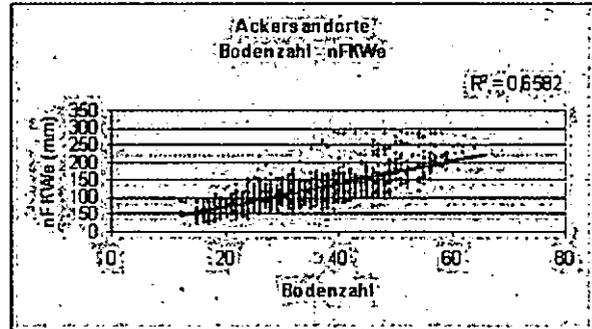


Abb.1: Beziehung zwischen Bodenzahl und nFKWe auf Ackerstandorten

Peter et al. (1999) weisen darauf hin, dass auf Grünlandstandorten zumeist kein Zusammenhang zwischen Bodenzahl und nFKWe besteht, was eigene Untersuchungen bestätigen. Im genannten Untersuchungsraum lag das Bestimmtheitsmaß für Grünlandstandorte nur bei ca. 35%. Für die Auswertung der Bodenschätzung mit Hinblick auf Bodenfunktionskarten bedeutet das, dass auf Basis der Bodenzahlen nur für Ackerstandorte Kennwerte ermittelt werden können. Fazit ist, dass nur über die Auswertung der Grablochbeschreibungen der Bodenschätzung den umfassenden Ansprüchen des Bodenschutzes auf dieser Maßstabsebene Rechnung getragen werden kann.

- Durch die Übersetzung der Profilbeschreibung der in den derzeit gültigen Sprachgebrauch (heute: KA4) werden die Daten (und damit auch die Ergebnisse!) dem weiten Kundenkreis transparent und nachvollziehbar.
- Die übersetzten Profile ermöglichen eine Auswertung mit standardisierten Auswertungsmethoden nach DIN, DVWK-Regeln oder Vorschlägen der AD-HOC-AG-BODEN in einem Bodeninformationssystem.
- Das Ergebnis sind quasi „Standardkennwerte“, die vom Kunden fachlich nachvollzogen werden können.

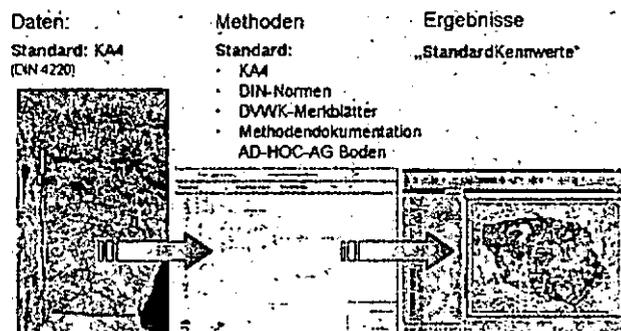


Abb.2: Profilauswertung über die Grablochbeschreibung (eigene Darstellung)

¹ Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
 Stilleweg 2, 30655 Hannover
 Mail: k.mithoefer@nlfb.de

Übersetzung und Verarbeitung der Bodenschätzung im Niedersächsischen Bodeninformationssystem

Die Flächen- und Schichtinformationen der Bodenschätzung werden am NLFb digital vorgehalten und programmgesteuert in den derzeit gültigen Sprachgebrauch (KA4) übersetzt (z.B. Bodenart, Humusgehalt, Farbe). Anschließend werden die Merkmale interpretiert, so dass Horizontbezeichnungen und Bodentyp abgeleitet werden können. Das Ergebnis ist eine Profildatenbank, die mit der Methodenbank des NIBIS ausgewertet werden kann. Im Rahmen der automatisierten Übersetzung kann es jedoch zu Fehlinterpretationen kommen, was folgende Ursachen haben kann:

- Enthalten die Eingangsdaten nur wenige Angaben zu Merkmalen, so wird die eine Interpretation der Daten erschwert (z.B. keine Angaben zu Farbe oder Eisenmerkmale)
- Bei alten Datenbeständen ist die derzeitige Gültigkeit der Angaben zu hinterfragen (z.B. Moorstandorte)
- Bedingt durch die geringe Aufnahmetiefe von 1m ist insbesondere die Ausgrenzung von Gley- und Pseudogleystandorten erschwert.
- Der Übersetzungsschlüssel liefert in einer bestimmten Region ein unzureichendes Ergebnis.

Die Ergebnisse der Übersetzung werden daher im Anschluss fachlich überprüft und ggf. verbessert. Dazu wurden am NLFb verschiedene Qualitätsstufen definiert. So beschreibt Stufe 1 die alleinige Übersetzung, Stufe 2 umfasst eine formale und inhaltliche Korrektur der Profilgruppe nach allgemeiner Kartierung und/oder Kartiererfahrung. Stufe 3 berücksichtigt zudem die Angaben von Geologie und Relief. Ziel ist es Profile der Qualitätsstufe 3 zu erstellen, was durch eine Überarbeitung der Übersetzung mit einem „Programm zur Nachbearbeitung“ unter ArcView realisiert ist.

Grenzen der Auswertbarkeit der Bodenschätzungsprofile

Eingeschränkt wird die Auswertung der Bodenschätzung z.B. durch die geringe Aufnahmetiefe von 1 m. Dies beeinträchtigt insbesondere die Bewertung der Filter- und Ausgleichsfunktion von Böden und die Bewertung der Lebensraumfunktion, da Angaben zu Grundwasserständen fehlen. Ein weiteres Problem ist die korrekte Ableitung von Horizontbezeichnung und Bodentypen, wenn in den Originaldaten Angabe zur Interpretation wie z.B. Farbe oder Eisen nicht vorhanden sind. Daher eignet sich die Bodenschätzung derzeit nur bedingt zur Bewertung der Archivfunktion von Böden (seltene Böden, Natur- oder kulturhistorische Bedeutung).

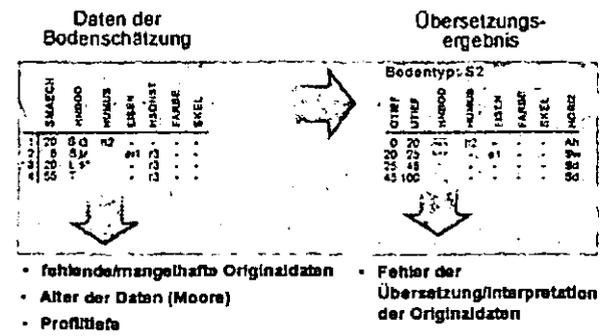


Abb.3: Fehlerquellen bei der Übersetzung/Interpretation

Hier müssen Möglichkeiten zur Ergänzung und Verbesserung der Datenbasis vorgenommen werden, wie z.B. die Verlängerung von Profilen oder die Ermittlung der Hangneigung aus digitalen Reliefmodellen (vergl. Tab. 2).

Eingangsdaten	Kennwert/Methode	Maßnahmen/Lösungen
Geringe Profiltiefe	Ungenaue Kennwerte zum Bodenwasserhaushalt bei GW-Böden. - Grundwasserzuleite - Kapillarer Aufstieg - Bodenkundliche Feuerzuleite	- Profile verlängern aus Angaben der Geologie und Landesaufnahme - Anpassung der Methoden zur Berechnung des kapillaren Aufstiegs
Fehlende oder unzureichende Merkmale	Ableitung des Bodentyps evtl. fehlerhaft. Auswertung bestimmter (z.B. seibener) Böden ist nicht möglich!	Generelle Überprüfung der Profile unter Berücksichtigung weiterer Unterlagen
Hangneigung	Ermittlung der pot. Erosionsgefährdung ist nicht möglich	Kennwert aus Reliefmodell ableiten
pH-Wert	Methoden (Biotopenwicklungspotential, Verlagerung von Schwermetallen/ Organika)	Ziel-pH-Werte

Tab.2: Maßnahmen zur Ergänzung der Datengrundlage.

Fazit:

Die Bodenschätzung lässt bei Auswertung der Grablochbeschreibungen eine standortgerechte Beurteilung zahlreicher Bodenfunktionen zu. Durch Berücksichtigung weiterer Informationsgrundlagen wie Geologie, Profile der Landesaufnahme oder Reliefmodelle lässt sich die Datengrundlage für viele Fragestellungen weiter verbessern. Im Vergleich zur Auswertung von Klassenzeichen oder Wertzahlen ist ein wesentlich breiteres Spektrum an Auswertungsmöglichkeiten gegeben, wobei Eingangsdaten und Auswertungsmethoden zudem modernen Standards wie DIN entsprechen.

Literatur:

BBodSchG - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (1998): BGBl. Teil I, S. 502 ff.

Erdmann, K., Müller, U. (2000): Bodeninformationen für Agrarstrukturplanungen in Niedersachsen. - Arbeitshefte Boden, 2000 Heft 3, 62 S.

Hartmann, K.-J., Finnem, J., Cordsen, E. (1999): Bewertung der Bodenfunktionen auf Grundlage der Bodenschätzung – ein Vergleich. – J. Plant Nutr. Soil Sci., 162, S. 179-191

Müller, U.; Dahmann, I., Bierhals, E., Vespermann, B. Wittenbecher, Chr. (2000): Bodenschutz in Raumordnung und Landschaftsplanung. - Arbeitshefte Boden, 2000 Heft 4, 26 S.

Peter, S., Sauer, S., Siebert, S. (1999): Die Bodenschätzung als großmaßstäbige Datenbasis für Bodenschutzplanungen. – Bodenschutz, Heft 2, S. 62-65

Sauer, S., Harrach, T. (2001): Bodenschätzungsdaten: Eine Planungshilfe für die Niederschlagsversickerung in Baugebieten. – Wasser & Boden, 53/11, S. 28.-32

Schneider, J., Kunzmann, S., Raecke, F.: Bereitstellung von Bodendaten für die Bauleitplanung. - Arbeitshefte Boden, 2000 Heft 2, 49S.

Deutschlandweite Untersuchungen zur räumlichen und attributiven Auswertung der Bodenschätzung für großmaßstäbige Bodenfunktionskarten

R. Herbst und J. Lamp

1. Einleitung

Die Bodenschätzung wird mit dem Ziel durchgeführt, die Böden der landwirtschaftlichen Nutzfläche als Bemessungsgrundlage für die Besteuerung von Betrieben zu evaluieren. Die reinertrags- und flurstücksbezogene Abschätzung der Bodenfruchtbarkeit führt dazu, dass einzelne pedofunktionale Kenngrößen lokal nur eingeschränkt aus den Ergebnissen der Bodenschätzung ermittelt werden können. Diese Einschränkungen, aber auch die Potentiale der Bodenschätzdaten für digitale Hof-Bodenkarten wurden im Rahmen des BMBF geförderten Forschungsprojekts *preagro* untersucht.

2. Untersuchungsgebiete und Methodik

Im Rahmen von *preagro* wurden Bohrstockkartierungen auf insgesamt elf Betrieben in acht unterschiedlichen Bodenlandschaften Deutschlands durchgeführt. Insgesamt wurden Daten von 1383 Bodenprofilen auf 61 Schlägen mit ca. 1258 ha, die in Ostholstein, Mecklenburg, Niedersachsen, Westfalen, Sachsen-Anhalt, Franken und Niederbayern liegen, mit dem SoilRover erhoben, in digitale Hof-Bodenkarten umgesetzt und ausgewertet (Lamp et al. 2002). Für diese Flächen liegen z.gr.T. auch die Klassen- und Grablochdaten der Bodenschätzung und die automatisierte Übersetzung der Gefügedaten in die heutige Nomenklatur mit dem Programm BOSSA_SH (REICHE 1998) vor.

3. Ergebnisse

Sie werden für drei Informationseinheiten der Bodenschätzung und die Reichweite vorgestellt.

a) Zustandsstufe von Klassenflächen: Sie gibt den Entwicklungsgrad an, den ein Boden bei der Pedogenese vom Rohboden über seine Stufe höchster Leistungsfähigkeit (tieffumose Schwarzerde) bis zur Degradierung (z. B. Staunässe oder Podsolierung) erreicht hat. In Tabelle 1 finden sich Angaben zum Auftreten (Fläche%) von Zustandsstufen der Bodenschätzung und von Subtypen der Hof-Bodenkarte auf 15 Untersuchungsschlägen sowie eine Gegenüberstellung beider Kartierungen (vorletzte Spalte Flächenvergleich, letzte Spalte typologischer Vergleich). Die bodentypologische Übersetzung nach BOSSA_SH ergibt, dass auf Beckum (Westfalen) die dort dominierenden Rendzinen völlig und für alle Gebiete die Kolluvierung und Hydromorphie stark unterschätzt werden.

b) Haupt-Bodenart von Klassenflächen: Da die geologische Entstehung innerhalb der Schläge häufig wenig Variation zeigt, wurde nur noch die Haupt-Bodenart von Klassenzeichen ausgewertet. Daraus wurde der mittlere Tongehalt im Bodenprofil

abgeschätzt, auf die Klassenflächen übertragen und mit den mittleren Tongehalten der Hof-Bodenkarte sowie mit den Leitfähigkeiten der geoelektrischen EM38-Sonde verglichen. Für die Deckschichtlandschaften über Tonstein und Kalkstein im Raum Beckum und Twülpstedt (Niedersachsen) wurden Rasterkorrelationen von $r=0,7$ errechnet, für die Jungmoränen-Landschaften in Schleswig-Holstein und Mecklenburg r -Werte von nur 0,1.

c) Grablöcher: Der Vergleich der automatisierten Übersetzungen von Grablochbeschrieben mit eigenen Untersuchungen bestätigt, dass die Bodenschätzung bzw. BOSSA_SH Kolluvien nur ungenügend oder gar nicht erfassen, die Angaben zur Hydromorphie oft unvollständig sind und die Übersetzung von Schluffen nur eingeschränkt aus der Entstehung abgeschätzt werden kann.

d) Mediane Distanzkreise um Grablöcher: Aus geostatistischen Analysen wurden für Boden und Nährstoffparameter als Kenngröße für die Planung von Beprobungen mediane Probenabmeweiten (LAMP et al. 2002) abgeleitet. In der Abbildung 1 sind diese als Kreise (Radius=mediane Distanz) um die Grablöcher für verschiedene Bodenparameter dargestellt. Aus der Grafik kann entnommen werden, dass besonders die nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum sehr viel kleinräumiger variiert als Klassenflächen der Bodenschätzung.

4. Schlussfolgerungen

Die automatisierte Übersetzung der Attribute der Bodenschätzung mit BOSSA_SH ergibt, dass

- trotz großer (Sub)Typvielfalt 80% der terrestrischen Böden als Para/Braunerden und 90% der hydromorphen Böden als Gleye klassifiziert wurden.
- Hydromorphie und Kolluvien nur sehr unzureichend übersetzt sind.
- die Bodenart Schluff eingeschränkt aus der Entstehung, nicht aber nur aus Gefügedaten abzuleiten ist.

Größenvergleiche zu Klassenpolygonen zeigen:

- Bodeneigenschaften und Nährstoffe variieren um den Faktor 2,5 kleinräumiger als die Klassenflächen, die nFK sogar um den Faktor 15.
- Die Haupt-Bodenart des Klassenzeichens ist häufig nicht auf die Klassenfläche übertragbar.

Fazit: Die Extrapolation von Bodenfunktionen aus Grablochdaten auf die Klassenflächen der Bodenschätzung ist nur sehr eingeschränkt möglich und nur in ca. 10 % der Flächen ist die automatisierte Übersetzung ausreichend genau. Eine lokale Überprüfung und Adaption der Auswertungsregeln unter zu Hilfenahme von Bohrstockkartierungen und bodenzeichnenden Vorinformationen ist zwingend notwendig, um großmaßstäbige Bodenfunktionskarten halbwegs „präzise“ aufzustellen.

5. Literatur

Herbst, R. (2002): Bodenschätzung, geoelektrische Sondierung und geostatistische Modellierungen als Basis digitaler Hof-Bodenkarten im Präzisen Landbau. Inst.f.Pflanzenernähr.u.Bodenkunde,CAU Kiel

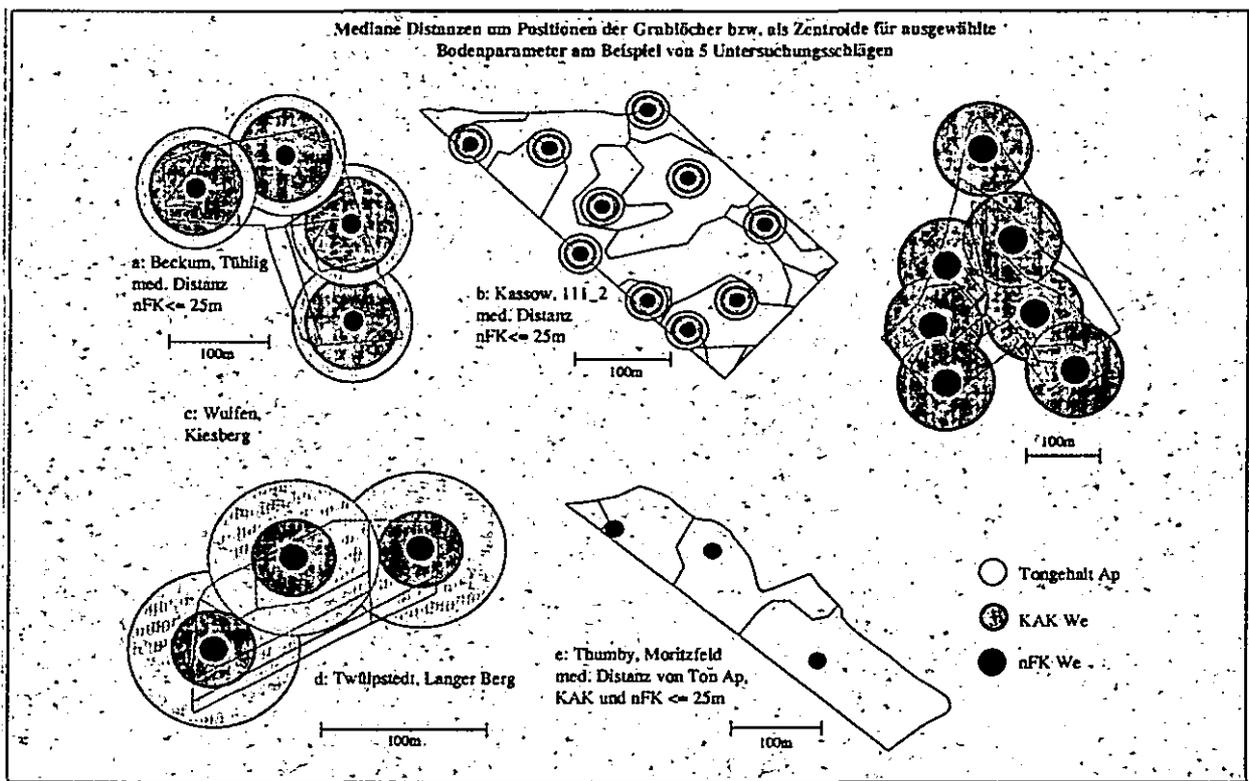
Lamp, J., R. Herbst, G. Reimer (2002): Digitale Hof-Bodenkarten – KTBL (Hrsg.): Precision Agriculture, preagro Zwischenbericht, Darmstadt, S. 35-52
 Reiche, E. (1998): Bodenschätzung-Standard-Auswertung Schleswig-Holstein, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkdl. Gesellsch. 87, 39-42

Tab. 1: Konkordanz von Bodenschätzungs(BS)-Zustandsstufen und Hof-Bodenkarten(HBK)-Subtypen

K.B.F. Zeilnr.	BS-Zustandsstufen					Subtypen/Verknüpfung		Subtypen/Verknüpfung		HBK	
	Z=1	Z=2	Z=3	Z=4	Z=5	Gr	BS	HBK	Subtypen	Verknüpfung	
Bec1	15	20	50		15		Z3: L=15, Z4: B=10, SL=10, Z5: SL=15, BG=35, Gr: B=10, L=5	R=20, VR=30, BR=20, BS=15, BG+G=15	R=20	VR=30, BR=20	
Bec2			30	10	60		Z5: SL=30, Z6: Q=10, Gr: LG=40, L=20	G=30, B=15, KBR=30, R=25	G=30, B=15, KBR=30, R=25		
Bec6			100				Z5: SB=100	R=70, BR=10, KR=10, G=8, K=2	R=70, BR=10, KR=10, G=8, K=2		
Gtw3	10	10	30				Z3: L=10, Z4: SL=60, Z5: SB=30	D=15, BD=15, BSD=15, KSD=15, SG=10, KSG=10	D=15, BD=15, BSD=15, KSD=15, SG=10, KSG=10		
Gtw6	30	40	30				Z3: B=30, Z4: L=20, BG=20, Z5: GL=30	SD=30, S=40, SB=25, SY=5	SD=30, S=40, SB=25, SY=5		
Gtw7			100				Z5: L=30, SL=50, GL=20	SD=60, S=15, SB=15, B=10	SD=60, S=15, SB=15, B=10		
Gtw9	10	30	50		10		Z3: P=10, Z4: L=30, Z5: L=50, Gr: L=10	G=10, SD=60, QS=15, SBD=15	G=10, SD=60, QS=15, SBD=15		
Ksg1	90	10					Z3: L=80, BP=10, Z4: L=10	K=40, B=50, SB=10	K=40, B=50, SB=10		
Ksg4	75	25					Z3: L=60, K=10, P=10, Z4: B=15, L=10	B=45, K=20, KB+KS=25, L=5, KG=5	B=45, K=20, KB+KS=25, L=5, KG=5		
Ksg5	70	25			5		Z3: L=20, GL=20, K=15, BP=10, HN=5, Z4: BP=25, GR: Moor=5	B+SB=25, S+BS=30, KS+KB=20, GA=10, KHN=10, Q=5	B+SB=25, S+BS=30, KS+KB=20, GA=10, KHN=10, Q=5		
Thy1	70	30					Z3: L=70, Z4: B=25, L=5	S=90, GS=10	S=90, GS=10		
Thy2	20	80					Z3: L=20, Z4: B=70, L=10	S=35, BS=25, KGS=20, SB=10, KS=10	S=35, BS=25, KGS=20, SB=10, KS=10		
Thy4	70	30					Z3: B=40, P=20, K=10, Z4: L=30	S=10, BS=10, SB=5, SG=20, K=5, KB=10, KG=25, KSG=15	S=10, BS=10, SB=5, SG=20, K=5, KB=10, KG=25, KSG=15		
Thy6	10	90					Z3: G=10, Z4: LG=60, BG=25, LB=5	S=30, BS=20, SB=10, BGS+GS=15, KHM=5, KS, SK=15, K=5	S=30, BS=20, SB=10, BGS+GS=15, KHM=5, KS, SK=15, K=5		
Thy7	45	55					Z3: LG=45, Z4: LG=55	S+LS+BS=40, L, SL=15, B+SB=15, KS+KB+KG=20, HM=5, K=5	S+LS+BS=40, L, SL=15, B+SB=15, KS+KB+KG=20, HM=5, K=5		

Korrelation BS:HBK F = Fläche, T = Typ: 1-kein Zusammenhang, 2-sehr gering, 3- gering, 4-mäßig, 5-gut, 6-sehr gut, Bec1=Autobahn, Bec2=Hagelsberg, Bec4=Tühlig, Bec6=Am Berg, Gtw3=Kamp Ost, Gtw6=Lehmried, Gtw7=Langer Berg, Gtw9=Steinberg, Ksg1=104_1, Ksg4=106_2, Ksg5=111_4, Thy1=Feldscheidung, Thy2=Feldscheidung re, Thy4=Pensholz, Thy6=Rothenstein, Thy7=Moritzfeld, *) Grünland

Abb. 1: Mediane Distanzkreise um Positionen der Grablöcher der Bodenschätzung



Möglichkeit und Grenzen der Nutzung der Bodenschätzung für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung

J. Boess & G. Lösel & I. Benne *)

Der Boden ist Produktionsgrundlage der Landwirtschaft. Der Aufbau und die Zusammensetzung der Böden bestimmt primär die Ertragsfähigkeit. Gute Kenntnisse über den Boden ermöglichen eine gezielte Bewirtschaftung. Mit der zivilen Nutzung des „Global Positioning System“ (GPS) auch in der Landwirtschaft, ist es inzwischen möglich, Schläge nach ihren unterschiedlichen Bodenverhältnissen spezifisch zu bewirtschaften; es wird hier auch von teilflächenspezifischer Landwirtschaft (precision agriculture) gesprochen. Diese Entwicklung stellt ganz neue Anforderungen an die Kartierung und die Genauigkeit von hoch auflösenden Karten. Bisher werden für die normale bodenkundliche Landesaufnahme vorab alle bodenkundlich relevanten Unterlagen digital aufbereitet, in Beziehung gesetzt, verknüpft und interpretiert. Üblicherweise sind dies die Daten der Geologie, der Bodenschätzung (BS), des Klimas, der aktuellen und historischen Landnutzung, der forstlichen Standortkartierung sowie das Digitale Geländemodell 1:5.000 bzw. 1:50.000 (DGM5 bzw. 50) (Oelkers 1993). Durch Verknüpfung dieser vorhandenen Unterlagen ergeben sich Flächen mit einheitlichen Faktorenkombinationen. Mittels der Profile aus Geologie und Bodenschätzung werden die Flächeninhalte interpretiert und in einer Konzeptkarte dargestellt. Diese Karte dient als Arbeitsgrundlage im Gelände, wo gezielt Bohrungen durchgeführt werden. Die Abgrenzung der einzelnen bodenkundlichen Flächen folgt i.d.R. dieser Konzeptkarte. Die Methodik wurde für die Erstellung von Bodenkarten im Maßstab 1:25.000 bis 1:50.000 entwickelt und hat sich hierfür bewährt. Mit ihr kann eine räumliche Auflösung von 6 – 10 Ar erreicht werden. Für die Hofbodenkarte wird jedoch eine Auflösung von 1 – 2 Ar gefordert. Dabei werden auch wesentlich höhere Anforderungen an die Lagegenauigkeit von Grenzen gestellt.

Für eine hochauflösende Kartierung sind die bisher genutzten Unterlagen nicht ausreichend. Daher wurden für das Projekt Hofbodenkartierung zusätzliche Quellen erschlossen und getestet:

- Feldblätter der Bodenschätzung
- elektrischen Bodenleitfähigkeit
- Georadar
- Gamma-Spektrenmessungen
- Luftbilder
- Ernteertragsdaten

Von den bislang genutzten Quellen entspricht die Bodenschätzung, deren Daten auf einer 50 m – Rasterkartierung beruhen, am ehesten den Anforderungen für die teilflächenspezifischen Bewirtschaftung und zwar insbesondere die Angaben der bestimmenden Grablöcher. Eine reine Auswertung der Klassenzeichen ist irreführend und wenig hilfreich. Auch müssen die Übersetzungen der bestimmenden Grablöcher kritisch überprüft werden, da Fehler bei späteren Auswertungen zu erheblichen Abweichungen führen kann, wie Beispielfälle bei der Hofbodenkartierung zeigten. Aufgrund der Vorgaben des Bodenschätzungsgesetzes (die Grenzen sollen sich an Flur- und Eigentums-grenzen orientieren, RÖSCH & KURANDT 1950) gibt die Flächenabgrenzung häufig jedoch nicht die natürlichen Gegebenheiten wieder. Sie bedarf einer fachlichen Überprüfung und Anpassung. Um Generalisierungen bei der Ausarbeitung der Bodenschätzungskarten besser beurteilen zu können, wurden die Feldblätter der Bodenschätzung beschafft. Der eigentlich erhoffte Effekt, Schätzungsflächen weiter differenzieren zu können (z.B. über Bodenzahl), hat sich nicht erfüllt. Flächen, die aufgrund von Luftbilddauswertung und Kartierbefund zu untergliedern sind, wurden in den Feldblättern einheitlich ausgewiesen. Es zeigte sich, dass der eigentliche Wert der Feldblätter in der Wiedergabe von historischen Gegebenheiten liegt.

Als besonders hilfreich haben sich die geophysikalischen Verfahren erwiesen, die i.d.R. auf kontinuierlichen Messungen beruhen und zur exakten Grenzföhrung einen hohen Beitrag leisteten. Dabei gewährt das Georadar bei sandigen Substraten einen guten Einblick in den Aufbau der obersten Schichten. Bindige Materialien unterdrücken jedoch die Reflexionen. Das Georadar kann in glazial geprägten Bereichen zur Abgrenzung von Geschiebelehmen, glazifluviatilen Sanden und Geschiebedecksanden herangezogen werden.

Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit ergibt einen Summenparameter über die gesamte Messtiefe, der hauptsächlich durch den Wasser- und Tongehalt bestimmt wird. Das Verfahren liefert eine 2-dimensionale Karte der Standortvariabilität, der dann durch gezielte Bohrungen Schichtaufbau und bodentypologische Ausprägung zugeordnet werden können. Da die angezeigten Messwerte sich auf die gesamte Messtiefe beziehen, sind Wechsellagerungen oder Schichtwechsel nicht erkennbar.

Bei der Gamma-Spektrometrie wird die natürliche Strahlung des Bodens gemessen. Sie weist ebenfalls enge Beziehungen zum Tongehalt auf. Die ermittelten Messwerte sind repräsentativ für die Bodenart der obersten 3 – 4 dm. Der Vergleich mit der auf Basis von elektrischen Bodenleitfähigkeit, Luftbild und eigener Kartierung konstruierten

Bodenkarte hat eine sehr gute Übereinstimmung ergeben. Die sich abzeichnende Möglichkeit der Bodenartbestimmung im Oberboden wäre von großer Bedeutung, da für zahlreichen bodenkundlichen Auswertungsmethoden und landwirtschaftlichen Anwendungen der Tongehalt im Oberboden ein wichtiger Parameter ist (vgl. MÜLLER 1997, SOMMER & VOSSHENRICH 2002).

Für die Hofbodenkartierung standen für fast alle Schläge **Luftbilder** von drei Befliegungen zur Verfügung. Die Bilder wurden nach geogenen Strukturen und Mustern manuell durchgesehen und mit den Auswertungsergebnissen der anderen Unterlagen abgeglichen. Es zeigte sich, dass häufig Phänomene aus anderen Datenquellen (z.B. Georadar, elektrische Bodenleitfähigkeit) auch im Luftbild zu erkennen sind und dass man mit dem Luftbild eine exakte Grenzziehung vornehmen kann. Diese Auswertung muss allerdings durch einen erfahrenen Kartierer durchgeführt werden. Versuche einer (halb)automatischen Bildauswertung brachten keine zufriedenstellenden Ergebnisse.

Für das Untersuchungsgebiet lagen **Ernteertragsdaten** vor. Obwohl zahlreiche Einflussfaktoren (Boden, Vorfrucht, Fruchtart, Düngung, Wasserhaushalt, Mikroklima u.a.) den Ernteertrag beeinflussen, zeichneten sich in einigen Bereichen Zusammenhänge mit der Bodenentwicklung ab. Hier steht die Bodenkartierung aber noch am Anfang. Eine ausführliche Darstellung der geophysikalischen Verfahren findet sich in der *Zeitschrift für angewandte Geologie* Heft 3/2002.

Mit dieser Hofbodenkartierung konnte gezeigt werden, dass mit dem bisherigen Kartierkonzept durch Hinzufügen weiterer hochauflösender Informationsquellen eine detaillierte Bodenkarte mit relativ geringem Aufwand zu erstellen ist, die den Anforderungen der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung genügt. Hierbei spielen die Angaben der Bodenschätzung, insbesondere die Profile der bestimmenden Grablöcher, nach wie vor eine wichtige Rolle, da sie letztlich die einzigen hochauflösenden, vorab zur Verfügung stehenden, bodenkundlichen Informationsquellen sind. Für eine Hofbodenkarte sind die aus der Bodenschätzung zu gewinnenden Daten alleine jedoch nicht ausreichend. So zeigt der statistische Vergleich der Ergebnisse der Hofbodenkartierung und der Bodenschätzung, dass bei den bewerteten Parametern die Hofbodenkarte eine deutlich stärkere Differenzierung aufweist.

Das Endprodukt der Hofbodenkartierung ist eine Datenbank, in der alle Flächen und Punkte sowie die dazu erhobenen Daten abgelegt sind. In ihr werden auch alle zukünftig noch zu erhebenden

Daten (weitere Ernteertragsmessungen, Analysen u.a.) eingestellt. Diese kontinuierlich zufließenden Informationen setzen ein „offenes System“ voraus, das heißt, die nach Abschluss der Grundinventur erstellte Hofbodenkarte ist kein endgültig abgeschlossenes Produkt, sondern die Basis, die dann mit dem Erkenntnisfortschritt verfeinert werden kann. Auf diese Dateien greifen die weiterführenden Programme zu, sei es zur Erstellung einer Bodenkarte, von Auswertungskarten oder von Applikationskarten zur Maschinensteuerung.

Literatur:

MÜLLER, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz – Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). – Techn. Ber. NIBIS, 6. Aufl.: 332 S.; Hannover.

OELKERS, K.-H. (1993): Aufbau und Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS – Fachinformationssystem Bodenkunde (FIS BODEN). – Geol. Jb., F 27: 5-38; Hannover.

RÖSCH, A. & KURANDT, F. (1950): Bodenschätzung und Liegenschaftskataster. – 3. Aufl., 300 S.; Berlin.

SOMMER, C. & VOSSHENRICH, H.-H. (2002): Bodenbearbeitung. - In: WERNER, A. & JARFE, A.: Precision Agriculture, Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis – Tagungsband; KTBL-Sonderveröffentlichung, 038.

Anschrift der Autoren:

Nds. Landesamt f. Bodenforschung
Stilleweg 2
30655 Hannover
email:
j.boess@bgr.de g.loesel@bgr.de i.benne@nlfb.de

GIS-gestützte Vergleiche von Bodenschätzungs- und Ertragskarten

G. Reimer und J. Lamp

1. Einleitung

Seit einem Jahrzehnt werden in der Landwirtschaft zunehmend praxistaugliche Systeme eingesetzt, die mittels GPS (Globales Positionierungs-System) und Korndurchfluss-Sensoren den Ertrag innerhalb eines Schlages hochauflösend ermitteln. Diese Daten können mittels Geographischen Informations-Systemen (GIS) mit anderen Geodaten wie den Klassengrenzen der Bodenschätzung ausgewertet werden. Im folgenden werden so Ertragskarten, die u.a. im BMBF geförderten preagro Projekt von Landwirten erfasst wurden, aus diversen Regionen Deutschlands mit der Bodenzahl von Klassenpolygenen verglichen.

2. Untersuchungsobjekte und Methoden

Vor der Verrechnung der Ertragsrohdaten werden diese möglichst weitgehend korrigiert (Muhr u. Noack, 2002). Fehlerhafte Ertragswerte wurden entweder verworfen (Segmentstart, Extremwerte) oder bereinigt (Kalibrierung über Gegenwiegung), so dass eine Messgenauigkeit um 5% erreicht wird. Abbildung 1 zeigt als Beispiel die interpolierte Ertragskarte des Schlages Sodrade (Kuehren, Ostholstein, Winterweizen 1998), die mit den Klassengrenzen und Bodenzahlen der Schätzung überlagert ist.

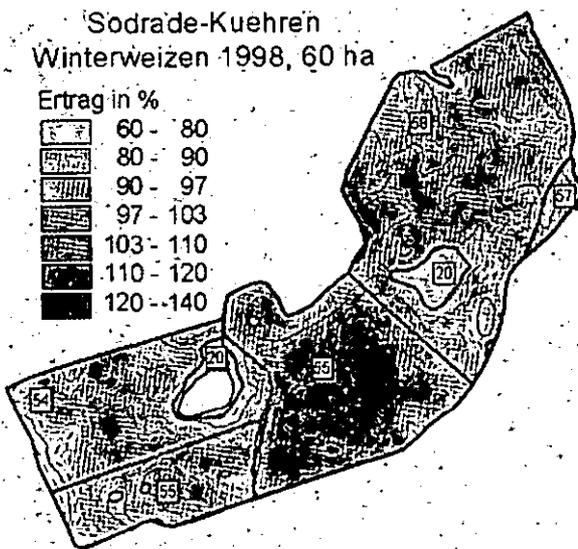


Abb.1: Interpolierte Ertragskarte (~9600 Messpunkte), m. Klassenpolygenen, Bodenpunkten, Höhenlinien (1m)

Untersucht und dargestellt werden Ertragsdaten aus den Jahren 1998 - 2001 von Schlägen aus den Regionen Kuehren (Blunk GmbH) und Thumbby im Ostholsteinischen Hügelland, Beckum in Westfalen, Gundelkofen und Essenbach bei Landshut, sowie Wulfen bei Köthen (SA). Bei der Betrachtung einzelner Schläge werden Relativerträge ausgewertet, wobei 100% gleich dem Schlagmittel ist. Die so transformierten punktuellen Ertragsdaten werden den Klassenpolygenen der Bodenschätzung zugeordnet und mit deren Bodenzahl korreliert. Bei der Betrachtung auf regionaler Ebene wurden

AG Bodeninformatik der CAU Kiel Olshausenstr. 40-60
24118 Kiel; greimer/jlamp@soils.uni-kiel.de

die Schläge eines Gebietes zusammengefasst und die lokalen Ertragsdaten auf Getreideeinheiten (1 GE = 1dt Gerste / 0,4dt Körnerraps / 0,93dt Weizen / 3,7dt Zuckerrüben) umgerechnet, um den Vergleich zwischen den unterschiedlichen Erntefrüchten der Schläge und Jahre zu ermöglichen.

3. Ergebnisse

In der Abbildung 2 ist der prozentuale Ertrag (Winterweizen 1998, Mittelwerte mit Standardabweichung) zur Bodenzahl des Schlages Sodrade in Beziehung gesetzt. Ein eindeutiger Bezug besteht nur bei kleinen Bodenzahlen (20 Punkte), während hohe (um 55) keine Beziehungen oder sogar negative aufweisen. Auffällig ist auch, dass innerhalb der Klassen hohe Streuungen auftreten. Der Grund dafür liegt in hohen lokalen Ertragsvariationen, aber auch in der „rollenden“ Endmoränen-Landschaft, deren Heterogenität in der Bodenschätzung nur pauschal durch „Verschießen“ bewertet wird. Hinzu kommt, dass dort – wie auf vielen Gutsbetrieben - sehr große Klassenflächen festgelegt wurden. Im Vergleich verschiedener Regionen und Jahre auf Schlagebene, wie in Abbildung 3 dargestellt, liegen die Korrelationen zwischen -0,1 und 0,5. Es treten regionale und jahresbedingte Unterschiede auf. In Thumbby und Kuehren liegen die r-Werte bis max. 0,25 mit geringer Schwankung zwischen den Jahren. In

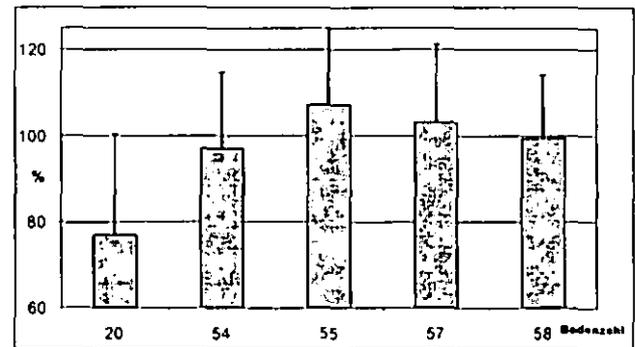


Abb. 2: Bodenzahl und rel. Ertrag Sodrade 1998

der Region Wulfen schwanken die Jahreswerte zwischen 0,1 und 0,5, wobei trockene Jahre, besonders das Jahr 2000, eindeutig bessere Beziehungen aufzeigen (dunkle Balken).

Beim Vergleich von Ertragsdaten (GE/ha) und Bodenpunkten auf regionaler Ebene wird deutlich, das sich die Spannen der Bodenzahlen sehr unterscheiden. In der untersuchten Region Schleswig-Holsteins liegt die Spannweite zwischen 28 und 62 Bodenpunkten; in Beckum von 30 bis 58; in Gundelkofen/Essenbach zwischen 40 und 78; in Wulfen von 30 bis 98 (Abb. 4). Die Getreideeinheiten selbst zeichnen in den Regionen ebenfalls unterschiedlich, wobei in der Region Thumbby mit günstiger Niederschlagsverteilung und Seeklima (Kneib und Schroeder 1984) die GE bei und über 8 liegen; in Beckum mit ausreichend Niederschlag und flachgründigen Böden bei 8, in Bayern mit breiter Spanne ebenfalls um 8 und in den Trockengebieten Sachen-Anhalts, je nach Jahreswitterung und Frucht zwischen 5 und 12 GE (nur Mais) je ha. Diese Unterschiede in den Erträgen innerhalb der einzelnen Regionen bzw. zwischen diesen lassen sich kaum auf die Bodenpunkte zurückführen. Vergleicht man die Regionen Thumbby (730 mm NS) mit geringem Punktspektrum um 50 und hohen Erträgen mit der Region Wulfen (460 mm) mit breiter Spanne von 30 bis 98 und mittleren Erträgen, so wird deutlich, dass der Einfluss des

Klimas und von Klima-Boden-Interaktionen zu wenig berücksichtigt wird.

4. Schlussfolgerungen

Durch die Zunahme lokaler Ertragskartierungen ergeben sich für die Bodenschätzung große Herausforderungen und Möglichkeiten für verbesserte Bodenbewertungen. Bei Vergleichen neuzeitlicher Ertragsmessungen mit Bewertungen durch die Bodenschätzung zeigt sich, dass die Einteilung und Festlegung von Bodenzahlen in den Klassengrenzen nicht zwingend vorhandene Ertragsunterschiede erfasst. Gründe hierfür sind u.a., dass heterogene Böden nicht im Detail, sondern nur für Teilflurstücke erfasst werden. Außerdem haben die Anbautechnik und das Management, die entscheidende Einflüsse

auf den Ertrag besitzen, sich stark gewandelt. Die Ertragsrelationen weichen bei der regionalen Betrachtung deutlich ab, sodass das Klima – wie in Österreich - stärker berücksichtigt werden sollte. Es bleibt abzuwarten, inwieweit langjährige Ertragskartierungen die Standortbewertung weiter verbessern können.

5. Literatur

Muhr T., Noack P. (2002): Aufbereitung Ertragskarten – KTBL (Hrsg); Precision Agriculture, preagro Zwischenbericht S.169ff, Darmstadt

Kneib, W. und D. Schroeder (1984): Die Bewertung der Pedofunktion „Pflanzliche Produktion“ in Schleswig-Holstein. Zeitschr. Pflanzenern.u. Bodenkde. 147, 425-434

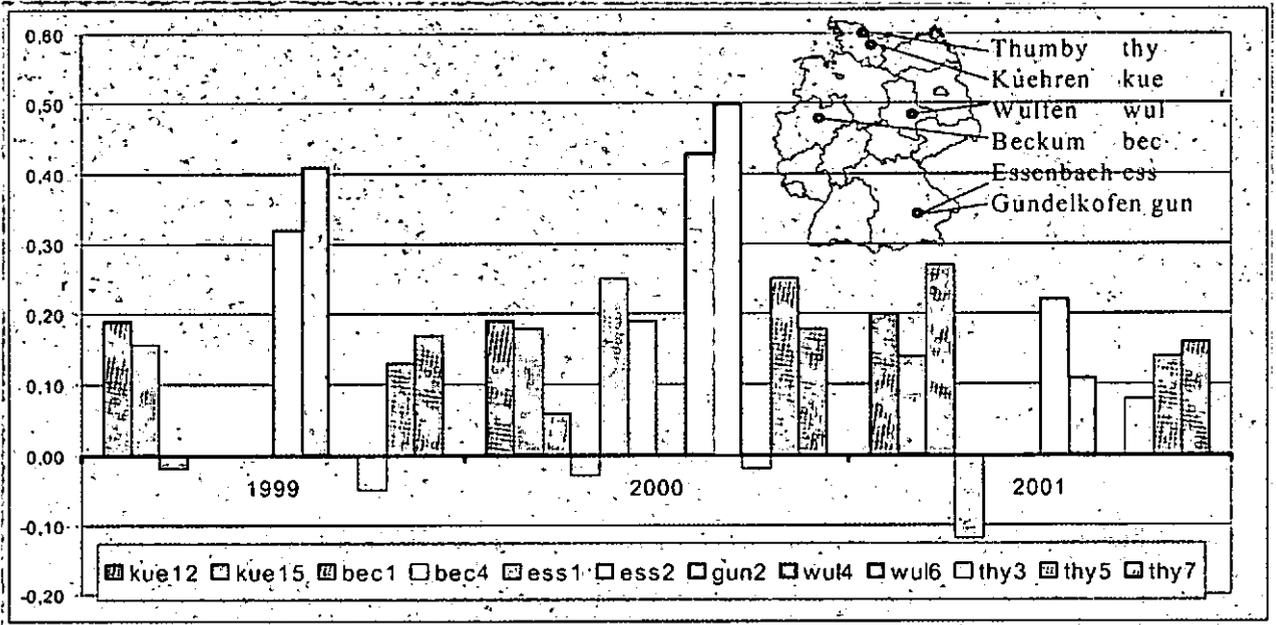


Abb. 3: Korrelation zwischen Relativertrag und Bodenzahl auf Schlägebene (bundesweit, 12 Schläge)

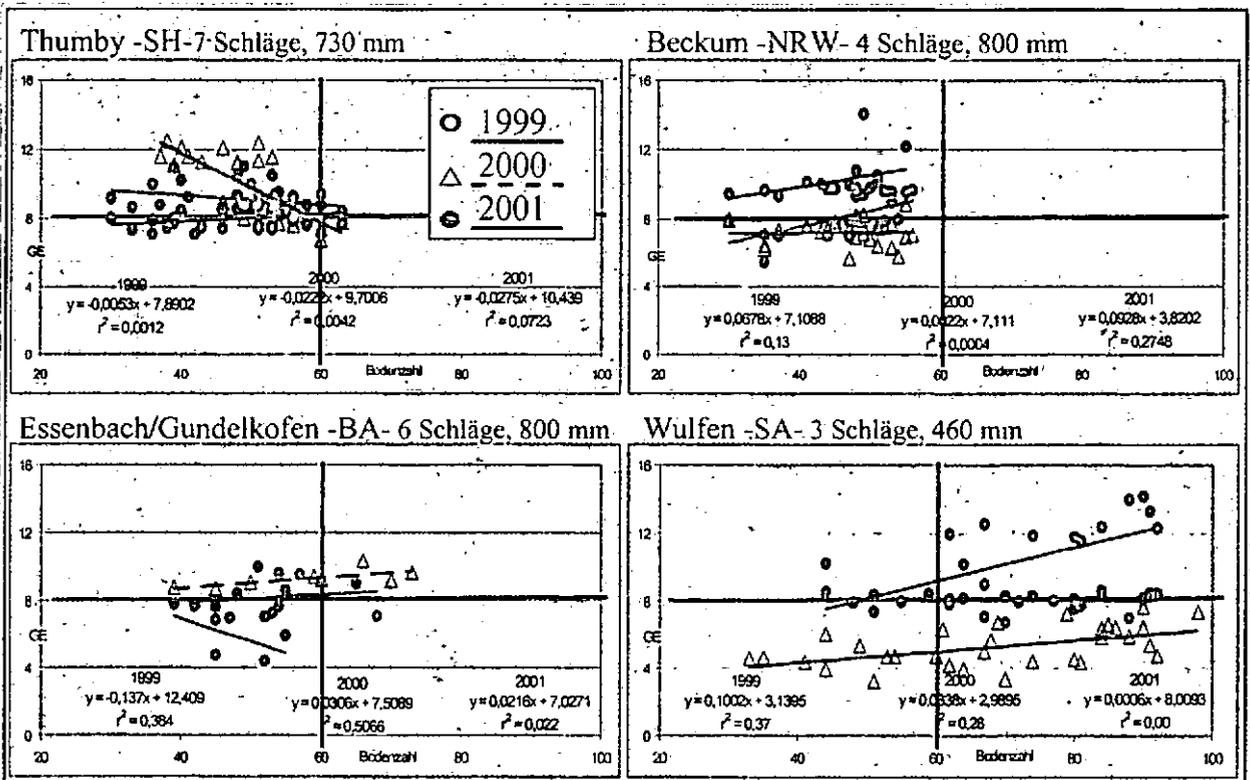


Abb. 4: Regression von Getreideeinheiten (GE/ha) und Bodenzahlen in Klassenpolygonen (vier Regionen)

Zur Vertrauenswürdigkeit von aus der Bodenschätzung abgeleiteten Bodenparametern am Beispiel der „Bodenkarte 1 : 5 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung“ in Nordrhein-Westfalen

Hans Joachim Betzer, Dirk Elhaus und Heinz-Peter Schrey

Einleitung und Zielsetzung

In Nordrhein-Westfalen wird seit 1952 die „Bodenkarte 1 : 5 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung“ (Gründruck-Karte) herausgegeben. Neben den Grenzen, Klassenzeichen und Wertzahlen der Schätzung enthält sie als Legende Bodenprofile, die die Bodenartenschichtung der Schätzung sowie Angaben zur Bodentypologie und Geogenese beinhalten. Die geowissenschaftliche Bearbeitung erfolgt durch den Geologischen Dienst NRW (vormals Geologisches Landesamt NRW). Über 90 % der etwa 8 000 Grundkarten liegen mittlerweile gedruckt vor. Um das Kartenwerk noch stärker für bodenkundliche Fragestellungen zu nutzen, wurden Untersuchungen zu dessen Vertrauenswürdigkeit durchgeführt.

Untersuchungsgebiet und Methoden

Das Untersuchungsgebiet umfasst etwa 870 ha landwirtschaftliche Nutzfläche. Es liegt im Kreidemünsterland zwischen den Orten Hamm und Drensteinfurt. Der Untergrund wird von Kalk- und Mergelsteinen des Campans (Oberkreide) bestimmt. Über diesen lagern Geschiebelehm und -sand, Flugsand und Sandlöss in kleinsäumig wechselnder Mächtigkeit. Hierdurch ist ein äußerst lebhaftes Mosaik von Bodenformen entstanden. Für den Vergleich mit der Bodenkartierung 1 : 5 000 des Geologischen Dienstes NRW (GD NRW) wurden die Bodenarten der Schätzung nach KA4 (AG BODENKUNDE 1994) übersetzt. Da die Kartenblätter der Bodenschätzungskarte bis zu 50 Jahre alt sind, mussten die Bodentypologie und Geogenese dieser Blätter – und teilweise auch die Subsummierung der Bodenarten - mittels des aktuellen Schlüssels

Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen
- Landesbetrieb -
De-Greifstr. 195 – 47803 Krefeld
poststelle@gd.nrw.de

des GD NRW unter Berücksichtigung der hier archivierten Grablochbeschriebe aktualisiert werden. Durch den hohen Deckungsgrad der Bodenkartierung 1 : 5 000 von mittlerweile 70 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche von NRW konnte der Übersetzungsschlüssel in den letzten Jahrzehnten stark verfeinert werden. Nach der Digitalisierung der Bodenschätzungskarten wurde deren Datenbestand mit dem der Bodenkartierung 1 : 5 000 verglichen. Hierzu wurden beide Bodenkarten mittels eines Punktrasters im 10m x 10m-Abstand - insgesamt etwa 87 000 Punkte - aufgerastert. Bei der Auswertung ist zu beachten, dass hier individuelle Einzelflächenbeschreibungen der Bodenkartierung 1 : 5 000 mit zuvor zu einer Legende subsummierten Flächenbeschreibungen der Bodenschätzungskarte verglichen werden, so dass z. B. die Varianz der Einzelflächen-Daten der Bodenkarte größer ist, als die der Bodenschätzungskarte (s. Abb.1 und 2).

Ergebnisse

In einem ersten analogen Vergleich (HORNIG et al. 2003; NETTA 2001) ist die Stimmigkeit analog verglichen worden. Dabei wurden die Legendeneinheiten der Schätzung anhand des Einzelflächenvergleichs auf ihre Stimmigkeit untersucht. Hier zeigte sich, dass 45 bis 60 % der Flächen beim Bodentyp und 70 bis 95 % der Flächen bei der Grundwasserstufe übereinstimmen. Nach der Digitalisierung der Karten war jetzt der digitale Vergleich der Parameter „Bodentypologie“ und „nFK_we“ möglich. Dabei wurden die analogen Werte weitgehend bestätigt. 45 Flächen-% beider Karten stimmen bodensystematisch in Haupt- und Subtyp überein, 54 % im Haupttyp.

Als Untersuchungsgröße wurde ebenfalls die nFK_we ausgewählt. Wie zu erwarten, kann die Bodenschätzungsauswertung wegen der Subsummierung der Flächen zu Legendeneinheiten

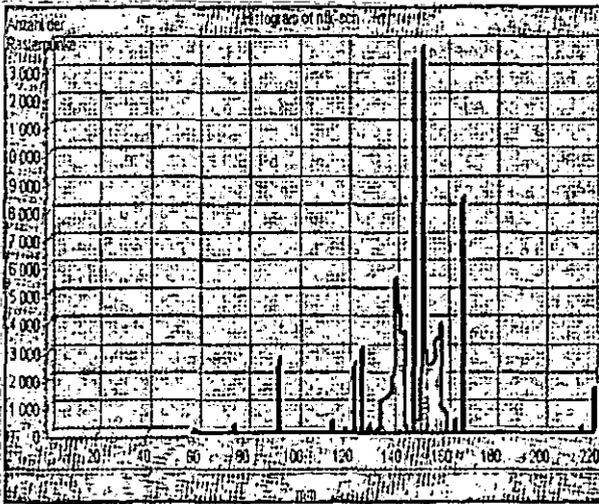


Abb. 1: Summarische nFK_{we} -Darstellung der Flächen-Rasterpunkte der digitalen Bodenschätzungskarte (Gründruck)

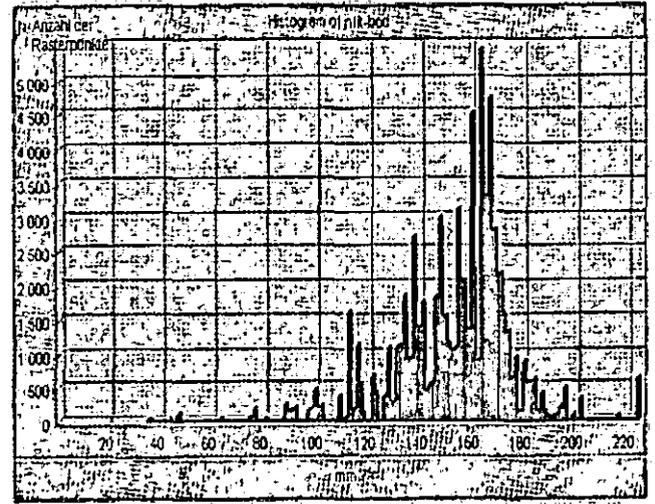


Abb. 2: Summarische nFK_{we} -Darstellung der Flächen-Rasterpunkte der digitalen Bodenkarte 1 : 5 000

nicht alle Extreme erfassen (Abb.1 und 2). Im Vergleich zur Bodenkartierung liegt das Häufigkeitsmaximum mit etwa 150 mm um etwa 15 bis 20 mm tiefer. Insgesamt differieren Gründruck und Kartierung auf etwa 60 % der Fläche um weniger als 20 mm, auf etwa 75 % um weniger als 30 mm. Gerade angesichts der kleinräumig starken Schwankungen ist dies ein gutes Resultat. Insgesamt lassen sich diese Ergebnisse der Stimmigkeit recht gut mit älteren Untersuchungen vergleichen. Zugleich wird auch die Notwendigkeit regionaler Übersetzungsschlüssel unter Auswertung der Grablochbeschriebe als wichtigste Informationsgrundlage für bodenkundliche Auswertungen der Schätzung bestätigt.

Schlussfolgerung

In NRW steht für 70% der landwirtschaftlichen Nutzfläche als erste Wahl die „Bodenkarte 1 : 5 000“ des GD NRW und zunehmend deren digitale Auswertungen zur Verfügung. Wo diese fehlt, bietet sich für einige Parameter eine Auswertung der „Bodenkarte 1 : 5 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung“ mittels einer Aktualisierung besonders älterer Gründrucke an. Ohne diesen im GD standardisierten Bearbeitungsschritt wird bei der Übersetzung der Gründrucke z. T. nur etwa die Hälfte der oben beschriebenen Genauigkeit von 45 bis 75 % erzielt. Etwa 50 bis 70 % stellen in dieser Landschaft im Übrigen das maximal Erreichbare dar. Eine weitere Steigerung der Stimmigkeit ist

- wie sich bei der Ursachenforschung zeigte - in dieser abwechslungsreichen Bodenlandschaft durch folgende Faktoren begrenzt:

- Unnatürliche Geometrie der Klassenflächen
- Fehlende Angaben zu Kalk, Humus und Hydromorphie Merkmalen in den Grablochbeschrieben
- Unsichere Trennung von Grundwasser- und Staunässemerkmalen in den Grablochbeschrieben
- Subsummieren von Sonderflächen wie z. B. flachgründigen Bereichen von der Schätzung

Wegen der ansonsten hohen Dichte an großmaßstäbigen Bodenkartierungen des GD NRW spielen grob fehlerhafte Übersetzungen der Bodenart der Bodenschätzung nur noch eine geringe Rolle. Mittelfristig werden Auswertungen der Gründrucke nach beschriebenem Schema für die noch nicht i. M. 1 : 5 000 kartierten Bereiche bei einigen Parametern des obersten Tiefenmeters Anwendungen finden.

Literatur:

- AG BODENKUNDE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Auflage, Stuttgart.
- HORNIG, W., BETZER, H. J. & NETTA, F. (2003): Ist die Digitalisierung der Bodenkarte 1 : 5 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung (DGK5 Bo NRW) möglich und sinnvoll? scriptum (im Druck), Krefeld.
- NETTA, F. (2001): Die Verwendbarkeit der Daten der Bodenschätzung als Grundlage zur Erstellung einer Bodenkarte. Diplomarbeit, Münster.

Digitale Bearbeitung der Bodenschätzung in Thüringen

T. Röttscher und J. Seidelbach

1.) Einleitung

Nach der Wiedervereinigung stand die Finanzverwaltung in Thüringen vor der Aufgabe, mehr als 800.000 ha Bodenschätzungsfläche auf einen aktuellen Stand zu bringen. Aufgrund erheblicher Veränderungen in der Flur durch die Schaffung großer Bewirtschaftungseinheiten, ein stark verändertes Wege- und Gewässernetz usw. war das sichere Auffinden von Musterstücken, Vergleichsstücken und Grabblöchern der Bodenschätzung mit einfachen Mitteln nicht mehr möglich; ein Abstecken durch die Katasterverwaltung kam nur in Ausnahmefällen in Betracht. Einen Ausweg aus dieser Situation bot die Nutzung des Differenziellen Globalen Positionierung Systems (DGPS) zur Orientierung und Positionierung.

Um eine Verknüpfung der Standortkoordinaten mit den Inhalten der Bodenschätzung herstellen zu können, wurde ein Geografisches Informationssystem (GIS) angeschafft.

Etwa zeitgleich beschlossen die Umwelt-, Finanz- und Innenminister der Bundesländer, den gewaltigen Datenbestand der Bodenschätzung auf digitale Datenträger zu überführen und auf diese Weise für den Aufbau von Bodeninformationssystemen (BIS) zu erschließen.

Unter den genannten Rahmenbedingungen hat die Finanzverwaltung in Thüringen ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, die gesamte Bodenschätzung, von den ersten Feldarbeiten in einer Gemarkung bis hin zu den fertigen Schätzungskarten- und büchern, digital zu bearbeiten und zu dokumentieren. (Abb. 1)

2.) Verfahren

Den thüringischen Amtlich Landwirtschaftlichen Sachverständigen (ALS) stehen ein Büro-PC und ein Feld-PC zur Verfügung. Auf beiden Rechnern ist das GIS *TopoL* installiert. Auf dem Feld-PC befindet sich zusätzlich, die Außendienstsoftware *DIBO*, eine Eigenentwicklung der Oberfinanzdirektion Erfurt, die zur Verarbeitung des DGPS-Signals und zur Erfassung der Bohrpunkte eingesetzt wird.

Das Programm *DIBO* bietet die Möglichkeit alle Bohrpunkte der Bodenschätzung, mit den zugehörigen Koordinaten digital zu erfassen und in einer Datenbank abzulegen. Dabei werden die Koordinaten des Mittelbeganges (ALS) mit DGPS gemessen, die Koordinaten der Seitenbegänge (eIS*) werden automatisch rechtwinklig zum Mittelbegang konstruiert. Zusatzbohrungen, vom gewählten Raster abweichende Bohrungen und Einzelbohrungen sind möglich.

* ehrenamtliche landwirtschaftliche Sachverständige

Oberfinanzdirektion Erfurt
Jenaer Straße 37, 99099 Erfurt

Die Koordinaten des jeweiligen Bohrpunktes werden automatisch in die Eingabemaske für die Bohrpunkte übernommen; das Schätzungsergebnis - das Klassenzeichen und die Bodenzahl - wird von Hand dazu getragen. Soll ein beschriebenes Grabloch angelegt werden, wird an dem ausgewählten Bohrpunkt die laufende Nummer des Grabloches eingetragen und eine Eingabemaske für die Profilbeschreibung und die ergänzenden Angaben steht zur Verfügung. Die Grablochdaten werden später über die Import/Export Schnittstelle in das bundeseinheitliche digitale Feldschätzungsbuch *FESCH* übertragen.

Die GIS-DGPS-Kombination auf dem Feld-PC ermöglicht eine hervorragende Orientierung im Gelände, denn auf dem Bildschirm wird ständig die momentan gemessene Koordinate in Form eines Positionskreuzes angezeigt. Auf diese Weise kann bei Bedarf auf vorkonstruierten virtuellen Beganglinien gearbeitet werden oder es können im GIS ausgewählte Objekte, z.B. Vergleichsstücke und Grablöcher der Altschätzung, gezielt in der Örtlichkeit aufgesucht werden.

Umgekehrt können schätzungsrelevante Gegebenheiten in der Örtlichkeit, wie veränderte Nutzungsartengrenzen, Grenzen von Besonderheiten usw. sofort eingemessen und in das GIS übernommen werden.

Der Datenbankinhalt von *DIBO* wird zur Weiterverarbeitung in das GIS eingelesen.

Bei dem verwendet GIS *TopoL* handelt es sich um ein hybrides System, mit dem sowohl Vektordaten als auch Rasterdaten verarbeitet werden können. Unter Vektordaten sind in diesem Zusammenhang geografische Objekte zu verstehen, die durch Koordinaten eindeutig definiert sind, während Rasterdaten aus Unmengen einzelner Bildpunkte bestehen, die in Zeilen und Spalten angeordnet sind. Vektordaten lassen sich besser bearbeiten und mit zusätzlichen Informationen bestücken als Rasterdaten, und benötigen außerdem wesentlich weniger Speicherplatz.

Die importierten Bohrpunkte aus *DIBO* sind Vektordaten. Sie werden im GIS koordinatengenau mit Klassenzeichen und Bodenzahl sowie ggf. der Grablochnummer angezeigt. Die Klassenflächen der Bodenschätzung werden nun am Bildschirm ausgearbeitet und gleichfalls als Vektorlinien gezeichnet. Als Katasterbezug für das Zeichnen der Klassenflächen werden digitale Liegenschaftskarten in Form von Rasterdaten oder die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) im Vektorformat genutzt. Darüber hinaus stehen digitale Orthofotos sowie die Feldkarten der Altschätzung im Rasterformat als Informationsquellen zur Verfügung.

Wenn es sinnvoll erscheint, d.h. wenn im wesentlichen mit einer Bestätigung der Altschätzung in einer Gemarkung zu rechnen ist, werden die Daten der Altschätzung im Vorfeld abdigitalisiert und stehen somit für die weitere Bearbeitung gleich im Vektorformat zur Verfügung.

Nach Fertigstellung der Flächen-Geometrie der neuen Schätzungskarte werden die Informationen der Bodenschätzung, z.B. Klassenzeichen, Bödenzahl / Ackerzahl, Nummer des Bestimmenden Grablochs, Zu- und Abrechnungen wegen Klima- und Geländebedingungen usw. für jede Fläche wiederum in eine Datenbank eingetragen. Aus dem Inhalt dieser Flächen-Datenbank werden abschließend Texte erzeugt, die das Bild der Bodenschätzungskarte vervollständigen.

3.) Ergebnis

Das Ergebnis sind digitale Schätzungskarten, wahlweise Feldschätzungskarten und / oder Schätzungsurkarten im Vektorformat, in denen die Vorgaben des Bodenschätzungsgesetzes vollständig umgesetzt sind. Die verwendeten Linienführungen, Strichstärken, Zeichen, Farben und Signaturen entsprechen den geltenden Bestimmungen der Finanz- bzw. Katasterverwaltung. Die Informationen zu den Objekten der Bodenschätzung, den Bohrpunkten und Klassenflächen sind vollständig digital verfügbar. Die zugehörigen Schätzungsbücher werden mit dem Programm *FESCH* vorgehalten.

Die Bodenschätzungsergebnisse können nun, beispielsweise für die Offenlegung als Rahmenkarten im Regel-Maßstab 1:2000 im Blattschnitt des Thüringer Landessystems ausgedruckt, oder aber digital an die Katasterverwaltung und weitere Nutzer abgegeben werden. Die Ausgabe der digitalen Daten ist in Vektorformaten, beispielsweise Arc-Info, Arc-View-Shape, DXF usw. sowie in verschiedenen Rasterformaten möglich.

4.) Vorteile

Durch den Einsatz von DGPS fallen herkömmliche Vermessungsarbeiten bei der Bodenschätzung, z.B. das Abstecken von Beganglinien, weg. Der Ablauf der Feldarbeiten gestaltet sich flexibler, weil auf bestimmte Witterungserscheinungen und späträumende Kulturen gut reagiert werden kann. Von ungünstiger Witterung wird die Feld-Technik weniger beeinträchtigt als Papierdokumente. Durch die sofortige Verknüpfung mit den Koordinaten ist die Lage der aufgenommenen Punkte von Anfang an sicher bekannt, die Gefahr späterer Fehlinterpretationen ist gering.

Der objektstrukturierte Aufbau des Verfahrens und das Vorliegen aller erfassten Informationen in einzelnen Datenbankfeldern, ermöglicht eine komfortable Weiterverarbeitung der Schätzungsdaten. So können Sortierungen und Auswahlen sowohl nach Objektarten, z.B. Klassenflächenlinien, Klassenabschnittslinien,

Sonderflächenlinien, als auch nach Objektmerkmalen z.B. Bodenart, Zustandsstufe oder Entstehungsart, Boden- und Ackerzahlen, Besonderheiten, Schätzungsdatum usw. durchgeführt werden.

Beim Ausarbeiten der Schätzungskarten am Bildschirm fällt darüber hinaus lästiges Radieren, Übertragen von Maßstäben, Hoch- und Abzeichnen usw. weg. Außerdem kann der Informationsgehalt zur Verfügung stehender Arbeitsmittel, wie z.B. der digitalen Orthofotos, vollständig ausgeschöpft werden.

Die Auswertung der Schätzungsergebnisse, von der Flächenermittlung bis zur Berechnung der Ertragsmeßzahl (EMZ), steht im GIS sofort zur Verfügung. Die fertiggestellten Bodenschätzungsunterlagen sind beliebig oft reproduzierbar.

Die Abgabe der Daten an die Nutzer kann in digitaler Form erfolgen; eine Be- und Verarbeitung entsprechend der jeweiligen Zielstellung ist sofort möglich.

5.) Zusammenfassung

Mit der dargestellten Arbeitsweise ist ein zeitgemäßes Verfahren für die Durchführung der Bodenschätzung entstanden, das für den gesamten Arbeitsablauf eine Vielzahl von Vorteilen in sich birgt und die Nutzungsmöglichkeiten für die Ergebnisse der Bodenschätzung um ein Vielfaches erhöht, ohne dabei die geltenden Bestimmungen des Bodenschätzungsgesetzes zu verletzen.

6.) Literatur

Bill, R., Fritsch, D. (1997): Grundlagen der Geoinformationssysteme. Wichmann, Heidelberg
 Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (...): Nutzung der Bodenschätzungsergebnisse zum Aufbau eines Bodeninformationssystems, Bodenschutz Heft 3.
 Oberfinanzdirektion Erfurt (1999): DIBO-Handbuch. Erfurt (unveröffentlicht)
 Oberfinanzdirektion Erfurt (2001): Fesch-Handbuch. Erfurt (unveröffentlicht)
 Rösch, A., Kurandt, F. (1991): Bodenschätzung. Carl Heymanns Verlag, Köln, Berlin, Bonn, München
 Thüringer Innenministerium (1995): Thüringer Zeichenanweisung für Liegenschaftskarten und Vermessungsrisse. Erfurt
 Topol Support Deutschland (2000): Topol-Handbuch. Göttingen

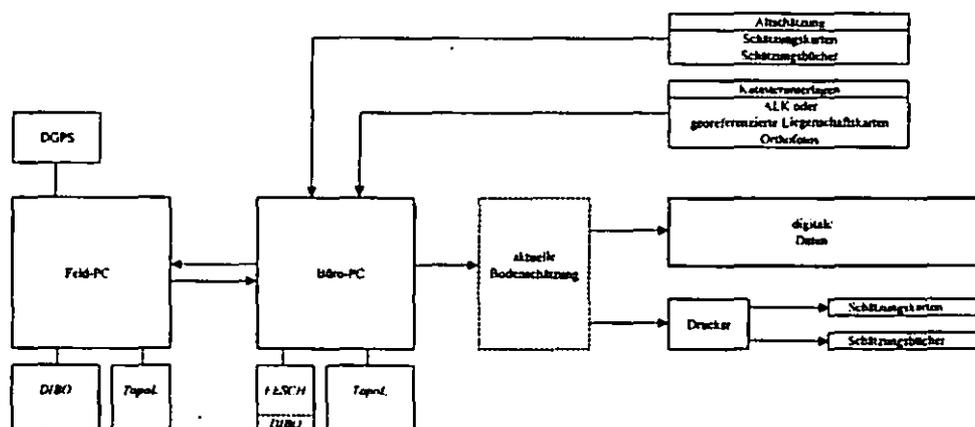


Abb. 1: Blockbild

Bodenkundliche Aus- und Fortbildung der Amtlich landwirtschaftlichen Sachverständigen bei der Oberfinanzdirektion Hannover

Burghardt, H. und Ahlers, E.

Die zur Zeit 30 ALS bei den Finanzämtern der Oberfinanzdirektion Hannover sind mit den Arbeiten zur Bodenschätzung nach dem Bodenschätzungsgesetz, der Einheitsbewertung land- und forstwirtschaftlicher Betriebe sowie der gutachterlichen Tätigkeit zu Fragen der Einkommensbesteuerung der Land- und Forstwirtschaft befasst.

Die 18-monatige Einweisungszeit, die neu eingestellte ALS zunächst durchlaufen, umfasst neben einer steuerfachlichen Einführung eine Ausbildung in der Bodenschätzung, die sich auf das gesamte Spektrum der Böden im Bereich der jeweiligen Steuerabteilung erstreckt.

Mit der Einführung des EDV-gerechten Feldschätzungsbuches zu Beginn der 90-er Jahre werden zusätzlich zu den bislang erfassten Daten zur Bodenart und Zustandsstufe nach dem Acker- bzw. Grünlandschätzungsrahmen die Horizontbeschreibungen um die Horizontsymbole sowie den Bodentyp (nach KA 3) erweitert.

Hierfür waren Schulungen der ALS in erheblichem Umfang notwendig, die in Form von Tagungen gemeinsam mit allen ALS zentral von den Fachreferaten der Steuerabteilungen in Zusammenarbeit mit dem NLFb durchgeführt wurden.

Die kontinuierliche Überprüfung der Bodensprache und Weiterbildung der ALS im Hinblick auf die Bodentypologie erfolgt durch die Sachverständigen der OFD bei der Prüfung und Anlage von Muster- und Vergleichsstücken. Dies geschieht häufig in Zusammenarbeit mit den Kartierern des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung.

Zu ausgewählten Bereichen der Bodensprache und Bodenschätzung wurden in den letzten Jahren wieder Jahrestagungen mit allen ALS durchgeführt, die gemeinsam mit dem NLFb konzipiert worden waren. Diese Tagungen dienen der Abstimmung und Weiterbildung der ALS hinsichtlich der Bodensprache und Bodenschätzung sowie der Einführung neuer bodenkundlicher Erkenntnisse, die im Rahmen der Profilbeschreibungen bei der Bodenschätzung umgesetzt werden sollen.

Am Beispiel von Profilbeschreibungen, die bei der Tagung zur „Bodenschätzung und Profilansprache von Hoch- und Niedermooren“ im Gelände erfasst wurden, wurde dies näher erläutert.

Burghardt, H.,
Oberfinanzdirektion Hannover – Besitz- und
Verkehrssteuerabteilung Oldenburg
Am Festungsgraben 1, 26135 Oldenburg,
Tel.: 0441/9214193

Ahlers, E.
Oberfinanzdirektion Hannover – Besitz- und
Verkehrssteuerabteilung Hannover
Waterloostraße 5, 30169 Hannover,
Tel.: 0511/101-2691

"Reformierte" Bodenschätzung in Österreich anhand praktischer Beispiele

Pehamberger, A. u. Wagner, J.

Die Erfassung und Beurteilung der natürlichen Ertragsbedingungen (Boden-, Klima-, Gelände- und Wasserverhältnisse) werden in Österreich durch den Bodenschätzungsdienst im Rahmen der Finanzverwaltung durchgeführt.

Das österreichische Bodenschätzungsgesetz aus dem Jahre 1970 sieht vor, dass alle 20 Jahre die Musterstücke der Bodenschätzung dahingehend zu überprüfen sind, inwieweit sich das Ertragsverhältnis der Bodenflächen innerhalb des Bundesgebietes zueinander verschoben hat.

In den Jahren 1994 bis 2000 wurden die Musterstücke einer Überprüfung unterzogen.

Zur Sicherung der Gleichmäßigkeit der Bewertung wurden 426 Vergleichsflächen der Bodenschätzung, sogenannte Bundes- und Landesmusterstücke, nach Beratungen im Bundes- bzw. Landesschätzungsbeirat auf Basis der Klimaperiode 1961 bis 1990 eingewertet und rechtsverbindlich kundgemacht.

Dabei wurde sowohl in den klimatisch begünstigten Räumen als auch in den Trockenräumen (Gebiete unter 600 mm Jahresniederschläge bei hohen 14h-Temperaturen) den klimatischen Einflüssen mittels Zu- bzw. Abschlägen deutlich mehr Gewicht eingeräumt, wodurch das Verhältnis zwischen potentieller und aktueller Bodenfruchtbarkeit stärker zum Ausdruck gebracht wird. Die zusätzliche Berücksichtigung der Wärmesumme sowie der klimatischen Wasserbilanz ermöglichen nunmehr eine wesentlich genauere Beurteilung des natürlichen Ertragspotentials eines Pflanzenstandortes.

Ferner wurden bei der Einwertung der Musterstücke folgende Änderungen vorgenommen:

Ackerschätzung: Stärkere Gewichtung von AI, D, LÖ-Böden insbesondere in der Gruppe der leichten und mittelschweren Bodenarten;

Grünlandschätzung: Teilweise Erhöhung der Wertzahlen bei S- und IS-Böden unter Berücksichtigung der Wasserversorgung des Standortes; teilweise Senkung der Wertzahlen bei L- und T-Böden sowie bei ungünstigen Wasserstufen; diverse Änderungen und Anpassungen im Klimarahmen bezüglich Lokalklima z.B. bei Heutrocknung.

Die überprüften Bundes-/Landesmusterstücke bilden nunmehr die Rechtsgrundlage für die laufenden Überprüfungen der Bodenschätzungsergebnisse in den Katastralgemeinden (= Gemarkungen).

Anhand von Beispielen (Schwarzerden, Parabaunerden, Auböden, Gleye, Pseudogleye) soll die "reformierte" Bodenschätzung erläutert werden.

Autoren:

Dipl.-Ing. Alfred Pehamberger, Finanzlandesdirektion für Wien, NÖ und Burgenland, 1030 Wien, Vordere Zollamtsstraße 5

Dipl.-Ing. Josef Wagner, Bundesministerium für Finanzen, 1015 Wien, Himmelpfortgasse 4-8

Thesen zur Nutzung und Weiterentwicklung der Bodenschätzung aus Sicht des Bodenschutzes und der angewandten Bodenkunde

¹Stephan Sauer & ²Thomas Vorderbrügge

1 Einleitung

Schon in den Anfangsjahren der Bodenschätzung wurde die Bedeutung dieser Datengrundlage für zahlreiche praktische, wirtschaftliche, politische und wissenschaftliche Zwecke erkannt (ROTHKEGEL 1947). Bereits das Bodenschätzungsgesetz (BodSchätzG § 1) von 1934 betonte neben der gerechten Verteilung der Steuern und der Verbesserung der Beleihungsunterlagen die planvolle Gestaltung der Bodennutzung.

Aus heutiger Sicht muss eine planvolle Gestaltung der Bodennutzung die Ansprüche des Bodenschutzes berücksichtigen, so wie sie in § 1 BBodSchG mit der nachhaltigen Sicherung der Bodenfunktionen formuliert sind.

Ausgehend von eigenen Erfahrungen mit der Auswertung von Bodenschätzungsdaten (PETER et al. 1999, SAUER 1999, SAUER 2001, SAUER & HARRACH 2001) sollen die Ansprüche des Bodenschutzes und der angewandten Bodenkunde an die Bodenschätzung präzisiert und Thesen zur methodischen Vorgehensweise bei der Ableitung von Bodenkennwerten formuliert werden.

2 Historischer Rückblick

Während sich die nichtsteuerliche Nutzung in den Anfangsjahrzehnten der Bodenschätzung auf bodentypologische und ertragskundlich-landwirtschaftliche Fragestellungen konzentrierte, werden seit Ende der achtziger Jahre verstärkt Bodenfunktionen, -potenziale und Bodenkennwerte aus den Bodenschätzungsdaten abgeleitet.

Prinzipiell können verschiedene Methoden der Auswertung unterschieden werden:

- Auswertung des Klassenzeichens
- Auswertung des Klassenzeichens unter Zuhilfenahme bodenkundlicher Profile
- Auswertung der Bodenzahl
- Auswertung der Grablochbeschreibungen.

Bei der bodenkundlichen Auswertung der Bodenklasse des Klassenzeichens werden seit einiger Zeit Bodenfunktionen direkt abgeleitet und klassifiziert. Aufgrund der fehlenden Transparenz und unzureichender Treffgenauigkeit dieses Verfahrens fordern

HARTMANN & FELDHAUS (1999) als Grundlage der Ableitung statistisch abgesicherte Auswertungen, z.B. der Grablochbeschreibungen oder konkreter Messwerte, unter Dokumentation der Methode. Die alleinige Auswertung der Bodenzahl (z. B. Peter et al. 1999) nutzt in einer naturräumlich einheitlichen Landschaft die enge Beziehung zwischen der Bodenzahl und der nutzbaren Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum. Mit dieser Methode lassen sich die Bodenfunktionen bzw. -potenziale bestimmen, die sich direkt aus der nutzbaren Feldkapazität ableiten. Die Auswertung der Grablochbeschreibungen verspricht die weitgehendsten Interpretationsmöglichkeiten. Allerdings dürfen regional gültige Übersetzungsschlüssel nicht auf andere Regionen übertragen werden. Ebenso kann die schematische Ableitung von Bodenfunktionen ohne stichprobenartige Überprüfung im Gelände und ohne Vorkenntnisse der lokalen Bodenschätzung zu Fehlinterpretationen führen.

3 Mögliche Fehler bei der Interpretation von Bodenschätzungsdaten und Schlussfolgerungen für Auswertungsalternativen

Trotz positiver Erfahrung mit der bodenkundlichen Interpretation von Bodenschätzungsdaten (SAUER 1998, SAUER & HARRACH 2001) sollten diesbezügliche Auswertungen nur von bodenkundlich geschultem Fachpersonal mit Kenntnissen der Bodenschätzung durchgeführt werden. Im folgenden werden zwei typische Beispiele möglicher Fehler bei der Ableitung von Bodeninformationen aus Bodenschätzungsdaten aufgeführt, weitere Beispiele finden sich bei SAUER (2001).

Besonders die alleinige Auswertung der Bodenart des Klassenzeichens kann zu Fehlinterpretationen führen, da diese einerseits eine über das gesamte Profil gemittelte Bodenart darstellt, die nicht der tatsächlichen Bodenart einzelner Horizonte entsprechen muss. Andererseits wird die Bodenart besonders in Mittelgebirgslagen aufgrund des hohen Skelettgehaltes in der Regel als zu sandig eingestuft, ebenso wie die Bodenart hydromorpher Böden in Mittelgebirgslagen oftmals als zu tonig angesprochen wird. Folglich müssen auch bei der Auswertung des Klassenzeichens naturraum- und schätzerspezifische Besonderheiten beachtet werden.

Direkte Angaben zur Gründigkeit fehlen in den Grablochbeschreibungen. Die Ableitung, z.B. über das Kürzel „TonSchV“ für Tonschieferverwitterung, ist mit Fehlern behaftet: In verschiedenen Regionen des Rheinischen Schiefergebirges zeigte sich, dass die Untergrenze des Wurzelraumes von skelettreichen Mittelgebirgsböden durch die Bodenschätzung nicht immer erbohrt wurde und dass in der Realität der Wurzelraum oftmals größer ist als der aus der Grablochbeschreibung abgeleitete. Das bei der Auswertung von Bodenschätzungsdaten übliche Verfahren,

¹Stephan Sauer, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, stephanus.sauer@gla-rlp.de

²Thomas Vorderbrügge, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, t.vorderbruegge@hlug.de

den letzten Horizont auf die maximale Bohrtiefe von 100 cm zu beziehen (z.B. REICHE 1998), führt in diesen Fällen folglich häufig zu Fehlinterpretationen.

Aus dem historischen Rückblick und Beispielen eigener Erfahrungen mit der Interpretation von Bodenschätzungsdaten ergeben sich folgende Schlussfolgerungen für die bodenschutzbezogene Auswertung von Bodenschätzungsdaten:

- Die Ableitung von bodenphysikalischen Bodenkennwerten ist mit hoher Treffsicherheit (nur) bei naturraumspezifischer Betrachtung möglich.
- Schätzerspezifische Besonderheiten müssen beachtet werden.
- Die Erstellung regionaler Übersetzungsschlüssel zur Ableitung KA4-gerechter Bodenparameter ist sehr arbeitsintensiv.
- Der Feldvergleich ist zwingend.
- Beim Fehlen intensiver Vorarbeiten (vgl. BENNE et al. 1990) ist eine landesweite Interpretation der Bodenschätzung, z.B. zur Erstellung großmaßstäbiger Bodenfunktionskarten, auf Basis der Erarbeitung von Übersetzungsschlüsseln kurz- bis mittelfristig nicht leistbar.

Eine Alternative zur aufwändigen Erstellung von Übersetzungsschlüsseln zur Ableitung KA4-gerechter Bodenparameter mit anschließend ansetzenden Methoden bietet die Erarbeitung von Auswertungsmethoden, die unmittelbar an den Rohdaten der Bodenschätzung ansetzen. Diese Vorgehensweise schließt die Fehlerquelle der Übersetzung aus und spart Zeit. Die Datengrundlage für die direkte Ableitung von Bodenkennwerten sind:

- Die regionale Auswertung der Beschreibungen und Analysedaten der Musterstücke.
- Die gemeinsame Beschreibung und Beprobung von Vergleichs- und Musterstücken durch Finanzverwaltung und Geologischen Dienst.
- Die Auswertung bereits analysierter Bodenprofile.
- Die Interpretation landesweit vorliegender Geodaten.

4 Anforderungen an die Bodenschätzung aus der Sicht des Bodenschutzes und der angewandten Bodenkunde

Aus der Sicht des Bodenschutzes und der angewandten Bodenkunde sollten von der Bodenschätzung zukünftig folgende Bedingungen erfüllt sein, um eine bodenkundliche Interpretation der Rohdaten zu ermöglichen: Einerseits sollte die bisherige Nomenklatur zur Sicherung der Kontinuität beibehalten werden. Dies ermöglicht sowohl bei Alt- als auch bei Neuschätzungen die Anwendung derselben Methoden. Bei Neuschätzungen sollte zur Ergänzung der bisherigen Angaben unbedingt die Gründigkeit angesprochen werden, die von zentraler Bedeutung für die Ableitung unterschiedlichster Bodenfunktionen, -potenziale und -kennwerte ist.

Zur Erfüllung der Ansprüche auch des stofflichen Bodenschutzes sollten zukünftig nicht nur bodenphysikalische, sondern auch bodenchemische Parameter ableitbar sein. Dies ist z.B. wichtig für Aussagen in Zusammenhang mit § 12 BBodSchV (Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden). Denkbar wäre die Erstellung eines vereinfachten Substratsschlüssels seitens der Geologischen Dienste, der die Amtlichen Landwirtschaftlichen Sachverständigen in die Lage versetzt, die bestehenden Entstehungsarten der Bodenschätzung (besonders die V- und D-Böden) zu verfeinern. Hierbei ist ein Kompromiss zu suchen zwischen „brauchbar für den Bodenschutz“ und „leistbar für die Bodenschätzung“.

5 Literatur

- BENNE, I., H.-J. HEINEKE & R. NETTELMANN (1990): Die DV-gestützte Auswertung der Bodenschätzung - Erfassungsanweisung und Übersetzungsschlüssel. Technische Berichte zum NIBIS. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover.
- HARTMANN, K.-J. & D. FELDHAUS (1999): Klassifizierung von Bodenfunktionen für Klassenzeichen der Bodenschätzung mittels digitaler Profildaten. Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges. Bd. 91, 1013-1016.
- PETER, M., S. SAUER & S. SIEBERT (1999): Die Bodenschätzung als großmaßstäbliche Datenbasis für Bodenschutzplanungen. Bodenschutz 2/99, 62-68.
- REICHE, E.-W. (1998): Bodenschätzungs-Standard-Auswertung Schleswig-Holstein. Eine Methode zur computergestützten Übersetzung, Parameterbildung und planungsbezogenen Bodenbewertung. Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges. 87, 39-42.
- ROTHKEGEL, W. (1947): Landwirtschaftliche Schätzungslehre. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- SAUER, S. (1998): Erstellung eines regionalen Übersetzungsschlüssels zur Ableitung von Bodenkennwerten aus Bodenschätzungsdaten. Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges. 88, 285-288.
- SAUER, S. (1999): Nutzung der Bodenschätzung zur Erstellung von Bodenfunktionskarten, dargestellt am Beispiel der nutzbaren Feldkapazität. Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges. 91, 1076-1079.
- SAUER, S. (2001): Enttäuschung bei der bodenkundlichen Interpretation von Grablochbeschreibungen der Bodenschätzung in Mittelgebirgslandschaften. Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges. 96, 553-554.
- SAUER, S. & T. HARRACH (2001): Bodenschätzungsdaten: Eine Planungshilfe für die Niederschlagswasserversickerung in Baugebieten. Wasser und Boden 11/2001, 28-32.

Ein flexibles Programmsystem zur Erfassung, Verwaltung und Übersetzung von Grablochdaten der Bodenschätzung

J. Lamp, J. Hatje und R. Herbst

1. Einführung

Die Bodenschätzung hat zur bodenkundlichen Kennzeichnung der in Flurkarten ausgewiesenen Klassenpolygone Grablöcher ausgehoben, deren Daten in großer Anzahl (Dichte oft 0,2-1 pro ha) und mit normierten Beschrieben einheitlich in Feldschätzungsbüchern vorliegen. Aufbauend auf einer früheren Erhebung über Markierbelege (Cordsen et al. 1985) wurde ein flexibles Programmsystem zur EDV-gerechten Erfassung und schrittweisen Übersetzung der Grablochdaten entwickelt. Um die Nachteile irreversibler Übersetzungen nach starren Regeln zu mildern (Benne et al. 1990, Reiche 1998), sind die Ziele des Programmes a) die gesetzliche Dokumentfunktion der Beschriebe zu erhalten, b) eine Standardübersetzung durch automatische Texterkennung und Rekodierung der „Gefügebeschriebe“ in Merkmalswerte der z.Zt. geltenden Bodeninventur (KA4) vorzunehmen, sowie c) eine notwendige lokale Adaption von Übersetzungsregeln durch punktgenaue Überprüfungen im Felde zu unterstützen. Letzteres ist essentiell für großmaßstäbige Funktionskarten, wie sie im „Präzise(re)n Landbau“ benötigt werden.

2. Die Datenstruktur von Grablochdaten

Nach bodenkundlich-formalen Kriterien können die Daten der Grablochbeschriebe auf Grabloch- bzw. Profilebene in 24 neuzeitliche Datenfelder (ID, Klassenzeichen, Bodenzahl, Haupt-Bodenart, etc.) aufgeteilt werden. Auf Horizontniveau können Werte - ausgehend vom unstrukturierten „Gefügestring“ der Schichten - maximal 12 Bodenmerkmalen zugeordnet werden (Schichtdicke, Bodenart, Humus, Kalk etc.; s. Erfassungsfeld). Der mögliche Wertevorrat der Merkmale wird in den Metadateien (der Beziehungen) dargestellt. In diesen Dateien sind alle Originalwerte („Altcode“) der Bodenschätzung und heute übliche Entsprechungen (Merkmals= Dateiname) enthalten. Diese Analyse und Spezifizierung der Datenstruktur der Grablochdaten in einer MS-Access-Datenbank, parallel zu einer entsprechenden Lösung für neuzeitliche Standard-Bodendaten von Bohrungen/Profilgruben (s. Formular und Beziehungen), ist die Basis für die folgende Erfassung und die Übersetzungen.

3. Formulargestützte Datenerfassung

Das Formular unterstützt die effiziente Dateneingabe über Listenfelder, aus denen Werte fehlerfrei durch Anklicken ausgewählt werden (s. Feuchte).

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde,
AG Bodeninformatik C.-A.-Universität Kiel,
Olshausenstraße 40-60, 24118 Kiel
(e-mail: jlamp@soils.uni-kiel.de)

Im Feld „Gefüge“ der Schichtdaten werden die Originalbeschriebe fast unverändert eingegeben (der einfache und doppelte Überstrich wird durch + bzw. # ersetzt), sodass die Originaldaten als gesetzliche Dokumente erhalten bleiben.

3. Teilstring-Erkennung und Wertzuordnung

Während der Eingabe wird eine EDV-gestützte Texterkennung des Gefüge“strings“ durchgeführt, wobei auf die definierten, in den Access-Beziehungen dargestellten Meta-Informationen der zugrunde liegenden Datenfelder zurückgegriffen wird und die erkannten Werte den logischen Datenfeldern zugeordnet werden (s. B). Nicht erkannte Textpartien erscheinen im Datenfeld „Rest-Gefüge“, sodass eine Editierung von Hand sofort möglich ist. Als Standardlösung ist eine automatische Übersetzung und Darstellung der Grablochdaten in einer eigenen Bodendatenbank („Solum“) möglich, wobei ebenfalls auf die Metadaten zurückgegriffen wird (s. C).

4. Lokale Überprüfung und Adaption

Mit dem „SoilRover“ oder entsprechenden dGPS- und GIS-gestützten Techniken einer effizienten Bodeninventur (s. Abb. oben) können die digitalisierten Positionen von Grablöchern mit großer Präzision (ca. 1m) angefahren und die Beschriebe mit heutigen Bohrkerndaten verglichen werden. Unsere Erfahrungen in verschiedenen Landschaften Deutschlands (Herbst u. Lamp, dieser Band), aber auch Ergebnisse amtlicher Kartierungen zeigen wiederholt, dass für moderne pedogenetische und für detaillierte Funktionskarten eine lokale Überprüfung und Anpassung von Übersetzungen zwingend notwendig ist. Diese Übersetzungen werden durch modifizierte Metadateien (lokale „Look-up-Tabellen“ für bestimmte Landschaften oder Bodenschätzer) unterstützt. Durch diese jederzeit editierbaren Tabellen wird die Übersetzung sehr flexibel und nachvollziehbar gestaltet. Da Übersetzungsprogramme mit langen, verschachtelten Abfragen durch lokale Anwender kaum adaptierbar sind, wurde nur in wenigen Problemfällen auf kurze VBA-Programme zurückgegriffen.

5. Literatur

- Benne, I., H.-J. Heineke, R. Nettelmann (1990): Die DV-gestützte Auswertung der Bodenschätzung - Erfassungsanweisung und Übersetzungsschlüssel. Techn. Berichte zum NIBIS, Hannover.
- Cordsen, E., H.-K. Siem, J. Lamp (1985): Erfassung der Grablochdaten der Bodenschätzung mit Hilfe von Markierbelegen. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 43, 25-30
- Herbst, R. und J. Lamp (2002): Deutschlandweite Untersuchungen zur räumlichen und attributiven Auswertung der Bodenschätzung für großmaßstäbige Bodenfunktionskarten (dieser Band)
- Reiche, E. (1998): Bodenschätzung-Standardauswertung Schleswig-Holstein. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 87, 39-42

Profilansprachen nach den Methoden der Bodenschätzung und der Bodenkunde

Auszug aus dem Exkursionsführer zur Tagung der AG Bodenschätzung und Bodenbewertung der DBG

Th. Vorderbrügge, H. Kasel, K. Friedrich, T. Harrach, B. Keil

Einleitung

Im Rahmen der Tagung der AG Bodenschätzung und Bodenbewertung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft fand am 05.09.2002 eine eintägige Exkursion in die Region Büdingen - Gelnhausen statt. Inhalt der Exkursion war die Vorstellung der Profilansprachen nach den Methoden der Bodenschätzung und der Bodenkunde. Hierzu wurde an sieben Standorten zunächst die Ansprache gemäß der Nomenklatur der Bodenschätzung, sodann der Profilbeschreibung des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie und abschließend die „Standortkundliche Bodenbeurteilung“ nach Prof. Dr. T. Harrach vorgestellt. Neben Fragen der Nomenklatur, der Standortansprache und der Standortbewertung wurde sodann vor allem die Abschätzung der ertragsbestimmenden bodenkundlichen Parameter (Packungsdichte, Durchwurzelbarkeit, nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum) und die Herleitung derselben diskutiert. Die Vielfalt der Standorte (von sandigen Substraten über physiologisch flachgründigen Standorten bis hin zu tiefgründigen Lössstandorten) bot u.a. die Möglichkeit der Diskussion zur Bewertung der Standorte nach den Vorgaben der Bodenschätzung und denen der angewandten Bodenkunde. Insbesondere im Hinblick auf die Frage, ob die Sandstandorte im relativen Vergleich, z.B. bei der Bewertung ihrer nFK im Wurzelraum, von der Bodenschätzung nicht unterschätzt werden. Ein weiterer Schwerpunkt der Diskussion waren die Möglichkeiten einer moderaten Reform der Bodenschätzung, vor allem im Hinblick auf die Nutzung der Daten der Bodenschätzung für Aufgaben des Bodenschutzes.

Im Folgenden wird kurz das Exkursionsgebiet vorgestellt, sowie für ein Profil die drei Formen der Profilbeschreibungen angeführt. Zunächst der Beschrieb gemäß der Bodenschätzung nach FESCH (Feldschätzungsbuch), sodann ein ausführlicher Datenbankauszug eines Punktbeschriebes gemäß Erfassungstandard

des HLUG und abschließend die Standortkundliche Bodenbeurteilung von Prof. Dr. T. Harrach. Der komplette Exkursionsführer ist unter [<http://www.hlug.de/medien/boden/fisbo/dbg/bosch/index/html>] einzusehen.

Das Exkursionsgebiet

Profile im Büdingen-Meerholzer Hügelland

Das Profil Meerholz (SI3D) liegt gemäß der Naturräumlichen Gliederung Hessen (HLfU 1974) in der Naturräumlichen Haupteinheit Büdingen-Meerholzer Hügelland bzw. in der Untereinheit „Nordwestliches Spessartvorland“ (NE 233.2). Das Profil Hainchen (IS5D) befindet sich in der gleichen Haupteinheit, allerdings in der Untereinheit „Ronneburger Hochfläche“ (NE 233.01).

Klima

Im Büdingen-Meerholzer Hügelland werden mittlere Jahrestemperaturen von 9,0 bis 9,5° C erreicht. Im südlich davon gelegenen (kristallinen) Spessart gehen die Temperaturen schnell auf 7,5 bis 8,0° C zurück. Nördlich schließt sich das wärmere Kinzigtal mit Verbindung an die Rhein-Main-Ebene an. Die Niederschläge steigen von Westen nach Osten und zum Spessart hin an. Es werden Werte um die 750 bis 800 mm erreicht. Die klimatische Wasserbilanz im Zeitraum Mai bis September (-60 bis -70 mm) ist günstiger als im Rhein-Main-Gebiet, wo die Werte deutlich über -100 mm liegen.

Geologie

Den Untergrund bildet das Rotliegende, das zum Spessart hin auch in die Bodendecke hineingreift. In beiden Gemarkungen findet sich auch Zechstein, das zusammen mit dem Rotliegenden die Formation des Perms bildet. Wenngleich das Perm traditionell dem Erdaltertum (Paläozoikum) zugeordnet wird, gehört es von den Ablagerungsbedingungen doch eher dem Erdmittelalter (Mesozoikum mit Trias, Jura, Kreide) an. Das Zechstein tritt sehr markant im Bereich der Gemarkung Meerholz in Verbindung mit dem Unteren Buntsandstein (su) der Trias auf. Die Erhebungen „Meerholzer Heiligenkopf, Niedermittlauer Heiligenkopf und Rauenberg“ mit Höhen zwischen 260 und 280 m Höhe ragen ca. 125 m über den Auenbereich heraus. Südlich an das Meerholzer Hügelland schließen sich die metamorphen Gesteine des kristallinen Odenwalds an. Nördlich grenzt das Gelnhäuser Kinzigtal an. Im Bereich des Profils Meerholz kann davon ausgegangen werden, dass bereits pleistozäne Terrassen der „Kinzig“ den Untergrund bilden. Die Nord- und Osthängen des Meerholzer Hügellandes sind durch Löss bedeckt.

Böden

In den Lössdecken des Büdingen-Meerholzer Hügellandes sind tief entkalkte Parabraunerden unterschiedlichen Erosionsgrades verbreitet, häufig vergesellschaftet mit Braunerden, teils auch pseudovergleyte Braunerden. Im Auenbereich

t.vorderbruegge@hlug.de

h.kasel@hlug.de

k.friedrich@hlug.de

Tamas.Harrach@agr.uni-giessen.de

KeilB@oberfinanzdirektion-frankfurt.de

treten auch Gleye bzw. Vega-Gleye und Gley-Vegen in Verbindung mit holozänen Ablagerungen auf. Insgesamt geht der Löss einfluss deutlich zurück. In der Gemarkung, in der das Profil Meerholz vorgestellt wird, sind nur knapp 3 % des Ackerlandes (151 ha) als Löss geschätzt. Es überwiegen die leichten Bodenarten bei der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Die EMZ des Grünlandes, das 110 ha umfasst, liegt bei 48, die des Ackerlandes bei 50. Das als Musterstück vorgeschlagene Profil Meerholz repräsentiert mit knapp 40 ha die häufigste Bodenklasse der Gemarkung.

Landwirtschaft

Das Meerholzer-Hügelland wird noch vergleichsweise intensiv landwirtschaftlich genutzt. Neben Winterweizen findet sich auch Körnermais in der Fruchtfolge. Es finden sich Betriebe, die noch intensiv Milchviehhaltung betreiben. In Meerholz spielt bei einem Betrieb die Pensionspferdehaltung eine wichtige Rolle. Spargelanbau, der sich aus dem Rhein-Main-Gebiet (Zentrum im Raum Darmstadt) immer mehr auch in die sich anschließende Gebiete ausbreitet (z.B. Raum Alzenau), wird bisher noch nicht betrieben. In einem Fall wird in Meerholz auch ein gärtnerischer Betrieb (Gärtnerei) bewirtschaftet.

Profile im Ronneburger Hügelland

Das Ronneburger Hügelland hat seinen Namen von der Ronneburg, wo Graf Zinzendorf wirkte, erhalten. Das Ronneburger Hügelland bildet zusammen mit dem Gelnhäuser Kinzigtal und dem Nordwestlichen Spessartvorland das Büdingen-Meerholzer Hügelland. Das Profil Eckardhausen L6V befindet sich nordöstlich von Eckardshausen in der Naturräumlichen Teileinheit Ronneburger Bergrücken. Die Profile Marienborn befinden sich weiter westlich im Übergangsbereich zum Büdinger Wald. Der Büdinger Wald bildet räumlich eine Art Dreieck. Nördlich schließt sich der Untere Vogelsberg und südöstlich der Sandsteinspessart an.

Klima

Das Ronneburger Hügelland ist hinsichtlich der Temperatur mit der Wetterau vergleichbar. Die mittleren Jahrestemperaturen betragen 9,0 bis 9,5° C. Südlich schließt sich das wärmere Kinzigtal mit Verbindung an die Rhein-Main-Ebene an. Die Niederschläge steigen von Westen nach Osten an. Sie erreichen Jahreswerte um die 700 bis 750 mm. Zum Büdinger Wald hin, steigen sie bis auf 800 mm. Die klimatische Wasserbilanz im Zeitraum Mai bis September liegt bei Werten zwischen -70 bis -100 mm. Sie kann aber auch nur -50 mm betragen. Von den klimatischen Bedingungen ist das Ronneburger Hügelland eher mit der Wetterau als mit dem sich

der Wetterau als mit dem sich nordöstlich anschließenden Vogelsberg zu vergleichen.

Geologie

Den Untergrund bilden die Schichten des Rotliegenden. Hin und wieder tritt auch tertiärer Basalt auf. Er bildet dann häufig markante Punkte im Gelände. Dazu gehören u.a. die Erhebungen Ronneburg (238 m NN), Burgstall (296 m NN, südwestlich von Büdingen), Eckartshäuser - und Langenbergheimer Klosterkopf (223 bzw. 206 m NN, westlich und östlich von Marienborn). Aufgrund der Geländegestaltung sind diese Flächen in der Regel bewaldet. Geschützt im Hangbereich der sich aufgrund ihrer größeren Härte erhebenden Basalte liegen nicht selten miozäne Ablagerungen (z.B. Tone). Wie auf dem Versuchsgut Marienborn (Profile LT6D 39/36, L4Lö 67/71, L2Lö 86/91, L3Lö 77/74) können auf engem Raum Schichten des Rotliegenden, tertiäre Locker- und Festgesteine nebeneinander auftreten. Der Löss ist vor allem auf den Ost- und Nordhängen weit verbreitet.

Böden

Ackerbaulich günstige Standorte finden sich vor allem in den Lössdecken des Ronneburger Hügellandes. Aufgrund des geologischen Untergrundes - vor allem Rotliegendes - treten starke Hangneigungen auf. Entsprechend stark ist die Bodenerosion. Erodierte Parabraunerden, Pararendzinen und Kolluvisole sind deshalb weit verbreitet. Teils kann die Erosion so stark sein, dass das Rotliegende zutage tritt. Neben typischen Lössböden treten im Ronneburger Hügelland auch Braunerden und pseudovergleyte Böden auf. Im Bereich der Senken und Täler sind die Böden von Grundwasser beeinflusst.

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die Größe und die Ertragsmesszahlen der Gemarkung Eckardshausen.

Fläche Acker [ha]	Fläche Grünland [ha]	Ø EMZ Ackerland	Ø EMZ Grünland
444	48	68	51

Landwirtschaft

Das Ronneburger Hügelland wird intensiv landwirtschaftlich genutzt. Neben Zuckerrüben werden Winterweizen, Winterrap, Winter- und Sommergerste, Körner- und Silomais, Kartoffeln sowie Erbsen angebaut. In Eckardshausen existieren 2 Voll- und 3 Nebenerwerbsbetriebe. Eckardshausen ist auch Standort des Lehr- und Versuchsbetriebes der Uni Gießen. Von dort werden Flächen bis in die Südliche Wetterau bewirtschaftet. Der Betrieb ist teilarrondiert und umfasst. ca. 185 ha.

Musterstücksbogen

Acker-Musterstück-Nr. 2634.10		Besichtigt am: 23.04.2002		Feuchtigkeitszustand: F3	
OFD Frankfurt			Finanzamt Nidda		
Gemeinde Büdingen			Gemarkung Eckartshausen		
Flur 12	Flurstück 5/1	Größe (m ²) 800	Höhe über NN (m) 196		
Meßtischblatt 5720	Rechtswert 3501571	Hochwert 5567265	Jahreswärme (°C) 8,6	Jahresniederschlag (mm) 650	
Geologische Entstehung Pleistozän (Löss)					

Ergebnis Schätzungsbeirat

Nr.	Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart	Tiefe (dm)
1	h2	ka3					L,fs3	2,5-3
2		ka4					L,fs3	3
3		ka4	gbl	eil			L,fs3	
Bodenart L		Zustandsstufe 4			Entstehung Lö			
Bodenzahl 66		Besonderheiten		Abrechnungen (%)		Klima (%) + 6		Ackerzahl 70
Bemerkungen								

M 2634.10

Aufgenommen am 28.05.2002

Zweck der Profilaufnahme: Bodenkundliche Landesaufnahme

Aufnahmeart: Grabung

Beprobungsintensität: Beprobung gestörter Proben - alle Horizonte

Aufnahmeintensität: Erweiterte Profilbeschreibung

Wasserverhältnisse:

akt. Grundwasserstand:

Projekt und Raumbezug:

Vertraulichkeit: keine Einschränkung; Bewertung: schlüssige Dokumentation

Raumbezug: TK25: 5720, RH: 3501571/5567265, (aus der Karte abgelesen (Planzelger), möglicher Fehler 10 - 1 m), Gemark. Eckartshausen, Hofgut Marienborn,, Flur 12; Flurstück 5/1

Höhenangaben: 196 m NN (aus der Karte abgelesen, möglicher Fehler 10 - 1 m)

Reliefsituation:

sehr schwach geneigt; Exposition: Nordost; Exposition der Form: Nordost; vertikal konvex; quer gestreckt; vertikal konvex und quer gestreckt; Formtyp: Hang; Oberhang

Bodennutzung:

Datum der Bedeckungsaufnahme: 15.04.2002; Bedeckungsart: Ackerflächen; Vegetation: Weizen

Probennahme:

15.04.2002; /; Handschaufel aus Stahl verzinkt; Profil-/Flächenbezug: horizont-punkt-repräsentativ, nicht bekannt; offen

Proben:

Probennummer: 326 - M 2634.10 // Ap (Ap); Bodenmaterial, von 0 bis 25 cm; 1000 qcm; Verbleib: Bodenprobenbank;

Probennummer: 327 - M 2634.10 // Y (ljC); Bodenmaterial, von 25 bis 55 cm; 1000 qcm; Verbleib: Bodenprobenbank;

Probennummer: 328 - M 2634.10 // 60-75 (lllclCc); Bodenmaterial, von 55 bis 80 cm; 1000 qcm; Verbleib: Bodenprobenbank;

Probennummer: 325 - M 2634.10 // 85 - 105 (llSg-elCc); Bodenmaterial, von 80 bis 110 cm; 1000 qcm; Verbleib: Bodenprobenbank;

Probennummer: 329 - M 2634.10 // 115 - 125 (llSg-elCc/2); Bodenmaterial, von 110 bis 130 cm; 1000 qcm; Verbleib: Bodenprobenbank

Pararendzina aus Löss

ID = 4

Bodensystematik: RZn

Erosion abs.: extrem stark erodiert

Stauwasserstufe: S0

Projekt:

Ökolog. Feuchte:

Wurz-DB (dm): 9

Grundwasserstufe: G0

Erhebung: Vorderbrügge

Trophiegrad:

Eff. Wurzelraum:

Haftwasserstufe: H2

Erfasser: Vorderbrügge

Humusform:

Entw.-Tiefenstufe: gering

Hangwasserstufe:

Erf-datum: 28.05.2002

Bedeck.-Klasse: Ackerflächen

Zusatz:

I, 55 cm unter GOF; Mächtigkeit: 55 cm; Lehmschluff; Gegenwart (rezent-subrezent); künstliche Ablagerung natürlichen Gesteinmaterials

Lösssubstrat, ausschließlich

Ap: 25 cm u. GOF (Mächt. 25 cm), schwach toniger Schluff, sehr schwach, schwach humos, carbonatarm (c2 bis c3.3), pt3, pd3; Horizontgrenze scharf, eben-horizontal, Hohlraumanteil mittel

Gefüge: Bröckelgefüge, mittleres Grobgefüge, halboffen, mittel, nach oben zunehmend häufiger, überwiegend;
 Krümelgefüge, mittleres Feingefüge, halboffen, lose, nach unten abnehmend, gering;
 Subpolyederggefüge, kleines Feingefüge, halboffen, mittel, unregelmäßig verteilt, sehr gering

Farbe: feucht (bergfeucht); 10YR4/4 dunkel gelblich braun

Wurzeln: mittel, unregelmäßig verteilt

Hohlräume: Regenwurmröhren, Flächenanteil gering, unregelmäßig verteilt, vorwiegend vertikal durchgängig;

Risse, Flächenanteil gering, unregelmäßig verteilt, vorwiegend vertikal durchgängig;

Nadelstüchporen, Flächenanteil gering, vereinzelt, lokal gruppiert/auf tretend, vorwiegend vertikal nicht durchgängig

jC: 55 cm u. GOF (Mächt. 30 cm), schwach toniger Schluff (von Uu bis Ut2), sehr schwach, sehr schwach humos (h0 bis h1), carbonathaltig (c2 bis c3.3), pt3, pd3; Horizontgrenze diffus, wellig, Hohlraumanteil gering; der Horizont ist sehr wahrscheinlich anthropogen überprägt, es gibt unregelmäßig verteilte Einlagerungen von tonreicherem Substrat, z.T. als Tonhäutchen, es gibt Ton-Humustapeten auf RW-Gängen, kohärente Bereiche, es ist wahrscheinlich eine Auffüllung

Gefüge: Kohärentgefüge, kleines Feingefüge, lose, nach unten zunehmend häufiger, überwiegend;
Subpolyederggefüge, kleines Feingefüge, halboffen, mittel, unregelmäßig verteilt, sehr gering; altes Bt-Material
Farbe: feucht (bergfeucht); 10YR5/4 gelblich braun
Wurzeln: schwach, unregelmäßig verteilt
Hohlräume: Regenwurmrohren, Flächenanteil gering, unregelmäßig verteilt, vorwiegend vertikal durchgängig;
Risse, Flächenanteil gering, unregelmäßig verteilt, vorwiegend vertikal durchgängig;
Nadelstichporen, Flächenanteil gering, vereinzelt, lokal gruppiert/auf tretend, vorwiegend vertikal nicht durchgängig

II, 140 cm unter GOF; Mächtigkeit: 85 cm; Lehmschluff; Holozän; äolisch

Lösssubstrat; ausschließlich

e1Cc: 80 cm u. GOF (Mächt. 25 cm), reiner Schluff (von Uu bis U12), sehr schwach, humusfrei (h0 bis h1), stark carbonathaltig (c3.3 bis c3.4), pt3, pd3; Horizontgrenze diffus, wellig, Hohraumanteil gering

Hydromorphie: braunschwarze Oxidation, konkretionär, unregelmäßig verteilt, Flächenanteil: gering
Gefüge: Kohärentgefüge, kleines Feingefüge, lose, nach unten zunehmend häufiger, fast ausschließlich vorhanden
Farbe: feucht (bergfeucht); 10YR5/4 gelblich braun
Wurzeln: schwach, unregelmäßig verteilt; Wurzeln auf alten Regenwurmhängen und alten Wurzelbahnen
Hohlräume: Regenwurmrohren, Flächenanteil gering, unregelmäßig verteilt, vorwiegend vertikal durchgängig;
Risse, Flächenanteil gering, unregelmäßig verteilt, vorwiegend vertikal durchgängig;
Nadelstichporen, Flächenanteil gering, vereinzelt, lokal gruppiert/auf tretend, vorwiegend vertikal nicht durchgängig

Sg-e1Cc: 110 cm u. GOF (Mächt. 30 cm), reiner Schluff, sehr schwach, humusfrei, carbonatreich (c3.3 bis c4), pt3, pd3; Horizontgrenze diffus, wellig, Hohraumanteil gering

Hydromorphie: braunschwarze Oxidation, konkretionär, nach unten zunehmend häufiger, Flächenanteil: gering; auf alten Wurzelbahnen Pseudomycelien;
Naßbleichung, fleckig, nach unten zunehmend häufiger, Flächenanteil: gering;
hellrostfarbene Oxidation, fleckig, unregelmäßig verteilt, Flächenanteil: sehr gering;
braunschwarze Oxidation, streifig, unregelmäßig verteilt, Flächenanteil: gering
Gefüge: Kohärentgefüge, kleines Feingefüge, lose, nach unten zunehmend häufiger, fast ausschließlich vorhanden
Farbe: feucht (bergfeucht); 10YR5/4 gelblich braun
Wurzeln: schwach, unregelmäßig verteilt
Hohlräume: Regenwurmrohren, Flächenanteil gering, unregelmäßig verteilt, vorwiegend vertikal durchgängig;
Nadelstichporen, Flächenanteil mittel, vereinzelt, lokal gruppiert/auf tretend, vorwiegend vertikal nicht durchgängig

Sg-e1Cc: 130 cm (130 cm bis 140 cm) u. GOF (Mächt. 20 cm), reiner Schluff, sehr schwach, humusfrei, stark carbonathaltig (c3.3 bis c4), pt3, pd3; Horizontgrenze diffus, wellig, Hohraumanteil gering

Hydromorphie: braunschwarze Oxidation, konkretionär, unregelmäßig verteilt, Flächenanteil: gering; auf alten Wurzelbahnen Pseudomycelien;
hellrostfarbene Oxidation, streifig, unregelmäßig verteilt, Flächenanteil: sehr gering;
Naßbleichung, fleckig, unregelmäßig verteilt, Flächenanteil: sehr gering;
braunschwarze Oxidation, streifig, unregelmäßig verteilt, Flächenanteil: gering
Gefüge: Kohärentgefüge, kleines Feingefüge, lose, nach unten zunehmend häufiger, fast ausschließlich vorhanden
Farbe: feucht (bergfeucht); 10YR5/4 gelblich braun
Wurzeln: schwach, unregelmäßig verteilt
Hohlräume: Regenwurmrohren, Flächenanteil gering, unregelmäßig verteilt, vorwiegend vertikal durchgängig;
Risse, Flächenanteil gering, unregelmäßig verteilt, vorwiegend vertikal durchgängig;
Nadelstichporen, Flächenanteil gering, vereinzelt, lokal gruppiert/auf tretend, vorwiegend vertikal nicht durchgängig

Standortkundliche Bodenbeurteilung

Eckartshausen/Marienborn L 4 LÖ 66/70 Pararendzina aus LÖß

Horizont	nFK Vol. %	Hydromorphie		Wurzel- verteilg.	Packungs- dichte	Verfesti- gung	Durch- wurzel- barkeit	nFK
		rezent	relikt					mm
Ap 0-30 cm Ut4	23			gleichm.	Pd 3		1/1	69
eCl 80 cm Ut4	23			gleichm.	Pd 2,5		1/1	115
Sg-elC 120 cm Ut4	23		X?	ungleich	3,3,3,5		3/4	69
								253

Wertbestimmende Standorteigenschaften des Bodens:

- nFK im Wurzelraum: 240 mm (sehr hoch)
- Humusstatus: etwas degradiert (erodiert)
- Grundwasseranschluss im Sommer: nein
- Vernässung (Luftmangel im Frühjahr): nein
- Bewirtschaftungerschwerisse: etwas erhöhter Düngebedarf

MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT

REFERATE
Workshop Kommission III – „Bodenbiologie“
07. bis 09. Oktober 2002 in Neuherberg/München

Band 99

2002

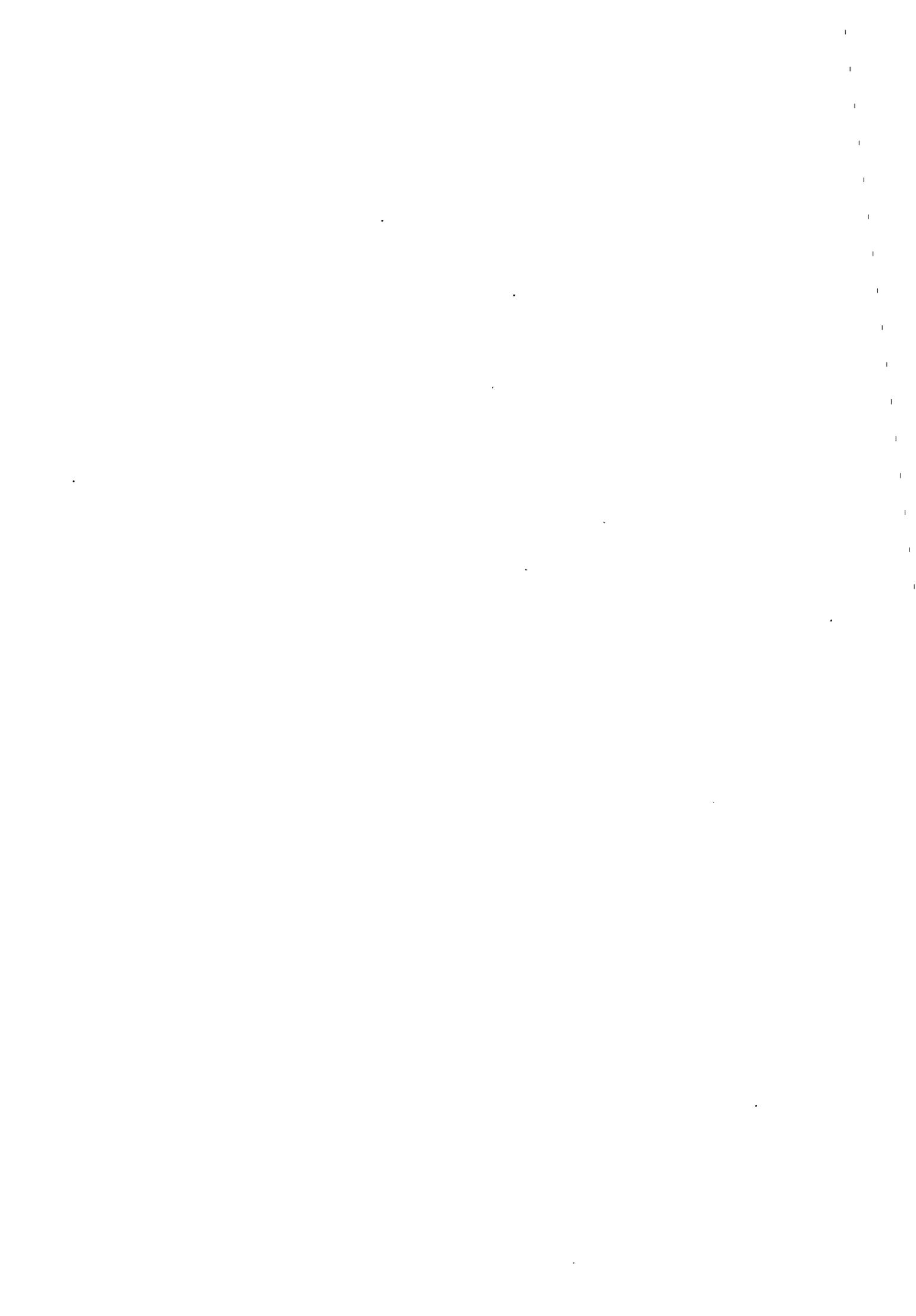
Functional Analysis of Soil Microbial Communities

W. Liesack

During the last decade, cultivation-independent small-subunit (SSU) rRNA gene-based surveys have dramatically changed our view of microbial diversity. They have contributed to the tripling of identifiable main lines of bacterial descent and also helped to shape the present perception of archaeal diversity. However, inferring a defined phenotype or an ecological role on the basis of the phylogenetic position of an environmental SSU rRNA gene sequence is usually not possible. Consequently, assays have been developed which target functional genes indicative of biogeochemically important microbial groups, such as methanogens, methylotrophs, methane oxidizers, ammonia oxidizers, denitrifiers, nitrogen fixers, and sulfate reducers. Ideally, the targeted gene codes for an enzyme which is both universal and specific for the microbial group of interest, so that the presence of the phenotype is inherent from the recovery of the sequence. Its sequence phylogeny also ideally corresponds closely to the SSU rRNA gene-based phylogeny. An example of such a functional marker is the *mcrA* gene. It codes for the α -subunit of the methyl-coenzyme M reductase, a key enzyme of methanogens. The retrieval of *mcrA* sequences from flooded rice paddy soil has led to the conclusion that members of "rice cluster I" (RC-I), an as-yet uncultivated group of the *Euryarchaeota*, possess a methanogenic phenotype. Members of RC-I seem to be widespread in rice field soils of different geographic locations.

Other examples are the *amoA* and *pmoA* genes. These homologues encode the α -subunit of the ammonia monooxygenase and particulate methane monooxygenase, respectively. The cultivation-independent retrieval of *amoA* and *pmoA* genes has provided new insights into the diversity and spatiotemporal distribution of both ammonia oxidizers and methane oxidizers in various environments. For example, comparative sequence analysis of environmental *pmoA* led to the detection of the "forest soil cluster" (FSC), an as-yet uncultivated group of methane oxidizers. The FSC has been detected mainly in upland soils acting as a sink for atmospheric methane.

Max-Planck-Institute for Terrestrial
Microbiology, Karl-von-Frisch-Str.,
D-35043 Marburg



Solid-phase contact assay to estimate toxicity of bioavailable soil pollutants using lux-marked reporter bacteria

J. Sørensen

Information about *in situ* toxicity of the bioavailable pools of adsorptive soil pollutants is a prerequisite for proper ecological risk assessment in contaminated soils. Such toxicity data may be obtained by assays allowing for direct exposure of introduced test microorganisms to the toxicants, as they appear in solid-solution equilibria in the natural soil.

Section of Genetics and Microbiology,
Department of Ecology, Royal Veterinary
and Agricultural University,
Thorvaldsensvej 40, DK-1870 Frederiksberg
C, Denmark

This presentation reports on a novel, sensitive solid phase-contact assay for *in situ* toxicity testing of soil pollutants based on a recombinant, bioluminescent reporter strain of *Nitrosomonas europaea*. A slurry of the reporter strain and soil sample is prepared, after which bioluminescence is measured either directly (soil slurry protocol) or in the supernatant obtained after centrifugation (soil extract protocol). The assay was validated for both protocols using linear alkylbenzene sulfonate (LAS) as a toxic and adsorptive model compound in the soil samples. The sensitivity of the solid phase-contact assay using the reporter strain of lux-marked *N. europaea* is compared to that of other, activity-based assays targeting indigenous nitrifiers or heterotrophic microorganisms. It is concluded that the solid phase contact assay provides a most sensitive and relevant method for evaluating *in situ* toxicity and assessing risks of soil pollutants.

CO₂-fixierende Bakterien in Agrarböden unterschiedlicher Nutzung: RubisCO als molekularer Marker

Draženka Selesi, Isabelle Pattis, Michael Schmid und Anton Hartmann

Einleitung und Methode

Im Kreislauf des Kohlenstoffes erfüllen Mikroorganismen für die Erhaltung des Lebens auf der Erde eine bedeutende Funktion. Heterotrophe Bakterien sorgen für die Mineralisierung des durch die grünen Pflanzen in organische Verbindungen überführten Kohlenstoffs im Boden und somit zur Regeneration von CO₂. Autotrophe und phototrophe Mikroorganismen hingegen fixieren CO₂, führen Biomasse dem an organischen Kohlenstoffverbindungen armen Boden zu und liefern somit einen Beitrag zur Reduzierung des atmosphärischen CO₂.

Der Calvin-Benson-Bessham Zyklus ist der weitverbreiteste Weg der CO₂-Fixierung und ist bei Pflanzen, Algen, photosynthetischen sowie den meisten aerob autotrophen Bakterien zu finden. Der entscheidende Schritt dieses Zyklus ist die Reaktion von Ribulose-1,5-bisphosphat mit CO₂ unter Bildung von 2

Molekülen 3-Phosphoglycerat, dem Glucose Vorläufer. Diese Assimilation wird durch das Schlüsselenzym Ribulose-1,5-bisphosphat Carboxylase/Oxygenase (RubisCO) katalysiert; es ist das am häufigsten vorkommende Enzym auf der Erde (Ellis, 1979).

Die große Untereinheit der Form I RubisCO wird von dem Gen *cbbL* codiert, welches eine Länge von ca. 1400 bp aufweist (Kusian *et al.*, 1997). Phylogenetische Analysen beruhend auf Vergleichen der *cbbL*-Aminosäuresequenzen lassen die Form I in zwei Typen unterteilen: „green-like“ und „red-like“ (Watson *et al.*, 1997) (Abb.1).

Um einen Einblick in die genetische Diversität CO₂-fixierender Bakterien in unterschiedlich gedüngten Agrarböden zu erlangen, wurde eine auf PCR basierende Methodik entwickelt, die auf der Erfassung des Funktionsgens *cbbL* zielt. Es

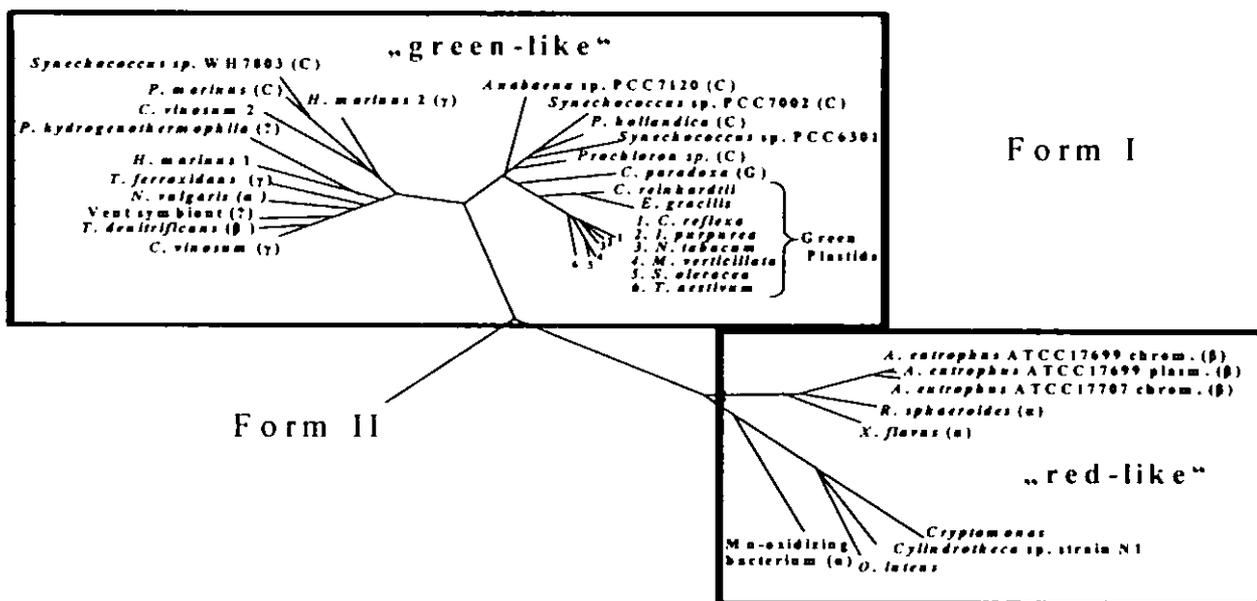


Abbildung 1: Phylogenetischer Baum ausgewählter Aminosäuresequenzen der großen RubisCO Untereinheit (aus Watson *et al.*, 1997).

wurden Datenbankrecherchen durchgeführt und mittels den anschließenden vergleichenden Sequenzanalysen und phylogenetischen Untersuchungen verschiedene Oligonukleotid-Primerpaare konstruiert, die ausgewählte *cbbL*-Sequenzen terrestrischer, autotroph lebender Bakterien der „red-like“ bzw. der „green-like“ Hauptentwicklungslinien amplifizieren. Mit Hilfe dieser Primer gelang es *cbbL*-Genbanken anzulegen, die mittels der RFLP-Analyse untersucht wurden; ausgewählte Sequenzen wurden einer phylogenetischen Zuordnung unterzogen. Die Untersuchungen erfolgten mit Boden aus Scheyern (Braunerde aus Lößlehm) und Boden aus dem Dauerdüngungsversuch Halle.

Ergebnisse und Ausblick

Um die Diversität autotropher Bakterien in Bodenproben zu untersuchen, wurde die Gesamt-DNA aus den Bodenproben isoliert und direkt als Matrize zur *cbbL*-Amplifikation eingesetzt. Die PCR wurde erfolgreich mit den zwei entwickelten Oligonukleotid-Primerpaaren durchgeführt, die spezifisch zur Amplifikation der „red-like“ und „green-like“ *cbbL*-Sequenzen geeignet waren. Die RFLP-Analyse der angelegten *cbbL*-Genbanken zeigte eine geringe Anzahl unterschiedlicher Muster in den „green-like“ Genbanken, jedoch eine hohe Anzahl unterschiedlicher Muster in den „red-like“ Genbanken, was auf eine geringe bzw. hohe Diversität hindeutet.

Ausgewählte *cbbL*-Sequenzen wurden einer vergleichenden Sequenzanalyse unterzogen, wobei die phylogenetische Zuordnung sowohl auf Basis der Aminosäuresequenz als auch auf Basis der Nukleinsäuresequenzen erfolgte. Die berechneten phylogenetischen Bäume zeigten, dass alle erhaltenen „green-like“ Sequenzen in ein enges gemeinsames Cluster gruppierten, was die geringe Anzahl unterschiedlicher RFLP-Muster und somit die geringe Diversität unterstützt.

Die „red-like“ *cbbL*-Sequenzen hingegen waren über das gesamte „red-like“ Cluster verteilt und zeigten somit einen bereits zu erwartenden hohen Grad an Diversität. Dies kann als Hinweis auf eine Vielzahl noch nicht kultivierter autotropher Bakterien in der „red-like“-Gruppe der Form I RubisCO in Böden gedeutet werden.

Weiterführend soll untersucht werden, ob es Unterschiede in der Zusammensetzung der CO₂-fixierenden Populationen in unterschiedlich gedüngten Agrarböden gibt. Mittels der real-time PCR soll ferner eine quantitative Aussage über das Vorkommen der „green-like“ sowie der „red-like“ *cbbL*-Sequenzen in den unterschiedlichen Bodenproben gemacht werden.

Literatur

- Ellis, R.J. 1979 The most abundant protein in the world. Trends Biochem. Sci. 4: 241-244
- Kusian, B. and Bowien, B. 1997 Organization and regulation of *cbb* CO₂ genes in assimilation autotrophic bacteria. FEMS Microbiol. Rev. 21: 135-155
- Watson, G.M.F., Tabita, F.R. 1997 Microbial ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase: a molecule for phylogenetic and enzymological investigations. FEMS Microbiol. Lett. 146: 13-22

Mikrobielle Ökologie von AHL-produzierenden Bakterien in der Rhizosphäre von Tomate

Stephan Gantner, Christine Dürr, Michael Schmid, Frank B. Dazzo & Anton Hartmann

Einleitung

Gram-negative Bakterien verfügen über ein Kommunikationssystem, das sie zu spezifischen Wechselwirkungen befähigt (Eberl, 1999). Diese Art der Zell-Zell-Kommunikation erfolgt über Signalmoleküle vom Typ N-Acyl-L-homoserinlacton (AHL), welche erst ab Erreichen eines bestimmten Schwellenwertes eine zell-spezifische Reaktion auslösen (*Quorum sensing*). Neben dem Grundkörper Homo-serinlacton, variieren diese Moleküle in der Acyl-Seitenkette (Länge, Vorhandensein und Lage von C-OH oder C=O-Resten). Gram-negative Bakterien können bis zu vier strukturell unterschiedliche N-Acylhomoserinlactone produzieren (Eberl *et al.* 1999). Mit Hilfe dieser Signalmoleküle, welche auch als primitive „chemische Sprache“ von Bakterien bezeichnet wird, kann auch eine Kommunikation über Art- und Gattungsgrenzen hinaus erfolgen. AHL-Moleküle kontrollieren z. B. die Virulenz von Pathogenen (Beispiel *Agrobacterium tumefaciens*), die Ausbildung der symbiontischen Wechselwirkung von *Rhizobium* spp. mit Leguminosen oder auch die Produktion von Antibiotika, Eisenkomplexbildnern (Siderophoren) oder extrazellulären Enzymen (Swift *et al.*, 1996). Einige Rhizosphären-bakterien (z.B. *Burkholderia cepacia*, *Serratia liquefaciens* oder *Pseudomonas putida*) sind in der Lage, unter Kontrolle der Zelldichte-abhängigen Regulation über AHL-Moleküle eine biologische Kontrolle von phytopathogenen Pilzen auszuüben. Wir untersuchten nun im Detail das Kolonisierungsverhalten der AHL produzierenden Bakterienstämme *Serratia*

liquefaciens MG1 und *Pseudomonas putida* IsoF, sowie deren AHL Negativmutanten (AHL⁻), die kein AHL mehr produzieren konnten, in der Rhizosphäre von Tomate. Beide Stämme zeigen eine AHL-regulierte Eigenschaft zur biologischen Kontrolle verschiedener Pilze.

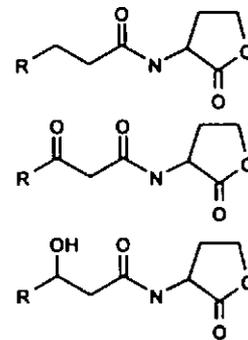


Abbildung 1: Struktur von AHL-Molekülen

Methodik

Die Versuche wurden mit kleinwüchsigen Tomatenpflanzen (Microtom^R) in PhytaTray[®]-Boxen mit Kristallsand als steriles (axenisches) System (Simons *et al.*, 1996) und in Topfversuchen mit Einheitserde durchgeführt (nicht axenisches Bodensystem). Zur *in situ* - Lokalisierung wurden die verwendeten Bakterienstämme *gfp*- und *rfp*-markiert eingesetzt (Steidle *et al.*, 2001). *Gfp* (green fluorescent protein) und *rfp* (red fluorescent protein) sind Strukturgene aus einer marinen Qualle für intensiv autofluoreszierende Proteine. Die *gfp*- oder *rfp*-Konstrukte waren einerseits so hergestellt, dass sie konstitutiv *gfp/rfp* exprimierten und somit eine effektive Fluoreszenzmarkierung der Bakterien ergaben. Andererseits war die *gfp/rfp*-Expression unter der Kontrolle eines AHL-gesteuerten Promotors, um die Regulation durch *in situ*-vorhandene AHL-Moleküle durch Fluoreszenzmarkierung spezifisch anzuzeigen (sog. Reporterkonstrukte) (Steidle *et al.*, 2001). Die Lokalisierung der Bakterien in der Rhizoplane wurde mit Hilfe der konfokalen Laser Scanning Mikroskopie (CLSM) durchgeführt. Die Populationsanalyse der Bakteriengemeinschaft erfolgte mittels

Stephan Gantner, Christine Dürr, Michael Schmid & Anton Hartmann

GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit,
Institut für Bodenökologie, Abteilung Rhizosphären-
biologie, Ingolstädter Landstr. 1, D-85764 Neuherberg
Frank B. Dazzo

Department of Microbiology, Michigan State University,
East Lansing, USA

t-RFLP (terminaler Restriktions Fragment Längen Polymorphismus) wobei eine PCR in Gegenwart von fluoreszenz (Cy-5)-endmarkierten Primern durchgeführt wurde und die erhaltenen Amplifikate nach Restriktionsenzymverdau ein charakteristisches Amplifikatmuster ergaben, welches zur Identifizierung von komplexen bakteriellen Gemeinschaften verwendet wird (W.-T. Liu *et al.*, 1997).

Ergebnisse und Diskussion

Es konnte durch den Vergleich der Wildtyp- und der AHL-Negativmutanten bei der Inokulation von Microtom-Pflanzen im axenischen System gezeigt werden, daß die AHL-Produktion keinen Einfluß auf das Kolonisierungsverhalten von *Serratia liquefaciens* und *Pseudomonas putida* hat. Die Zellzahl der inokulierten Bakterien an den Wurzeln stabilisierte sich nach einer Woche auf 10^{7-8} und 10^{6-7} Zellen/g Frischgewicht respektiv.

Zum Nachweis der AHL-Produktion in der Rhizosphäre wurden, ebenfalls im axenischen System, die AHL-Produzenten mit einer konstitutiven *gfp*-Markierung und die AHL-Rezipienten, welche selbst AHL-Negativmutanten waren, mit einer induzierbaren *rfp*-Markierung eingesetzt. Mit Hilfe der CMEIAS-Software (Center for Microbial Ecology Image Analysis System) konnte in Mosaikbildern von CLSM-Aufnahmen der Rhizoplane das Induktionsverhalten der Bakterien erfasst, vermessen und in einer Art „Mikrogeostatistik“ das Muster der örtlichen Wechselwirkungen von AHL-Produktion und AHL-Rezeption an der Wurzeloberfläche ausgewertet werden. Dabei ergab sich eine Reichweite von AHL-Produktion in der Rhizoplane von bis zu 60 µm.

Schließlich wurde in Topfversuchen mit Boden mittels der t-RFLP-Analyse (terminaler Restriktionslängenpolymorphismus) eine Veränderung der bakteriellen Rhizosphärenpopulation nach Inokulation von *Serratia liquefaciens* (Wildtyp) beobachtet. Die inokulierten Bakterienstämme selbst zeigten nach einwöchiger Inkubation keine Dominanz in der

Zusammensetzung der Rhizosphärenpopulation.

Besonderer Dank gilt den beteiligten Projektpartnern PD Dr. Christian Langebartels und Regina Schuhegger vom GSF-Institut für Biochemischen Pflanzenpathologie und PD Dr. Leo Eberl und Anette Steidle der Arbeitsgruppe „Quorum-sensing“ des Lehrstuhls für Mikrobiologie der Technischen Universität München, Freising/Weihenstephan.

Literatur

- Eberl L. 1999. N-Acyl homoserinelactone-mediated gene regulation in gram-negative bacteria. *System. Appl. Microbiol.* 22:493-506
- Wen-Tso Liu, Marsh T. L., Cheng H. and L. J., Forney. 1997. Characterization of microbial diversity by determining terminal restriction length polymorphisms of genes encoding 16S rRNA. *Appl. Environ. Microbiol.* 63: 4516-4522
- Simons M., van der Bij A. J., Brand I. de Weger L. A., Wijffelman C. A. and J. B. J. Lugtenberg. 1996. Gnotobiotic System for studying Rhizosphere Colonization by Plant Growth-Promoting *Pseudomonas* Bacteria. *Mol. Plant-Microbe Interact.*, 9:600-607
- Steidle A., Sigl K., Schuhegger R., Gantner S., Ihring A., Schmid M., Stoffels M., Riedel K., Givskov M., Hartmann A., Langebartels C. and L. Eberl. 2001. Visualization of N-Acylhomoserine Lactone (AHL)-mediated cell-cell communication between bacteria colonizing the tomato rhizosphere. *Appl. Environ. Microbiol.* 67: 5761-5770.
- Swift S., Throup J. P., Williams P., Salmond G. P. C. and G. S. A. B. Stewart. 1996. Quorum sensing a population-density component in the determination of bacterial phenotype. *Trends Biochem. Sci.* 21:214-219

Funktionelle und strukturelle Diversität von Mikroorganismen in schwermetallbelasteten Böden eines Langzeitversuchs

Wermbter N.¹, Kramarewa T.², Hintemann T.³, Yasuta T.⁴, Katayama A.⁴, Marschner P.⁵ und Kandeler E.¹

Einleitung

Bodenkontaminationen können die Funktion und Struktur von mikrobiellen Gemeinschaften beeinflussen und dadurch langfristig bodenökologische Prozesse beeinträchtigen. Schwermetallbelastungen führen beispielsweise bei der Bodenmikroflora zu funktionellen Störungen, Proteindenaturierungen und Störungen der Integrität von Zellmembranen.

In unseren Untersuchungen wurde der Frage nachgegangen, inwieweit die mikrobielle Population hinsichtlich ihrer Funktion (Enzymaktivitäten) und Struktur (Chinon- und DGGE-Muster) durch eine Schwermetallbelastung verändert wird. Zur Lokalisierung von Schwermetallakkumulationen und bakterieller Aktivität/Diversität werden Untersuchungen auf Mikrohabitatebene durchgeführt.

Material und Methoden

Im Jahr 1976 wurde eine sandige Braunerde am Versuchsstandort der Biologischen Bundesanstalt in Berlin mit Schwermetallen belastet. Die Bodenprobennahme fand im Frühjahr 2002 auf cadmium- und arsenbelasteten Flächen statt (Cd I und Cd II: 34 und 134 mg kg⁻¹, As I und As II: 18 und 39 mg kg⁻¹). Die Bodenproben wurden auf 2 mm gesiebt, ein Aliquot fraktioniert. Grobsand-, Feinsand-, Schluff- und Tonfraktion sind nach einer schonenden Ultraschalldispersion über Naßsiegung und Zentrifugation abgetrennt worden (Stemmer et al. 1998).

¹ Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortlehre, FG. Bodenbiologie, 70599 Stuttgart, wermbter@uni-hohenheim.de

² Universität Voronezh, Institut für Bodenkunde und Agrochemie, 394693 Voronezh, Russland

³ Universität Bonn, Institut für Pflanzenernährung, Karlrobert-Kreiten-Str. 13, 53115 Bonn

⁴ University of Nagoya, Research Center for Advanced Waste and Emission Management, 464-8603 Nagoya, Japan

⁵ University of Adelaide, Department of Soil and Water, Mycorrhiza Research Group, PMB 1 Glen Osmond, South Australia 5064.

Die funktionelle Diversität der schwermetallbelasteten Böden wurde mittels Enzymaktivitätsmessungen aus dem C-, N-, P- und S-Kreislauf charakterisiert (Schinner et al. 1996).

Zur Charakterisierung der strukturellen Diversität kamen zwei Verfahren zur Anwendung. Zum einen wurden Chinone extrahiert und analysiert (Hiraishi et al. 1999), des weiteren wurden DGGE-Muster untersucht. Hierzu wurde DNA aus den Böden isoliert und eine PCR der 16S rDNA durchgeführt. Die Auswertung der DGGE-Gele erfolgte anhand der mittleren Bandenintensität. Signifikanztests und multivariate Verfahren schlossen sich an (SPSS 10.2, CANOCO 4.0).

Ergebnisse und Diskussion

Gesamtböden

Die Ergebnisse der belasteten Böden zeigen eine deutliche Reaktion der mikrobiellen Population auf Schwermetalle.

Die mikrobielle Biomasse (Abb.1) und Enzymaktivitäten aus dem P- N- und S- Kreislauf sind unter erhöhten Cadmium- und Arsengehalten reduziert (nicht dargestellt). Gering sind hingegen die Auswirkungen auf die Invertase- und Xylanaseaktivitäten (nicht dargestellt). Dies kann mit einem höheren C-Bedarf der Mikroorganismen in Folge von Reparaturmechanismen unter Schwermetallbelastung erklärt werden.

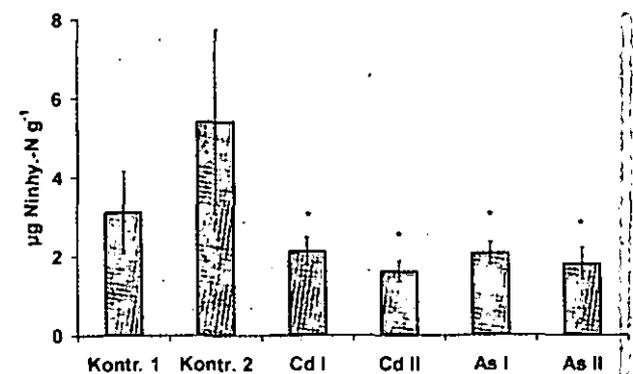


Abb. 1: Mikrobielle Biomasse (*p<0.05)

DGGE-Muster und Chinonprofile weisen auf eine Veränderung der mikrobiellen Gemeinschaft unter Schwermetallbelastung hin (Abb. 2). Die Unterschiede zwischen Kontroll- und cadmiumbelasteten Böden sind u.a. auf eine höhere Abundanz von δ- und ε-Proteobakterien zurückzuführen. Unterschiede zwischen Kontrollböden und den arsenbelasteten Varianten sind u.a. mit

der höheren Abundanz von γ -Proteobakterien und Pilzen erklärbar.

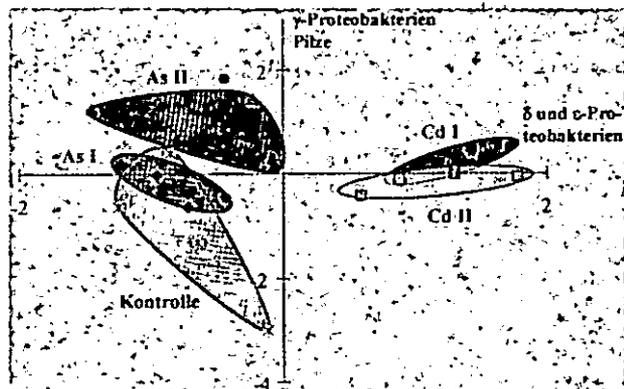


Abb 2: Hauptkomponentenanalyse der Chinonprofile

Insgesamt sind die Unterschiede von Kontroll- zu cadmiumbelasteten Böden deutlicher als die zwischen Kontroll- und arsenbelasteten Böden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Cadmiumbelastung im untersuchten Boden 26 Jahre nach der Kontamination noch sehr hoch ist ($34\text{--}134\text{ mg kg}^{-1}$) und Cadmium vergleichsweise toxischer auf Mikroorganismen wirkt (Nies 1999).

Mikrohabitate

Die alkalische Phosphataseaktivität (Abb. 3) und die mikrobielle Biomasse (nicht dargestellt) sind in den Schluff- und Tonfraktionen aller Varianten am höchsten.

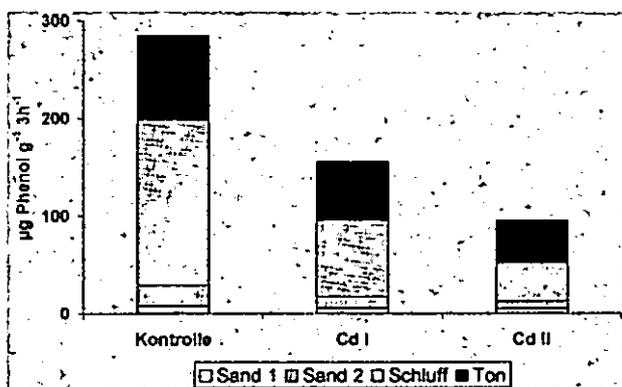


Abb. 3: Alkalische Phosphataseaktivität in Mikrohabitaten (Sand 1= Grobsand, Sand 2= Feinsand)

Dies ist u.a. durch einen hohen Anteil an organischem Kohlenstoff in diesen Fraktionen erklärbar. In den Varianten Cd I und Cd II werden die Phosphataseaktivitäten in den Schluff- und Tonfraktionen infolge einer hohen Schwermetall-

verfügbarkeit (bis zu 40 mg kg^{-1}) signifikant reduziert.

Die DGGE-Muster der Sand-, Schluff- und Tonfraktionen weichen nur geringfügig voneinander ab.

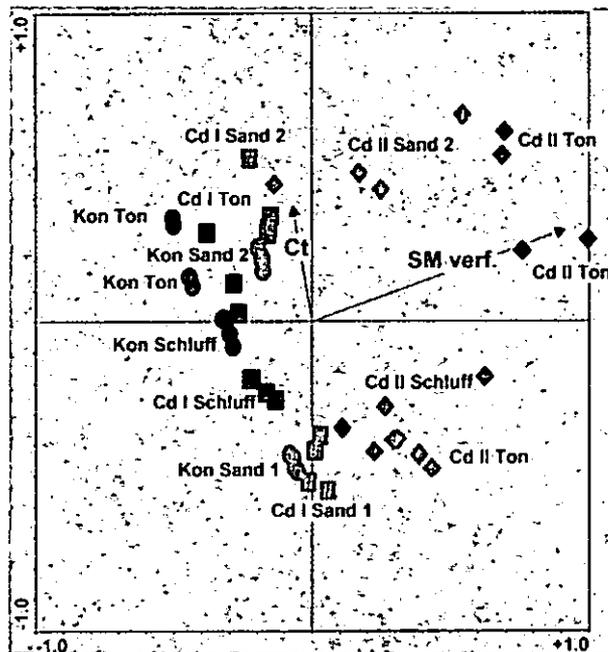


Abb 4: Redundanzanalyse der DGGE-Muster in Mikrohabitaten

Die Unterschiede zwischen den Varianten können zu 15 % durch die verfügbaren Schwermetallgehalte erklärt werden (Abb. 4). Insbesondere die Variante Cd Ton II separiert sich wegen der höchsten Schwermetallverfügbarkeit (40 mg kg^{-1}) deutlich von den übrigen Varianten.

Schlussfolgerungen

Insgesamt wurde in den untersuchten Böden sowohl die Funktion als auch die Struktur der mikrobiellen Population durch Arsen und Cadmium beeinträchtigt.

Literatur

Hiraishi A., Umezawa T., Yamamoto H., Kato K., Maki Y. (1999): Changes in quinone profiles of hot spring microbial mats with a termel gradient. *Appl. Env. Microbiol.*, 65, 198-205.
 Nies D.H. (1999): Microbial heavy-metal resistance. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 51, 730-750.
 Schinner F., Öhlinger R., Kandeler E., Margesin R. (1996): Bodenbiologische Arbeitsmethoden. Springer, Berlin.
 Stemmer M., Gerzabek M. H., Kandeler E. (1998): Organic matter and enzyme activity in particle-size fractions of soils obtained after low-energy sonication. *Soil Biol. Biochem.*, 30, 9-17.

Danksagung

Wir danken der DFG für die finanzielle Unterstützung (Projekt KA 1590/2-1)

Archaeen-Gemeinschaften in Ackerböden

A. Gattinger¹, M. Labrenz², A. Embacher¹, M. Höfle² und M. Schlöter¹

Einleitung

Die Biosphäre agrarisch genutzter Böden setzt sich aus Organismen aller drei Domänen zusammen, nämlich aus Vertretern der Domäne *Bacteria*, *Eucarya* und *Archaea*. Letztgenannte umfasst kultivierbare Vertreter der Reiche *Eury-* und *Crenarchaeota*. Ferner weisen ein Isolat namens *Nanoarchaeum equitans* und die Zusammensetzung der 16S rDNA Gene, isoliert aus heißen Quellen, auf die Existenz weiterer Reiche, nämlich der *Nano-*, bzw. *Korarchaeota* hin. In Böden wurden bislang nur *Eury-* und *Crenarchaeota* nachgewiesen.

Nur wenig ist über die *in situ* Funktionen von *Archaea* in Bodenökosystemen bekannt. Allgemein bekannt ist, dass Methanproduzenten zu den Archaeen gehören. Zudem gibt es Hinweise aus der marinen Mikrobiologie, dass Archaeen unter anoxischen Bedingungen Methan oxidieren. Außerdem wurde in nicht-kultivierten Archaeen die potentielle Fähigkeit zur Stickstoff-Fixierung nachgewiesen und zudem in kultivierten und nicht kultivierten Vertretern die Fähigkeit zur NO₃⁻-, NO₂⁻-, und NO-Reduktion. Organismen der *Crenarchaeota* sind im Schwefelkreislauf an der Sulfatreduktion beteiligt. Außerdem gibt es Hinweise aus marinen Ökosystemen, dass Etherlipide der Archaeen zum Aufbau stabiler organischer Substanz beitragen.

Im vorliegenden Falle möchten wir der Frage nach der Größe und der Struktur von Archaeen-Gemeinschaften in Ackerböden nachgehen und untersuchen, ob diese durch unterschiedliche Bewirtschaftung beeinflusst werden.

Material und Methoden

Drei Bodenstandorte unter Ackernutzung wurden beprobt. In **Scheyern** liegt eine pseudovergleyte Braunerde vor, die bei praxisüblicher ($n = \text{normal}$) Düngungsintensität integriert bewirtschaftet wird. Daraus leitet sich die Abkürzung **S-i1-n** ab ('S' für Scheyern, 'i' für integrierte Bewirtschaftung, '1', da Beprobungsstelle 1 und 'n' für normale Düngungsintensität). Differenziert nach Bodenhorizonten wurden drei Tiefen beprobt: 0-10, 10-28 und 28-40 cm.

Am Standort **Merzenhausen (M-k-n)** bei Jülich handelt es sich um eine Parabraunerde aus Lößlehm,

welche bei praxisüblicher Düngungsintensität konventionell bewirtschaftet wird. Es wurde die Bodentiefe 0-40 cm als Mischprobe bei drei Feldwiederholungen beprobt. Am Standort **Bad Lauchstädt** bei Halle handelt es sich um eine Schwarzerde. Es wurden Parzellen aus dem seit 1902 laufenden Dauerdüngungsversuchs untersucht: 'L-k-l' stellt die Parzelle ohne Düngung dar, 'L-k-n' die Parzelle mit mineralischer Düngung und 'L-k-h' die Parzelle welche mineralische und organische Düngung erhält, also mit "hoher Intensität" gedüngt wird.

In der vorliegenden Arbeit wurden Archaeen-Gemeinschaften genotypisch nach Auftrennung spezifischer 16S rDNA Gene mittels SSCP (Single Strand Conformation Polymorphism; *Schwieger and Tebbe*) und phänotypisch durch die Seitenkettenbestimmung von spezifischen Phospholipiden bestimmt (*Gattinger et al.*, 2002). Die Seitenkettenanalyse basiert auf folgenden Prinzipien: In Bakterien und Eukaryonten dominieren Phospholipide, die veresterte Fettsäuren, die sogenannten Phospholipid-Fettsäuren oder PLFA aufweisen. Archaeen weisen dagegen Phospholipide auf, die ethergebundene Isoprenoide als Seitenketten tragen (PLEL). Diese sind in den meisten Fällen 20 und 40 C-Atome lang und können Zyklisierungen als auch Hydroxylierungen aufweisen. Bodenproben wurden von den jeweiligen Standorten mit einem Pürkhauer-Bohrstock zu unterschiedlichen Zeitpunkten entnommen.

Ergebnisse und Diskussion

Im Oktober 2000 verhielten sich die mikrobiellen Gesamtbiomassen (Bakterien, Eukaryonten, Archaeen), also die Summen aus den PLFA und PLEL-Konzentrationen wie folgt:

$$L-k-l < L-k-n \leq M-k-n < S-i1-n \leq L-k-h$$

Die höchsten Gesamtbiomassen wurden zudem in den oberen Bodenschichten festgestellt.

Ein gänzlich anderes Bild lieferten die PLEL-Konzentrationen als Indikator für Archaeen-Biomassen zum selben Beprobungszeitpunkt: Die mit Abstand höchsten Werte wurden in der hochgedüngten Lauchstädter Parzelle gemessen, während sich die PLEL-Konzentrationen der anderen Proben auf einem deutlich niedrigeren Niveau bewegten:

$$L-k-n \leq L-k-l \leq S-i1-n \leq M-k-n \ll L-k-h$$

Offensichtlich hat die Bodentiefe keinen Einfluss auf die Archaeen-Biomasse. PLEL-Biomarker nahmen in der Parzelle L-k-h einen Anteil von 3,3 bis 8,0% an Gesamtphospholipid-Seitenketten (PLEL+PLFA) ein und bewegten sich in allen anderen Proben zwischen 0,2 und 0,7%; eine Ausnahme mit 1,9% stellte L-k-l 20-40 cm dar.

Eine weitere Beprobung im Oktober 2001 bestätigte die Ergebnisse. Die mit Abstand höchsten PLEL-Konzentrationen als Indikator für Archaeen-Biomasse lagen in der Variante L-k-h vor. Auch deutet sich an, dass die Archaeen-Zusammensetzung in diesem Boden komplexer ist. Dort wurden 4-6 verschiedene Archaeen-Biomarker nachgewiesen, während in allen anderen Proben selten mehr als zwei Biomarker gefunden wurden.

¹GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Institut für Bodenökologie, Ingolstädter Landstr. 1, D-85764 Neuherberg

Email: gattinger@gsf.de

²GBF-Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH, Abt. Umweltmikrobiologie, Mascheroder Weg 1, D-38124 Braunschweig

Die vergleichsweise höchsten Archaeen-Biomassen in der Variante L-k-h weisen darauf hin, dass dies auf die Stallmist-Düngung zurückgeführt werden kann. Daher wurden im April 2002 eine weitere Düngungsvariante (10-facher Stallmistdüngung, L-k-10h) und eine drei Monate alte Stallmistmiete am Standort Bad Lauchstädt mit in die Untersuchungen aufgenommen.

In der Variante L-k-10h wurden 3-5 mal höhere und in den beiden Stallmist-Proben 100-200 mal höhere PLEL-Konzentrationen als in der Variante L-k-h festgestellt. Ferner sieht das Biomarker-Profil im Stallmist anders aus, nämlich zyklische Isoprenoide fehlen völlig, die in L-k-10h und zu anderen Beprobungen auch in beträchtlichen Konzentrationen in L-k-h vorhanden waren. Daraus lässt sich folgern, dass der Stallmist als "Archaeen-Inokulum" wirkt, aber auch die autochthonen Gemeinschaften im Boden beeinflusst.

Mittels molekularer Methoden (SSCP) konnten im Herbst 2000 unterschiedliche Archaeen-Gemeinschaften in den drei Bodenstandorten nachgewiesen werden. Aus Proben der Parzelle L-k-h wurden zudem 16S rDNA Sequenzen erhalten, welche etwa 84% Ähnlichkeit zu *Thermoplasma acidophilum* als einem Vertreter der *Euryarchaeota* aufwiesen. Dies konnte zusätzlich durch den Nachweis *Thermoplasma* spezifischer PLEL-Seitenketten bestätigt werden.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- Archaeen kommen in allen untersuchten Bodenstandorten vor; 0,3-8,0% [Mol/Mol] aller nachgewiesenen Seitenketten stammen aus PLEL. Höchste Archaeenbiomassen wurden in den organisch gedüngten Böden Bad Lauchstädt (L-k-h, bzw. L-k-10h) gefunden.
- PLEL- und Sequenzanalysen deuten auf *Euryarchaeota* Spezies hin.
- Während Archaeen-Gemeinschaften in ihren PLEL-Profilen nur in den Proben aus L-k-h deutliche Unterschiede zeigten, konnten molekulargenetisch (SSCP-Fingerprints) unterschiedliche Gemeinschaften in den drei Bodenstandorten festgestellt werden.
- Stallmistdüngung dient als "Archaeen-Inokulum", regt wahrscheinlich aber auch die autochthonen Gemeinschaften an, sich entsprechend auszuprägen.
- Die möglichen Funktionen von Archaeen: in Ackerböden ist Gegenstand zukünftiger Untersuchungen.

Literatur

- Gattinger, A., R. Ruser, M. Schloter and J. C. Munch (2002): Microbial community structure varies in different soil zones of a potato field. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165, 421-428.
- Schwieger, F. and C. C. Tebbe (1998): A new approach to utilize PCR-Single-Strand-Conformation Polymorphism for 16S rRNA gene-based microbial community analysis. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, 4870-4876.

Interaktionen von saprotropher und mykorrhizierender Rhizosphärenmykoflora von *Salix* spp.

Christel Baum

Einführung

Weiden sind fakultative Mykorrhizabildner, die sowohl Endo- als auch Ektomykorrhizierung ausbilden können. Mykorrhizierung kann sich auf die Aktivität saprotropher Bodenpilze im Rhizosphärenbereich auswirken (Gadgil & Gadgil, 1971). Die Auswertung von Wurzel- und Bodenproben einer Schnellwuchsplantage in Gülzow (Mecklenburg-Vorpommern) soll Aufschluß über die Wirkung der Mykorrhizierungsrate auf die Diversität der saprotrophen Rhizosphärenmykoflora von Weidenbeständen geben.

Material und Methoden

Bei der Untersuchungsfläche Gülzow handelt es sich um eine vormals landwirtschaftliche Nutzfläche, die mit Weiden und Pappeln bestockt wurde (Tab. 1). Der Bestand wird in einer dreijährigen Rotation geerntet. Das Stockalter zum Untersuchungsbeginn betrug 9 Jahre. Es wurden von Oktober 2001 bis Oktober 2002 vier Probenahmen in fünf Wiederholungen in 0-10 cm Bodentiefe in *Salix dasyclados* und *S. viminalis* Beständen vorgenommen. Die Probenahme und Aufbereitung zur Erfassung der Mykorrhizierung erfolgte nach Agerer (1991).

Tab. 1: Bodenchemische und -physikalische Parameter des Standortes Gülzow (0-10 cm Bodentiefe)

pH (CaCl ₂)	Corg (%)	Ni (%)	Pt (mg/kg)	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)
6,26	1,62	0,14	445	5	24	71

Zur Erfassung des Artenspektrums saprotropher Bodenpilze in der Rhizosphäre wurden Wurzelwaschungen nach Gams & Domsch (1967) vorgenommen. Je Wiederholung wurden 100 zwei mm lange Feinwurzelabschnitte auf Bodenextrakt-Agar ausgelegt und über einen Zeitraum von 6 Wochen ausgewertet. Die Artdetermination der sporenbildenden Isolate erfolgte nach dem Schlüssel von Domsch et al. (1993). Die Ektomykorrhizierungsraten wurden nach Agerer (1991) unter Berücksichtigung des Baus des äußeren Hyphenmantels sowie dem Vorhandensein und Bau von Rhizomorphen und Cystiden unterteilt nach Morphotypen erfaßt. Die Endomykorrhizierungsraten wurden nach McGonigle et al. (1990) ermittelt.

Die statistische Auswertung erfolgte für die Mykorrhizierung über einfaktorielle Varianzanalysen und für die dominanten Arten saprotropher Pilze über U-Tests (STATISTICA).

Ergebnisse und Diskussion

Salix dasyclados wies während des gesamten Untersuchungszeitraumes sowohl signifikant höhere Endo- als auch Ektomykorrhizierungsraten als *Salix viminalis* auf (Abb. 1). An beiden Weidenklonen dominierten unter den Ektomykorrhizapilzen Arten, die einen plectenchymatischen äußeren Mantel und keine Rhizomorphe oder Cystiden bildeten sowie Ektomykorrhizen mit pseudoparenchymatischem äußeren Mantel mit ahlenförmigen Cystiden ohne Rhizomorphe, wie sie von *Tuber* spp. gebildet werden. In der Rhizosphäre der beiden Weidenklone wurden insgesamt 39 saprotrophe Pilzarten erfaßt. *Salix dasyclados* wies während des gesamten Untersuchungszeitraumes eine geringere Diversität saprotropher Pilzarten auf. Die Diversität sowie die Abundanzen der dominanten Arten waren stärker von Zeitpunkt der Probenahme als vom Weidenklon beeinflusst.

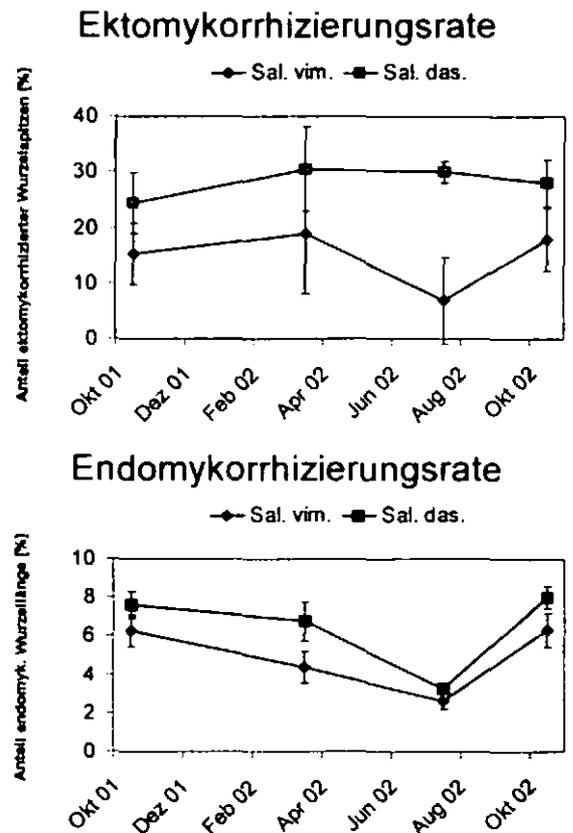


Abb. 1: Mykorrhizierungsraten (Mittelwert ± Standardabweichung) der Feinwurzeln von *Salix viminalis* (Sal. vim.) und *Salix dasyclados* (Sal. das.)

In Zusammenfassung des gesamten Untersuchungszeitraumes wiesen folgende Arten saprotropher Bodenpilze die höchsten Abundanzen in der Rhizosphäre der Weidenklone auf: *Acremonium* spp.

(3), *Cylindrocarpon destructans*, *Fusarium* spp. (3), *Gliocladium roseum*, *Humicola* spp. (2), *Penicillium* spp. (7), *Plectosphaerella cucumerina*, *Pythium* spp. (2) und *Verticillium* spp. (2).

Tab. 2: Besiedlungsdichten (% besiedelte Feinwurzellänge) der 20 häufigsten Arten saprotropher Bodenpilze in der Rhizosphäre von *Salix dasyclados* (Sal. das.) und *S. viminalis* (Sal. vim.) im März 2002

Art	Sal. das.	Sal. vim.
<i>Acremonium butyri</i>	10	0
<i>Acremonium murorum</i>	5	5
<i>Cladosporium herbarum</i>	6	2
<i>Cylindrocarpon destructans</i>	35	16
<i>Fusarium oxysporum</i>	10	11
<i>Gliocladium roseum</i>	3	18
<i>Humicola grisea</i>	1	5
<i>Mortierella alpina</i>	0	3
<i>Mortierella humilis</i>	4	5
<i>Mortierella exigua</i>	0	5
<i>Mucor hiemalis</i>	0	3
<i>Paecilomyces marquandii</i>	0	4
<i>Penicillium expansum</i>	1	6
<i>Penicillium frequentans</i>	3	1
<i>Penicillium janthinellum</i>	14	8
<i>Phoma eupyrena</i>	3	1
<i>Plectosphaerella cucumerina</i>	6	6
<i>Stemphylium botryosum</i>	2	1
<i>Trichoderma polysporum</i>	1	3
<i>Verticillium albo-atrum</i>	0	6
Gesamtartenzahl	22	31

Zwischen den beiden Weidenklonen bestanden signifikante Unterschiede (U-Tests) in den Abundanzen der häufigsten saprotrophen Bodenpilzen (Tab. 2).

Als wesentliche Einflußgrößen auf die Diversität und Aktivität von Bodenpilzen sind neben den bodenchemischen und -physikalischen Bedingungen Interaktionen mit anderen Bodenorganismen wie Bakterien oder der Bodenfauna bekannt (Ingham & Massicotte, 1994). Für ausgewählte pathogene Bodenpilze konnten in Gefäßversuchen eine negative Korrelation zur Besiedlungsrate mykorrhizierender Bodenpilze nachgewiesen werden (Bødker et al., 2002). In der vorliegenden Untersuchung wurde belegt, dass sich die Diversität der saprotrophen Bodenpilze in der Rhizosphäre in Abhängigkeit von der Mykorrhizierungsrate ebenfalls verändern kann. Das könnte eine mögliche Ursache für die unter erhöhten Mykorrhizierungsraten reduzierte Streumineralisation darstellen. Die Wirkmechanismen einer Beeinflussung von saprotrophen Arten durch mykorrhizierende müssen auf Artebene im Gefäßversuch geklärt werden. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse belegen einen Rückgang folgender saprotropher Arten bei erhöhter

Mykorrhizierungsrate: *Gliocladium roseum*, *Verticillium albo-atrum*. Dagegen traten *Acremonium butyri* und *Cylindrocarpon destructans* am stärker mykorrhizierten Weidenklon in erhöhter Besiedlungsdichte auf. Es wird davon ausgegangen, daß der Effekt der Mykorrhizierung auf die saprotrophe Bodenmykoflora standortspezifisch variiert, daß jedoch artspezifische Förderung oder Hemmung saprotropher Mikropilze aufgrund der mykorrhizierenden Pilzarten besteht. Diese wäre neben den direkt von den mykorrhizierenden Pilzen gelösten und aufgenommenen Stoffen eine wesentliche Einflußgröße auf die Mineralisationsrate von Nährstoffen im Boden und den Transfer von vom Boden in die Pflanze.

Die Veränderungen der Mykorrhizierungsraten im Untersuchungszeitraum spiegelten sich auch in der Diversität der saprotrophen Mykoflora wider. Eine Ausnahme machte die Probenahme im Juli 2002, bei der sowohl die Mykorrhizierungsraten als auch die Diversität saprotropher Pilzarten reduziert war, was mit dem Zeitraum geringer mikrobieller Aktivität in trockenen Perioden im Einklang steht.

Schlussfolgerungen

Die Besiedlungsdichte mykorrhizierender Pilzarten wirkt sich nicht nur auf die Aktivität sondern auch auf die Diversität saprotropher Pilze in der Rhizosphäre aus. Qualitative Veränderungen der Rhizosphärenmykoflora können zu einer Veränderung der Geschwindigkeit des Streuabbaus und damit der Nährstoffmobilisierung und dem Nährstofftransport im Boden beitragen. Der durch die Mykorrhizosphäre erweiterte Nährstoffeinzugsbereich verringert die Notwendigkeit einer hohen Nährstoffbereitstellung im Rhizosphärenbereich.

Danksagung

Ich danke dem Land Mecklenburg-Vorpommern für die finanzielle Unterstützung dieser Untersuchungen. Frau Dr. Bölcke danke ich für die zur Verfügung Stellung der Untersuchungsfläche.

Literatur

- Agerer, R., (1991) Meth. Microbiol., 23, 25-73.
 Bødker, L.; Kjøller, R., Kristensen, K., Rosendahl, S. (2002) Mycorrhiza 12, 7-12.
 Domsch, K.H.; Gams, W.; T.-H. Anderson (1993) Compendium of Soil Fungi. IHW-Verlag, Eching.
 Gadgil, R.L.; Gadgil, P.D. (1971): Nature, 233, 133.
 Ingham, E.R.; Massicotte, H.B. (1994) Mycorrhiza 5: 53-61.
 McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, D.L., Swan, G.A., 1990, New Phytol., 115, 495-501.

Ökotoxikologische Untersuchungen an zwei bodenbürtigen *Arthrobacter* Stämmen unter Aluminium-Stress.

Paul Illmer¹ und Johannes Mair

Einleitung

Aluminium ist zwar mit ca. 8% das häufigste Metall in der Erdkruste, doch sind von ihm bislang keine biologischen Funktionen bekannt. Angeregt durch Entdeckungen aus den Bereichen der Umweltforschung (Boden- und Gewässerversauerung, Waldsterben) und der Humanmedizin (Alzheimer Demenz, Endokrinologie) wurde in einer großen Zahl von Untersuchungen bereits im μ -molaren Bereich deutlich negative Effekte des Al auf Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen festgestellt (Ulrich 1987; Nayak 2002).

Dennoch ist eine exakte Untersuchung des Al-Stress im Boden experimentell schon allein aus methodischen Gründen kaum möglich. Definitionsgemäß spricht man von mikrobiellem Stress, wenn Wachstum und/oder Reproduktion inhibiert wird (Jennings 1993). Leider ist derzeit keiner der beiden Faktoren im Boden korrekt bestimmbar, weshalb stattdessen vereinfachende Summenparameter (z.B. SIR) zur Beschreibung herangezogen werden müssen. Darüber hinaus bedingt eine Al-Applikation und die damit verbundene pH-Reduktion im kom-

plexen System Boden eine so große Menge von (bodenchemischen) Veränderungen, dass eine eindeutige Zuordnung allfällig festgestellter Effekte kaum möglich ist. Multivariate Analyseverfahren von empirisch erhobenen Daten haben sich hier zwar als hilfreich erwiesen (Illmer et al. 1995), doch kann ein eindeutiger, experimentell korrekt durchgeführter Nachweis eines Al-Effektes dadurch nicht ersetzt werden.

Wir versuchten daher neben unseren Untersuchungen an und mit Boden auch mit Hilfe von Reinkulturen einen solchen Nachweis der Al-Toxizität gegenüber Bodenmikroorganismen zu erbringen.

Material und Methoden

Es wurden zwei unterschiedlich sensitive Spezies der Gattung *Arthrobacter* aus Waldböden isoliert und an diesen Reinkulturen die Beeinflussung der sauren Phosphatase (EC 3.1.3) durch Al untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Es wurde zuerst an hand eines Reinenzymes aus Weizenkeimen die Inhibierung der sauren Phosphatase durch Al nachgewiesen und enzymkinetische Basisinformationen (V_{max} , K_m , Inhibitionstyp) ermittelt.

Als nächstes wurde erst im Zellaufschluss und dann an intakten Zellen die bakterielle Enzymaktivität gemessen und auch hier eine deutliche Hemmung nach demselben Inhibitionstyp festgestellt. Das Ausmaß der Hemmung ist bei intakten Zellen allerdings geringer als beim Reinenzym, was vermutlich durch die Interaktion des Al mit nicht-enzymatischen Bestandteilen der Zelle (Zellwand, Membran, Phospholipide etc.) erklärt werden kann.

¹ A.Univ.-Prof. Dr. Paul Illmer
Institut für Mikrobiologie, Universität Innsbruck
Technikerstr. 25, A-6020 Innsbruck, Austria
E-mail: Paul.Illmer@uibk.ac.at

Analog zur abnehmenden physiologischen Aktivität mikrobieller Zellen im Verlauf einer Kultur nimmt die Enzymaktivität des sensitiven Stammes bezogen auf die mikrobielle Biomasse ab, wobei jedoch die relative Hemmung im Zeitverlauf ähnlich groß bleibt. Beim toleranten Stamm war dieser Effekt hingegen nicht nachweisbar.

Bereits mehrfach wurde in der Literatur darauf hingewiesen, dass vor allem im Boden eine exakte Trennung der Al- und pH - Effekte schwierig, wenn nicht unmöglich ist (Rai et al. 1998; de Wit et al. 2001). Nicht nur, dass Al als Kationensäure eine Absenkung des pH-Wertes in (Boden-)Lösung bewirkt, sondern die Löslichkeit, Spezies und Toxizität des Al ändert sich auch drastisch in Abhängigkeit vom pH-Wert (Martin 1988). In Reinkultur kann hingegen durch Titration und Pufferung der pH-Effekt weitgehend ausgeschaltet und als solcher eindeutig vom Al-Effekt getrennt werden.

Während z.B. unter Al-Stress (10 mM Al) die durchschnittliche maximale Umsatzrate des sensitiven Stammes bei ca. $3,3 \text{ nmol min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ TS lag, so war die Aktivität in gleich sauren, aber Al-freien Ansätzen mit ca. $12,8 \text{ nmol min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ TS fast 4 mal so hoch.

Die Untersuchungen zeigten weiters, dass nicht nur ein deutlicher Unterschied hinsichtlich der Phosphataseaktivitäten von toleranten und sensitiven Mikroorganismen bestand, sondern dass auch die Reaktionsmuster der Phosphatasen beider unterschiedlich sensitiver Bakterien auf Al verschieden waren. Während die Phosphataseaktivität des sensitiven Stammes schon durch

geringe Al-Konzentrationen gehemmt wurde, bewirkten gleiche Al-Konzentrationen beim Enzym des toleranten Stammes sogar eine Aktivitätssteigerung.

Die saure Phosphatase ist natürlich nur ein kleines Detail aus der gesamten (mikrobiellen) Physiologie. Dennoch konnte mit den vorliegenden Ergebnissen gezeigt werden, dass Untersuchungen an Reinkulturen zumindest prinzipiell dazu geeignet sind, zur Klärung von im Boden auftretenden Fragen beizutragen. Es ist daher in einem viel größeren Ausmaß als bisher nötig, mit einer fachübergreifenden Sichtweise an solch komplexe Problemstellungen wie die Al-Toxizität heranzugehen.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden vom FWF (Projekte P11371 und P15018) unterstützt

References

- de Wit, H. A., Mulder, J., Nygaard, P. H. and Aamlid, D. 2001. Testing the aluminium toxicity hypothesis: A field manipulation experiment in mature spruce forest in Norway. *Water Air and Soil Pollution* 130, 995-1000.
- Illmer, P., Marschall, K. and Schinner, F. 1995. Influence of available aluminium on soil micro-organisms. *Letters in Applied Microbiology* 21[6], 393-397.
- Jennings, D. H. 1993. Understanding tolerance to stress: Laboratory culture versus environmental actuality. In *Stress tolerance of fungi*, ed D. H. Jennings, pp. 1-12. Marcel Dekker, New York.
- Martin, R. B. 1988. Bioinorganic Chemistry of aluminium. In *Metal ions in Biological Systems*, ed. H. Sigel and A. Sigel, pp. 1-57. Marcel Dekker, New York.
- Nayak, P. 2002. Aluminium: Impacts and disease. *Environmental Research Section A* 89, 101-115.
- Rai, L. C., Husaini, Y. and Mallick, N. 1998. pH altered interactions of aluminium and fluoride on nutrient uptake, photosynthesis and other variables of *Chlorella vulgaris*. *Aquatic Toxicology* 42, 67-84.
- Ulrich, B. 1987. Stabilität, Elastizität und Resilienz von Waldökosystemen unter dem Einfluss saurer Deposition. *Forstarchiv* 58[6], 232-239.

Überlebensrate zweier *Arthrobacter*- Stämme unter Aluminium-Stress

Johannes Mair und Paul Illmer*

Einleitung

Aluminium als toxischem Metall wurde in den letzten Jahren wegen der Aktualität große Aufmerksamkeit geschenkt. Der überwiegende Teil der Untersuchungen beschäftigte sich mit der Langzeitwirkung von Al in Böden. Die natürliche Variabilität dieser komplexen Matrices und wechselnde Versuchsbedingungen führten zu teils widersprüchlichen Aussagen hinsichtlich der Toxizität des Metalls. Aus denselben Gründen sind verschiedene Untersuchungen nicht oder nur eingeschränkt vergleichbar. Sofern diese Studien an Mikroorganismen in Reinkultur durchgeführt wurden, handelte es sich dabei vorwiegend um Mycorrhizapilze oder N₂-fixierende Bakterien. Nicht symbiontische Bodenbakterien wurden bisher bei der Untersuchung von Al-Stress vernachlässigt.

Die vorliegende Arbeit wurde mit Reinkulturen in relativ leicht zu kontrollierenden Matrices durchgeführt. Dabei sollten kurzfristige Auswirkungen von Al auf die Überlebensrate physiologisch aktiver und inaktiver Bakterienzellen untersucht werden.

Material und Methoden

Gegenstand der Untersuchungen waren ein Al-sensitiver (St1) und ein Al-toleranter (St3) *Arthrobacter*-Stamm. Sie wurden Al-Konzentrationen ausgesetzt, die in vorangegangenen Untersuchungen als EC₅₀ bestimmt worden waren und demnach zu einer 50%igen Biomassereduktion führen sollten (Illmer et al. 2000). Die Versuche wurden in zwei verschiedenen Matrices, 0,9% (w/v) NaCl-Lösung und Bodenextraktmedium BE2, durchgeführt. Zellen wurden bis zur frühen stationären Wachstumsphase in BE2 inkubiert und zur Al-Exposition entweder im Anzuchtmedium belassen oder in NaCl-Lösung überführt. Zu Zeitpunkten bis maximal 300 min ab Al-Zugabe wurden Proben entnommen und die Überlebensrate auf Bodenextrakt-Agar bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei beiden Organismen konnte ein negativer Effekt durch Al-Stress festgestellt werden. Innerhalb von 300 min wurde die Überlebensrate von St1 in BE2 um 25% reduziert, jene von St3 in NaCl-Lösung im gleichen Zeitraum um 70%. In beiden Fällen wurde eine signifikante Hemmung nach ca. 100 min ab Al-Applikation beobachtet.

Da Al auf den sensitiven St1 nur in BE2 eine Wirkung hatte, kann angenommen werden, dass stoffwechselaktive Zellen anfälliger für toxisches Al sind. In diesem Fall ist aber

* A.Univ.-Prof. Dr. P. Illmer
Inst. f. Mikrobiologie; Universität Innsbruck
Technikerstr. 25, A-6020 Innsbruck
E-mail: Paul.Illmer@uibk.ac.at

einzu­schränken, dass der pH-Wert des BE2 etwas unter dem der NaCl-Lösung lag. Die verminderte Überlebensrate in BE2 könnte durchaus auf den niedrigeren pH-Wert zurückzuführen sein, da Al bei steigender Azidität zunehmend in der toxischen Al^{3+} -Form vorliegt (Harris et al. 1996).

Beim toleranten St3 hingegen wurde bei vergleichbaren pH-Werten und Al-Konzentrationen nur die Überlebensrate inaktiver Zellen in NaCl-Lösung beeinträchtigt. Die Schädigung durch Al könnte deshalb nicht an aktive Stoffwechselprozesse gebunden sein, sondern passiv an lebenswichtigen Strukturen, z. B. Biomembranen, stattfinden. Möglicherweise können sich aber physiologisch aktive Zellen auch besser gegen Al-Stress schützen. So ist die Ausscheidung organischer Säuren hinlänglich als Schutzmechanismus in Al-belasteten, sauren Böden bekannt (Ma et al. 2001).

Die Annahme einer extrazellulär stattfindenden Reduktion der Konzentration von Al^{3+} durch St3 und die oben erwähnte pH-abhängige Beeinflussung von St1 lassen es zu, jedem der beiden Stämme ein charakteristisches Reaktionsmuster zuzuordnen. St1 reagiert im Bereich um pH 5,5 deutlich auf geringe pH-Unterschiede. Beim toleranten St3 spielt der pH-Wert eine untergeordnete Rolle, bzw. zeigt der Stamm eine große Toleranz gegenüber einer sauren Umgebung. Hier scheint die Al^{3+} -Konzentration der bestimmende Faktor zu sein. Die Möglichkeit, Al^{3+} zu komplexieren, ermöglicht es dem Bakterium, starkem Al-Stress zu trotzen.

Dank

Die Untersuchungen wurden vom FWF (P11371 und P15018) unterstützt.

Literatur

- Harris W. R., Berthon G., Day J. P., Exley C., Flaten T. P., Forbes W. F., Kiss T., Orvig C., Zatta P. F. (1996) Speciation of aluminum in biological systems. *J. Toxicol. Environ. Health* 48: 543-568.
- Illmer P., Mutschlechner W., Schinner F. (2000) Bodenmikroorganismen als Modellorganismen zur Charakterisierung der Al-Toxizität. *Mitt. Öst. Bodenkundl. Ges.* 59: 25-28.
- Ma J. F., Ryan P. R., Delhaize E. (2001) Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids. *Trends in Plant Science* 6: 273-278.

Die Reaktion der mikrobiellen Gemeinschaft eines landwirtschaftlich genutzten Bodens auf Kupfer, Isoproturon, Nonylphenol und Tetracyclin

Charlotte Pfeiffer¹, Christian Poll²,
Christoph Emmerling¹, Dietmar Schröder¹

Einleitung

Mikroorganismen landwirtschaftlicher Böden tragen durch ihre elementaren Ab-, Um- und Aufbaufunktionen direkt und indirekt zur Bodenfruchtbarkeit bei. Bislang ist allerdings nur von wenigen Schlüsselorganismen auch die funktionelle Bedeutung bekannt. Die Untersuchung der mikrobiellen Diversität sowie der strukturellen und funktionellen Zusammensetzung der Mikroorganismengemeinschaften steht gerade erst am Anfang.

Schadstoffe, die über verschiedenste Eintragspfade in den Boden gelangen, stellen potentielle Stör- und Stressfaktoren für Mikroorganismen dar. Ausgewählt wurden vier an- und organische Schadstoffe, die aufgrund ihrer Umweltkonzentration und ihrer stofflichen Eigenschaften eine hohe Umweltrelevanz besitzen.

Ziel dieser Arbeit war es, kurz- und längerfristige Effekte von Kupfer sowie Isoproturon, Nonylphenol und Tetracyclin auf die Diversität und Funktionalität der mikrobiellen Gemeinschaft zu untersuchen.

Material und Methoden

Je Wirkstoff wurden jeweils zwei Gehalte plus eine unabhängige Kontrolle an einem unbelasteten Boden über einen sechsmonatigen Versuchszeitraum untersucht. Die C-Mineralisationskinetik gab Aufschluss über die Funktionalität der Mikroorganismen und ihre Verwertungseffektivität. Mit Hilfe der BIOLOG-Analyse wurde die funktionelle Diversität ermittelt.

Tab. 1: Übersicht der getesteten Wirkstoffgehalte im Boden

Wirksubstanz	Kontrolle	niedrige	hohe Dosis
Kupfer	0 mg kg ⁻¹	50 mg kg ⁻¹	500 mg kg ⁻¹
Isoproturon	0 mg kg ⁻¹	2 mg kg ⁻¹ ^{a)}	20 mg kg ⁻¹
Nonylphenol	0 mg kg ⁻¹	1 mg kg ⁻¹	10 mg kg ⁻¹
Tetracyclin	0 mg kg ⁻¹	0,1 mg kg ⁻¹	10 mg kg ⁻¹

a) entspricht 3 L *Hora Flo* pro ha

Ergebnisse und Diskussion

Alle vier Wirkstoffe hatten in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Beprobung und in Abhängigkeit des Wirkstoff-Gehalts im Boden sowohl die Funktionalität als auch die funktionelle Diversität verändert. Besonders starke und langfristige Effekte riefen Kupfer und Nonylphenol hervor. Während das Schwermetall zu einer Reduktion der C-Mineralisation

führte, bewirkten die organischen Schadstoffe Isoproturon (Herbizid), Nonylphenol und Tetracyclin (Antibiotikum) Stimulationen. Das Herbizid stach bereits durch die praxisübliche Anwendungsmenge (entspricht 2 mg kg⁻¹) hervor, die zu einer erhöhten und gleichzeitig verzögerten C-Mineralisation führte. Die gleiche Wirkstoff-Variante führte auch kurzfristig zu einer veränderten funktionellen Diversität, die mittels Substratnutzungstest nach BIOLOG erfasst wurde.

Im Gegensatz dazu zeigten besonders die beiden hohen Wirkstoff-Gehalte von Kupfer und Nonylphenol auch längerfristig eine durch

¹ Universität Trier, FB VI – Bodenkunde

² z.Z. Universität Hohenheim, Inst. f. Bodenkunde & Standortslehre, FG Bodenbiologie

die Schadstoff-Anwesenheit modifizierte Veränderung der funktionellen Diversität auf.

Die teilweise konträren Ergebnisse könnten darauf zurückgeführt werden, dass Kupfer ein persistentes Enzymgift darstellt und so eine Vielzahl von Mikroorganismen stark und langfristig schädigt. Organische Schadstoffe sind hingegen einem biologischen Abbau unterworfen, so dass der Expositionszeitraum prinzipiell kürzer als bei anorganischen Schadstoffen ist. Trotzdem können Verweildauer und Toxizität von organischen Schadstoffen ausreichen, um Mikroorganismen nach relativ kurzer Zeit nachhaltig zu schädigen, wie bereits bei der praxisüblichen Anwendungsmenge Isoproturon im Boden gezeigt wurde. Zwar erzeugten die organischen Verbindungen Stimulationen, doch

auch diese Stimulationen bedeuten systemare Veränderungen, deren Folgen noch nicht abzuschätzen sind und im Gesamtkontext (bei gleichzeitig reduzierter Biomasse) betrachtet werden müssen.

Neben der Wirkstoff-Art und der zeitlichen Entwicklung der Resultate wurden auch konzentrationsabhängige Unterschiede zwischen den Wirkstoffen deutlich. So wurde bei Kupfer und Nonylphenol mit steigendem Wirkstoffgehalt auch eine zunehmende Wirkung erzielt. Bei Isoproturon hingegen fiel die niedrige Schadstoff-Menge auf, während bei dem zehnfachen Isoproturon-Gehalt teilweise keine Veränderungen der getesteten Parameter beobachtet wurden (BIOLOG).

Tab. 2: Effekte der vier getesteten Wirkstoffe auf verschiedene Parameter (+ = Stimulation; - = Reduktion; # = Veränderung; 0 = keine Reaktion)

Parameter	Zeit	Wirkstoffe (in mg kg ⁻¹)								
		Cu		IPU		NP		TC		
		50	500	2	20	1	10	0,1	10	
Mikrobielle Biomasse	C _{mik} , (C _{mik} /C _{org})	kurzfristig	-	-	-	-	0	-	0	0
		langfristig	0	-	-	-	0	-	-	0
	N _{mik}	kurzfristig	-	-	0	-	/	/	/	/
		langfristig	-	-	0	0	/	/	/	/
Mikrobielle Aktivität	Rb	kurzfristig	-	-	+	+	+	+	0	0
		langfristig	-	-	-	-	-	-	0	0
Verwertungseffektivität	qCO ₂	kurzfristig	-	+	+	+	0	+	0	0
		langfristig	-	-	-	+	0	0	0	0
	C-Mineralisation	kurzfristig	-	-	+	+	+	+	+	0
		langfristig	/	/	/	/	/	/	0	0
	μCO ₂	kurzfristig	-	-	+	+	0	0	+	+
		langfristig	/	/	/	/	/	/	-	+
Funktionelle Diversität	BIOLOG	kurzfristig	0	-	+	0	0	+	0	0
	ANOVA	langfristig	0	0	0	0	0	+	0	0
	BIOLOG	kurzfristig	0	#	#	0	0	#	0	0
	Diskriminanz	langfristig	#	#	0	0	0	#	#	#

Literatur:

Bengtsson, J. (1998): Which species? Which kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function.- In: *Applied Soil Ecology* 10, 191-199

Ekschmitt, K. & Griffiths, B.S. (1998) Soil biodiversity and its implications for ecosystem functioning fo a heterogeneous and variable environment.- In: *Applied Soil Ecology* 10, 201-215

Fließbach, A. & Mäder, P. (1997) Carbon source utilization by microbial communities in soils under organic and conventional farming practice.- In: Insam, H. & Rangger, A. (Hrsg.): *Microbial communities – functional*

versus structural approaches, Berlin, Heidelberg, New York, 109-120

Griffiths, B.S.; Bonkowski, M.; Roy, J.; Ritz, K. (2001): Functional stability, substrate utilisation and biological indicators of soils following environmental impacts.- In: *Applied Soil Ecology* 16, 49-61

Pfeiffer, C.; Emmerling, C.; Schröder, D.; Niemeyer, J. (1998): Antibiotika (Ivermectin, Monensin) und endokrine Umweltchemikalien (Nonylphenol, Ethinylöstradiol) im Boden.- In: *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie* 10 (3), 147-153.

Heavy metal effects on biological activity and microbial communities in soils of SW-England

P. Filzek*, N. Parekh**, D. Spurgeon***, G. Broll* and J. Weeks****

Objective

Does the degree of heavy metal contamination in soils influence the soil biological activity and the microbial community structure according to the bacterial metabolic potential in the vicinity of a smelting works?

Study area and Study sites

- smelter in the Avonmouth area close to Bristol
- transect of six grassland sites from close to the smelter (site 6: 0.85 km distance) to the north-east (site 1: 8.1 km distance)
- Contamination source: Zinc-lead-cadmium detailed descriptions are given in FILZEK et al. (in press)

Methods

Field

- soil profile characterisation and classification including humus forms according to AVERY (1980), GREEN et al. (1993), AG BODEN (1994), and SSLRC (1998)
- soil sampling:
 - mineral soil (0-10 cm): 3 field replicates consisting of 8 subsamples each (designation according to site and field replicate, e.g. 2-1)
 - organic horizons (F & H layers where present): 1 field replicate of each site consisting of 3 subsamples (designation according to site and organic horizon)
- soil moisture: 0-4cm mineral soil sampled in metal cylinders of 80 cm³ volume; organic horizons sampled as monoliths; three field replicates; dried by 105°C
- soil temperature 5cm below surface: Tinitalk II Temperature Dataloggers (Gemini Data Loggers UK Ltd.)
- Feeding activity: bait lamina test (VON TÖRNE 1990a,b)
 - strips and bait material: Terra Protecta GmbH
 - vertical deployment in the upper 8cm of soil
 - pre-test: 5 strips per site, exposure: 10-24 days
 - main test: 3 plots á 16 strips per site, exposure: 6 days
 - Spearman rank correlation coefficient

Laboratory

Heavy metal concentrations

- Cd, Cu, Pb, Zn (nitric acid extractable)
- C, N_i (Elemental Analyser)

Metabolic profiles of soil bacterial communities: BIOLOG

- extraction of soil bacteria by cation exchange method based on MACDONALD (1986)
- determination of dilutions of soil extracts containing 10³-10⁴ CFU (= colony forming units): plate counts on 10 % nutrient agar containing cycloheximide
- inoculation of soil extract in GN BIOLOG MicroPlates™ containing 95 different carbon sources and a redox-dye indicating the intensity of substrate oxidation (GARLAND & MILLS 1991)
- measurement of optical density at 590nm (OD-value) after 0, 48, 72, 96, 120, 168 and 240 hours of incubation
- correction of the OD-value for initial colour intensity and control well
- Normalisation of the corrected OD-value: division by the Average well colour development (AWCD) for the specific plate and time (see GARLAND 1996)

- Statistical evaluation by partial Principle Component Analysis (partial PCA) and partial Redundancy Analysis (RDA) (+ significance by Monte-Carlo permutation test) with CANOCO 4.0, CanoDraw 3.1 and CanoPost 1.0

Results

Heavy metal concentrations and soil characteristics

- Spearman rank correlation coefficient (-0.428) between feeding classes and site numbers revealed a highly significant decrease of feeding activity with increasing proximity to the smelter.
- Average moisture contents ranged from 27 to 48 mass % in the top mineral soil and from 56 to 69 mass % in the organic layers (sites 4-6) during bait lamina exposure (data not shown). All but one plot were within an optimum range for feeding activity, being neither too wet nor too dry. Strong reductions of soil moisture at the sun-exposed slope of site 3 may have reduced the feeding activity.
- Average soil temperature (5cm depth below litter/soil surface) ranged from 11.7°C to 13.9°C for all sites. The small differences between sites are suggested to have a negligible effect.

*Department of Geocology, University of Vechta, Germany; ** CEH Merlewood, U.K.; *** CEH Monks Wood, U.K.; **** WRc-NSF Ltd, U.K.
Contact: Petra.Filzek@post.rwth-aachen.de

Metabolic profiles of soil microbiological communities

- PCA showed very strong influence of C_{org} content on substrate utilisation and, thus, on sample distribution in the ordination plot → partial PCA: effects of C_{org} were partialled out prior to analysis

Partial PCA:

- cumulative explained variance (CEV) of substrate utilisation by the first two Principle Components (PCs): 34.5%
- environmental variables (arrows of Cd, Cu, Pb and Zn) added to the plot in a subsequent step; correlation coefficients of metals with 1st PC: 0.67-0.81

Partial RDA:

- ordination axes obtained by heavy metal concentrations and their correlation with substrate utilisation → only variance explained by metals is reflected
- metals jointly explain 30% of variance in substrate utilisation ($p = 0.002$; $F = 1.764$)
- first two axes explain 26% of variance
- very high substrate-environment correlations → variance well explained by heavy metals

Partial PCA ↔ partial RDA

- much alike → confirmation of statistical general trend in sample distribution very results that metal concentrations well explained the variance in substrate utilisation

Summary

Along the investigated transect from the smelter in Avonmouth, a heavy metal gradient was shown with high soil concentrations close to the works that decreased with increasing distance from the smelter. Changes in faunal feeding activity and microbial community structure were observed that were, indeed, related to the heavy metal contamination:

At sites 1 and 2 (5.6 km from the smelter), no direct influence of heavy metal toxicity on the soil biota was observed. Site 3 (elevated soil metal concentrations) showed first distinct signs of a shift in the bacterial community structure according to the metabolic profile. Within 1.5 km of the plant (sites 4-6), soils were highly contaminated. Here, the heavy metal induced shift in the bacterial community structure increased gradually in comparison to the more distant, less contaminated sites. The resulting communities appeared to be less stable (great differences in substrate utilisation at one site) than those at the less contaminated sites, a phenomenon observed also by KNIGHT et al. (1997). Additionally, the soil faunal feeding activity

was severely reduced in comparison to less contaminated sites.

Consequences of these severe changes for the soil decomposition process appear to be disturbed humus forms with an unnaturally high accumulation of organic matter and a lack of bioturbation as observed at sites 4-6 by FILZEK et al. (in press).

Literature

AG BODEN (1994): *Bodenkundliche Kartieranleitung*, 4th edition, Hannover

AVERY, B.W. (1980): *Soil Classification for England and Wales – Higher Categories*. Soil Survey Technical Monograph 14, Harpenden, UK

FILZEK, P.D.B., SPURGEON, D.J., BROLL, G., SVENDSEN, C., HANKARD, P.K., KAMMENGA, J.E. & J.M. WEEKS (in press): Pedological characterisation of sites along a transect from a primary cadmium/lead/zinc smelting works. *Ecotoxicology*

GARLAND, J.L. (1996): Analytical approaches to the characterization of samples of microbial communities using patterns of potential C source utilization by rhizosphere communities. *Soil Biology and Biochemistry* 28, 213-221

GARLAND, J.L. & A.L. MILLS (1991): Classification and Characterization of Heterotrophic Microbial Communities on the Basis of Patterns of Community-Level Sole-Carbon-Source Utilization. *Applied Environmental Microbiology* 57, 2351-2359

GREEN, R.N., TROWBRIDGE, R.L. & K. KLINKA (1993): Towards a taxonomic classification of humus forms. In: *Forest Science Monographs* 29, 1-48

KNIGHT, B.P., MCGRATH, S.P. & A.M. CHAUDRI (1997): Biomass Carbon Measurements and Substrate Utilization Patterns of Microbial Populations from Soils Amended with Cadmium, Copper, or Zinc. *Applied Environmental Microbiology* 63, 39-43

MACDONALD, R.M. (1986): Sampling soil microfloras: dispersion of soil by ion exchange and extraction of specific microorganisms from suspension by elutriation. *Soil Biology and Biochemistry* 18, 399-406

SSLRC (1998): *Soil map of the Bristol Area (1:50,000)*. Soil Survey & Land Research Centre, unpublished

TÖRNE VON, E. (1990a): Assessing the feeding activities of soil-living animals. I. Bait-lamina-tests. *Pedobiologia* 34, 89-101

TÖRNE VON, E. (1990b): Schätzungen von Fraßaktivitäten bodenlebender Tiere. II. Mini-Köder-Tests. *Pedobiologia* 34, 269-279

Einfluss einer kombinierten Zugabe von Zn und Cd auf die Bodenatmung und Dehydrogenaseaktivität in einer sauren Braunerde

Anissimova, M., G. Welp und G. W. Brümmer

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

Einleitung

Schwermetalle (SM) in Böden können bei Überschreiten bestimmter Grenzkonzentrationen verschiedene Bodenfunktionen empfindlich und nachhaltig stören. Neben Schädigungen der Nutzungsfunktion sowie der Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften ist dabei auch die Lebensraumfunktion betroffen. Bodenmikroorganismen bilden durch ihre Beteiligung an Nährstoffkreisläufen und ihren wesentlichen Beitrag am Abbau organischer Schadstoffe einen essentiellen Bestandteil fruchtbarer Böden. Eine dauerhafte Schädigung durch zu hohe Gehalte an Schwermetallen müssen also vermieden werden. Untersuchungen zum Einfluss von SM auf die Bodenmikroflora basieren in der großen Mehrzahl auf Einzelstoffbetrachtungen und lassen außer Acht, dass belastete Böden in der Regel mit mehreren Schadstoffen gleichzeitig kontaminiert sind. Die summarische Wirkung kann in solchen Fällen gleich der Summe der Effekte der Einzelsubstanzen sein (additive Wirkung); sie kann aber auch stärker (synergistische Wirkung) oder schwächer sein (antagonistische Wirkung) (Wallace & Berry, 1989; Zhou De-Zhi et al., 1991). Bei der Ableitung von Grenzwerten für Schadstoffe in Böden bleiben diese Kombinations- oder Wechselwirkungen bislang unberücksichtigt.

In der vorliegenden Arbeit möchten wir erste Ergebnisse einer größeren Versuchsserie vorstellen, bei der für insgesamt vier SM systematisch Kombinationseffekte untersucht wurden.

Material und Methoden

Proben einer sauren Braunerde aus der Umgebung von Bonn (Kennwerte in Tab. 1) wurden zunächst mit Cd-Zugaben von 0,5-2000 mg kg⁻¹ versetzt. Mit Hilfe von Messungen zur Dehydrogenaseaktivität (Dha, INT-Methode; n. Trevors, 1984) und zur substratinduzierten Respiration (SIR; n. Anderson & Domsch, 1978, Messdauer 24 h) wurden Dosis-Wirkungs-Beziehungen (DWB) erstellt. Es folgten

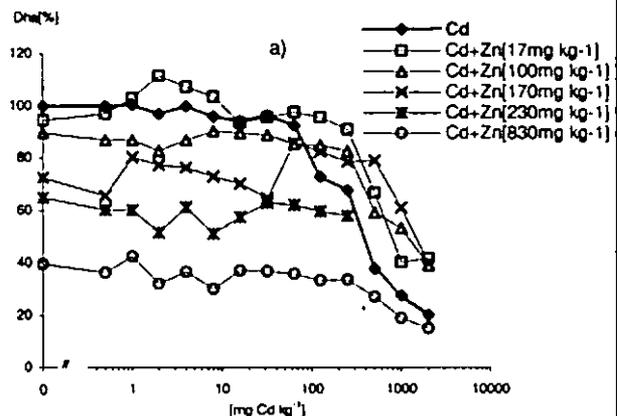
Kombinationstests mit Cd und Zn, bei denen Zn innerhalb einer Cd-DWB immer eine konstante Grundbelastung bildete, die insgesamt zwischen 17 und 830 mg kg⁻¹ Zn variierte. Bei den Dha-Tests wurden vier Wiederholungen für jede Dosis angesetzt, bei den SIR-Tests wurden Einzelproben gemessen.

Tabelle 1. Ausgewählte Eigenschaften und Metallgehalte im untersuchten Boden: Metal_m - NH₄NO₃-extrahierbare Gehalte; Metal_{tot} - Gesamtgehalt nach Aufschluss mit aqua regia (DIN ISO 11466).

pH (CaCl ₂)	C _{org} (%)	N _{tot} (%)	(mg kg ⁻¹)			
			Cd _m	Cd _{tot}	Zn _m	Zn _{tot}
5.2	1.3	0.12	0.07	0.65	5.18	95.5

Ergebnisse und Diskussion

Dehydrogenaseaktivität In den Abb. 1a + b erfolgt die Darstellung der DWB für Cd ohne und mit Zn-Grundbelastung zum einen in Prozent der unbelasteten Kontrolle (ohne Cd, ohne Zn, Abb.1a) und zum anderen mit einem einheitlichen Bezug auf 100% (d.h. in % der Kontrolle ohne bzw. mit Grundbelastung; Abb.1b). Während bei alleiniger Cd-Zugabe die Dha bei Dosen über 64 mg kg⁻¹ deutlich absinkt, ist bei den DWB mit Zn-Grundbelastung bis Cd-Dosen von 250 mg kg⁻¹ verlängerter "non-effect-level" erkennbar. Die Darstellungsweise in Abb. 1b verdeutlicht, dass durch die gleichzeitige Gabe von Zn die toxische Wirkung von Cd im Bereich hoher Cd-Dosen gemindert wird und somit ein antagonistischer Effekt vorliegt.



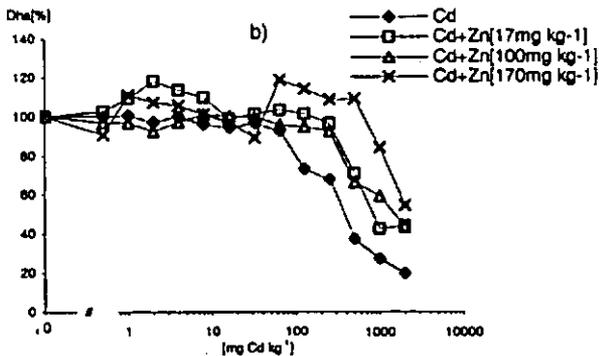


Abb. 1. Dehydrogenaseaktivität ohne und mit Zn-Grundbelastung in Abhängigkeit von der Cd-Zugabe. a): in Prozent der unbelasteten Kontrolle; b): in Prozent der Kontrolle. Sd 0,7-10%

Substratinduzierte Respiration Abweichend von den Dha-Tests ist bei den SIR-Messungen keine toxisitätsmindernde Zn-Wirkung feststellbar. Umgekehrt ist bei Cd-Dosen > 64 mg kg⁻¹ und Zn-Grundbelastungen ≥ 100 mg kg⁻¹ eine verstärkte SIR-Abnahme feststellbar. Die SIR ist damit bei diesen Cd-Zn-Kombinationen durch additive bis synergistische Wirkung gekennzeichnet.

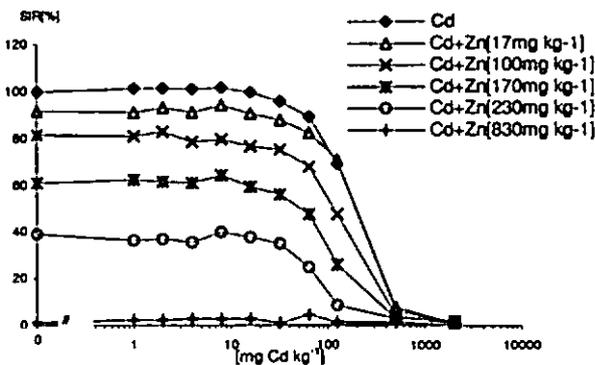


Abb. 2. Substratinduzierte Respiration ohne und mit Zn-Grundbelastung in Abhängigkeit von der Cd-Zugabe in Prozent der unbelasteten Kontrolle.

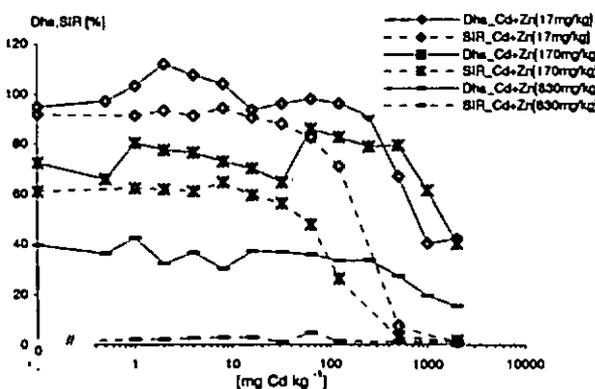


Abb. 3. Gegenüberstellung von Dha und SIR für drei ausgewählte Zn-Grundbelastungen in Prozent der unbelasteten Kontrolle.

Gegenüberstellung der Ergebnisse von Dha und SIR In Abb. 3 werden Cd-DWB auf Basis von Dha- und SIR-Messungen bei Zn-Grundbelastungen von 17, 170 und 830 mg kg⁻¹ gegenübergestellt. Die SIR reagiert bei diesen

Cd-Zn-Kombinationen deutlich sensibler ("non-effect-level" bis ~ 16 mg Cd kg⁻¹) als die DHA ("non-effect-level" bis 250 mg Cd kg⁻¹). Die größere Schwermetalltoleranz der Dha ist eventuell auf eine Freisetzung noch funktionierender Enzyme aus beschädigten oder toten Zellen zurückzuführen (Schinner & Sonnleitner, 1996); denkbar ist auch eine bessere Versorgung anaerober Dehydrogenasen mit zweiwertigen Kationen (z.B. Zn²⁺), die sie zu ihrer eigenen Bildung benötigen (Vallee, 1983). Da Pilze und Bakterien unterschiedlich sensitiv auf Schwermetalle reagieren, können auch variierende Anteile pilzlicher und bakterieller Biomasse bei der Dha und der SIR von Bedeutung sein.

Die dargestellten Ergebnisse machen gleichzeitig deutlich, dass für eine sinnvolle Abschätzung der Wirkung von SM-Belastungen auf Bodenmikroorganismen möglichst mehrere verschiedene mikrobiologische Testverfahren heranzuziehen sind.

Schlussfolgerungen

Wie die bislang ermittelten DWB belegen, sind „normale“ additive Wirkungen von Cd und Zn in Bezug auf die Dha und die SIR des Bodens möglich, aber nicht die Regel. So zeigen z.B. Dha-Messungen bei höheren Cd-Zugaben und allen Zn-Grundbelastungen deutliche antagonistische Effekte. Dagegen ergeben sich für die substratinduzierte Respiration bei den gleichen Cd-Zn-Kombinationen überwiegend additive bis synergistische Effekte. Kombinationswirkungen von SM können damit bei verschiedenen mikrobiologischen Parametern unterschiedlich ausgeprägt sein. Eine Risikobewertung sollte daher die Ergebnisse mehrerer Testverfahren berücksichtigen.

Literatur

Anderson, J.P.E., K.-H. Domsch (1978): A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil Biol. Biochem.* 10, 215-221.

Schinner, F., R. Sonnleitner (1996): Bodenökologie: Mikrobiologie und Bodenenzymatik. Band I: Grundlagen, Klima, Vegetation und Bodentyp. Springer Verlag Berlin Heidelberg, S. 146.

Trevors, J.T. (1984): Dehydrogenase activity in soil: A comparison between the INT and TTC assay. *Soil. Biol. Biochem.*, 16, 673-674.

Vallee, B. L. (1983): Zinc-Enzymes. Wiley, New York, S. 3-24.

Wallace, A., W.L.Berry (1989). Dose-response curves for zinc, cadmium, and nickel in combinations of one, two, or three. *Soil Science*, 147,6, 401-410.

Zhou, De-Zhi, Gu Zong-Lian, Xie Si-Qin, Wu Liu-Song (1991): Effect of Synergism and Antagonism between Metals on Toxicity in Soils. *Pedosphere*, 1,2, 177-187.

Kinetic respiration analysis as a tool for monitoring of soil microbial communities under environmental impact

S.A. Blagodatsky^{1,2}, E.V. Blagodatskaya^{1,2}, T.-H. Anderson¹

Introduction

The goal of our study was a comparison of microbial growth response presented as CO₂ production rates in substrate amended soils under different environmental impacts. By this means we have tested the kinetic approach (Panikov & Sizova, 1996, Blagodatsky et al., 2000) for applicability in microbial ecology studies.

Theory and methods

Rate of CO₂ production in soils amended with glucose and nutrient solutions (NPK) was recorded every half an hour using an automated continuous-flow system with infrared gas analyser (Heinemeyer et al., 1989). The obtained data were described by the time-dependent function for soil respiration rate (v):

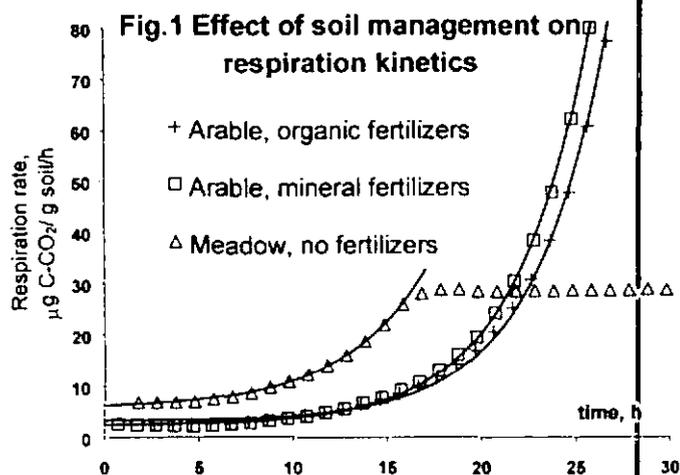
$$v(t) = A + B \cdot \exp(\mu t),$$

where μ - specific growth rate of microorganisms, A - initial rate of uncoupled (non-growth) respiration, B - initial rate of coupled (growth) respiration. Identification of the model parameters gives an estimate of microbial biomass and ratio between its growing (B) and sustaining (A) parts - just before test amendment. Lag-phase in microbial growth was calculated as a period of time between glucose addition and moment when respiration connected with growth (second part in equation) was equal to non-growth respiration (A).

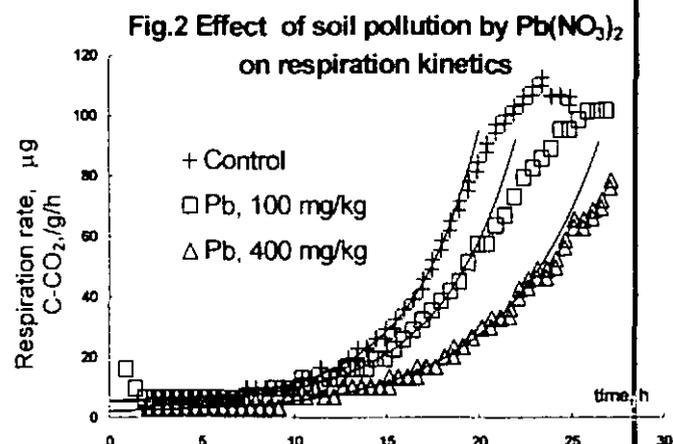
Results and Discussion

The applied approach demonstrated distinct differences for microbial communities in soils varying by their environmental status.

In the first case (fig.1), fertilization by organic or mineral fertilizers lead to changes in kinetic characteristics of microbial growth for soils in long-term experiment of FAL



(Braunschweig). Ploughing of soil and application of fertilizers lead to an increase of μ_{max} for the soil microbial community, but the total amount of microbial biomass and fraction of growing biomass were less in these soils as compared to unfertilized soil of the same type under grassland (Table).



Soil pollution by Pb (Fig.2) in field microplots with grass (*Dactylis glomerata*) lead to a decrease of both total soil microbial biomass and specific growth rate of soil microorganisms. On the contrary, the fraction of growing biomass and even it's absolute quantity were larger for polluted soils by Pb (Table). Such a response could be explained by toxic stress of the soil microbial community that is expressed in higher respiration activity of those smaller part of soil microbial biomass which survive after the Pb application.

In field experiment in FAL with sugar beet we studied the rhizosphere effect (Fig.3). Microbial communities in the rhizosphere had a shorter lag-phase of respiration response and a larger fraction of growing biomass as compared with microbial communities of bare soil (Table).

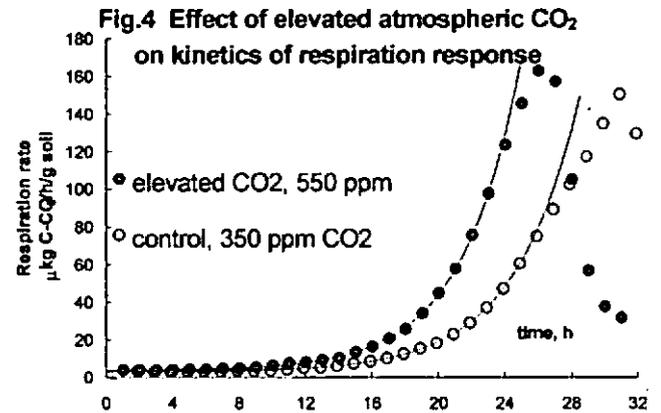
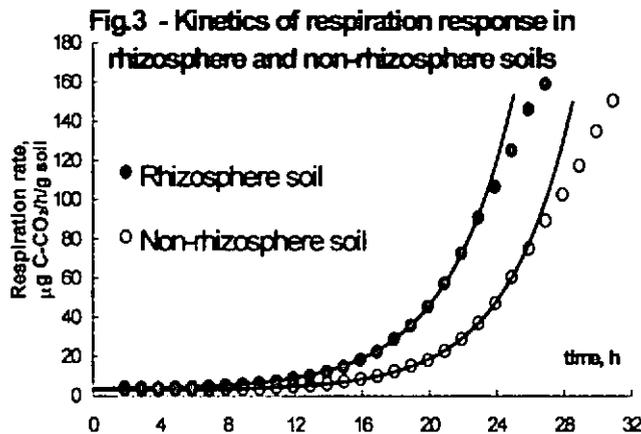
Microbial communities in soil under plants growing at elevated atmospheric CO₂

¹ - Institute of Agroecology, FAL, Braunschweig and

² - Institute of Physico-chemical and Biological Problems in Soil Science, RAS, Pushchino, Russia

Table. Parameters of microbial growth response after soil amendment with glucose

Case	Variant	μ_{max} , specific growth rate h^{-1}	A, initial rate of non-growth respiration	B, initial rate of growth respiration	lag-time, h
			$C-CO_2 \mu g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$		
1	Organic fertilizers	0.26 ± 0.002	3.22 ± 0.26	0.076 ± 0.004	14.5
	Mineral fertilizers	0.255 ± 0.003	2.39 ± 0.28	0.11 ± 0.009	12.1
	No fertilizers	0.23 ± 0.028	5.72 ± 0.70	0.533 ± 0.237	10.3
2	Control	0.27 ± 0.006	5.25 ± 0.30	0.41 ± 0.045	9.5
	Pb, 100 mg/kg	0.24 ± 0.008	4.77 ± 0.38	0.45 ± 0.069	9.9
	Pb, 400 mg/kg	0.19 ± 0.005	1.71 ± 0.29	0.55 ± 0.066	5.9
3	Rhizosphere	0.25 ± 0.005	3.21 ± 0.39	0.297 ± 0.034	9.6
	Non-rhizosphere	0.26 ± 0.007	2.90 ± 0.33	0.103 ± 0.017	12.8
4	Control	0.26 ± 0.008	2.82 ± 0.33	0.09 ± 0.02	13.3
	Elevated CO2	0.28 ± 0.005	3.62 ± 0.33	0.138 ± 0.016	11.5



(550 ppm) were studied in a field experiment at FAL by Free Air Carbon Enrichment. Microbial growth parameters for soils under conditions of CO₂ enrichment differs from those in control soil at ambient CO₂ concentration (Fig.4, Table, case 4). Higher level of root exudation in case of CO₂ enrichment seems to stimulate the microbial activity as compared to the control variant: higher specific growth rate (μ_{max}), larger biomass size and larger fraction of growing biomass were recorded.

It should be stressed as a conclusion that the use of automated recording of soil respiration rate together with application of simple model for data description gives a qualitatively new information about the state of soil microbial community. This approach showed a good potential for soil ecological studies.

References

Blagodatsky S.A., Heinemeyer O., Richter J. 2000 Estimating the active and total soil microbial biomass by kinetic respiration analysis. *Biol. Fertil. Soils* 32:73-81.

Panikov, N.S., and M.V. Sizova. 1996 A kinetic method for estimating the biomass of microbial functional groups in soil. *J. of Microbiological Methods*. 24:219-230.

Heinemeyer, O., H. Insam, E.-A. Kaiser, and G. Walenzik. 1989. Soil microbial biomass and respiration measurements: an automated technique based on infra-red gas analysis. *Plant & Soil* 116:191-195.

Acknowledgements

We are grateful to the Alexander von Humboldt Foundation for funding the participation of SAB in the Workshop. Research was supported by Russian Foundation for Basic Research (gr. NN 02-04-49843, 01-04-48533), DAAD, BMVEL, INTAS and NWO

MICROBIAL BIOMASS AND ITS TURNOVER IN SOIL AND RHIZOSPHERE

I. Yevdokimov, R. Ruser, F. Buegger,
D. Schneider, F. Kaltwasser, J.-C. Munch

Objectives

Understanding of the relationships in the *plant roots – microorganisms – soil system* demands reliable information on specific growth characteristics of microbial community in soil and rhizosphere as related to availability of specific growth substrates exuded by host plants. In this connection the objectives of our investigation were to determine:

- i) dynamics of dissolved organic C, microbial biomass and microbial growth rates in soil and rhizosphere;
- ii) C sources readily available for the consumption and mineralization by rhizosphere and soil microorganisms.

Experimental design and methodological approaches

Dynamics of microbial biomass and its turnover was studied in greenhouse experiment with plants of oats (*Avena sativa L.*). Plants of oats were grown in pots, with seedlings put into special nylon meshes to isolate a rhizosphere from bulk soil. Plants and soil were sampled periodically during all the period of vegetation and after harvesting (totally 14 samplings). Microbial biomass in rhizosphere and bulk soil was determined by fumigation-extraction (FE) (Vance et al., 1987), SIR (Anderson and Domsch, 1978) and kinetic (Panikov and Sizova, 1996) methods. *Kinetic method* involves simulation of both transition process of soil microorganisms from sustaining to the active state, (lag phase) and exponential phase of microbial growth after addition of the excess quantities of readily

decomposable C substrate. It allows to estimate the fraction of “active” microbial biomass in soil, i.e. capable to respiration coupled with the processes of constructive metabolism (Blagodatsky et al., 2000).

Sizes of C pools available to rhizosphere and soil microorganisms were determined as dissolved organic carbon (DOC) in soil, and by Wright-Hobbie (Panikov et al., 1992) assay. The method involves measuring respiration response of bulk/rhizosphere soil samples to the addition of different concentrations of C-source (C-substrate).

For both kinetic approach and Wright-Hobbie technique we used two C substrates :
i) glucose with mineral NPK salts and;
ii) artificial mixture of 46 sugars, amino- and organic acids + NPK salts (“organic mixture”), simulating the real rhizodeposits in soil under grains.

Results and Discussion

Dynamics of *total microbial C* was found similar for all the methodological approaches tested – for conventional FE and SIR methods and for kinetic approach as well. Total C_{mic} was up to 2-3 times greater in rhizosphere than in bulk soil, with starting the most prominent differences at the flowering stage. Values of microbial C obtained by kinetic approach were sufficiently higher than those determined by FE and SIR methods. The probable reason is the partial underestimation of microbial C in FE and SIR methods caused by the using of constant conversion factors when calculating C_{mic} .

Active microbial biomass C in bulk soil and rhizosphere determined by kinetic approach was considerably higher at the presence of “organic mixture” than in soil with glucose added. The probable reason is that the “organic mixture” simulating real root exudates is more preferable substrate for the microbial communities both in bulk and rhizosphere soil. The pool of active microbial biomass in rhizosphere was as much as 2 – 5 times greater than in bulk soil.

Available C determined by Wright-Hobbie technique was lower for both the substrates tested (glucose and "organic mixture") than concentrations of dissolved organic carbon (DOC) for almost all the samplings. It means that the microbial community capable for quick utilization of glucose or organic mixture was able to use only a fraction of total DOC pool. Ratio between total DOC pool and C pool available for microbial utilization varied greatly during the experiment.

Maximal specific growth rates (μ_{\max}) (i.e. μ of microbial communities unlimited by nutrients) varied from 0.15 to 0.35 h⁻¹, with weakly expressed increase by the end of the experiment, and with higher μ_{\max} values in bulk soil compared to rhizosphere.

Available C determined by Wright-Hobbie technique allows to estimate **real specific growth rates** of microorganisms in bulk soil and rhizosphere (μ_{real}) (Blagodatsky et al., 1994). Values of real specific growth rates varied from about 0.05 to 0.22 h⁻¹, with meaningful differences between rhizosphere and bulk soil starting with the flowering stage, and with sharp increase of available C after oats harvesting (i.e. in the period of intensive decomposition of roots). It was caused by higher concentrations of readily available C in rhizosphere.

Conclusions:

- i) kinetic characteristics of microbial community in soil and rhizosphere depended on the composition of C substrates added;
- ii) sharp oscillations of active biomass were observed both in bulk soil and rhizosphere for all the period of the experiment, with dramatic declination of active pools after harvesting;
- iii) values of total microbial C pool, active microbial biomass, available C substrate, and real specific growth rates of microbial community were respectively up to approx. 3, 5, 4, and 3 times greater for rhizosphere compared to bulk soil;

iv) the use of kinetic technique in combination with widely used SIR and FE approaches was found promising in studies of complicated interactions in plant roots – microorganisms – soil system.

References

1. Anderson, J.P.E. and Domsch, K.H. (1978): A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.* **10**, 215-221.
2. Blagodatsky, S.A., Blagodatskaya, E.V. and Rozanova, L.N. (1994): Kinetics and strategy of microbial growth in chernozemic soil affected by different long-term fertilization. *Microbiology*, **63**, 165 – 170.
3. Blagodatsky, S.A., Heinemeyer, O. and Richter, J. (2000): Estimating the active and total soil microbial biomass by kinetic respiration analysis. *Biol Fertil. Soils*, **32**, 73-81.
4. Panikov, N.S., Blagodatsky, S.A., Blagodatskaya, J.V. and Glagolev, M.V. (1992): Determination of microbial mineralization activity in soil by modified Wright and Hobby method. *Biol. Fertil. Soils* **14**, 280-287.
5. Panikov N.S., Sizova M.V. (1996): A kinetic method for estimating the biomass of microbial functional groups in soil. *J. Microbiol. Methods* **24**, 219-230.
6. Vance, E.D., Brookes, P.C. and Jenkinson, D. S. (1987): An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, **19**, 703-707.

The work was supported by A. von Humboldt Foundation and RFBR (grant "Russian scientific schools" #00-15-97917, projects 01-04-48468, 02-04-49843 and 02-04-48623).

Verfügbare Kohlenstoff und mikrobielle Atmungsaktivität im Boden

Oliver Dilly

Menge und Qualität der verfügbaren Nährstoffe im Boden beeinflussen metabolische Aktivitäten der Mikroorganismen. In Anwesenheit von leicht verfügbaren Kohlenstoffverbindungen ist die Aktivität von heterotrophen Bodenorganismen meist erhöht. Unter natürlichen Bodenbedingungen ist jedoch die Aktivität der mikrobiellen Gemeinschaften, in Relation zu ihrem Potential, oft gering. Neben niedrigen Atmungsraten deuten Werte des respiratorischen Quotienten auf die Umsetzung von schwer abbaubaren C-Verbindungen hin (Dilly 2001a). Der respiratorische Quotient (RQ), der definiert ist als das Verhältnis von CO_2 -Abgabe zu O_2 -Aufnahme [$\text{Mol CO}_2 \text{ Mol}^{-1} \text{ O}_2$] wurde jedoch selten untersucht, wenngleich die Respirationsrate, sei es auf CO_2 oder O_2 Basis ein fundamentaler Indikator für die Bewertung der Bodenqualität ist. In diesem Artikel sind Untersuchungen zum respiratorischen Quotienten zusammengestellt, die mit einem Sapromaten (Fa. IBUK, Königsbrunn, Germany) durchgeführt wurden. Der Sapromat registriert die O_2 -Aufnahme kontinuierlich und produziert verbrauchten Sauerstoff. Als CO_2 -Absorber wurde NaOH genutzt. Das produzierte CO_2 -Gesamtvolumen wurde über das Volumen von 0.1 mol HCl ermittelt, das zur Titration der Lauge benötigt wurde, bis Phenolphthalein nach farblos umschlug (Dilly 2001b). Nachdem die Basalatmung [BAS] für etwa 18 bis 20 Stunden ermittelt worden war, wurde Glucose zugegeben und danach die substrat-induzierte Respiration in den darauffolgenden 4 Stunden [Maximal Initial Respiratory Response - MIRR] und 4 - 24 h [Wachstum] bestimmt. Es wurden jeweils drei unabhängige Proben analysiert.

In einem Laborexperiment wurde Oberbodenmaterial einer basischen Braunerde unter Fruchtfolge aus dem Bereich der Bornhöveder Seenkette mit 0.2 und 1.5 % [w w^{-1}] Haferstroh versetzt und für 46 Tagen bei 22 °C inkubiert. Danach war während der Basalatmung der RQ-Wert durch die Strohzugabe immer noch erhöht (Abb. 1). Auch während der ersten 4 h nach Glucosezugabe war der RQ-Wert mit Strohgabe erhöht. Demgegenüber war nach 4 h der RQ durch Strohzugabe erniedrigt: Während der Periode von 4

bis 24 h, einer Periode des mikrobiellen Wachstums, nahm der RQ-Wert von der Kontrolle über 0.2 zu 1.5 % hin ab. Eine bessere Substratversorgung induzierte offensichtlich eine Abnahme des RQ hin zu einem Wert von ≈ 1 .

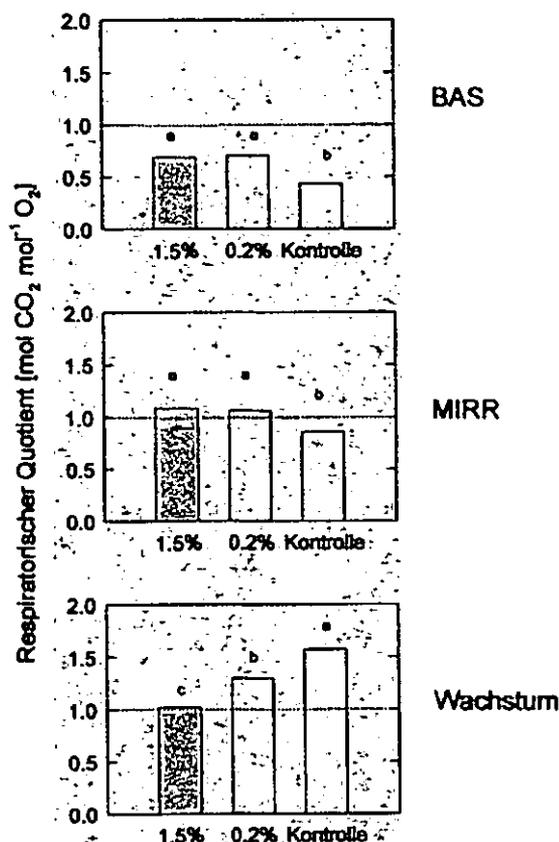


Abb. 1 Respiratorischer Quotient einer basischen Braunerde unter Acker aus dem Bereich der Bornhöveder Seenkette während der Basalatmung [BAS] und der Substrat-induzierten Respiration in den Phasen 0 - 4 h (MIRR) und 4 - 24 h [Wachstum]; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikant unterschiedliche Werte ($p < 0.05$); Daten aus Dilly (2001a)

Der RQ-Wert in L, Of und Ah-Horizont einer sauren Braunerde unter Buchenwald aus dem Bereich der Bornhöveder Seenkette lag während der Basalrespiration in allen drei Bodenkompartmenten deutlich < 1 (Abb. 2). Nach Zugabe von Glucose [MIRR] näherten sich die RQ-Werte erwartungsgemäß ≈ 1 , wobei im Ah-Horizont oftmals deutlich höhere Werte beobachtet wurden, etwa im gezeigten Fall. Zwischen 4 und 24 h nach Glucosezugabe stieg der RQ-Wert mit zunehmender

* Lehrstuhl für Bodenökologie, Technische Universität München, 85758 Neuherberg und Ökologie-Zentrum, Universität Kiel, 24098 Kiel, Deutschland; Email: oliver@ecology.uni-kiel.de, Deutschland

Bodentiefe an. Der zunehmende RQ-Wert zeigt eine unvollständige Glucosemineralisation und anabolische Prozesse an (Dilly 2001a, 2002). Die vermutlich schlechtere Substratversorgung in den oberen Horizonten induzierte höhere RQ-Werte während des mikrobiellen Wachstums.

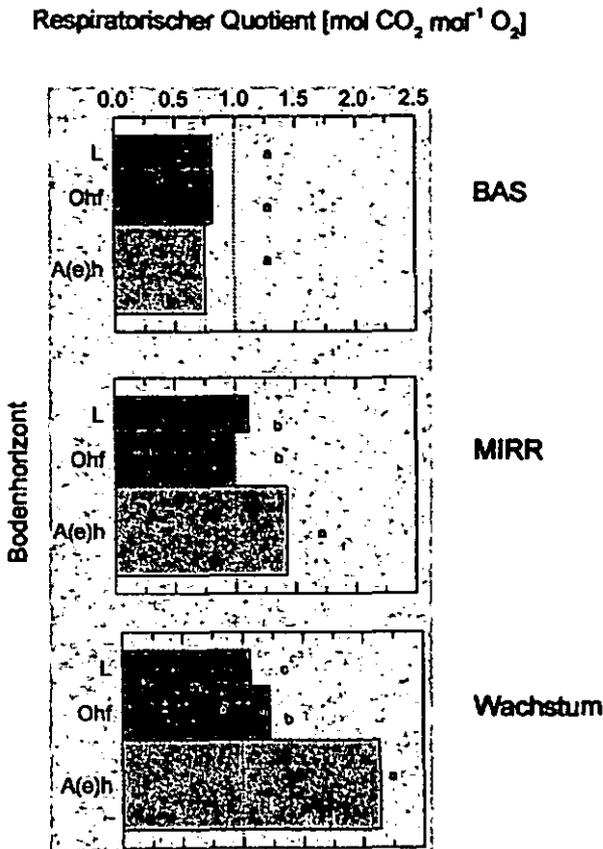


Abb. 2 Respiratorischer Quotient einer sauren Braunerde unter Buchenwald aus dem Bereich der Bornhöveder Seenkette während der Basalatmung und der Substrat-induzierten Respiration in den Phasen 0 - 4 h (MIRR) und 4 - 24 h [Wachstum]; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikant unterschiedliche Werte ($p < 0.05$); Daten aus Dilly (2001a)

Der RQ-Wert erhöhte sich ebenso mit zunehmender Streuzersetzung, in der Wachstumsperiode von 4 - 24 h nach Glucosezugabe ($p = 0.005$, Abb. 3). Dies zeigten Streubeutelexperimente mit Weidelgras und Weizenstroh sowie Roggenstroh vermengt mit Untersaat. Die Streubeutel wurden in Hohenschulen (Norddeutschland), Frankenhausen (Mitteldeutschland) und Scheyern (Süddeutschland) ausgebracht. Im Verlauf der Zersetzung wurden Atmungsraten mit und ohne Glucosezugabe ermittelt. Die im Verlauf der Zersetzung abnehmende Verfügbarkeit der organischen

Verbindungen korrespondiert somit mit zunehmenden RQ-Werten während des glucose-induzierten Wachstums.

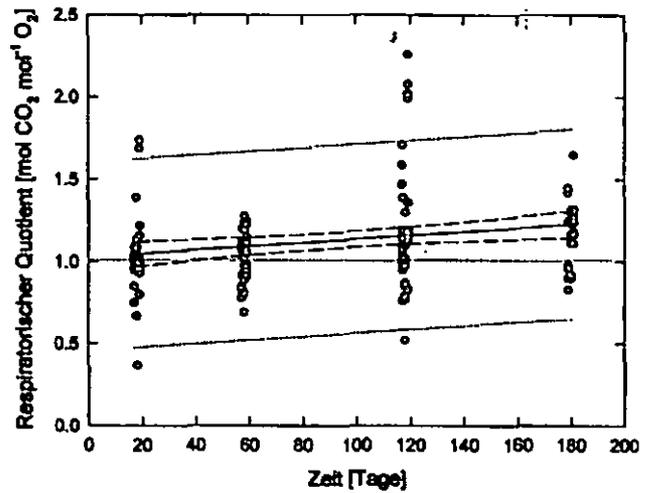


Abb. 3 Respiratorischer Quotient von Streu während der Substrat-induzierten Respiration in der Phase 4 - 24 h (Wachstum) im Verlauf der Zersetzung in basischen Braunerden und Parabraunerden unter Acker in Hohenschulen, Frankenhausen und Scheyern.

Schließlich wurden Messungen nach Glucosezugabe, die einer *in situ* C-Versorgung von 1, 2, 4 und 8 Wochen entspricht, mit den beiden Oberbodenhorizonten der basischen und sauren Braunerde unter Acker und Wald durchgeführt. Die Glucosezugabe induzierte Werte des respiratorischen Quotienten zwischen 0.42 und 1.35. Mit zunehmender Glucosekonzentration erhöhte sich auch der RQ-Wert (Dilly 2002). Die Untersuchungen zeigen, dass die Kombination von CO_2 -Abgabe und O_2 -Aufnahme Informationen über die Umsetzung von Kohlenstoffverbindungen im Boden liefern.

Diese Arbeit wurde durch die DFG (Projektnr. BL 91/35-1 und MU 831/12-1), das BMBF (Projektnr. 0339370) sowie die Länder Schleswig-Holstein und Bayern finanziell gefördert.

Dilly, O., 2001a. Microbial respiratory quotient during basal metabolism and after glucose amendment in soils and litter. *Soil Biology & Biochemistry* 33, 117-127.

Dilly, O., 2001b. Der respiratorische Quotient in unterschiedlich genutzten Böden Norddeutschlands vor und kurz nach der Zugabe von Glucose. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 95, 23-26.

Dilly, O. 2002. Regulation of the respiratory quotient of soil microbiota by availability of nutrients. *FEMS Microbial Ecology* (in press)

Comparison of two different C-source utilization patterns as environmental indicators for microbial communities in a pollution area of a former phosphate fertilizer plant

Uwe Langer¹ and Susanne Korzuch²

Introduction

The vicinity of a former phosphate fertilizer plant in Steudnitz (Thuringia/Germany), operating for two decades, has been polluted drastically by large quantities of alkaline emissions. Some areas became nearly bare of any plant cover or invaded by halotolerant grass-species like *Puccinella distans* Parl. and *Agropyron repens* L. In addition to former investigations of chemical and physical soil properties and microbiological determinations, this resent study characterizes the metabolic diversity of soil micro organisms by two different sole carbon source utilization patterns: Biolog[®]GN microtiter plates and a set of 30 substrates proposed in environmental analyses.

Biolog[®]GN MicroPlates have widely been used to detect the community level with physiological profiles to describe the functional structure of microbial communities in different environments. They incorporate a prefilled and dried redox chemistry to perform 95 different carbon-source-utilization reactions by bacteria and a control well without carbon source. The plates are designed to provide standardized biochemical tests for identifying a broad range of Gram-negative bacteria. Differences in the particular suite of carbon sources on the micro plates relate to characteristics useful in distinguishing among communities. The degree to which a particular substrate is utilized can be quantified by measuring the intensity of colour change caused by incorporation of tetrazolium dye into respiring bacteria. Thus, each plate yields a specific pattern of activities representing the functional attributes of the inoculated bacterial community with respect to a suite of substrates. The number and categories of utilized substrates, as well as activities, constitute a data set from which functional diversity can be assessed. Colour development in each well reflects species activity and density, as well as the ability of a bacterial community to respond to particular substrates. The selection of substrates offered on this multisubstrate plate is not targeted at environmental samples. The need for a set of substrates meeting the special requirements of environmental analyses microtiter plates with 30 carbon substrates (Tab. 1), each in 3 replicates and 6 controls were proposed by Insam (1997, mod.).

Tab. 1: 30 carbon substrates proposed in environmental analyses (Insam 1997, mod.).

Polymers	Carboxylic acids
α-Cyclodextrin	α-Keto glutaric acid
Glycogen	D-Galacturonic acid
Tween 40	D-Glucosaminic acid
Tween 80	D-Malic acid
Carbohydrates	Itaconic acid
α-D-Lactose	Methylpyrovate
β-Mehtyl-D-glucoside	γ-Hydroxybutyric acid
Cellobiose	Amino acids
D-Mannitol	Argenine
L-Erythritol	L-Asparagine
Glucose-1-phosphate	L-Phenylalanine
Xylose	L-Serine
D-Galactonic acid lactone	L-Threonine
N-Acetyl-D-glucosamine	Glycyl-L-glutamic acid
D,L-α-Glycerol phosphate	Amines
Phenolic chemicals	Putrescine
4-Hydroxybenzoate	Phenylethylamine

EcoPlates[®] with 31 substrates are available from Biolog[®]. The reduction in the number of substrates allows statistics at a reasonable number.

Results

The first experiment started with a comparison between 24 h and 48 h of the Biolog[®]GN substrate utilization patterns. The obtained formazan colour development (AWCD) of the most impacted soil 2 was faster and higher than the substrate utilisation of the other soils (Fig. 1a). The reference soils 4 and 5 and also soil 1 showed a slower oxidation rate of the 95 substrates. The metabolic activity of soil 3 ranged between the two foregoing groups. After 48 h the AWCD-values differed more than those after 24 h.

The second experiment included a comparison between 24 h and 48 h of the 30 environmental substrate utilization patterns. The observed substrate kinetics proved similar developments at both times (Fig. 1b). Soil 3 and the most impacted soil 2 showed a fast AWCD und therefore a higher substrate utilisation than the other soils. The reference soils 4 and 5 and also soil 1 were characterized by a slower oxidation rate of the 30 substrates. The differences among the AWCD decreased with increasing incubation time.

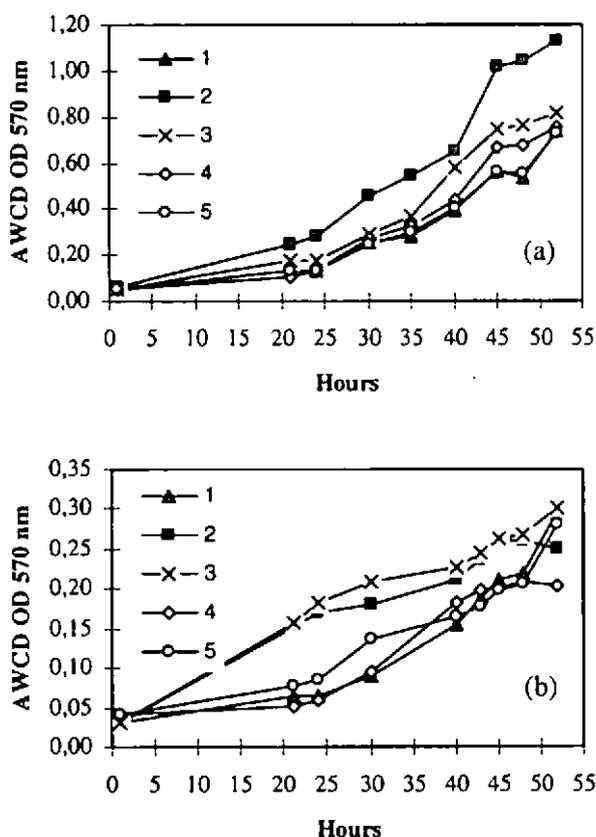


Fig. 1: Average well colour development (AWCD) as an indicator of metabolic capability, (a) Biolog[®]GN substrates (n=14) and (b) 30 environmental substrates (n=12).

The principal component analysis (PCA) confirmed in the case of Biolog[®]GN substrate utilization pattern a separation of the five soils after 24 h of incubation (Fig. 2a). Soil 2 was clearly separated and showed the smallest standard deviation within the utilization pattern. In contrast to soil 2, the deviation of the remaining soils scattered so that it was impossible to find a significant difference among them. The variance of PC 1 was 54.7 % and 17.6 % of PC 2 so that both components explained 72.3 % maximum variance after 24 h. Soil 2 was also clearly clustered after 48 h, but the data indicated no significant differences among the other four soils (Fig. 2b). The variances of the first and second PCs were 64.6 % and 7.7 %. They explained 72.3 % of the maximum variance after 48 h.

¹UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Bodenforschung, Theodor-Lieser-Str. 4, D-06120 Halle
²ZIFW-Zentrum für Bildung und berufliche Qualifizierung am IFW GmbH, Otto-Schott-Str. 13, D-07745 Jena

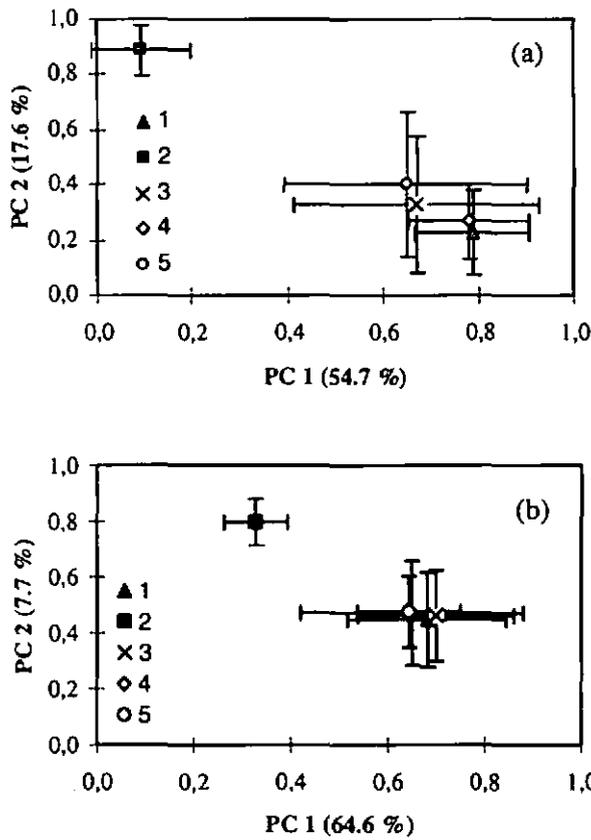


Fig. 2: Ordination plot of soil communities on basis of Biolog®GN substrat utilization patterns after (a) 24 h and after (b) 48 h. Given are means \pm SD (n=14).

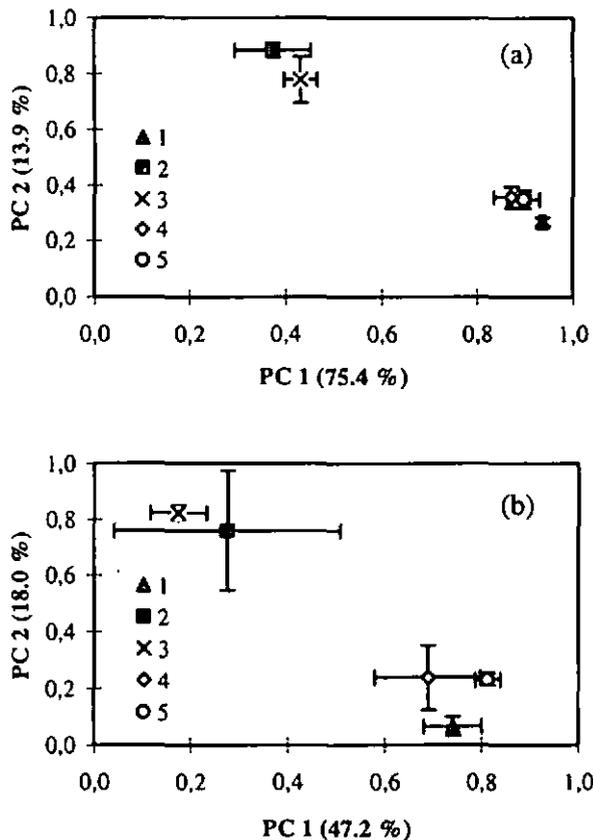


Fig. 3: Ordination plot of soil communities on basis of 30 environmental substrate utilization patterns after (a) 24 h and after (b) 48 h. Given are means \pm SD (n=12).

The PCA of the 30 environmental substrates utilization patterns resulted in a separation of the five soils after 24 h of incubation

(Fig. 3a). Soil 2 and 3 were clearly separated, but showed the highest standard deviations within the substrate utilization patterns. The standard deviation of soil 1 was lowest and it was grouped nearby the reference soils 4 and 5. Nevertheless it was impossible to prove a significant difference among them. The variance of PC 1 was 75.4 % and 13.9 % of PC 2, so that both components explained 89.3 % of the maximum variance after 24 h. Soil 2 and 3 were also separated after 48 h, but the data showed a higher deviation of the remaining three soils (Fig. 3b). The variances of the first and second PC were 47.2 % and 18.0 % but explained only 65.2 % of the maximum variance after 48 h. The ANOVA of the four presented PCs 1 determined significant statistical differences after 24 h and 48 h for soil 2 by Biolog®GN, but not among the other soils (Tab. 2). The factor loadings of PC 1 between 24 h and 48 h were increasing for carbohydrates, aromatic and phosphorylated substrates. Esters, brominated substrates, amides and alcohols were indifferent, whereas the factor loadings of polymers, carboxylic acids, amino acids and amines were decreasing (data not shown). Significant differences of PC 1 were also determined after 24 h and 48 h for soil 2 and 3 by 30 environmental substrate utilization patterns, but neither among the other soils. The factor loadings of PC 1 between 24 h and 48 h were increasing for polymers. Carboxylic acids and phenolic substrates were indifferent, whereas the factor loadings of amines, amino acids and carbohydrates were decreasing (data not shown).

Tab. 2: Factor loadings of Biolog®GN and of 30 environmental substrate utilization patterns of the first principal component (PC 1) after 24 h and 48 h. Means \pm SD followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.01$.

Soil	Biolog®GN		30 environ. substrates	
	PC 1 / 24 h	PC 1 / 48 h	PC 1 / 24 h	PC 1 / 48 h
1	0.787 ^a ± 0.121	0.682 ^a ± 0.164	0.938 ^a ± 0.029	0.859 ^a ± 0.052
2	0.094 ^b ± 0.100	0.330 ^b ± 0.065	0.395 ^b ± 0.275	0.293 ^b ± 0.198
3	0.671 ^a ± 0.258	0.700 ^a ± 0.161	0.543 ^b ± 0.178	0.102 ^b ± 0.076
4	0.780 ^a ± 0.126	0.650 ^a ± 0.231	0.915 ^a ± 0.031	0.773 ^a ± 0.169
5	0.648 ^a ± 0.255	0.644 ^a ± 0.106	0.915 ^a ± 0.053	0.876 ^a ± 0.038
Variance	54.7 %	64.6 %	75.4 %	47.2 %

Conclusions

Both experiments of substrate utilization patterns proved a differentiation of the five sites in relation to the level of soil pollution. The patterns of the 30 environmental substrates revealed a strong functional relation between soil 2 and 3, whereas the analysis of 95 Biolog®GN substrates focussed the special situation of soil 2. This highly contaminated soil is characterized by a different functional diversity of the microbial community. In this study, the micro organisms of the most impacted soil 2 were able to utilize carbohydrates, polymers, aromatic and phosphorylated substrates very fast. Biolog®GN substrate utilization patterns seemed to be dominated by the metabolism of copiotrophic micro organisms. Therefore it is impossible to transfer the obtained substrate utilization profiles directly to concepts of succession. Nevertheless the high utilization rates of soil 2 implicate, that copiotrophic organisms represent a major part of the microbial community. This fact indicates an early stadium of secondary succession dominated by r-strategists. The high biological activity of soil 2 confirms the assumption. The observed AWCD represents an early stage of microbial secondary succession in comparison to the less active microflora of the uncontaminated reference soils.

Reference

Insam, H. (1997): A new set of substrates proposed for community characterization in environmental samples. In: Microbial communities (Insam, H. and Rangger, A., Editors), Verlag Springer, Berlin

Abbau von Jute, Biopol, BAK und von deren Kompositen im Boden

R.G. Joergensen^{a)}, A.K. Mohanty^{b)} und Krishan Chander^{c)}

Einleitung

Im Gegensatz zu pflanzlichen Polymeren wie Cellulose können die meisten petrochemisch hergestellten Polymere nicht durch Mikroorganismen abgebaut werden. Die Entsorgung dieser nicht abbaubaren Polymere bereitet zunehmend Schwierigkeiten. Verschiedene abbaubare Polymere sind in den letzten Jahren hauptsächlich aus Komponenten pflanzlichen und bakteriellen Ursprungs entwickelt worden. z.B. Polyhydroxybutyrat (PHB) (STEINBÜCHEL, 1991). Es gibt aber auch abbaubare synthetische Polymere wie das von BAYER entwickelte BAK 2195 (GRIGAT et al., 1998). Die physikalische Festigkeit dieser abbaubaren Polymere und damit deren Eignung als Verpackungsmaterial kann durch die Entwicklung von Kompositen mit Pflanzenfasern wie Sisal und Jute verbessert werden (MOHANTY et al., 2000a).

Die verschiedensten Verfahren sind entwickelt worden, um die Abbaubarkeit von Polymeren zu testen (YAKABE and KITANO, 1994; SCANDOLA et al., 1998). Diese Tests sind häufig sehr artifiziell angelegt und negieren die Tatsache, dass komplexe mikrobielle Gemeinschaften in Böden eine größere Fähigkeit haben, komplexe Polymere abzubauen (COLLINS et al., 1990). Es überrascht, dass die Testverfahren ohne das Hinzuziehen von bodenbiologischen Grundlagenwissen entwickelt worden sind. Um diese Wissenslücke zu schließen, wurden die Auswirkungen von Jute, Biopol, BAK 2195 und von deren Kompositen auf die Mineralisationsaktivität und auf die Biomasse aller Mikroorganismen in Böden sowie auf die pilzliche Komponente der mikrobiellen Zersetzergemeinschaft untersucht.

Material und Methoden

Biopol[®] (ICI) ist Poly(3-Hydroxybutyrate-co-8%-3-Hydroxyvalerat). BAK 2195 (Bayer) ist ein künstlich synthetisierter Polyester aus Hexamethylen-Diamin (Nylon 6,6), Adipinsäure mit Butandiol sowie Diethylenglycol als Esterkomponenten (GRIGAT et al., 1998). Das Jutegarn wurde 30 min mit einer 5% NaOH-Lösung behandelt und gewaschen (SH-Jute) (MOHANTY et al., 2000a). Ein Teil des NaOH-behandelten Garns wurde einer 10%-Co-Polymerisation mit Acrylonitril (AN-Jute) unterzogen (MOHANTY et al., 2000b).

a) Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

b) Institut für nichtmetallische Werkstoffe, Fachgebiet Polymerphysik, TU, Englische Str. 20, 10587 Berlin

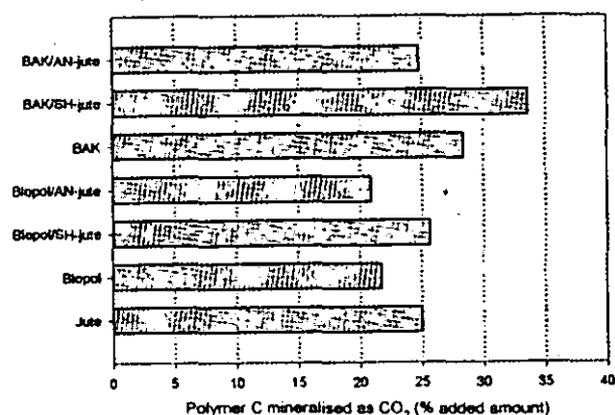
c) Institut für Bodenwissenschaft, Von-Siebold-Str. 4, 37075 Göttingen

Für die Inkubation wurden 300 g (ofen-trockene Basis) eines Lössbodens (pH 7.0, 1.1% Corg, Corg/Nt = 10) zusammen mit den zerkleinerten (ca. 1 mm) Polymerzusätzen (equivalent 5 mg C g⁻¹ Boden) in ein verschließbares 3 l Glasgefäß gegeben und 85 d bei 25 °C und 50% Wasserhaltekapazität im Dunkeln inkubiert. Die CO₂-Produktion wurde durch Adsorption in 10 ml 0.5 M NaOH und Titration der nicht verbrauchten Lauge bestimmt. Die NaOH-Lösung wurde jede Woche ausgetauscht. Proben für die Bestimmung von C in mikrobieller Biomasse (Cmik) und des pilzlichen Biomarkers Ergosterol wurden nach 5, 10, 25, 55 und 85 d entnommen. Cmik wurde mit der Fumigations-Extraktions-Methode bestimmt (VANCE et al., 1987; JOERGENSEN, 1995), Ergosterol nach Ethanol-Extraktion mit der HPLC (DJAJAKIRANA et al., 1996).

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen 21 und 34% der zugegebenen Menge an Polymer-C wurden in 85 Tagen bei 25 °C zu CO₂ mineralisiert (Abb. 1). Damit ist die Abbaurrate der getesteten Polymere und deren Komposite am unteren Ende des Bereichs für abbaubare komplexe Biopolymere wie z.B. Weizenstroh (POTTHOFF et al., 2001). Die Komposite von BAK und Biopol mit SH-Jute wurden stärker mineralisiert als die entsprechende Reinsubstanzen. Die Komposite der AN-Jute waren generell weniger mineralisierbar als die der SH-Jute. Das könnte ein Hinweis auf toxische Effekte des Acrylonitrils sein.

Abb. 1: Polymer-C mineralisiert in 85 d bei 25 °C



Alle Polymere und deren Komposite erhöhten die Cmik- und Ergosterolgehalte (Tabelle 1). Der Netto-Zuwachs an Cmik betrug 3% des zugesetzten Polymer-C in der Jute-Variante, im Mittel 4% in den 3 Biopol-Varianten und 7% in den 3 BAK-Varianten. Die maximalen Cmik-Gehalte wurden in allen Zugabevarianten am Tag 55 gemessen. Der Ergosterolgehalt nahm ebenfalls in allen Zugabevarianten zu. Der Anstieg war immer größer als bei den Cmik-Werten. Die maximalen Gehalte des Ergosterols als

Biomarker für Pilzbiomasse wurden in 5 von 8 Varianten an einem anderen Tag als die der Cmik-Gehalte gemessen. In den Jute- und BAK-Varianten stieg der Ergosterolgehalt schneller an als in den Biopol-Varianten, in den SH-Jute-Varianten schneller als in den AN-Jute-Varianten. Ein Hinweis darauf das Acrylonitril auf Pilze toxisch wirkt als auf Bakterien.

Tabelle 1: Die maximalen Gehalte an Cmik und Ergosterol in den verschiedenen Varianten während einer 85 d Inkubation bei 25 °C; in Klammern: Tag des maximalen Gehaltes. Signifikante Differenz ($P < 0,05$; $n = 3$; Bonferonni/Dunn)

	Cmik ($\mu\text{g g}^{-1}$ Boden)	Ergosterol ($\mu\text{g g}^{-1}$ Boden)
Kontrolle	160 (25)	0.8 (5)
Jute	310 (25)	4.0 (10)
Biopol	310 (55)	2.0 (85)
Biopol/SH-Jute	320 (55)	2.2 (55)
Biopol/AN-Jute	390 (55)	3.0 (85)
BAK	570 (55)	2.5 (55)
BAK/SH-Jute	500 (55)	2.8 (25)
BAK/AN-Jute	510 (55)	3.2 (55)
Signif. Differenz	23	0.6

Der überproportionale Anstieg des Ergosterolgehalts und die damit erhöhten Ergosterol/Cmik-Quotienten zeigen deutlich die Bedeutung von Pilzen für den Abbau von Polymeren.

Danksagung

K. Chander und A.K. Mohanty danken der Alexander-von-Humboldt-Stiftung für finanzielle Unterstützung. Wir danken Brunk Meyer für die hilfreiche Diskussion sowie Ingrid Ostermeyer und Karin Schmidt für die technische Assistenz.

Literatur

- CHANDER, K., MOHANTY, A.K., JOERGENSEN, R.G., 2002. Decomposition of biodegradable packing materials jute, Biopol, BAK and their composites in soil. *Biology and Fertility of Soils* (in press).
- COLLINS, H.P., ELLIOTT, L.F., RICKMAN, R.W., BEZDICEK, D.F., PAPENDICK, R.I., 1990. Decomposition and interactions among wheat residue components. *Soil Science Society of America Journal* 54, 780-785.
- DJAJAKIRANA, G., JOERGENSEN, R.G., MEYER, B., 1996. Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. *Biology & Fertility of Soils* 22, 299-304.
- GRIGAT, E., KOCH, R., TIMMERMANN, R., 1998. BAK 1095 and BAK 2195: completely biodegradable synthetic thermoplastics. *Polymer Degradation and Stability* 59, 223-226.
- JOERGENSEN, R.G., 1995. The fumigation extraction method to estimate soil microbial biomass: Extraction with 0.01-M CaCl_2 . *Agribiological Research* 48, 319-324.
- MOHANTY A.K., KHAN M.A., HINRICHSEN G. (2000a) Surface modification of jute and its influence on performance of biodegradable jute-fabric/Biopol composites. *Composites Sciences and Technology* 60, 1115-1124.
- MOHANTY A.K., KHAN M.A., SAHOO S., HINRICHSEN G. (2000b) Effect of chemical modification on the performance of biodegradable jute yarn-Biopol® composites. *Journal of Materials Science* 35, 2589-2595.
- POTTHOFF, M., JOERGENSEN, R.G., WOLTERS, V., 2001. Short-term effects of earthworm activity and straw amendment on the microbial C and N turnover in a remoistened arable soil after summer drought. *Soil Biology and Biochemistry* 33, 583-591.
- SCANDOLA, M., FINELLI, L., SARTI, B., MERGAERT, J., SWINGS, J., RUFFIEUX, K., WINTERMANTEL, E., BOEDENS, J., DE WILDE, B., MÜLLER, W.R., SCHÄFER, A., FINK, A.B., BADER, H.G., 1998. Biodegradation of starch containing thermoplastic in standardized test systems. *Journal of Journal of Macromolecular Science. Part A, Pure and Applied Chemistry* 35, 589-608.
- STEINBÜCHEL, A., 1991. Polyhydroxyfettsäuren – thermoplastisch verformbare Polyester aus Bakterien. *Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium* 39, 1112-1124.
- VANCE, E.D., BROOKES, P.C., JENKINSON, D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19, 703-707.
- YAKABE, Y., KITANO, M., 1994. Evaluation of biodegradability of biodegradable plastics in activated sludge. In: DOI Y, FUKUDA K (Eds.), *Biodegradable Plastics and Polymers*. Elsevier, Amsterdam, pp. 331-336.

Einfluss von Luzernebeständen auf den mikrobiellen Kohlenstoff und Stickstoff in der Ackerkrume und im Unterboden im pannonischen Klimaraum Ostösterreichs

Jürgen K. Friedel¹, Renate Farthofer, Gabriele Pietsch und Bernhard Freyer

Abstract

In the pannonical region of Eastern Austria, forage legumes, mainly alfalfa, are commonly used as green manure in organic farming. In a field experiment, alfalfa and alfalfa-grass mixtures were either cut and removed or used as green manure and mulched. Grass and rye were used as reference crops. The experiment was repeated in two consecutive years. Soil microbial biomass carbon and nitrogen was not affected by the annually grown forage legumes compared with grass or rye. One year of fodder legume crops is insufficient to increase microbial C and N at the study site where plant growth is limited by draught.

Einleitung und Problemstellung

In ostösterreichischen Ackerbaugebieten ist auch im Ökologischen Landbau die viehlose Bewirtschaftungsform üblich. Der Hauptanteil des Stickstoffbedarfes wird über den Einsatz von Futter- und Körnerleguminosen sowie Leguminosen im Zwischenfruchtanbau gedeckt. Die Nutzung von Futterleguminosen erfolgt als Gründüngung, bei der der Aufwuchs am Feld verbleibt (Mulch). Die Leguminose wird als Reinkultur oder im Gemenge mit Gras angebaut. Während zum Themenkreis Stickstofffixierungsleistung und Stickstoffhaushalt von Futterleguminosen bereits einige Arbeiten vorliegen (Hogh-Jensen and Schjoerring 1997), ist allgemein zur Auswirkung von verschiedenen Nutzungsarten auf den Bodenstickstoffhaushalt noch wenig bekannt (Frame et al., 1998; Rasse et al., 1999). Die Gehalte an mikrobiell gebundenem Kohlenstoff und Stickstoff im Boden bei unterschiedlichen Formen der Nutzung von Futterleguminosen waren bislang noch nicht Gegenstand von Untersuchungen.

Es sollte geklärt werden, ob durch die Wurzelmasse und das tiefreichende Wurzelsystem unter Futterle-

guminosenbeständen die mikrobielle Biomasse bereits nach einmaligem, überjährigem Anbau von Leguminosen, v.a. im Unterboden, gefördert wird. Weiters wurde untersucht, ob Unterschiede aufgrund der Art des Nutzungsregimes (Mulch versus Schnitt und Biomasseabfuhr) erkennbar sind. Dabei wurde angenommen, dass es unter Leguminosen-Reinbeständen zu einer höheren Stickstofffixierungsleistung und Wurzelmassebildung kommt als unter Gemengen und parallel dazu zu höheren Gehalten an mikrobieller Biomasse im Boden.

Material und Methoden

Die Untersuchung wird auf den seit 1997 nach den Richtlinien des Ökologischen Landbaus bewirtschafteten Flächen des Institutes in Raasdorf bei Wien auf einer Fläche von 1 ha durchgeführt. Der Standort weist einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von 550mm bei einer durchschnittlichen Jahresmitteltemperatur von 9,8°C bei kurzen Trockenperioden im Sommer auf. Untersucht wurden ein Luzerne-Reinbestand und ein Luzerne-Gras-Gemenge in jeweils 2 Nutzungsvarianten. Als Referenzfrüchte dienten Gras-Gemenge (Schnittnutzung) und Winterroggen. Das Experiment wurde in 2 Versuchsanlagen, jeweils im Sommer der Jahre 1999 und 2000 als randomisierter Blockversuch in vierfacher Wiederholungen angelegt.

Versuchsvarianten:

1. Luzerne (Mulch)
2. Luzerne-Gras (Mulch)
3. Luzerne (Schnitt)
4. Luzerne-Gras (Schnitt)
5. Referenzfrucht Gras
6. Referenzfrucht Roggen

Die Erfassung der mikrobiellen Biomasse erfolgte in beiden Versuchsanlagen in den Jahren 2001 bzw. 2002 jeweils Anfang April in Winterweizen nach den o.g. Versuchsvarianten. Dazu wurden Bodenproben aus drei Tiefenstufen (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) entnommen. Der mikrobielle Kohlenstoff und Stickstoff wurde mittels Chloroform-Fumigations-Extraktions Methode (Vance et al., 1987) bestimmt.

Die statistische Verrechnung erfolgte mittels 2-faktorieller Varianzanalyse (Versuchsvariante, Block) und durch paarweise Mittelwertvergleiche (Tukey-Test).

Ergebnisse und Diskussion

Wegen Trockenheit im Sommer und Herbst (v.a. 2000) entwickelte sich die Luzerne im Ansaatjahr

¹ Dr. Jürgen K. Friedel
Institut für Ökologischen Landbau
Universität für Bodenkultur
Gregor Mendel Str. 33, A-1180 Wien
<http://www.boku.ac.at/oekoland>
e-mail: juergen.friedel@boku.ac.at

vor Winter nur langsam: Unter Luzerne war der Boden überwiegend trocken bis frisch ($pF > 2,6$). Nach dem Luzerneumbbruch unter Winterweizen wurden etwas geringere Wasserspannungen festgestellt (Ergebnisse nicht dargestellt). Die Feldkapazität wurde aber nie erreicht.

Die Gehalte an mikrobiellem Kohlenstoff und Stickstoff nach Luzerne und Luzernegras waren in keiner Bodenschicht und in keiner Versuchsanlage signifikant höher als nach den Referenzfrüchten Gras und Roggen (Tabellen 1 und 2). Höhere Mittelwerte des mikrobiellen C unter Luzerne in 30-60 cm Tiefe unterschieden sich von geringeren Werten unter Gras nicht aufgrund einer hohen Variabilität der Einzelwerte.

Tabelle 1: Mikrobieller Kohlenstoff (C_{mic}) und Stickstoff (N_{mic}) nach unterschiedlichen Leguminosenbeständen (incl. Referenzfrüchte) im April 2001 in 0-90 cm Bodentiefe (Mittelwerte, Standardabweichung in Klammern).

Untersuchungs- jahr	2001					
	0 – 30 cm		30 – 60 cm		60 – 90 cm	
	C_{mic}	N_{mic}	C_{mic}	N_{mic}	C_{mic}	N_{mic}
	$\mu g\ g^{-1}$					
Luzerne	432 a	63 a	89 a	14 ab	N.D.	N.D.
Mulch	(44)	(7)	(18)	(2)		
Luzerne- gras	439 a	61 a	60 a	12 ab	N.D.	N.D.
Mulch	(31)	(2)	(22)	(3)		
Luzerne Schnitt	401 a	56 a	115 a	9 a	N.D.	N.D.
	(68)	(10)	(39)	(4)		
Luzerne- gras Schnitt	448 a	61 a	107 a	18 b	N.D.	N.D.
	(58)	(9)	(25)	(1)		
Gras	435 a	61 a	50 a	14 ab	N.D.	N.D.
	(42)	(4)	(24)	(5)		
Roggen	402 a	59 a	75 a	14 ab	N.D.	N.D.
	(30)	(2)	(21)	(1)		

N.D.: nicht bestimmt; Mittelwerte einer Spalte mit gleichem Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test, $P < 0,05$)

Schlussfolgerungen

Die bodenmikrobielle Biomasse wurde durch den einmaligen, überjährigen Luzerne(gras)-Anbau selbst dann nicht signifikant gegenüber Nichtleguminosen-Anbau erhöht, wenn die oberirdische Pflanzenmasse auf dem Feld verblieb. Als Ursachen können ein durch Trockenheit begrenzter Pflanzenaufwuchs und eine ebenso begrenzte Umsatzaktivität der Mikroor-

ganismen angesehen werden. Im Pannonikum ist offensichtlich ein längerer Anbau von Luzerne bzw. Luzernegras, d.h. mindestens zweijährig, für eine Förderung der bodenmikrobiellen Biomasse erforderlich.

Tabelle 2: Mikrobieller Kohlenstoff (C_{mic}) und Stickstoff (N_{mic}) nach unterschiedlichen Leguminosenbeständen (incl. Referenzfrüchte) im April 2002 in 0-90 cm Bodentiefe (Mittelwerte, Standardabweichung in Klammern)

Untersuchungs- jahr	2002					
	0 – 30 cm		30 – 60 cm		60 – 90 cm	
	C_{mic}	N_{mic}	C_{mic}	N_{mic}	C_{mic}	N_{mic}
	$\mu g\ g^{-1}$					
Luzerne	390 a	48 a	196 a	30 a	27 a	6 a
Mulch	(50)	(8)	(136)	(21)	(5)	(3)
Luzerne- gras	450 a	58 a	107 a	16 a	25 a	4 a
Mulch	(85)	(19)	(59)	(5)	(20)	(1)
Luzerne Schnitt	433 a	57 a	119 a	20 a	45 a	5 a
	(37)	(11)	(59)	(8)	(23)	(1)
Luzerne- gras Schnitt	400 a	60 a	122 a	19 a	36 a	3 a
	(37)	(13)	(28)	(5)	(13)	(1)
Gras	423 a	50 a	87 a	15 a	38 a	5 a
	(99)	(10)	(29)	(4)	(29)	(1)
Roggen	378 a	51 a	105 a	15 a	27 a	4 a
	(92)	(11)	(12)	(5)	(15)	(2)

Literatur

- Frame, J., Charlton, J.F.L. and Laidlaw, A.S. (1998): Temperate Forage Legumes. CAB International.
- Hogh-Jensen, H. and Schjoerring, J.K. (1997): Interactions between white clover and ryegrass under contrasting nitrogen availability: N_2 fixation, N fertilizer recovery, N transfer and water use efficiency. Plant and Soil 197: 187-199.
- Rasse, D.P., Smucker, A.J.M. and Schabenberger, O. (1999): Modifications of soil nitrogen pools in response to alfalfa root systems and shoot mulch. Agronomy Journal 91: 471-477.
- Vance E.D., Brookes P.C. and Jenkinson D.S. (1987): An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biol. Biochem. 19: 703-707.

Dynamik der mikrobiellen Biomasse in Auenböden

- Quantifizierung des Einflusses von Überflutungen, Bodentemperatur, Bodenfeuchte, Wasserspannung und DOC -

Jörg Rinklebe, Eva-Maria Klimanek, Heinz-Ulrich Neue

Einleitung

In Auenböden ist der Einfluß periodischer Überflutungen bestimmend. Die variierenden Wasserstände führen zu extrem wechselnden Bodenfeuchte-, Wasserspannungs- und Temperaturbedingungen sowie zu hohen DOC-Konzentrationschwankungen und damit zu einer erheblichen Beeinflussung von Bodenmikroorganismen. Wasser und Temperatur sind für das Leben fundamentale Größen; das hydrothermale Regime kontrolliert das qualitative und quantitative Auftreten von Bodenmikroorganismen und ist unter den ökologischen Faktoren der wichtigste Regulator des bodenmikrobiellen Potentials. Die Überlagerung klimatischer Einflüsse mit anderen Einflußfaktoren erschwert jedoch die Interpretation von Untersuchungsergebnissen. Der Wasserstand, die Bodenfeuchte (Feu), die Bodentemperatur (Temp), die Wasserspannung (ψ) und der gelöste organische Kohlenstoff (DOC) wirken separat sowie in vielfältiger Kombination als komplexe Faktoren auf die mikrobielle Biomasse (Bio) ein. Dabei können sie je nach Höhe und Zusammensetzung des Wechselspiels dieser Faktoren stimulierend oder inhibierend wirken. Kenntnisse dieser Wirkzusammenhänge und eine Quantifizierung unter Freilandbedingungen sind insbesondere in Auenböden unzureichend, da aufgrund des sehr hohen Erfassungsaufwandes und ihres fachübergreifenden Charakters bodenmikrobiologische, -chemische, -physikalische und feldbodenkundliche Arbeitsmethoden bisher leider zu selten kombiniert angewendet werden. Obwohl die Dynamik von Bio häufig beobachtet wurde, liegen widersprüchliche Ergebnisse über deren zeitliche Variation vor (KANDELER et BÖHM, 1996; WARDLE, 1998; RAUBUCH et JOERGENSEN, 2002).

Standorte und Methoden

Die „Schöneberger Wiesen“ bei Steckby sind zwischen den Elbstromkilometern 283 und 285,5 und die „Schleusenheger Wiesen“ bei Wörlitz zwischen den Stromkilometern 241,7 und 243,6 lokalisiert. Beide Standorte befinden sich im Biosphärenreservat „Mittlere Elbe“, im rezenten Überschwemmungsgebiet. Die mikrobielle Biomasse wurde bis in große Tiefen (RINKLEBE et al., 1999) in sechs weit verbreiteten Auenböden der Elbe monatlich während einer 20 monatigen Messperiode bestimmt. Die Proben wurden horizontweise entnommen, auf 2 mm gesiebt, tiefgefroren und zur Analyse allmählich (24 h bei 5°C; 4 h bei 22°C) aufgetaut. Die Messung erfolgte nach ANDERSON et DOMSCH (1978) bzw. nach HEINEMEYER et al. (1989) (SIR, feldfrischer Boden). Die zeitlich hochauflösende kontinuierliche Erfassung von Wasserstand, Feu, Temp und ψ mittels Datenloggern sowie ein engmaschiges Monitoring der DOC-Konzentration in der Bodenlösung (Beprobung mit Saugkerzen) in drei Bodentiefen und jeweils drei Replikationen ermöglichte eine Quantifizierung o.g. ökosystemarer Zusammenhänge in zeitweise überfluteten Auenböden unter Freilandbedingungen. Mittels des Programmpaketes SPSS 10,0 für Windows (2000) erfolgten einfache (Pearson) und UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig - Halle GmbH, Sektion Bodenforschung, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle/ Saale; e-mail: jrinkleb@bdf.ufz.de

multiple Regressionsanalysen. Niederschläge und Lufttemperaturen sowie laboranalytische Bodencharakteristika wurden erfasst, wobei zuvor spezifische standörtliche Erkundungen einschließlich detaillierter feldbodenkundlicher Beschreibungen und Kartierungen erfolgten (RINKLEBE et al. 2000A,B,C). Exemplarisch ist die zeitliche Variation der mikrobiellen Biomasse in einem Boden der Flutrinnenstandorte, einem Gley aus Auenschluffton, dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt die Dynamik der mikrobiellen Biomasse im Sd-aGro-Horizont eines Gleys aus Auenschluffton unter dem Einfluß von Bodenfeuchte, Bodentemperatur, Wasserspannung und gelöstem organischen Kohlenstoff einschließlich der Überflutungszeiträume während der 20 monatigen Messperiode. Von November 1998 bis Mai 1999 ist der Horizont überstaut, die Bodenfeuchte mit ca. 49,8 Vol. % H₂O sehr hoch und die Wasserspannung mit negativen Werten sehr gering. Fließt das Wasser ab, setzt das Pflanzenwachstum ein und hohe DOC-Mengen werden freigesetzt. Für die mikrobielle Biomasse herrscht somit bei hohem Nahrungsangebot ein günstiges physiko-chemisches Milieu vor, was sich in relativ hohen Werten ausdrückt. Dieser Zustand besteht bis August 1999. Ab September 1999 sinkt Bio nahezu parallel zu Feu + DOC und entgegengesetzt zur Wasserspannung (Abb. 1).

Tab. 1 zeigt die Bestimmtheitsmasse (B) und Stichprobenzahlen (n) aus Einfachregressionen zwischen der mikrobiellen Biomasse und Bodentemperatur, Bodenfeuchte, Wasserspannung (jeweils arithmetisches Mittel aus sieben Tagen vor der Bodenprobenahme) sowie DOC (Monatsmittel) in 60 cm Bodentiefe sowie aus Mehrfachregressionen mit Bio als abhängige Variable und Feu + Temp, DOC + Feu, ψ + DOC, ψ + Temp + DOC, ψ + Temp sowie Feu + Temp + DOC als Einflussvariablen im Sd-aGro-Horizont (50 bis 70 cm Bodentiefe) des selben Gleys aus Auenschluffton. Mittels Einfachregressionen war zwischen Temp, ψ und Bio keine Beziehung nachweisbar. Der gemeinsame Einfluß von Wasserspannung und DOC (Mehrfachregression) hingegen kann 72 % der zeitlichen Variabilität von Bio erklären, der von ψ und Temp 75 %. Die kombinierte Wirkung von Bodenfeuchte, Bodentemperatur und gelöstem organischen Kohlenstoff erklärt mit 76 % den höchsten Anteil der zeitlichen Variabilität der mikrobiellen Biomasse.

Tab. 1: Bestimmtheitsmasse (B) und Stichprobenzahlen (n) zwischen Bio und Temp, Feu, ψ sowie DOC

	mikrobielle Biomasse	
	B	n
Temp	n.s.	9
ψ	n.s.	8
Feu	0,424	10
Feu + Temp	0,489	9
DOC	0,682	7
DOC + Feu	0,703	7
ψ + DOC	0,719	6
ψ + Temp + DOC	0,720	6
ψ + Temp	0,748	7
Feu + Temp + DOC	0,758	7

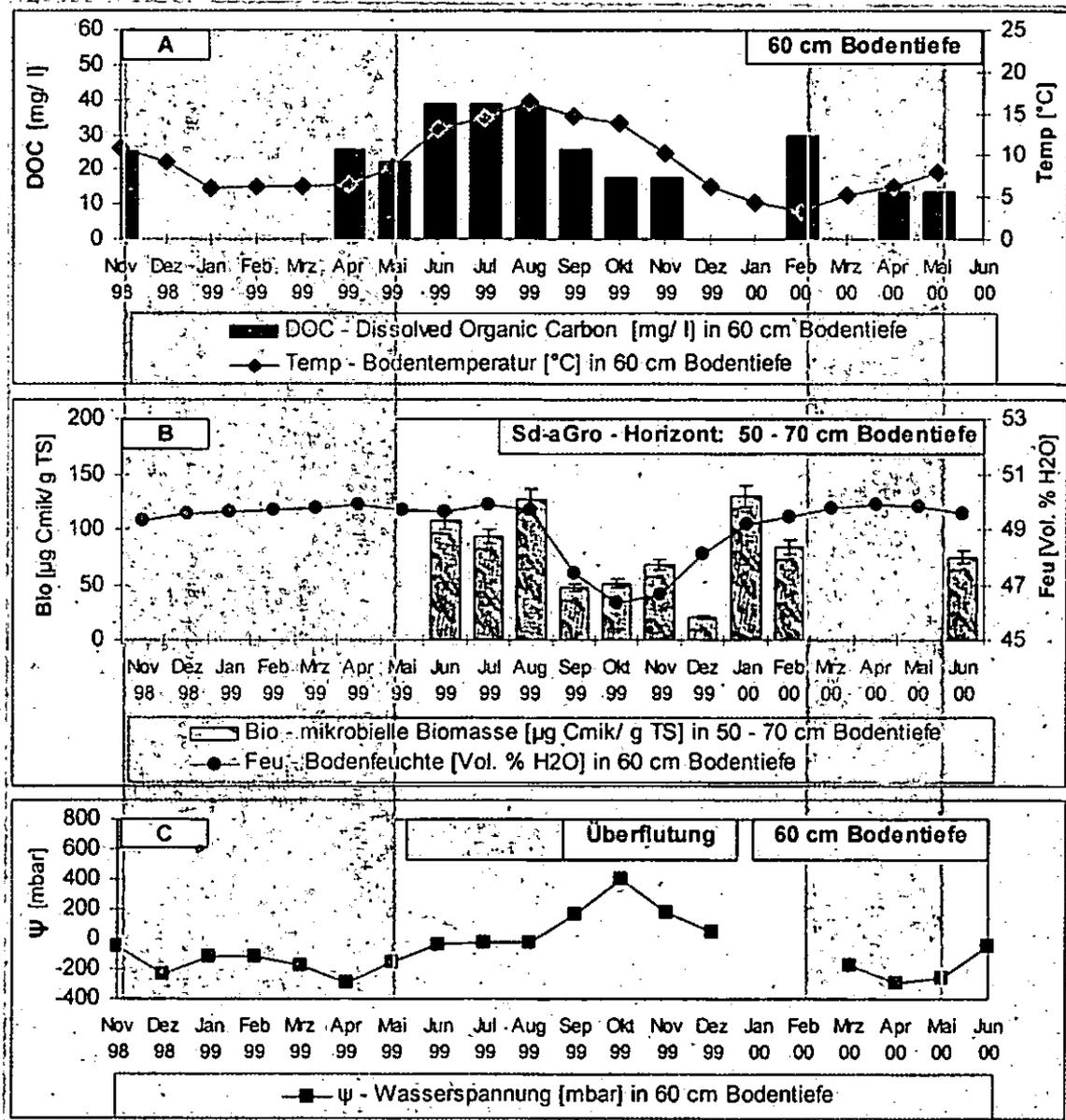


Abb. 1: Die Dynamik der mikrobiellen Biomasse (Bio) im Sd-aGro - Horizont (50 bis 70 cm Bodentiefe) eines Gleys aus Auenschluffton (GG: fo-ut) (Tf) [Eutric Gleysol (GLE)] unter dem Einfluß von Bodenfeuchte (Feu), Bodentemperatur (Temp) und Wasserspannung (ψ) jeweils als arithmetisches Mittel aus sieben Tagen vor der Bodenprobenahme in 60 cm Bodentiefe (während der Überflutung durch das Monatsmittel ergänzt) sowie gelbstem organischem Kohlenstoff (DOC)(Monatsmittel in 60 cm Bodentiefe) einschließlich der Überflutungszeiträume während der 20 monatigen Messperiode von November 1998 bis Juni 2000

Literatur

ANDERSON, J.P.E., DOMSCH, K.H. (1978): A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.* 10. 215-221.

HEINEMEYER, O., INSAM, H., KAISER, E.A., WALENZIK, G. (1989): Soil microbial biomass and respiration measurements: An automated technique based on infra-red gas analysis. *Plant and Soil* 1-6. 191-195.

KANDELER, E.; BOHM, K.E. (1996): Temporal dynamics of microbial biomass, xylanase activity, N-mineralisation and potential nitrification in different tillage systems. *Applied Soil Ecology.* 4. 181-192.

RAUBUCH, M.; JOERGENSEN, R.G. (2002): C and net N mineralisation in a coniferous forest soil: the contribution of the temporal variability of microbial biomass C and N. *Soil Biol. Biochem.* 34. 841-849.

RINKLEBE, J., HEINRICH, K., NEUE, H.-U. (2000C): Auenböden im Biosphärenreservat Mittlere Elbe - ihre Klassifikation und Eigenschaften. In: Friese et al. (Hrsg.) *Stoffhaushalt von Auen-*

ökosystemen. Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Springer Verlag. 37-46.

RINKLEBE, J., HELBACH, C., FRANKE, F., NEUE, H.-U. (2000A): Großmaßstäbige Bodenformenkarte der Schöneberger Wiesen bei Steckby im Biosphärenreservat Mittlere Elbe. In: Bundesamt für Naturschutz, Bonn (Hrsg.) *Renaturierung von Bächen, Flüssen u. Strömen. Angewandte Landschaftsökologie.* 37. 325-328.

RINKLEBE, J., KLIMANEK, E.-M., HEINRICH, K., NEUE, H.-U. (1999): Tiefenfunktion der mikrobiellen Biomasse und Enzymaktivitäten in Auenböden im Biosphärenreservat Mittlere Elbe. *Mitgl. d. Dt. Bdkd. Gesell.* 91 II: 699-702.

RINKLEBE, J., MARAHRENS, S., BOHNKE, R., AMARELL, U., NEUE, H.-U. (2000B): Großmaßstäbige bodenkundliche Kartierung im Biosphärenreservat Mittlere Elbe. In: Friese et al. (Hrsg.) *Stoffhaushalt von Auenökosystemen. Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen.* Springer Verlag. 27-35.

WARDLE, D.A. (1998): Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: A global-scale synthesis. *Review. Soil Biol. Biochem.* 30. (13). 1627-1637.

Einfluss mineralischer N-Düngung auf die mikrobielle Biomasse unter Sukzessionsbrache auf einem Sandbraunerdestandort in Sachsen

Landgraf, D. & F. Makeschin *

Einleitung

Im Rahmen eines von 1996 bis 1998 laufenden Forschungsprojektes über den "Stickstoffhaushalt einer Sand-Braunerde unter verschiedenen Bracheformen" wurden auf einem 10 ha großen, in der Vergangenheit ackerbau-lich sehr intensiv genutzten Ackerschlag bei Riesa, Sachsen, bodenkundliche Untersuchungen zur Stickstoffdynamik durchgeführt. Dabei galt ein Hauptaugenmerk der mikrobiellen Biomasse als Stickstoffquelle und -senke in Böden.

Im Rahmen dieser Studie sollte getestet werden, wie die mikrobielle Biomasse im Boden auf schlagartig veränderte Umweltbedingungen in Form einer Applikation mineralischen Stickstoffes reagiert. Dazu wurden nach zwei Jahren Sukzessionsbrache im April 1998 (nach der zweiten Probenahme des Jahres) auf drei Parzellen 100 kg N pro ha in Form von NH_4NO_3 ausgebracht.

Material und Methoden

- die Probenahme erfolgte von März bis Oktober 1998 aller 6 Wochen
- pro Parzelle und Tiefenstufe (0-10 und 10-30 cm) wurden 2 Mischproben genommen, welche aus jeweils drei Einschlägen mit einem Schlagmäkler (Geotool) gebildet wurde
- die mikrobielle Biomasse wurde mittels Fumigation-Extraktion-Methode bestimmt (Vance et al., 1987)
- für die Berechnung des mikrobiell gebundenen Kohlenstoffes (Cmic) wurde der k_{EC} -Faktor 0.35 verwendet
- für die Berechnung des mikrobiell gebundenen Stickstoffes (Nmic) wurde der k_{EN} -Faktor 0.45 verwendet
- der organische Kohlenstoff im Boden (Corg) und der Gesamtstickstoff im Boden (Nt) wurden mittels Heißluftverbrennung am Elementaranalysator (vario EL, Heraeus) bestimmt
- der pH-Wert wurde in dest. H_2O (Boden-Lösungs-Verhältnis = 1:2,5) nach 24 h mittels Glaselektrode (pH-Meter 320, Mettler Toledo) bestimmt

- der mineralische Stickstoff ($\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$) wurde in einer 0,05 M KCl-Lösung (Boden-Lösungs-Verhältnis = 1:10) photometrisch am Continius Flow Analysator (SANplus, Skalar) gemessen
- zur Bestimmung von Zusammenhängen zwischen den verschiedenen Brachevarianten wurde der zweiseitige Mann-Whitney-U-Test verwendet

Ergebnisse und Diskussion

Besonders deutlich wird der Einfluss der mineralischen N-Düngung durch das Absinken der pH-

Tab.1: Medianwerte (n = 16) der bodenchemischen Parameter in der Tiefenstufe 0-10 cm in Kreinitz

Parameter	Einheit	(1998)					
		März	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	Okt
pH _(H2O)		6,4 (6,4) ¹	6,5 (6,5)	5,8 (6,4)	6,1 (6,4)	6,2 (9,2)	5,8 (6,7)
	Corg	g/kg	8,7 (8,7)	9,2 (9,2)	6,9 (8,7)	7,3 (9,0)	7,6 (7,8)
Nt			g/kg	0,9 (0,9)	0,9 (0,9)	1,6 (0,8)	0,7 (0,8)
	Corg/Nt			9,7 (9,7)	10,2 (10,2)	4,3 (10,9)	10,4 (11,2)
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	µg/g TS	2,3 (2,3)	2,1 (2,1)	8,4 (1,4)	1,1 (2,4)	0,9 (1,5)	0,6 (3,3)
		$\text{NO}_3^-\text{-N}$		1,4 (1,4)	3,8 (3,8)	9,5 (0,9)	0,8 (1,5)

Tab.2: Medianwerte (n = 16) der bodenchemischen Parameter in der Tiefenstufe 10-30 cm in Kreinitz

Parameter	Einheit	(1998)					
		März	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	Okt
pH _(H2O)		6,4 (6,4) ¹	6,5 (6,5)	5,8 (6,4)	6,1 (6,4)	6,2 (9,2)	5,8 (6,7)
	Corg	g/kg	8,7 (8,7)	9,2 (9,2)	6,9 (8,7)	7,3 (9,0)	7,6 (7,8)
Nt			g/kg	0,9 (0,9)	0,9 (0,9)	1,6 (0,8)	0,7 (0,8)
	Corg/Nt			9,7 (9,7)	10,2 (10,2)	4,3 (10,9)	10,4 (11,2)
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	µg/g TS	2,3 (2,3)	2,1 (2,1)	8,4 (1,4)	1,1 (2,4)	0,9 (1,5)	0,6 (3,3)
		$\text{NO}_3^-\text{-N}$		1,4 (1,4)	3,8 (3,8)	9,5 (0,9)	0,8 (1,5)

¹ Die Zahlen in Klammern repräsentieren die Werte bzw. Gehalte im Boden der ungedüngten Parzellen

Werte von 6,4 in den ungedüngten, auf 5,8 in den gedüngten Parzellen (Tab. 1), bzw. 6,6 auf 5,7 (Tab. 2). Sowohl beim Ammonium- als auch beim Nitrat-N konnten im Juni 1998 in der obersten Tiefenstufe der gedüngten Parzellen mit 8,4 bzw. 9,5 µg/g TS signifikant höhere Gehalte festgestellt werden ($P \leq 0,001$), als in den ungedüngten Parzellen (1,4 bzw. 0,9 µg/g TS) (Tab. 1).

* TU Dresden, Fakultät für Forst- Geo- Hydrowissenschaften, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Piennert

Die mikrobielle Biomasse bewegte sich in beiden Tiefenstufen auf einem sehr geringen Niveau. Die im April 1998 applizierte mineralische N-Düngung führte im Juni 1998 im Oberboden (0-10 cm) zu signifikant ($P \leq 0,05$) niedrigeren Cmic Gehalten (Abb. 1).

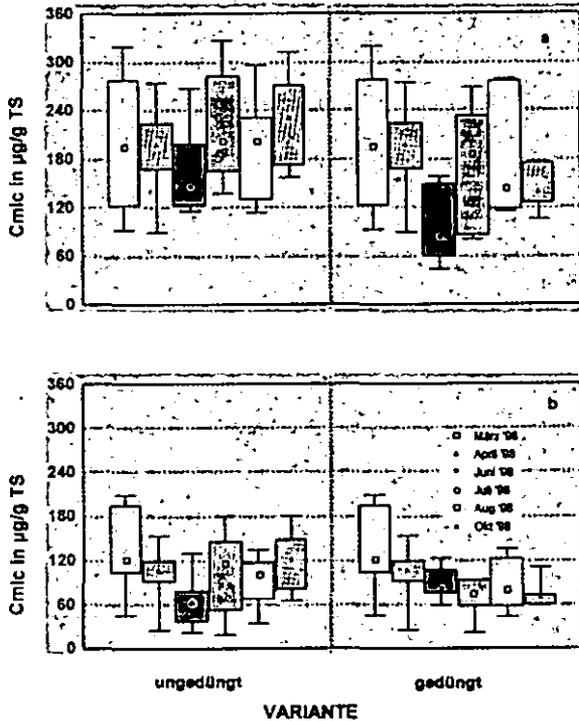


Abb.1: Cmic-Gehalte im Boden (0-10 = a und 10-30 cm = b) der Untersuchungsfläche Kreinitz bei Riesa

Ein Grund für die Abnahme der Cmic-Gehalte könnte im geringeren Angebot von leicht verfügbaren C-Quellen bedingt durch eine durch die Düngung verursachten Mineralisationsschub liegen, wie sie von verschiedenen Autoren nach Langzeitversuchen beschrieben wurden (Dilly und Munch, 1998).

Der Nmic reagierte auf die Düngung in der obersten Tiefenstufe (0-10 cm) mit einer signifikanten Abnahme auf $-1,0 \mu\text{g/g TS}$ ($P \leq 0,001$) im Juni 1998 wesentlich sensibler und andauernder auf die N-Düngung. Im Gegensatz zum Cmic war die Düngung beim Nmic auch in der unteren Tiefenstufe (10-30 cm) nachweisbar ($5,4 \mu\text{g/g TS}$; $P \leq 0,01$ im Juni 1998 und $5,1 \mu\text{g/g TS}$; $P \leq 0,001$ im Juli 1998). Die signifikante Abnahme von Cmic als auch Nmic kann auf eine Artenverschiebung der mikrobiellen Organismengemeinschaft durch schlagartig veränderte Umweltbedingungen (mineralische N-Düngung) zurückgeführt werden. Ähnliche Ergebnisse wurden von McAndrew und Mahli (1992) festgestellt.

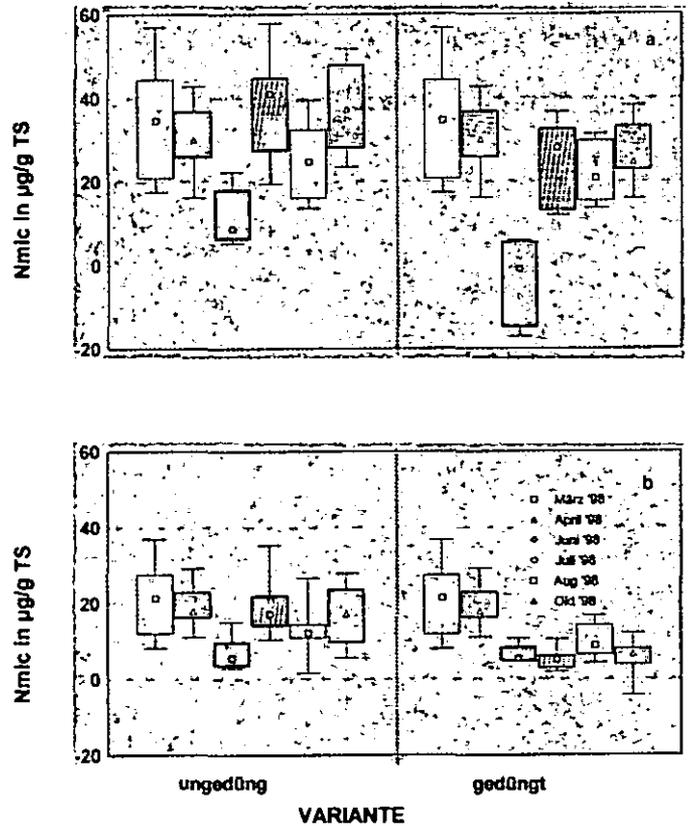


Abb.2: Nmic-Gehalte im Boden (0-10 = a und 10-30 cm = b) der Untersuchungsfläche Kreinitz bei Riesa

Unmittelbar nach erfolgter N-Düngung (Juni 1998) wurden „negative“ Nmic Gehalte im Oberboden (0-10 cm) festgestellt. Als Ursache dafür kann der hohe Anteil von mineralischen N im Boden angesehen werden (Tab. 1), welcher die Messung des mikrobiell gebundenen N direkt beeinflussen kann (Widmer et al., 1989; Jörgensen et al., 1994). Daher muss die Genauigkeit der CFE-Methode bei hohen Nmin-Hintergrundgehalten im Boden angezweifelt werden.

Literatur

- Dilly, O. and J.-C. Munch (1998): Ratios between estimates of microbial biomass content and microbial activity in soils. *Biol. Fertil. Soils* 27, 374-379
- Jörgensen, R.G., Meyer, B. and T. Müller (1994): Time-course of the soil microbial biomass under wheat: a one year field study. *Soil Biol. Biochem.* 26, 987-994
- Mc Andrew, D.W. and S.S. Mahli (1992): Long-term N fertilization of a solonchic soil: effects on chemical and biological properties. *Soil Biol. Biochem.*, 24, 619-623
- Widmer, P., Brookes, C. and L.C. Parry (1989): Microbial biomass nitrogen measurements in soil containing large amounts of inorganic nitrogen. *Soil Biol. Biochem.*, 21, 865-867
- Vance, E.D., Brookes, P.C. and D.S. Jenkinson (1987): An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19, 703-707

Aktivitäten von L-Asparaginase und L-Glutaminase in Abhängigkeit zu ausgewählten mikrobiellen Parametern einer Sand-Braunerde unter Berücksichtigung verschiedener landwirtschaftlicher Nutzungsintensitäten

Christian Böhm¹ und Dirk Landgraf¹

Einleitung

Im Rahmen des vom UFZ finanzierten und seit Oktober 2000 laufenden Forschungsprojektes "Dynamik des Stickstoffhaushaltes einer Sand-Braunerde nach vierjähriger Brache in Abhängigkeit von der landwirtschaftlichen Nutzungsintensität" wurden in Kreinitz bei Riesa (Nordostsachsen) bodenkundliche Untersuchungen bezüglich des N-Kreislaufes durchgeführt. Hierbei fanden drei Landnutzungssysteme (Sukzessionsbrache, extensive und intensive Landwirtschaft) Berücksichtigung. Die sich in den unterschiedlichen Versuchsvarianten herausbildenden nutzungstypischen ökologischen Bedingungen, können sich sowohl begünstigend als auch nachteilig auf die mikrobiellen und biochemischen Bodenparameter auswirken, was mit einer Beeinflussung des Stoffabbaus verbunden ist. Ziel der vorliegenden Studie war es, am Beispiel eines Probenahmeterrines die Aktivitäten der Amidohydrolasen L-Asparaginase und L-Glutaminase in Abhängigkeit der landwirtschaftlichen Nutzungsintensität darzustellen und deren Korrelationen zu mikrobiologischen Bodenparametern (mikrobielle Biomasse (Cmic und Nmic), Basalatmung (BA)) aufzuzeigen.

Standort und Methodik

Bei der Versuchsfläche handelt es sich um ein ca. 5 ha großes landwirtschaftlich genutztes Areal, das 1996 stillgelegt wurde. Mit der Einrichtung von zwei Bewirtschaftungssystemen (extensive und intensive Nutzung) im Herbst 1999, wurden Teile dieser Sukzessionsbrache in die landwirtschaftliche Produktion zurückgeführt. Zum Zeitpunkt der Probenahme (August 2001) waren die extensiv genutzten Parzellen durch den Anbau von Körnererbsen (*Pisum sativum*) gekennzeichnet, während sich auf dem intensiv bewirtschafteten Areal Winterroggen (*Secale cereale*) befand. Die Entnahme der Bodenproben erfolgte in der Bodentiefe 0-10 cm.

Die Aktivitäten der Enzyme L-Asparaginase und L-Glutaminase wurden nach FRANKENBERGER & TABATABAI (1991 a+b) ermittelt.

Die Analyse des mikrobiellen Kohlenstoffs bzw. Stickstoffs erfolgte mittels der Chloroform-Fumigations-Extraktions-Methode nach VANCE *et al.* (1987), unter Einbeziehung eines k_{EC} -Faktors von 0,45 und eines k_{EN} -Faktors von 0,54 (JÖRGENSEN, 1995). Die Messungen der C- und N-Konzentrationen wurden unter Anwendung eines multi NC-Analysators (Jena Analytik) durchgeführt.

Die Bestimmung der mikrobiellen Basalatmung erfolgte anlehnd an der von ISERMEYER (1952) entwickelten und von JÄGGI (1976) modifizierte Methode.

Um die feuchtebedingte Variabilität der Parameter zugunsten der bewirtschaftungsbedingten Effekte zu reduzieren, wurden sämtliche Bodenproben vor den Bestimmungen konditioniert, d. h. auf 30 % ihrer Wasserhaltekapazität angefeuchtet und nach 4-tägiger Lagerung bei 4 °C für 24 h bei Raumtemperatur inkubiert. Alle Werte beruhen auf einer Doppelbestimmung und beziehen sich auf die Trockensubstanz des Bodens.

Die statistische Auswertung (Versuchsvariantenvergleich mittels Mann-Whitney-U-Test und Korrelation nach Spearman) erfolgte unter Anwendung der Software Statistica[®] Version '99 (Statsoft).

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl L-Asparaginase, als auch L-Glutaminase wiesen die höchsten medianen Aktivitäten unter Brache auf (Abb. 1). Während hier Werte von $10 \mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} (2\text{h})^{-1}$ bzw. $113 \mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} (2\text{h})^{-1}$ festgestellt wurden, betragen die Aktivitäten im Medianbereich unter extensiver Landnutzung für L-Asparaginase lediglich $9 \mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} (2\text{h})^{-1}$ und für L-Glutaminase $44 \mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} (2\text{h})^{-1}$ bzw. bei intensiver Bewirtschaftung für L-Asparaginase $8 \mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} (2\text{h})^{-1}$ und für L-Glutaminase $90 \mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} (2\text{h})^{-1}$ (Abb. 1). Auch LANDGRAF & KLOSE (2002) stellten unter Brache höhere Enzymaktivitäten fest als in bewirtschafteten Böden. Im Gegensatz zu den Untersuchungen dieser Autoren waren die in Abbildung 1 dargestellten medianen nutzungsbedingten Differenzen jedoch nicht statistisch signifikant (Tab. 2). Daher kann angenommen werden, dass auf sandigen Böden, 1½ Jahre nach der Inkulturnahme von Brachen, keine signifikanten Änderungen der L-Asparaginase- und L-Glutaminaseaktivität zu erwarten sind.

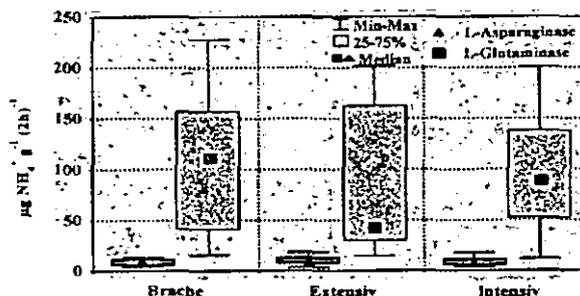


Abb. 1: Aktivitäten der Enzyme L-Asparaginase und L-Glutaminase in 0-10 cm Bodentiefe unter Berücksichtigung verschiedener landwirtschaftlicher Nutzungsintensitäten

In allen drei Versuchsvarianten erreichte die Aktivität von L-Glutaminase wesentlich höhere Werte als die L-Asparaginaseaktivität (Abb. 1). Dies deutet darauf hin, dass im Boden des Untersuchungsgebietes der hydrolytische Abbau organischer Stickstoffverbindungen

¹TU Dresden, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Bodenkunde und Standortlehre, Piener Straße 7, 01737 Tharandt

nur unwesentlich durch die Amidohydrolase L-Asparaginase beeinflusst wird.

Tab. 1: Mikrobiologische Bodenparameter in 0-10 cm Bodentiefe unter Berücksichtigung verschiedener landwirtschaftlicher Nutzungsintensitäten (Medianwerte; n = 24)

	Brache	Extensiv	Intensiv
Cmic [$\mu\text{g g}^{-1}$]	121,0	103,6	98,6
Nmic [$\mu\text{g g}^{-1}$]	20,9	15,9	16,0
(C/N)mic	6,3	6,6	7,1
BA [$\text{mg CO}_2 \text{g}^{-1} (24\text{h})^{-1}$]	0,068	0,064	0,067

Der Boden unter Brache hob sich ebenfalls sowohl hinsichtlich des medianen Cmic-, als auch des Nmic-Gehaltes - mit Werten von 121,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ bzw. 20,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ - von den anderen Nutzungsformen ab (Tab. 1). Signifikante Unterschiede zwischen Brache und den bewirtschafteten Versuchsvarianten konnten jedoch nur hinsichtlich des Nmic festgestellt werden (Tab. 2). Das mediane (C/N)mic-Verhältnis betrug im Boden unter intensiver Bewirtschaftung 7,1, während bei den anderen Nutzungsformen lediglich Werte von 6,6 (extensive Bewirtschaftung) bzw. 6,3 (Brache) ermittelt wurden (Tab. 1). Jedoch waren diese Abweichungen ebenfalls nicht statistisch signifikant (Tab. 2).

Tab. 2: Vergleich der Versuchsvarianten bezüglich biochemischer und mikrobiologischer Bodenparameter in 0-10 cm Bodentiefe mittels Mann-Whitney-U-Test

	Brache/Extensiv	Brache/Intensiv	Intensiv/Extensiv
Asparag.	+	+	+
Glutam.	+	+	+
Cmic	+	+	+
Nmic	*	**	+
(C/N)mic	+	+	+
BA	+	+	+

+ keine signifikanten Beziehungen; *, ** symbolisieren signifikante Unterschiede auf $p < 0,05$, $p < 0,01$

Auch auf die mikrobielle Basalatmung hatten die verschiedenen Nutzungsintensitäten keinen signifikanten Einfluß (Tab. 2). Die Medianwerte schwankten hier zwischen 0,064 $\text{mg CO}_2 \text{g}^{-1} (24\text{h})^{-1}$ (extensive Bewirtschaftung) und 0,068 $\text{mg CO}_2 \text{g}^{-1} (24\text{h})^{-1}$ (Brache) (Tab. 1).

Da signifikante Unterschiede zwischen den Landnutzungsformen lediglich bezüglich des Nmic festgestellt wurden (Tab. 2), kann diese mikrobielle Größe als sehr sensibel gegenüber kurzfristigen Nutzungsänderungen eingestuft werden.

Tab. 3: Korrelationskoeffizienten nach Spearman zwischen L-Asparaginase sowie L-Glutaminase und mikrobiologischen Bodenparametern in 0-10 cm Bodentiefe unter Berücksichtigung verschiedener landwirtschaftlicher Nutzungsintensitäten

	L-Asparaginase			L-Glutaminase		
	Brache	Extensiv	Intensiv	Brache	Extensiv	Intensiv
Cmic	+	+	0,43*	0,63**	0,45*	+
Nmic	0,45*	+	+	0,55**	+	0,57**
(C/N)mic	+	+	+	+	+	+
BA	+	+	+	0,70***	0,51*	+

+ keine signifikanten Beziehungen; *, **, *** symbolisieren Signifikanz auf $p < 0,05$, $p < 0,01$ und $p < 0,001$

Nach LANDGRAF & KLOSE (2002) stellt die mikrobielle Biomasse eine bedeutende Quelle für Enzyme im Boden dar. KLOSE & TABATABAI (2002) wiesen ebenfalls enge korrelative Beziehungen zwischen mikro-

bieller Biomasse und L-Asparaginase bzw. L-Glutaminase nach. In der vorliegenden Studie zeigte das Enzym L-Asparaginase nur sehr geringe Wechselwirkungen mit den ermittelten mikrobiellen Parametern (Tab. 3). Dies bekräftigt die obig erwähnte Vermutung, dass L-Asparaginase im Boden des untersuchten Gebietes eine - bezüglich des Stoffabbaus - untergeordnete Rolle einnimmt. Das Enzym L-Glutaminase wies hingegen starke Abhängigkeiten zu mikrobiellen Größen auf (Tab. 3). Während im extensiv bewirtschafteten Boden signifikante Beziehungen ($P < 0,05$) zum Cmic sowie zur mikrobiellen Basalatmung festgestellt wurden, ergaben sich bei intensiver Nutzung signifikante Korrelationen ($P < 0,01$) zum Nmic. Deutlich zu erkennen war, dass L-Glutaminase insbesondere unter Brache eng mit mikrobiellen Parametern korrelierte. So konnten bezüglich Cmic und Nmic signifikante Wechselbeziehungen ($P < 0,01$) und hinsichtlich der mikrobiellen Basalatmung eine hochsignifikante Korrelation ($P < 0,001$) nachgewiesen werden (Tab. 3). Begründet werden kann dies mit der differierenden Nutzungsintensität. Während unter Brache das Bodenleben weitestgehend ungestört bleibt, finden im Boden der bewirtschafteten Versuchsvarianten erhebliche bearbeitungsbedingte Störungen statt.

Schlussfolgerungen

Die dargestellten Untersuchungsergebnisse lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Verglichen mit den extensiv und intensiv bewirtschafteten Versuchsvarianten sind unter Brache langfristig größere Gehalte an mikrobieller Biomasse und höhere biochemische Aktivitäten zu erwarten, was nach einer Versuchsdauer von 1½ Jahren jedoch ausschließlich bezüglich des Nmic statistisch nachgewiesen werden konnte.
- Aufgrund der allgemein schwachen L-Asparaginaseaktivität und der geringen Wechselbeziehungen zu mikrobiologischen Bodenparametern, ist davon auszugehen, dass diese Amidohydrolase den Stoffabbau im Boden des Untersuchungsgebietes nur unwesentlich mitbestimmt.
- Unter Brache sind wegen der geringen Nutzungsintensität allgemein engere Korrelationen zwischen mikrobiologischen und biochemischen Parametern zu erwarten als in den bewirtschafteten Versuchsvarianten.

Literatur

- FRANKENBERGER, W. T., TABATABAI, M. A., 1991a: Factors affecting L-Asparaginase activity in soils. *Biol. Fert. Soils* 11, 1 - 5
- FRANKENBERGER, W. T., TABATABAI, M. A., 1991b: L-Glutaminase activity of soils. *Soil Biol. Biochem.* 23, 869 - 874
- ISERMEYER, H., 1952: Z. Pflanzenernährung und Bodenk. 56, 26
- JÄGGL, W., 1976: Die Bestimmung der CO_2 -Bildung als Maß der bodenbiologischen Aktivität. *Schweizerische Landw. Forschung* 15, 371 - 380
- JØRGENSEN, R. G. (1995): Die quantitative Bestimmung der mikrobiellen Biomasse in Böden mit der Chloroform-Fumigations-Extraktions-Methode. *Göttinger Bodenkundliche Berichte* 104, 229 S.
- KLOSE, S., TABATABAI, M. A., 2002: Response of amidohydrolases in soil to chloroform fumigation. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165, 125 - 132
- LANDGRAF, D., KLOSE, S., 2002: Mobile and readily available C and N fractions and their relationship to microbial biomass and selected enzyme activities in a sandy soil under different management systems. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165, 9 - 16
- VANCE, E. D., BROOKES, P. C., JENKINSON, D. S., 1987: An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19, 703 - 707

Sind mikrobielle Parameter verlässliche Indikatoren für Bodenqualität?

Eine Synthese aus Freilanduntersuchungen und Laborversuchen

Dirk Mohr*, Frank Nicolini, Werner Topp

Einleitung

Mikrobielle Parameter finden in vielen Studien als Bioindikatoren für Bodenzustandserhebungen Verwendung (Staddon et al., 1999). Mikrobielle Aktivität und Biomasse zeigen sich häufig sehr eng korreliert mit der Verfügbarkeit an Kohlenstoff, Stickstoff und/oder Phosphor (Wardle, 1992). Der metabolische Quotient wird häufig als ein Index für Ökosystem-Entwicklung (qCO_2 sinkend) oder -Störung (qCO_2 steigend) verwendet (Anderson & Domsch, 1993). Das Verhältnis von C_{mic} zu C_{org} gilt als sensitiver Indikator für die C-Verfügbarkeit bzw. die Abbaubarkeit des Substrats (Bauhus et al., 1998). Hohe C_{mic}/C_{org} Verhältnisse sollen auf eine gute Abbaubarkeit des Substrates hindeuten. Wir führten Freiland-Untersuchungen und Laborexperimente durch, um die Allgemeingültigkeit dieser mikrobiellen Parameter als Bodenzustandsindikatoren zu überprüfen

Material und Methoden

a) Freilanduntersuchungen

Für die Freilanduntersuchungen wählten wir ein Versuch-Set-up mit insgesamt 16 Waldflächen in 4 Untersuchungsgebieten (I-IV), die sich im Alter und dem Nährstoffgehalt der Böden unterscheiden. Die Flächen wurden zwei bis vier mal im Jahr beprobt bei einer Parallelenzahl von 8-10 pro Probestern pro Standort. Analysiert wurden die potentielle mikrobielle Aktivität (CO_2 -Entwicklung) und die mikrobielle Biomasse (FE-Methode nach Vance, 1987). Hieraus errechneten wir den metabolischen Quotienten und das C_{mic}/C_{org} -Verhältnis. Zusätzlich analysierten wir die Gehalte an C_{org} , N_t , Phosphat-P, K, Mg, Ca, den Boden-pH und die maximale Wasserhaltekapazität in gestörter Lagerung.

b) Laborversuch

Als Bodensubstrat diente uns ein Gemisch aus 25% Loess, 25% Sand und 50% Waldboden. 100g Bodengemisch wurden in Plastikgefäße überführt und bei 65% der maximalen Wasserhaltekapazität für eine Woche bei 17.5°C inkubiert. Gasaustausch war durch in den Deckel eingebrachte Gaze mit einer Maschenweite von 100 µm möglich. Die Bodenfeuchte wurde während des gesamten Versuchs zwischen 50 und 65% der WHK_{max} gehalten. Nach einer Woche erfolgte die Nährstoffzugabe.

Neben acht Kontrollansätzen wählten wir jeweils acht Ansätze mit N+P (NH_4NO_3 ; K_3PO_4), N+P+Glucose und N+P+Cellulose. Nährstoffgehalte sind in Tab. 1

angegeben. Nach 1, 2, 4, 8, 16, 32 und 64 Tagen wurden Bodenproben entnommen und mikrobielle Aktivität und Biomasse gemessen.

Tab. 1: Nährstoffgehalte im Bodensubstrat und Anteile der Nährstoffe nach Nährstoffzugabe.

Nährstoffgehalte			
	vor Zugabe	nach Zugabe	Anteile
C_{org}	3,2 %	5 %	15/(10)
N_t	1,7 g/kg	3,3 g/kg	1
P	2,32 mg/kg	219 mg/kg	0,07

Ergebnisse

a) Freilanduntersuchungen

Der Boden-pH war in den Untersuchungsgebieten vergleichbar (Tab. 2). Organischer Kohlenstoff und Gesamt-Stickstoff (genauso wie PO_4^{3-} -P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) erreichten Maximalwerte in den Untersuchungsgebieten III und IV (Tab. 2) und waren signifikant höher als in den Flächen der Untersuchungsgebiete I und II.

Tab. 2: Ausgewählte Standorteigenschaften der Untersuchungsgebiete I-IV.

	I	II	III	IV
Alter [Jahre]	17	80	80	120
pH IM KCl	3,9-5,0	3,6-4,7	3,6-3,7	3,9-4,4
WHK_{max} [%]	30-38	49-62	61-74	69-74
C_{org} [%]	1,0-2,3	4,9-6,8	8,6-13,5	9,8-11,6
N_t [mg/g]	0,6-1,2	4,0-4,3	6,3-8,5	6,5-8,0

Für die mikrobielle Aktivität ergab sich ein ähnlicher Trend (Abb. 1). Alle Untersuchungsgebiete unterschieden sich signifikant voneinander. Für die mikrobielle Biomasse waren Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten weniger deutlich ausgeprägt (Abb. 2). Mit Ausnahme zweier Standorte in den Untersuchungsgebieten II und III bewegten sich die Unterschiede zwischen allen Standorten in einem relativ kleinen Rahmen von ca. 1000 µg C_{mic} /g Boden, auch wenn zwischen den Untersuchungsgebieten teils signifikante Unterschiede auftraten.

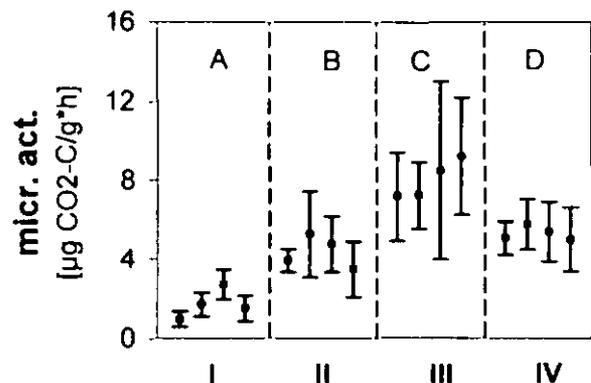


Abb. 1: Potentielle mikrobielle Aktivität in den Flächen der Untersuchungsgebiete I-IV. Für Mann-Whitney-U-Tests wurden die Daten der jeweiligen Untersuchungsgebiete zusammengefasst. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten Unterschiede auf dem 5 % Niveau.

*Dirk Mohr

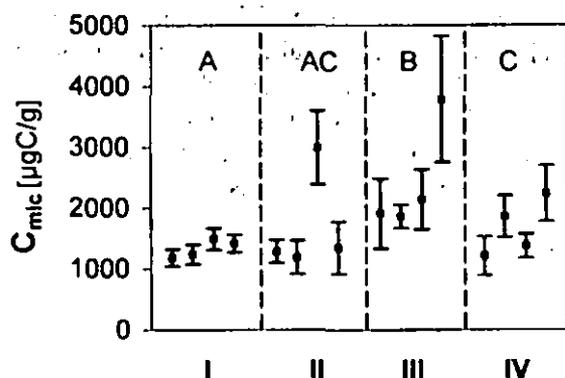


Abb. 2: Potentielle mikrobielle Biomasse in den Flächen der Untersuchungsgebiete I-IV. Für Mann-Whitney-U-Tests wurden die Daten der jeweiligen Untersuchungsgebiete zusammengefasst. Unterschiedliche Buchstaben deuten auf Unterschiede auf dem 5 %-Niveau.

Der metabolische Quotient in den Untersuchungsgebieten I und II war signifikant niedriger als in III und IV. Das C_{mic}/C_{org} -Verhältnis war mit Werten von bis zu 12.8 % in den Flächen des Untersuchungsgebietes I am höchsten und fiel stetig über die Gebiete II und III bis zum Gebiet IV auf Werte von 1% ab. Alle Untersuchungsgebiete unterschieden sich signifikant voneinander. Regressionsanalysen ergaben für die mikrobielle Aktivität eine starke Abhängigkeit von den Gehalten an C_{org} und N_i mit R^2 -Werten von 0,59. Die mikrobielle Biomasse wurde weniger deutlich vom Nährstoff-Gehalt des Oberbodens beeinflusst ($R^2 \leq 0,11$).

b) Laborversuch

In einem Laborversuch sollte der Einfluss des Nährstoffangebotes auf bodenmikrobielle Parameter näher untersucht werden.

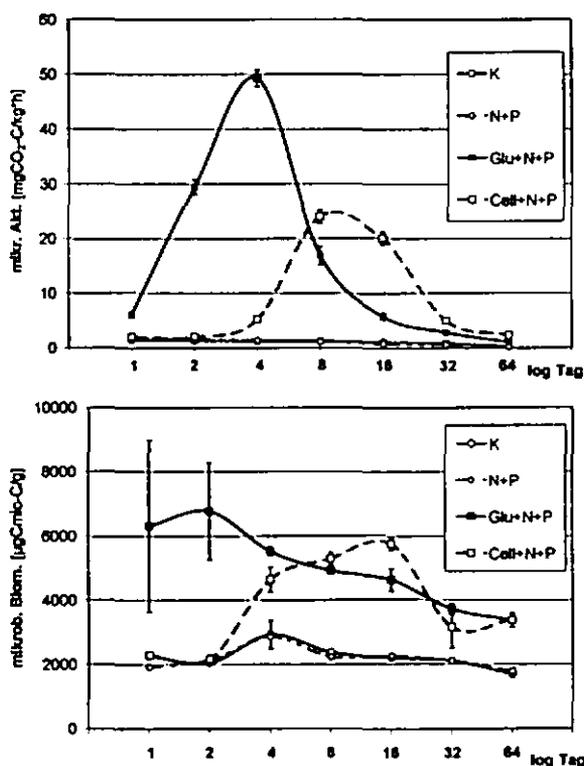


Abb. 3: Interpolierte Darstellung der mikrobiellen Aktivität (oben) und der mikrobiellen Biomasse (unten) im Versuchsverlauf.

Die Zugabe von N und P bewirkte keinen Anstieg der mikrobiellen Aktivität und Biomasse im Vergleich zur Kontrolle (Abb. 3). Im Gegensatz dazu führte die Zugabe von Glucose schon nach dem ersten Versuchstag zu einem signifikanten ($p \leq 0.05$) Anstieg der mikrobiellen Aktivität und mikrobiellen Biomasse. Im weiteren Versuchsverlauf (nach 4 bzw. 2 Tagen) beobachteten wir einen kontinuierlichen Rückgang von mikrobieller Aktivität und Biomasse. Die Zugabe von Cellulose bewirkte einen ähnlichen Reaktionsverlauf, allerdings zeitlich verzögert und mit insgesamt geringeren Maximalwerten.

Für alle Versuchsansätze entsprach der Kurvenlauf des metabolischen Quotienten dem der mikrobiellen Aktivität. Bei maximaler Aktivität war auch der qCO_2 maximal und mit abnehmender Substratverfügbarkeit sank auch der metabolische Quotient.

Schlussfolgerungen

Aus unseren Ergebnissen schließen wir, dass Mikroorganismen (zumindest in substratlimitierten Böden) überwiegend C-limitiert sind. Die mikrobielle Aktivität stieg sowohl im Freiland als auch in den Laborversuchen mit wachsender C-Verfügbarkeit an. Ein gesteigertes C-Angebot führte jedoch weder im Freiland noch in den Laborversuchen zu einem adäquaten Biomasse-Zuwachs der Mikroorganismen. Entsprechend fanden wir durchweg hohe qCO_2 -Werte (niedrige C_{mic}/C_{org} -Verhältnisse) bei hohem C-Angebot bzw. in nährstoffreichen Böden. Wir vermuten, dass die Abhängigkeit der mikrobiellen Biomasse vom Nährstoffangebot in starkem Maße von Faktoren wie Substratqualität, dichteabhängige Interaktionen und Prädatorendruck („Top-Down“-Effekte) überlagert werden kann. Eine Interpretation der mikrobiellen Biomasse und damit auch von qCO_2 und C_{mic}/C_{org} als Indikator für Ökosystem-Entwicklung und -Störung ist somit nur bedingt möglich. Insgesamt erscheint uns nur die potentielle mikrobielle Aktivität als ein verlässlicher Indikator für Bodenqualität bzw. Nährstoffverfügbarkeit.

Literatur

Anderson TH, Domsch KH (1993) The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effect of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol Biochem* 25: 393-395

Bauhus J, Paré D, Côté L (1998) Effects of tree species, stand age and soil type on soil microbial biomass and its activity in a southern boreal forest. *Soil Biol Biochem* 30: 1077-1089

Staddon WJ, Duchesne LC, Trevors JT (1999) The role of microbial indicators of soil quality in ecological forest management. *The Forestry Chronicle* 75: 81-86

Vance ED, Brookes PC, Jenkinson DS (1987) An extraction method for measuring soil microbial C. *Soil Biol Biochem* 19: 703-707

Wardle DA (1992) A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. *Biol Rev* 67: 321-358

Bewertung natürlicher Funktionen von Stadtböden: Lebensraum für Mikroorganismen

Klaus Lorenz¹, Dagmar Tschерko¹ und Ellen Kandler¹

Einleitung

Der tägliche Verbrauch von 129 ha Boden in Deutschland für Siedlung und Verkehr soll bis 2020 auf 30 ha gesenkt werden (Bodenschutzbericht der Bundesregierung, 2002). Voraussetzung des dazu notwendigen Flächen- und Bodenressourcenmanagement in städtischen Verdichtungsräumen ist die Bewertung natürlicher und nutzungsbezogener Bodenfunktionen.

In der vorliegenden Untersuchung wird für Standorte in Stuttgart eine erste Bewertung der natürlichen Funktion des Bodens „Boden als Lebensraum für Bodenmikroorganismen“ (§2 (2) 1.a) Bundes-Bodenschutzgesetz: Deutscher Bundestag, 1998), durchgeführt.

Material und Methoden

Im Herbst 2000 wurden an 10 Standorten in Stuttgart Bodenprofile geöffnet (Tab. 1). Horizontweise wurden 3 Einzelproben entnommen. Im Labor wurden die Aggregate zerdrückt, die Proben gesiebt (< 5 mm) und bis zur Bestimmung mikrobieller Parameter bei -20 °C gelagert.

Tab. 1: Untersuchungsstandorte.

Nutzungstypen	Bezeichnungen
Bahnanlage	B
Einzelhausbebauung	E
Blockbebauungen	BB1, BB2, BB3
Park-/Grünanlagen	P1, P2, P3
Kleingartenanlagen	K1, K2

Die bodenmikrobiologischen Untersuchungen umfaßten die Bestimmungen der mikrobiellen Biomasse (C_{mik} , N_{mik} mittels CFE; SIR) sowie folgender Enzymaktivitäten: Arylsulfatase, Dehydrogenase, Urease. Zur Charakterisierung der org. Substanz des Bodens wurde der aus unvollständigen Verbrennungsprozessen stammende pyrogene Kohlenstoff (C_{pyr}) abgeschätzt (Gustafsson et al., 1997). Für die Profile liegen umfangreiche bodenchemische und -physikalische Analysendaten vor.

Zum folgenden Standortsvergleich wurden die Messwerte unter Berücksichtigung von Lagerungsdichten und Skelettgehalten für die Tiefenstufe 0-30 cm auf einen Hektar umgerechnet. Zur Bewertung der Lebensraumfunktion wurde anhand einer Redundanzanalyse überprüft, inwieweit die bodenchemischen und -physikalischen Eigenschaften die Varianz der bodenmikrobiologischen erklären können.

Ergebnisse und Diskussion

Organische Bodensubstanz

Die Gehalte an C_{org} in 0-30 cm Tiefe lagen zwischen 0,5 und 7,5 %, die für C_{pyr} zwischen 0,2 und 5,0 % (Abb. 1).

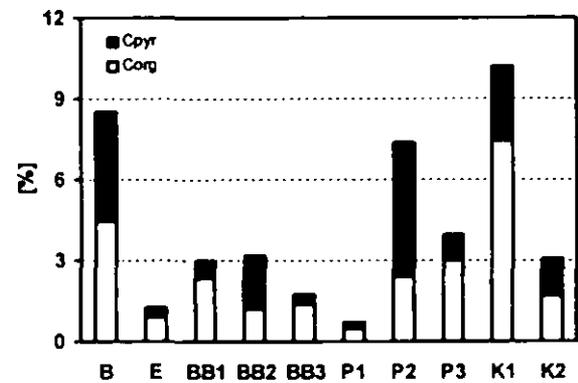


Abb. 1: Gehalte an C_{org} und C_{pyr} in 0-30 cm Bodentiefe.

Unterschiede im Eintrag org. Materials (Streu, Dünger, Abfälle, Fäkalien) sind v.a. für die beobachteten Unterschiede im C_{org} -Gehalt verantwortlich. Die Anteile von C_{pyr} am Gesamtgehalt der org. Bodensubstanz lagen zwischen 22 und 68 %. Quellen verbrannten Kohlenstoffs sind Feuerungsanlagen, Verbrennungsmotoren sowie Industrieanlagen. Die Nahrungsgrundlage für Bodenmikroorganismen in Stadtböden scheint sich demnach grundsätzlich von der natürlicher Böden zu unterscheiden (Beyer et al., 2001). Hinweise dazu geben auch ¹³C CPMAS NMR-Spektren der Park-/Grünfläche 2 (nicht gezeigt).

Mikrobielle Biomasse und Aktivität

In der Reihenfolge Kleingartenanlagen, Park-/Grünanlagen, Blockbebauungen, Einzelhausbebauung und Bahnanlage nahmen die mikrobielle Biomasse und Aktivität ab (gezeigt: C_{mik} -Gehalte und Dehydrogenaseaktivitäten, Abb. 2). Gründe hierfür sind unterschiedliche Gehalte an org. Bodensubstanz sowie unterschiedliche Skelettgehalte und Lagerungsdichten. Die Werte für die mikrobiellen Biomassen und Aktivitäten lagen deutlich höher als in früheren Untersuchungen von Stadtböden aus Stuttgart (Machulla, 2000).

¹Fachgebiet Bodenbiologie, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim
Emil-Wolff-Str. 27, 70593 Stuttgart
Kontakt: lorenzk@uni-hohenheim.de

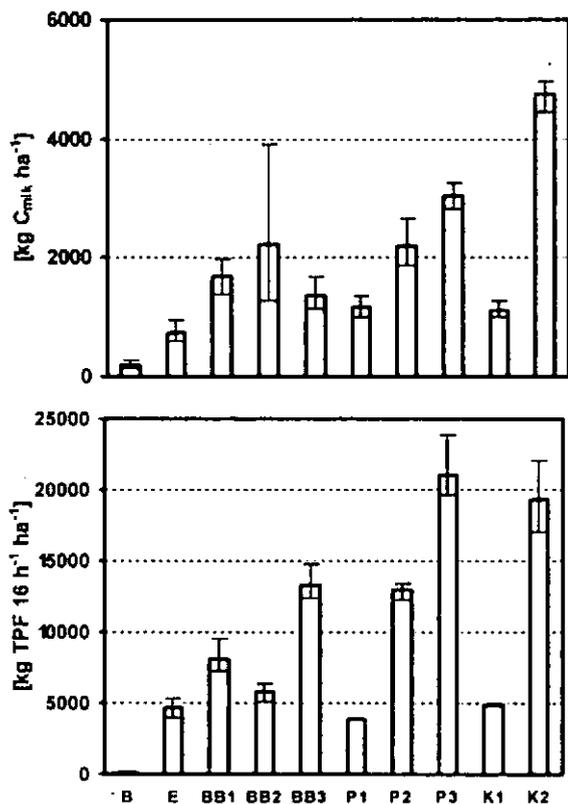


Abb. 2: Mikrobielle Biomasse (oben) und Dehydrogenaseaktivität (unten) in 0–30 cm Bodentiefe (± Spanne).

Vorläufige Bewertung der Lebensraumfunktion

In der Reihenfolge Pb>Zn>Ni>Cr>Cd>Cu nahm der hemmende Einfluß der Schwermetalle auf mikrobielle Biomasse und Aktivität ab (Korrelationen nach Pearson, nicht gezeigt). Basierend auf den Ergebnissen der Redundanzanalyse hat die Qualität der org. Bodensubstanz den größten Einfluß auf die bodenmikrobiologischen Eigenschaften (Tab. 2).

Tab. 2: Erklärte Varianz (%) der bodenmikrobiologischen durch die bodenchemischen und -physikalischen Eigenschaften (Redundanzanalyse; p<0,05).

C/N	Schluffgehalt	Zn _{AN}	Zn _{KW}	insgesamt
47	26	6	5	95
Ohne Abschätzung von C _{pyr} :				
Pb _{AN}	Ni _{KW}	N	Cd _{KW}	insgesamt
47	23	9	8	95

AN: Ammoniumnitrat-Aufschluß
KW: Königswasser-Aufschluß

Unterbleibt die Berücksichtigung des pyrogenen Kohlenstoffs wird der Einfluß der Schwermetalle auf die mikrobielle Biomasse und Aktivität überbewertet.

Schlussfolgerungen

Menge und Qualität der org. Bodensubstanz haben entscheidenden Einfluß auf die beobachteten Standortunterschiede in mikrobieller Biomasse und Aktivität. Eine Nicht-Berücksichtigung der von natürlichen Böden deutlich abweichenden Qualität der org. Bodensubstanz führt möglicherweise zu fehlerhaften Bewertungen hinsichtlich der Lebensraumfunktion von Stadtböden.

Ausblick

Im Herbst 2001 und 2002 wurden Proben der obersten beiden Horizonte der Profile entnommen. In diesen wird die Arylsulfatase-, alkalische Phosphatase- und Ureaseaktivität und nach DIN/ISO die mikrobielle Biomasse (CFE, SIR) und N-Mineralisation sowie die Dehydrogenaseaktivität und Ammoniumoxidation bestimmt (Römbke et al., 2002). Abschließend wird die Lebensraumfunktion mittels eines Fuzzy-Logik-Klassifikationsmodell bewertet. Die Ergebnisse fließen in ein an den Schutzgütern Boden, Wasser, Luft, Klima und Pflanzen/Tiere und ihre Lebensräume orientiertes Bewertungssystem ein (Richter et al., 2002).

Danksagung

Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des Instituts für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim für bodenchemische und -physikalische Untersuchungen - Caroline Preston vom Pacific Forestry Centre, Victoria, Kanada für die ¹³C-NMR Spektren - Land Baden-Württemberg für die finanzielle Förderung (BW-PLUS-Projekt BWC 20009).

Literatur

- Beyer, L., P. Kahle, H. Kretschmer, Q. Wu (2001): Soil organic matter composition of man-impacted urban sites in North Germany. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164, 359-364.
- Bodenschutzbericht der Bundesregierung für die 14. Legislaturperiode, 52 S., <http://www.bmu.de>
- Deutscher Bundestag (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG). *Bundesgesetzblatt I*, S. 502.
- Gustafsson, Ö., F. Haghesta, C. Chan, J. McFarlane, P.M. Gschwend (1997): Quantification of the dilute sedimentary soot phase: implications for PAH speciation and bio-availability. *Environ. Sci. Technol.* 31, 203-209.
- Machulla, G. (2000): Mikrobielle Aktivität von Böden aus anthropogenen und natürlichen Substraten. *Hallenser Bodenwiss. Abh. 1*, Der Andere Verlag, Osnabrück, 208 S.
- Richter, M., U. Grunicke, R. Böcker (2002): Boden- und Flächenressourcenmanagement in Ballungsräumen: Entwicklung von Bewertungsrahmen zur Beurteilung der ökosystemaren Potenziale verschiedener Nutzungs- und Strukturtypen. Zwischenbericht anlässlich des Statusseminars des BW-PLUS am 26.2. und 27.2.2002 im Forschungszentrum Karlsruhe, <http://bwplus.fzk.de>
- Römbke, J., G. Labes, J. Woiwode (2002): Ansätze zur Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen - Ergebnisse eines internationalen BMU-Fachgesprächs: Empfehlungen und Forschungsbedarf. *Bodenschutz* 2, 62-69.

Linking soil invertebrate biodiversity with soil processes

Jim Curry and Olaf Schmidt

Defining functional groups on the basis of criteria that are relevant to ecosystem processes, and assigning species or higher taxa to these functional groups are key research priorities for linking invertebrate biodiversity with ecosystem functioning. Currently, taxa are often assigned to functional groups on the basis of information on feeding habits which may not reliably reflect the full range and strength of trophic links in the field and which takes no account of potentially important non-trophic interactions.

Stable isotope techniques provide a powerful tool for investigating trophic relationships and matter fluxes in ecosystems. Examples from our recent research will be used to illustrate the usefulness of these techniques for studying food web interactions in the soil. A survey of ^{13}C and ^{15}N natural abundance values in field populations of lumbricid earthworms, enchytraeid worms, slugs and their putative food sources in a set aside arable field revealed patterns in isotopic composition which generally reflected the known feeding ecology of these invertebrates.

However, the results also provided novel insights into trophic relationships and inter and intraspecific variation among apparently functionally homologous groups.

While patterns of natural abundance are useful for generating hypotheses, enriched isotope tracer methods can provide greater power when testing specific aspects of feeding ecology and food web interactions. We were able to quantify participation by soil invertebrates in soil surface litter decomposition by measuring C and N assimilation from ^{15}N -enriched maize litter in field microplots. The time course of ^{13}C and ^{15}N uptake by different earthworm species reflected their feeding ecology: assimilation was fastest in *Lumbricus* spp. (epigeic/anecic species), intermediate in *Aporrectodea longa* (anecic species), slowest in endogeic species (*Allolobophora chlorotica*, *Ap. caliginosa* and *Ap. rosea*), while the deep soil-dwelling *Murchieona minuscula* did not derive any C or N from surface litter in 12 weeks. Laboratory studies on the fate of assimilated C and N in earthworms representing different ecological groups showed that large amounts were present in the foregut, but were rapidly and efficiently reabsorbed during gut passage.

Future work in the context of a recently initiated interdisciplinary study on Biodiversity in the Farmed Landscape in Ireland (AG-BIOTA) will focus on interspecific interactions and possible 'redundancy' within functional groups of soil invertebrates.

Department of Environmental Resource Management, University College, Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland.

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

Wege zur Beurteilung der biologischen Bodengüte von bewaldeten Kippböden in Abhängigkeit vom Rekultivierungsalter

Wolfram Dunger¹ und Karin Voigtländer²

1 Einleitung

In Vorbereitung und Umsetzung des gesetzlichen Schutzes des Bodens als Lebensraum sowie der Vielfalt und Funktion der Bodenorganismen wurden und werden aktuell verstärkt Untersuchungen zur Bewältigung dieser Aufgabe durchgeführt (Römbke et al. 1997, 2002; Sommer et al. 2002). Die vorliegende Mitteilung nutzt 40-jährige Studien der Besiedlung von Kippböden durch die Bodenfauna (Dunger 1968, Dunger und Wanner 2001) zur Beurteilung der biologischen Bodengüte dieser besonders in Deutschland verbreiteten Sonderstandorte.

2 Standorte und Methoden

Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag in der südlichen Oberlausitz (Braunkohlentagebau Berzdorf) auf einer Erle-Pappel-Robinie-Aufforstung der Langteichhalde (Standort A) vom 10. bis zum 46. Jahr nach der Rekultivierung. Angrenzende jüngere und gleichbehandelte Flächen (IK, NA, T, H) wurden vom 0. bis zum 10. Jahr bearbeitet. Parallel zu Standort A wurde eine Kiefer-Aufforstung (L) langfristig untersucht. Da auch hier während der ersten dreißig Jahre kein Pflegeeingriff erfolgte, entwickelte sich an diesem Standort auf natürlichem Weg ein Mischwald.

Das originäre Kippsubstrat (ohne Kulturbodenaufgabe), ein Gemenge von pleistozänen und tertiären Sanden mit Lehmen und Kohle-tonen (daher mit guter Wasserkapazität), hat einen hohen Lignitanteil, aber eine mäßige Pyritbelastung. Die Melioration beschränkte sich auf eine geringe Kalk- und Düngerzugabe.

Die Standorte bieten durchschnittlich gute Bedingungen für die biologische Entwicklung der Kippböden ohne irgend eine besondere Förderung über die Rekultivierung und erscheinen für eine Untersuchung unter (durchschnittlich guten) Norm-Bedingungen geeignet. Vergleichsprüfungen wurden im Mitteldeutschen und im Niederlausitzer Braunkohlenrevier vorgenommen.

Die Befunde zur Bodenfauna basieren auf Flächen-aufsammlungen (Lumbriciden, Myriapoden) und Bodenfallenfängen (Myriapoden, Collembolen) sowie auf der Austreibung der Mikroarthropoden (Collembolen) aus Bodenproben im Thermo-eklektor (Details Dunger und Wanner 2001).

3 Resultate

3.1 Quantitative Parameter: Mikroarthropoden, Collembolen

Die vorwiegend auf dem Luftwege immigrierenden Mikroarthropoden entwickeln schon im 3. bis 5. Jahr in der anwachsenden Streudecke unter Laubgehölzen sehr hohe Individuendichten (120.000 Ind./m², "Pionier-Optimum"), die unter dem Einfluss der aufkommenden Regenwurmaktivität bereits im 7. bis 10. Jahr wieder stark absinken (25.000 Ind./m²) und sich nach 30 bis 50 Jahren bei 70.000 bis 60.000 Ind./m² einpegeln. Unter Kiefer bietet die sich akkumulierende Nadelstreu einen idealen Lebensraum für Mikroarthropoden, der schon nach 10 Jahren mit 160.000, nach 33 Jahren mit 260.000 Ind./m² besiedelt ist. Die Collembolen haben an dieser Abundanzentwicklung einen Anteil, der um etwa 50% variiert (Abb. 1).

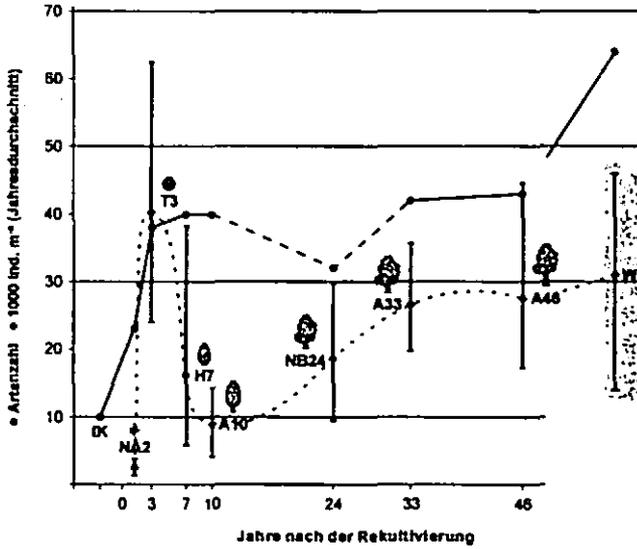


Abb. 1 Individuendichte (MW, SD) und Artenzahl der Collembolen auf mit Laubgehölzen aufgeforsteten Kippböden des Reviers Berzdorf über 46 Jahre und in einem benachbarten Wald (W)

3.2 Quantitative Parameter: Makrofauna – Lumbriciden

Lumbriciden sind bei der Besiedlung von Kippböden auf Einschleppung angewiesen; die aktive Einwanderung dauert Jahrzehnte. Bodenfeuchte, Nahrung und pH sind die wichtigsten Voraussetzungen für die Gründung dauerhafter Populationen. Unter Laubgehölz-Rekultivierung gelangen erste Nachweise nach 3 Jahren. Eine annähernd kontinuierliche Steigerung der Artenzahl (bis 7) und der Biomasse (Jahresmittelwerte bis 104 g/m²) verlief bis zum 33. Jahr, mit anschließender Nivellierung auf 83 g/m² (Abb. 2).

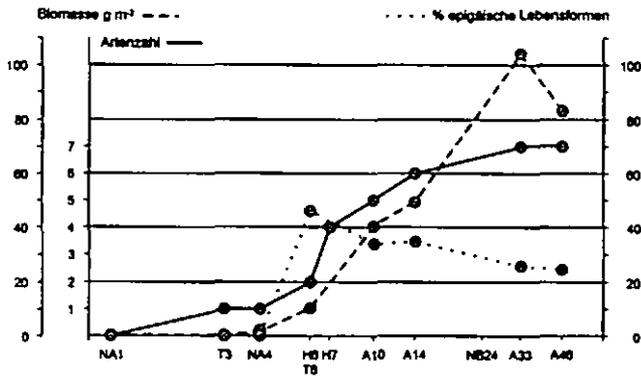


Abb. 2 Biomasse, Artenzahl und Anteil epigäischer Lebensformen der Lumbriciden auf mit Laubgehölzen aufgeforsteten Kippböden des Reviers Berzdorf über 46 Jahre

Unter Kiefer-Anpflanzung begann die Lumbriciden-Entwicklung erst nach 10 Jahren und verblieb bei 2 epigäischen Arten mit minimalen

Biomassen (um 5 g/m²). Nach der Umwandlung dieses Standortes in Mischwald glich sich die Artengarnitur voll, die Biomasse auf 63% und der höhere Anteil an epigäischen Lebensformen zu 73% der Besiedlung des Laubwaldstandortes nach 46 Jahren an.

Die Umsetzungsleistung der Lumbriciden, gemessen als potentielles Dekompositionsniveau (Dunger und Wanner 2001), steigt in den ersten 10 Jahren schnell an und wächst weiter proportional zur Primärproduktion, gemessen an der jährlichen Krautschicht- und Streuproduktion.

Wie Vergleiche mit Untersuchungen in anderen Braunkohlenrevieren ergeben, gestatten die Resultate das Aufstellen einer Referenzserie der Lumbriciden-Entwicklung unter Weichlaub-Aufforstung auf pleistozän-tertiären Deckgebirgs-Mischmassen (Abb. 3), die als regional- und standortstypisch durchschnittlich optimale Zeitserie zu verstehen ist. Sie erlaubt, die relative Entwicklung der biologischen Bodengüte (auf der Basis der Lumbriciden-Populationen) anderer Kippböden in Abhängigkeit vom Rekultivierungsalter zu beurteilen. Als Einstieg in detailliertere Vergleiche sind in Abb. 3 einige aus Untersuchungen ober- und niederlausitzer Kippböden gewonnene alterskonkrete Standortswerte (Dunger 1979, 1997) angegeben.

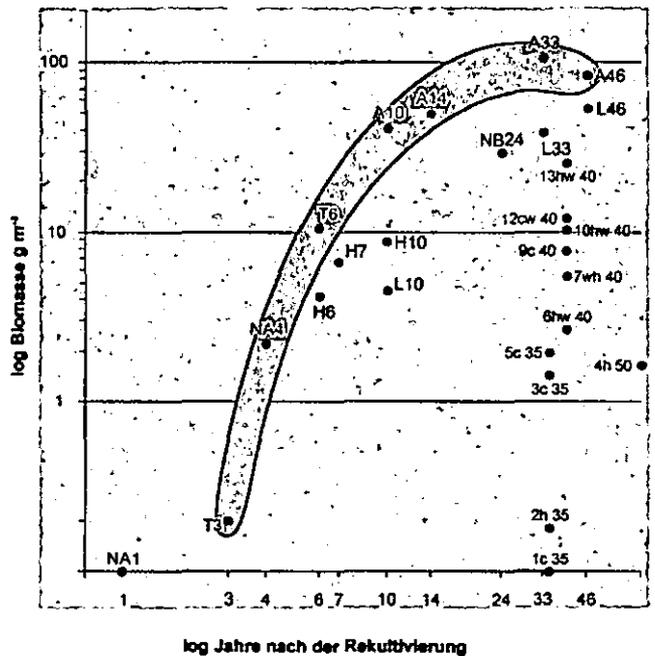


Abb. 3 Referenzserie der Entwicklung von Lumbriciden-Populationen unter Weichlaub-Aufforstung auf Berzdorfer Kippböden (vgl. Abb.2), verglichen mit Jahresdurchschnitten in ± gehemmten Kippböden in Berzdorf (H, L, NB) und in der Niederlausitz (1-13), aufgeforstet mit Koniferen (c), Hartlaub- (h) oder Weichlaubgehölzen (w)

3.3 Qualitative Parameter: Makrofauna – Diplopoden und Chilopoden

Qualitative zootische Parameter werten die Präsenz konkreter Arten als Ausdruck des Vorhandenseins ökologischer Nischen, die der ökologischen Potenz dieser Arten entsprechen. Das gilt auch für Zeitserien sich entwickelnder Ökosysteme (Standorte).

Die saprophagen Diplopoden wurden mit 14 Arten in Berzdorfer Kippböden nachgewiesen (Dunger und Voigtländer 1990, Voigtländer unpubl.). Das sind 34% der 41 aus der Region bekannten Arten (Voigtländer und Hauser 1999). Pioniere der Anfangsjahre (*Craspedosoma rawlini*, *Polydesmus inconstans*) sind rezedent auch noch in 50-jährigen Kippwäldern vorhanden, charakteristische Bewohner der umliegenden Wälder fehlen aber noch immer an solchen Standorten.

Von den zoophagen Chilopoden wurden 14 Arten auf den Berzdorfer Kippböden gefunden (26 Arten aus der Region bekannt). Hiervon sind Arten der an der Erdoberfläche jagenden Lithobiomorphen schnell einwandernde Pioniere, besonders der auf offene (junge) Kippböden beschränkte *Lamyctes emarginatus*. Die in Kleinhöhlen des Bodens lebenden, fadenförmigen Geophilomorphen benötigen in der Regel eine wenigstens minimale Entwicklung eines humosen A-Horizontes und treten daher meist erst nach 30 - 40 Jahren auf den Kippen auf. Auch diese Gruppe zeigt eine ökologische Feindifferenzierung der Ansprüche und eignet sich gut zur Indikation der Standortentwicklung.

3.4 Qualitative Parameter: Collembolen

Collembolen sind als mikrobiophage Mikroarthropoden mit mehr als 200 Arten in der Region vertreten (Schulz und Dunger 1995), wovon immerhin 109 Arten auch auf den Berzdorfer Kippböden nachgewiesen sind. Sie bieten mithin ein noch differenzierteres Indikationspotential. Nach der Zeit der Einwanderung bzw. Populationsbildung auf den Kippböden lassen sich 8 Gruppen unterscheiden (Abb. 4). Hiervon werden die "Initialen Immigranten" durch den (zufälligen) Nachweis der Immigration auf dem Luftweg in Testflächen ("Test") bestimmt (Dunger und Wanner 1999), unternehmen während der Beobachtungszeit wiederholt Ansiedlungsversuche, die nur für wenige Arten erfolgreich sind,

und erscheinen in benachbarten Wäldern (W, Nt) als rezedente Bewohner. Eine weitere Sondergruppe bilden die "Euryöken Offenlandarten", die während der gesamten Entwicklung, wenn auch mit abnehmender Abundanz, präsent sind. Als typische Kippstandortbewohner sind weiterhin die "Fugitiven Initialarten" und die "Pionierarten" insofern zu werten, als sie nur in den ersten 10 bis 20 Jahren auftreten. Die folgenden Gruppen sind Waldarten mit abgestufter Bindung an das Leben in geschlossenen Wäldern. Abgesehen von ihrer Fähigkeit zur mehr oder weniger frühen Besiedlung sich entwickelnder Kippböden ist diesen über 100 Arten ein Katalog von Umweltsprüchen zuzuordnen, der erlaubt, Entwicklungsstadien der Kippökosysteme zu charakterisieren (was hier nicht näher dargelegt werden kann). Wiederum ist zu registrieren, dass auch nach einem halben Jahrhundert Kippbodenentwicklung 12 Arten des direkt benachbarten naturnahen Waldes (Fraxino-Ulmetum) und sogar 54 Arten der nur 10 km entfernten Wälder des Neißetales (Arunco-Aceretum u.a.) noch nicht die Kippstandorte besiedeln. Die mathematische Verifikation (Arten turnover, Arten- und Dominanz-Identität, alpha-Diversität, species-rank-test; Dunger et al. im Druck) bestätigt, dass keine gerichtete und kontinuierliche Entwicklung der Collembolen-Artengarnitur in Kippböden hin zu Besiedlungsverhältnissen in regional-typischen Wäldern vorliegt. Vielmehr sind in diesen offenbar Nischen verfügbar, die im Verlauf der Kippen-Sukzession zeitweilig auftreten, in deren weiterer Entwicklung jedoch (vorübergehend ?) wieder geschlossen werden.

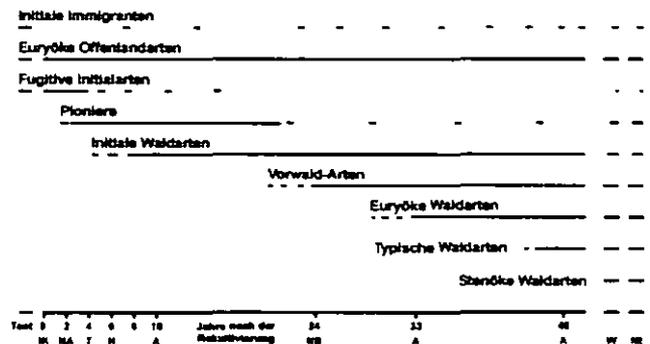


Abb. 4 Besiedlungsgruppen der (Collembolen auf Berzdorfer Kippböden unter Weichlaub-Aufforstung und in angrenzenden Wäldern

4 Fazit

Dem Bodenschutzgesetz entsprechend sollte die biologische Bodengüte sowohl nach der Vielfalt (qualitativ) als auch nach der Funktion (quantitativ) des Bodenlebens beurteilt werden, wobei die Praktikabilität des Vorgehens eine wesentliche Rolle spielt. Unter diesen Gesichtspunkten wurde die Entwicklung der biologischen Bodengüte im Verlauf der Sukzession von Kippböden des Braunkohlenbergbaues bodenzoologisch geprüft. Die Ergebnisse quantitativer Methoden (Individuendichten, Biomassen) ermöglichen, regionaltypische Referenzserien der Entwicklung auszuweisen, die Vergleiche mit der biologischen Bodengüte anderer Kippstandorte konkreten Alters und bestimmter Rekultivierung zulassen. Sie indizieren allerdings teilweise höhere biologische Aktivitäten in Kippböden als in gewachsenen Böden, die sich erst nach etwa 40 Jahren Sukzession den regionaltypischen Verhältnissen anzugleichen beginnen. Qualitative Methoden (Analyse der Entwicklung des Arteninventars von Testgruppen und Vergleich mit der gebietsspezifischen Situation) deuten dagegen auf eine geringere Vielfalt der ökologischen Nischen und des Artenbesatzes in bis zu 50 Jahre alten Kippböden im Vergleich mit gewachsenen Böden hin. Ohne Berücksichtigung des Artniveaus stehen für die Beurteilung der biologischen Bodengüte bei der Entwicklung von Kippböden offenbar nur ungenügende Informationen zur Verfügung.

5 Literatur

- Dunger, W. (1968): Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohlentagebaues. Ein Beitrag zur pedozoologischen Standortdiagnose. Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 43, 2: 1-256.
- Dunger, W. (1979): Bodenzoologische Untersuchungen an rekultivierten Kipp-Böden der Niederlausitz. Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 52, 11: 1-19.
- Dunger, W. (ed.) (1997): Untersuchungen zur Fauna 35jähriger aschemeliorierter Kippböden. Mit Kiefer und Roteiche/Linde aufgeforstete Standorte im Revier Domsdorf-Tröbitz (Niederlausitz). DFG Innovationskolleg, Abschlußbericht der Arbeitsgruppe Görlitz.
- Dunger, W., Schulz, H.-J., Zimdars, B., Hohberg, K. (im Druck): Changes in Collembolan species inventory in Eastern Germany mine-sites during the first half century of primary succession. *Pedobiologia*
- Dunger, W., Voigtländer, K. (1990): Succession of Myriapoda in primary colonization of reclaimed land. Proc. 7th. Int. Congr. Myriapodology, Brill, Leiden: 219-227.

- Dunger, W., Wanner, M. (1999): Ansiedlung und Primärsukzession der Bodenfauna auf Tagebaukippen – Ergebnisse und theoretische Ansätze. *Verh. Ges. Ökologie* 29: 201-211.
- Dunger, W., Wanner, M. (2001): Development of soil fauna at mine sites during 46 years after afforestation. *Pedobiologia* 45: 243-271.
- Römbke, J., Beck, L., Förster, B., Fründ, H.-C., Horak, F., Ruf, A., Rosciczewski, C., Scheurig, M., Woas, S. (1997): Boden als Lebensraum für Bodenorganismen. Literaturstudie; bodenbiologische Standortklassifikation. LA Umweltschutz Baden-Württemberg, 430 S.
- Römbke, J., Labes, G., Woiwode, J. (2002): Ansätze für Strategien zur Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen. Ergebnisse eines internationalen Fachgesprächs: Empfehlungen und Forschungsbedarf. *Bodenschutz* 7, 2: 62-69.
- Schulz, H.-J., Dunger, W. (1995): Kommentiertes Verzeichnis der Flügellosen Urinsekten (Apterygota) für den Freistaat Sachsen. *Mitt. Sächs. Entomologen* 31: 12-20.
- Sommer, M., Ehrmann, O., Friedel, J.K., Martin, K., Vollmer, T., Turian, G. (2002): Böden als Lebensraum für Organismen – Regenwürmer, Gehäuseschnecken und Bodenmikroorganismen in Wäldern Baden-Württembergs. *Hohenheimer Bodenkundl. Hefte* 63: 1-163.
- Voigtländer, K., Hauser, H. (1999): Fortschritte in der Kenntnis der Diplopoden der Oberlausitz. *Ber. Naturforsch. Ges. Oberlausitz* 7/8: 105-117.

Bodenstrukturanalyse im Umfeld von Regenwurmängen eines Ackerbodens

Stefan Schrader¹, Helmut Rogasik²,
Ingrid Onasch² und Danielle Jégou³

1. Einleitung und Problemstellung

Die von Regenwürmern direkt und indirekt beeinflusste Bodenzone, die ihre Gänge unmittelbar umgibt, wird Drilosphäre genannt (BOUCHÉ 1975). Diese Drilosphäre gehört aufgrund inkorporierter Ausscheidungen der Regenwürmer und der Geometrie der umschlossenen Gänge zu den 'hot spots' großer biologischer Aktivität im Boden. In dem folgenden Beitrag wurden Eigenschaften der Drilosphäre im Vergleich zum umliegenden Boden untersucht, die bislang unberücksichtigt blieben: a) Dichteverteilung; b) Bodenmikrostruktur; c) Wirkung mechanischen Stresses.

2. Material und Methoden

Gesiebter ($d < 4$ mm) und feldfeuchter Boden aus dem A_p Horizont (11 % S, 70 % U, 19 % T) einer landwirtschaftlichen Versuchsfläche in der Bretagne (Nordfrankreich) wurde 28 cm hoch in PVC-Zylinder (\varnothing 15 cm) zu einer Dichte d_B von ca. $1,4 \text{ Mg m}^{-3}$ eingefüllt. Die Säulen wurden für 70 d bei 12°C mit je einem adulten Individuum der anektischen Regenwurmart *Lumbricus terrestris* oder *Aporrectodea giardi* inkubiert. Nach Extraktion der Tiere wurde die Hälfte der Bodensäulen mit einer hydraulischen Presse bei 250 kPa auf d_B -Werte von $1,60$ bis $1,62 \text{ Mg m}^{-3}$ verdichtet. Detailliertere Angaben finden sich in JÉGOU et al. (2002).

Danach erfolgte ein computertomographisches Scanning aller Säulen (Virchow Krankenhaus Berlin) bei einer Pixelgröße von $0,39 \times 0,39$ mm und 3 mm gescannter Scheibenstärke. In jeder Säule wurde in den gescannten Scheiben das Umfeld eines zentralen, vertikalen Regenwurmanges, der keine unmittelbar benachbarten Gänge aufwies, durch 9 konzentrische ROI Zylinder charakterisiert (ROI = region of interest). Diese ROI Zylinder wiesen, vom Zentrum des Ganges beginnend (Abb. 1), einen

steigenden Durchmesser von 4 bis 52 mm auf. Durch Subtraktion gewichteter Hounsfield-Einheiten (HE) benachbarter ROI Zylinder ließen sich HE-Werte von insgesamt 8 Zylinder-Mänteln berechnen (s. Formel [1]).

$$HE_{z_{mij}} = \frac{dz_j^2 HE_{z_j} - dz_i^2 HE_{z_i}}{dz_j^2 - dz_i^2} \quad [1]$$

$HE_{z_{mij}}$ Hounsfieldeinheit eines ROI Zylindermantels ij
 dz_j ; HE_{z_j} Durchmesser und Hounsfieldeinheit des größeren ROI Zylinders j
 dz_i ; HE_{z_i} Durchmesser und Hounsfieldeinheit des kleineren ROI Zylinders i

Unter der Annahme homogenen Wassergehaltes in den Scheiben (stichprobenartig überprüft) und unter Berücksichtigung der Dichten der Festsubstanz und des Wassers wurde die Lagerungsdichte der Zylindermäntel berechnet (s. ROGASIK et al. 1999).

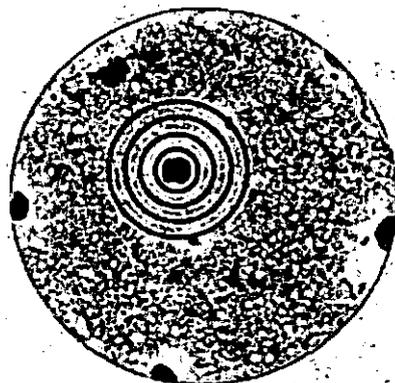


Abb. 1 Computertomographischer Schnitt durch eine unverdichtete Bodensäule mit Gängen (schwarz) von *L. terrestris*. Schematisch sind einige ROI Zylinder um einen zentral verlaufenden Gang angegeben.

Abschließend wurden die Säulen in ca. 5 cm dicke Scheiben geschnitten und aufgebrochen. Teilproben aus dem Bereich der ROI Zylinder der untersuchten Gänge (s.o.) wurden mit Gold bedampft. Die Mikrostruktur wurde an Bruchflächen dieser Teilproben mit einem Rasterelektronenmikroskop bei 500 facher Vergrößerung analysiert. Detailliertere Angaben finden sich in JÉGOU et al. (2001).

3. Ergebnisse und Diskussion

Die folgenden Ausführungen werden beispielhaft für die Drilosphäre von *L. terrestris* dargelegt, da zwischen den Regenwurmart *L. terrestris* und *A. giardi* bezüglich der untersuchten Parameter kein Unterschied festzustellen war.

Die Abb. 2 und 3 zeigen den Verlauf der Lagerungsdichte von der Gangwand bis in die

¹Zoologisches Inst., Techn. Univers., Spielmannstrasse 8, D-38092 Braunschweig, st.schrader@tu-bs.de

²Inst. für Bodenlandschaftsforschung, ZALF, Eberswalder Str. 84, D-15374 Müncheberg

³Lab. d'Écologie du Sol et de Biologie des Populations, Université de Rennes 1, F-35380 Paimpont

Bodenmatrix. Im Fall des unverdichteten Bodens liegt die Dichte des inneren Teils der Drilosphäre ca. 15 % höher als die Durchschnittsdichte der gesamten Bodenscheibe (Abb. 2).

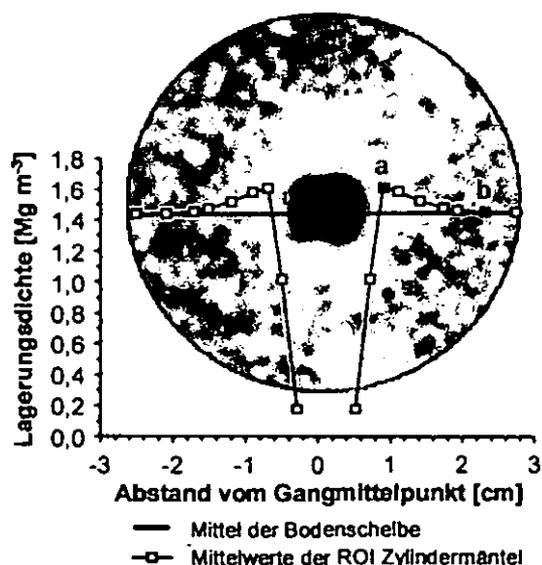


Abb. 2 Unverdichtete Bodensäule: Verteilung der Lagerungsdichte in der Drilosphäre von *L. terrestris* und im umgebenden Boden unterlegt mit einer computertomographischen Aufnahme des den Messwerten zugrundeliegenden Bodenausschnitts. Die Punkte „a“ und „b“ markieren die Position rasterelektronenmikroskopischer Untersuchungen (s. Abb. 4).

Die uniaxiale Druckbelastung von 250 kPa bewirkte eine Erhöhung der Lagerungsdichte der gesamten Probenquerschnittsfläche, doch blieb die Dichte der Drilosphäre unverändert (Abb. 3).

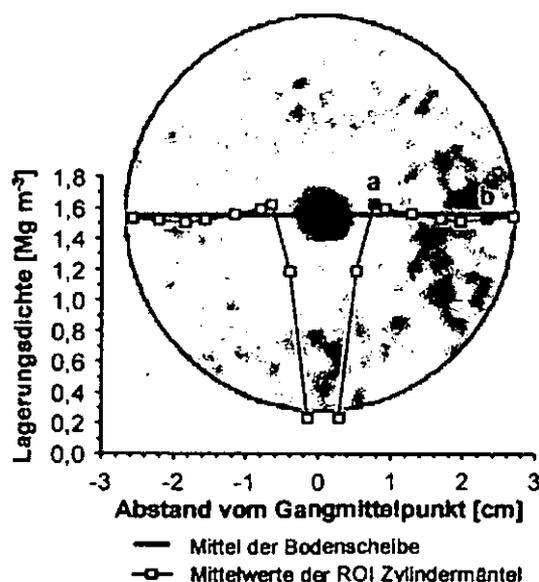


Abb. 3 Verdichtete Bodensäule: Verteilung der Lagerungsdichte in der Drilosphäre von *L. terrestris* und im umgebenden Boden unterlegt mit einer computertomographischen Aufnahme des den Messwerten zugrundeliegenden Bodenausschnitts. Die Punkte „a“ und „b“ markieren die Position rasterelektronenmikroskopischer Untersuchungen (s. Abb. 4).

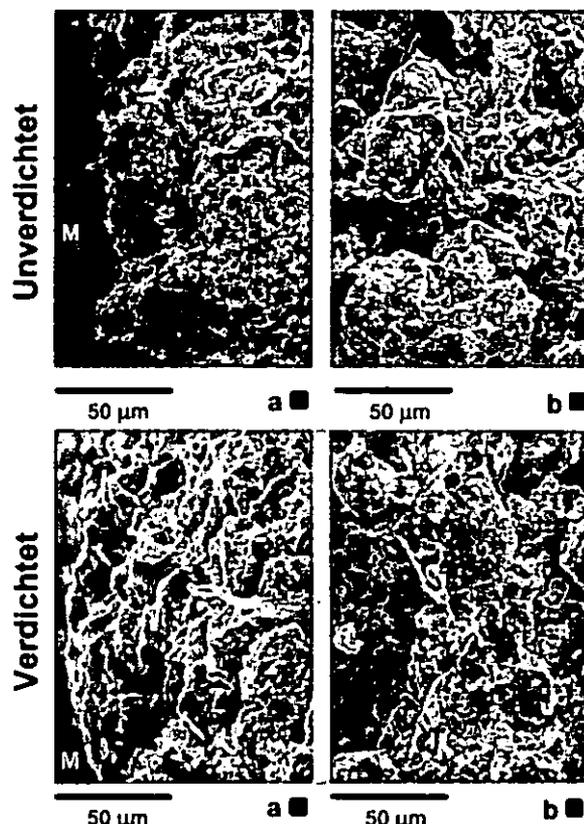


Abb. 4 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Bruchflächen aus der Drilosphäre (a) und der Bodenmatrix (b) für unverdichteten (oben) und verdichteten Boden (unten). Abb. 2 und 3 zeigen die Lage der Bruchflächen im Überblick. M = Makropore (Regenwurmang).

Auch die Mikrostruktur der Drilosphäre bleibt durch das Verdichtungsereignis nahezu unverändert (Abb. 4). Hingegen erfolgte ein Einregulieren der Schluffpartikel in eine eher Parallelanordnung in der Bodenmatrix.

5. Literatur

- Bouché, M.B. (1975) Action de la faune sur les états de la matière organique dans les écosystèmes. In: K. Gilbertus, O. Reisinger, A. Mourey, J.A. Cancela da Fonseca (Hrsg.) Biodégradation et Humification. Pierron, Sarrugemines, pp. 157-168.
- Jégou, D., J. Brunotte, H. Rogasik, Y. Capowiez, H. Diestel, S. Schrader & D. Cluzeau (2002) Impact of soil compaction on earthworm burrow systems using X-ray computed tomography: preliminary study. *Eur. J. Soil Biol.* 38, 329-336.
- Jégou, D., S. Schrader, H. Diestel & D. Cluzeau (2001) Morphological, physical and biochemical characteristics of burrow walls formed by earthworms. *Appl. Soil Ecol.* 17, 165-174.
- Rogasik, H., J.W. Crawford, O. Wendroth, I.M. Young, M. Joschko & K. Ritz (1999) Discrimination of soil phases by dual energy X-ray tomography. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 741-751.

Dank. Herrn Dr. J. Brunotte (Inst. für Betriebstechnik, FAL Braunschweig) danken wir für die Verdichtung der Bodensäulen mit einer hydraulischen Presse.

Regenwurmröhren in Äckern Südwestdeutschlands - Vorkommen und Bedeutung für Stofftransporte

Otto Ehrmann*¹ und Andreas Schwarz*²

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Röhren tiefgrabender Regenwürmer haben eine wichtige Funktion für Durchwurzelung und Nährstoffaufnahme (Graff 1971) und bei der Infiltration (Ehlers 1975). Bei den meisten bisherigen Untersuchungen wurde nur die Röhrenzahl an einem Standort untersucht, eine Übersicht über das Vorkommen von Röhren tiefgrabender Regenwürmer an verschiedenen Standorten fehlt bisher. Ziel der vorliegenden Arbeit war es zu untersuchen:

- Wie viele Röhren tiefgrabender Regenwürmer kommen an verschiedenen Ackerstandorten vor?
- Welche Bedeutung haben diese Röhren für den schnellen Fluß in Böden?

2 Material und Methoden

Untersucht wurden 20 typische Ackerstandorte Südwestdeutschlands, die das Spektrum der vorkommenden Ackerböden mehr oder weniger abdecken. Die Bodenbearbeitung wurde an 19 Standorten konventionell durchgeführt, eine Fläche wies Direktsaat auf.

Vor dem Aufgraben wurden 30 l/m² eines Farbtacers (Brilliant Blue, 30 g/m²) mit Gießkannen in der Intensität eines Starkregens ausgebracht. Dabei wurde jeweils eine Fläche von 180 cm x 200 cm beregnet, die eigentliche Probefläche lag in der Mitte dieser Fläche und wies eine Größe von 80 cm x 100 cm auf. Die Untersuchungen wurden an jedem Standort einmal durchgeführt.

Nach einer Wartezeit von mindestens einer Stunde erfolgte die Präparation horizontaler Schnittflächen in ca. folgenden Tiefen:

- 15 cm (= im Ap)
- 40 cm (= unterhalb der Pflugsohle)
- 70 cm (Unterboden)
- 100 cm (Unterboden)

Bei der Präparation wurde mit einem Spaten vorgegraben, anschließend wurde der Boden mit einer angeschärften Maurerkelle bis knapp über der eigentlichen Probefläche abgehoben und dann mit angehobener Maurerkelle - um verschmieren zu vermeiden - vorsichtig auf die endgültige Tiefe abgestochen. Die Fläche wurde dann mit einem Staubsauger vorsichtig abgesaugt. Anschließend wurde die präparierte Fläche mit einer Mittelformatkamera fotografiert.

Die Auswertung erfolgte anhand der Mittelformatdias am Stereomikroskop. Gezählt wurden nur Regenwurmröhren ≥ 7 mm Durchmesser. Dabei handelt es sich mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit um Röhren tiefgrabender Regenwürmer. Die Röhren wurden in drei Gruppen eingeteilt:

- offen bis $\frac{1}{2}$ offen
- $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{10}$ offen
- verfüllt (aber noch als Röhre erkennbar).

Innerhalb dieser Gruppen wurde noch zwischen blau gefärbten und ungefärbten Röhren unterschieden. Dadurch war eine Differenzierung in leitende bzw. nicht leitende Röhren möglich.

Der Flächenanteil der blau gefärbten Stellen wurde für jede Tiefe geschätzt, hierbei wurden die Anteile, die offensichtlich durch Farbstofftransport in Regenwurmröhren entstanden, getrennt erfaßt.

Bodenart, pH, KAK, C_{org} und N_t der Oberböden wurden im Labor bestimmt, die tieferen Horizonte wurden nur durch eine Profilbeschreibung im Gelände charakterisiert. Die Feldarbeiten wurden bei mittleren Bodenfeuchten im Sommer 2000 (n=3) sowie im Frühjahr 2001 (n=17) durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Anzahl an Regenwurmröhren

Die Anzahl der tiefreichenden Regenwurmröhren lag zwischen 0 und ca. 400 je m² (Abb. 2). An sandigen und sehr schluffigen Standorten fehlten Röhren tiefgrabender Regenwürmer (nicht dargestellt). Dies überraschte nicht, da tiefgrabende Regenwürmer dort aufgrund der geringen Tongehalte keine stabilen Wohnröhren anlegen können.

In tonigeren Böden kommen Röhren tiefgrabender Regenwürmer vor, es gibt aber eine deutliche Differenzierung in Abhängigkeit vom Tongehalt:

- Böden mit Tongehalten von 15 – 30 % wiesen absolut die höchsten Anzahlen an Röhren tiefgrabender Regenwürmer auf. Vor allem im Unterboden (70 cm Tiefe) war die Anzahl sehr hoch.
- Bei Böden mit Tongehalten von 30 – 45 % gibt es maximal 200 Röhren/m².
- Bei Böden mit Tongehalten von > 45 % ist die Anzahl viel geringer.

Je toniger also die Böden werden, um so geringer ist die Anzahl der Röhren und um so näher scheint das Maximum an der Bodenoberfläche zu liegen.

Die Anzahl der Röhren im Ap (15 cm tief), also im bearbeiteten Bereich, ist in allen Böden viel geringer als im Unterboden. Ein großer Teil der Röhren ist also alt. Besonders drastisch sind der Unterschiede zwischen Ober- und Unterböden bei den Böden aus schluffigen Lehm. Hier bleiben die Röhren wohl im Unterboden besonders lange erhalten. Es stellt sich die Frage, ob unter den derzeitigen Bedingungen des Ackerbaus (intensive Bodenbearbeitung, Pestizideinsatz) noch genügend tiefgrabende Regenwürmer vorkommen, um das Niveau an Regenwurmröhren im Unterboden langfristig aufrechtzuerhalten. Eine allmähliche Abnahme würde direkt (mechanisch) und indirekt (Durchlüftung) zu einer Verringerung der Durchwurzelbarkeit und damit zu einer Verschlechterung der Bodenfruchtbarkeit führen.

*¹ Nürtingerstr. 44, 72639 Neuffen, *² Universität Hohenheim, Institut f. Bodenkunde und Standortslehre, 70599 Stuttgart

3.2 Stofftransporte in Regenwurmröhren

Im Ap (15 cm Tiefe) liegen die Flächenanteile an Brilliant Blue in allen drei Bodentypen bei über 20 % (Abb. 1, links), es wurde also an vielen Stellen Farbttracer transportiert (= Matrixfluß). Die gefärbten Stellen nehmen mit zunehmender Tiefe deutlich bzw. sehr stark (tonige Böden) ab. Im Ap befindet sich nur ein kleiner Teil der gefärbten Stellen um Regenwurmröhren (Abb. 1 rechts), im Unterboden von Böden < 45 % Ton liegen sie immer über 50 %. Mit der gewählten Methodik wird die Bedeutung von Regenwurmröhren allerdings eher unterschätzt, weil zum einen nur die Wandung der Röhre gefärbt wird und zum anderen aufgrund des großen Durchmessers der Röhren der Wasserfluß darin schneller als in den meisten anderen Poren stattfinden kann.

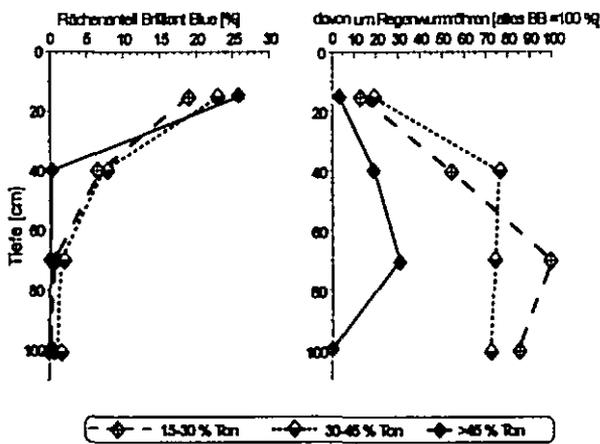


Abb. 1: Tiefenprofile des Farbtacers Brilliant Blue sowie relative Anteile davon um Regenwurmröhren. Die Böden sind nach dem durchschnittlichen Tongehalt im Bodenprofil gruppiert.

Der Vergleich von gefärbten und nicht gefärbten Regenwurmröhren in verschiedenen Tiefen (Abb. 2) zeigt folgende Ergebnisse:

- Nur ein Teil der Regenwurmröhren ist am schnellen Fluß beteiligt. Vor allem in der Gruppe 15-30 % Ton gibt es viele ungefärbte Röhren im Unterboden.
- Die Anzahl an Röhren, welche gefärbt sind, ist in 40 cm Tiefe immer höher als im Ap, d.h. ein schneller Fluß findet auch in Röhren statt, die nicht im Ap oder an der Bodenoberfläche beginnen.
- Am Transportprozeß nehmen nicht nur offene Röhren teil, auch teilweise offene und ± verschlossene wurden oft gefärbt.

4 Literatur:

Ehlers, W. (1975): Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soils. Soil Sci. 119, 242-249.
 Graff, O. (1971): Stickstoff, Phosphor und Kalium in der Regenwurmlösung auf der Wiesenversuchsfläche des Sollingprojektes. In D'Aguiar, J. (ed.): IV Colloquium Pedobiologiae, INRA Publ. 71-7, 503-511.

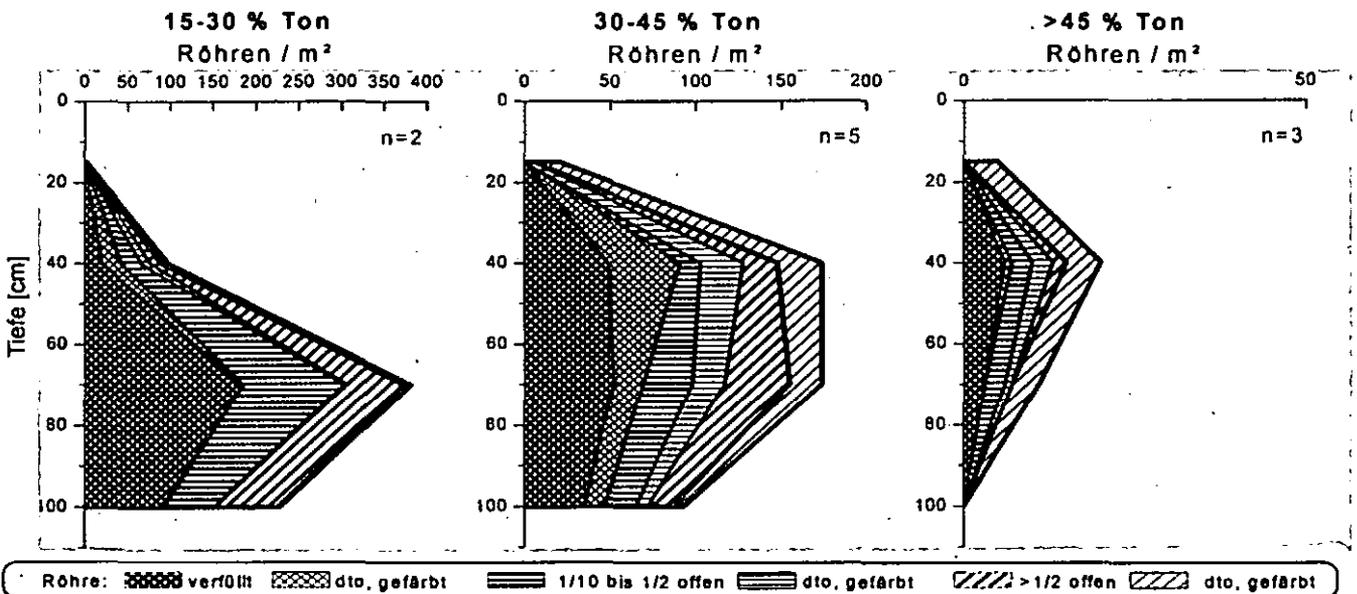


Abb. 2: Tiefenfunktion der Anzahl von Regenwurmröhren bei verschiedenen Bodenarten. Die Böden sind nach dem durchschnittlichen Tongehalt im Bodenprofil gruppiert. Die Röhren sind in drei Gruppen (nach dem Grad der Verfüllung) eingeteilt, in jeder Gruppe wird nochmals zwischen gefärbten (=am schnellen Fluß beteiligt) und ungefärbten Röhren unterschieden. Voruntersuchungen (hier nicht eingerechnet) von 2 Böden der Gruppe 15-30% Ton führten zu ähnlichen Ergebnissen. Flachgründige Böden sowie die direkt gesäte Fläche wurden nicht in die Grafik aufgenommen.

Beitrag von Regenwürmern zum Infiltrations- und Abflussgeschehen in Böden in Abhängigkeit von Bodensubstrat und Bodennutzung

J. Altmeier, S. Schobel, C. Emmerling

1. Einleitung

Durch Beregnungsversuche sollte der Beitrag von biogenen Makroporen zum Abflussgeschehen in Böden beobachtet werden. Ziel der Arbeit war es, diesen Einfluss zu quantifizieren und eventuelle Unterschiede in der Nutzung und im Substrat festzustellen. Als Substratvarianten wurde ein toniges und ein sandiges gewählt, wobei bei dem sandigen Substrat die texturgegebenen Primärporen über den Einfluss der Regenwürmer dominierten, so dass hier nur Ergebnisse des tonigen Substrats vorgestellt werden.

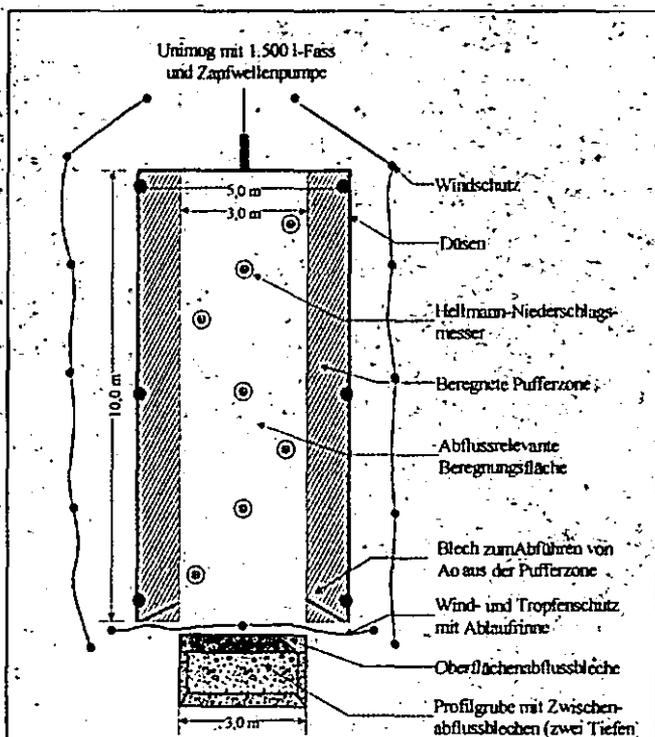


Abb. 1: Versuchsaufbau der mobilen Beregnungsanlage. Nach Abschluss der Beregnung wurde innerhalb der Beregnungsfläche die Infiltrationsrate bestimmt und die Regenwürmer ausgetrieben. An der Profilgrube wurden die Makroporen gezählt.

2. Vorgehensweise und Methodik

Es wurden jeweils drei Acker-, Grünland- und Waldstandorte auf einem tonigen und einem sandigen Substrat als Versuchsflächen ausgewählt. Diese wurden mit einer mobilen Beregnungsanlage (vgl. Abb. 1) mit 4 x 10 mm/Tag in 15-minütigen Intervallen in stündlichem Abstand an drei aufeinander folgenden Tagen beregnet. Der Beregnungsniederschlag wurde an einer Profilgrube differenziert in verschiedene Tiefen aufgefangen und die Fläche so einem Abflussprozess zugeordnet.

Des Weiteren wurden auf den Versuchsflächen Hang-Doppelringinfiltrationsmessungen durchgeführt. Die Zählung der Makroporen erfolgte in jedem Horizont eines Standortes mit drei Wiederholungen. Dazu wurde der Horizont horizontal abgestochen und die Aggregate einzeln auf einer Fläche von 30 x 30 cm² mit einer Messerspitze abgelöst, so dass darunter die Makroporen gezählt werden konnten. In Anlehnung an die AG Boden erfolgte eine Größeneinteilung in die Klassen Rre, gri 3 (1-2 mm), Rre, gri 4 (2-5 mm) und Rre, gri 5 (>5 mm). Die Regenwurmpopulation wurde auf den Standorten mittels Formalin ausgetrieben. Als erklärende Parameter für Artzusammensetzung und Verschlämmungsneigung wurde der pH-Wert (CaCl₂), das C/N-Verhältnis, C_{org} und N_{ges} bestimmt.

3. Ergebnisse

Ackerstandorte: Die Anzahl biogener Makroporen/m² lag hier bei 191,4; die Individuenzahl bei 125,8. Der Zusammenhang zwischen kf-Werten und der Anzahl biogener Makroporen war signifikant (r = 0,932). Die Infiltrationsrate vervollständigte dieses Bild (vgl. Abb. 2). Auf allen Ackerstandorten trat Zwischenabfluss (Sub Surface Flow SSW), auf einem Standort zusätzlich Oberflächenabfluss (Horton'scher Overland Flow HOF) auf (vgl. Abb. 3). Der Zwischenabfluss erfolgte nicht als Matrixfließen, sondern trat bevorzugt durch biogene Makroporen aus dem Boden aus. Bei Überschreitung der Infiltrationskapazität aufgrund zu großer Niederschlagsintensität oder einer zu geringen Anzahl biogener Makroporen, trat Oberflächenabfluss auf.

Grünlandstandorte: Hier war die Anzahl der Individuen mit 162/m² am höchsten, auch waren hier die meisten Vertreter der anezischen Gruppe zu finden. Die Anzahl biogener Makroporen betrug 208,9/m² und war ebenfalls am höchsten.

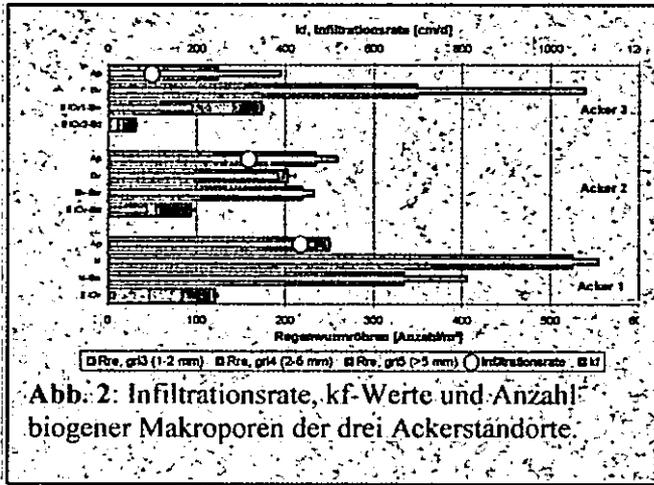


Abb. 2: Infiltrationsrate, kf-Werte und Anzahl biogener Makroporen der drei Ackerstandorte

Bei den Grünlandstandorten trat neben den biogenen Makroporen ein weiterer Faktorenkomplex auf, der das Infiltrations- und Abflussgeschehen maßgeblich steuert: Viehtritt und Wurzelfilz, was die Poren nach oben hin verschließt, so dass sie am Infiltrationsgeschehen nicht mehr teilnehmen. So trat auf allen Grünlandstandorten Oberflächenabfluss auf.

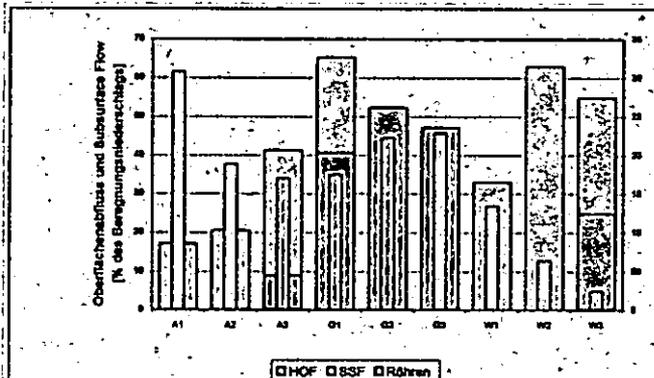


Abb. 3: Zusammenstellung der Abflussprozesstypen und der Anzahl biogener Makroporen auf allen Standorten. Auf dem Ackerstandort mit der geringsten Anzahl biogener Makroporen trat Oberflächenabfluss auf. Die Grünlandböden hatten als entscheidenden Faktor für das Abflussgeschehen eine Wurzelfilzbedeckung. Bei Grünland G1 war dieser lückiger ausgeprägt, so dass Zwischenabfluss eintrat. Im Wald dominierten die Wurzelröhren das Abflussgeschehen.

Bei einem Standort trat zusätzlich Zwischenabfluss auf (vgl. Abb.3), da hier der Wurzelfilz nur lückig ausgeprägt war, und so ein Teil der biogenen Makroporen am Abflussgeschehen teilnehmen konnte.

Um Oberflächenabflussprozesse auf Grünlandstandorten zu vermeiden, sollte Narbenpflege (wie z.B. striegeln) betrieben werden, was die Ausbildung eines dichten Wurzelfilzes verhindert, und so zur besseren Infiltration von Niederschlagswasser (Vermeidung von Oberflächenabfluss) beiträgt.

Waldstandorte: Die Anzahl an Individuen war mit 23,2 am geringsten, zudem waren keine Vertreter der anezischen Gruppe vorhanden. Die Anzahl der biogenen Makroporen war mit 74,3 ebenfalls am geringsten. Trotzdem trat hier bei allen Wiederholungen Zwischenabfluss auf (vgl. Abb.3), der vornehmlich über die Röhren abgestorbener Baumwurzeln ablief (die in dieser Arbeit allerdings nicht erfasst wurden). Auf dem Standort mit der geringsten Anzahl biogener Makroporen trat zusätzlich Oberflächenabfluss auf, da die Infiltrationskapazität des Röhrensystems überschritten war.

4. Fazit

Die Grabaktivität der Lumbriciden, insbesondere der Tiefgräber, nahm einen entscheidenden Anteil am Abflussgeschehen der untersuchten Flächen ein. Biogene Makroporen sind maßgeblich an der Steuerung des Abflussprozesses in Acker- und Grünlandböden beteiligt, so dass sie, zusammen mit der Infiltrationsrate und den kf-Werten, als Indikatoren zur Charakterisierung von Abflussprozesstypen herangezogen werden können.

Literatur:

JOSCHKO, M.; SÖCHTIG, W.; LARINK, O. (1992): Functional relationship between earthworm burrows and soil water movement in column experiments. Soil Biol. Biochem. 24, 1545-1547.

Auswirkungen von Bodenveränderungen durch Ameisen (Formicidae, *Lasius flavus*) auf das Wachstum verschiedener Pflanzen - ein Laborversuch

Christian Platner¹

Einleitung

Ameisen können die Ressourcenverfügbarkeit für andere Organismen durch direkte und indirekte Veränderungen der physischen, chemischen und biologischen Umwelt im Boden wirksam modulieren. Die vorwiegend unterirdisch lebende, hügelbauende gelbe Wiesenameise *Lasius flavus* hat in vielen offenen Lebensräumen durch ihre großen Biomassen und intensive Grabtätigkeiten einen starken Einfluss auf die Bodenbedingungen und auch auf Bodentiere und -mikroorganismen (PÉTAL 1978, DEAN et al. 1997, BLOMQUIST et al. 2000, DAUBER & WOLTERS 2000). In einer Voruntersuchung wurde das Bodenmaterial aus den Ameisen-Nesthügeln von drei benachbarten Brachweiden auf Muschelkalk mit dem umgebenden Wiesenboden in 1 m Abstand verglichen (PLATNER et al. 2001). Die Erde aus den Bauten hatte signifikant höhere Gehalte an verfügbarem Stickstoff und Phosphor; der Gesamt-Stickstoffgehalt war signifikant erhöht, während der Gesamt-Kohlenstoffgehalt niedriger war als im Vergleichsboden. Die Wassergehalte im Nestboden unterschieden sich im Mittel nicht von der Kontrolle, zeigten jedoch deutlich stärkere zeitliche Fluktuationen. Mikrobielle Biomasse, Bodenatmung und die Dichte von Nematoden fluktuierten ebenfalls, waren aber insgesamt in den Ameisenhügeln signifikant höher.

Der bottom-up-Einfluss von Ameisen durch diese Bodenveränderungen in der Rhizosphäre auf die Wachstumsleistungen verschiedener Pflanzenarten wurde im Labor mit einem Mikrokosmosexperiment genauer analysiert.

Methoden

Drei Pflanzenarten aus verschiedenen funktionellen Gruppen (Gras, Kraut, Leguminose) wurden einzeln und in Konkurrenz miteinander in Baumaterial aus *Lasius flavus* - Nestern und im Vergleich in Kontrollboden aus dem Untersuchungsgebiet angezogen. Der entnommene Boden wurde nach einer Austreibung der Tiere durch Hitzeextraktion gesiebt (4 mm), gemischt und anschließend in je 48 Labor-Mikrokosmen gefüllt. In je 6 dieser Mikrokosmen wurden Weißklee (*Trifolium repens*), Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*) und Wiesen-Labkraut (*Galium mollugo*) einzeln und in faktorieller Kombination gepflanzt.

Die ober- und unterirdischen Biomassen der einzelnen Pflanzen wurden nach Waschen der Wurzeln und Trocknung (24h, 105°C) gewogen. Die Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte des Bodens, der einzelnen Pflanzenteile und des Eluats wurden gaschromatographisch, Ammonium- und Nitratgehalte durch KJELDAHL-Destillation, Phosphatgehalte photometrisch und die pH-Werte potentiometrisch gemessen. Der Einfluss der unabhängigen Faktoren „Ameisennest“, „Gras“, „Kraut“ und „Leguminose“ wurde mit einer Varianzanalyse statistisch überprüft.

Ergebnisse

Die jeweiligen Pflanzenarten hatten unterschiedliche Effekte auf die untersuchten Parameter; steigende Pflanzendiversität führte dabei durchschnittlich zu höheren Gesamtwachstumsleistungen. In den Varianten mit Boden aus Ameisennestern war die oberirdische Phytobiomasse signifikant im Vergleich zu denen mit umgebenden Wiesenboden erhöht (Abb. 1).

Zwischen den Bepflanzungsvarianten und der Herkunft des Bodens zeigten sich deutliche Interaktionen, besonders in den Stickstoffbilanzen der einzelnen Systeme. In den Varianten mit Kleebeepflanzung wurde eine größere Stickstoffmenge in der oberirdischen Biomasse angelegt, was auf Boden aus Ameisennestern noch verstärkt wurde. Der Stickstoffaustrag wurde durch alle drei Pflanzenarten signifikant reduziert; aus den Mikrokosmen mit Ameisennestboden wurde ohne Bepflanzung mehr, mit Bepflanzung jedoch weniger Stickstoff als aus dem Vergleichsboden ausgewaschen (Abb. 1).

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Institut für Zoologie, Anthropologie und Entwicklungsbiologie, Abteilung Ökologie, Berliner Straße 28, D-37073 Göttingen; e-mail: cplatne@gwdg.de

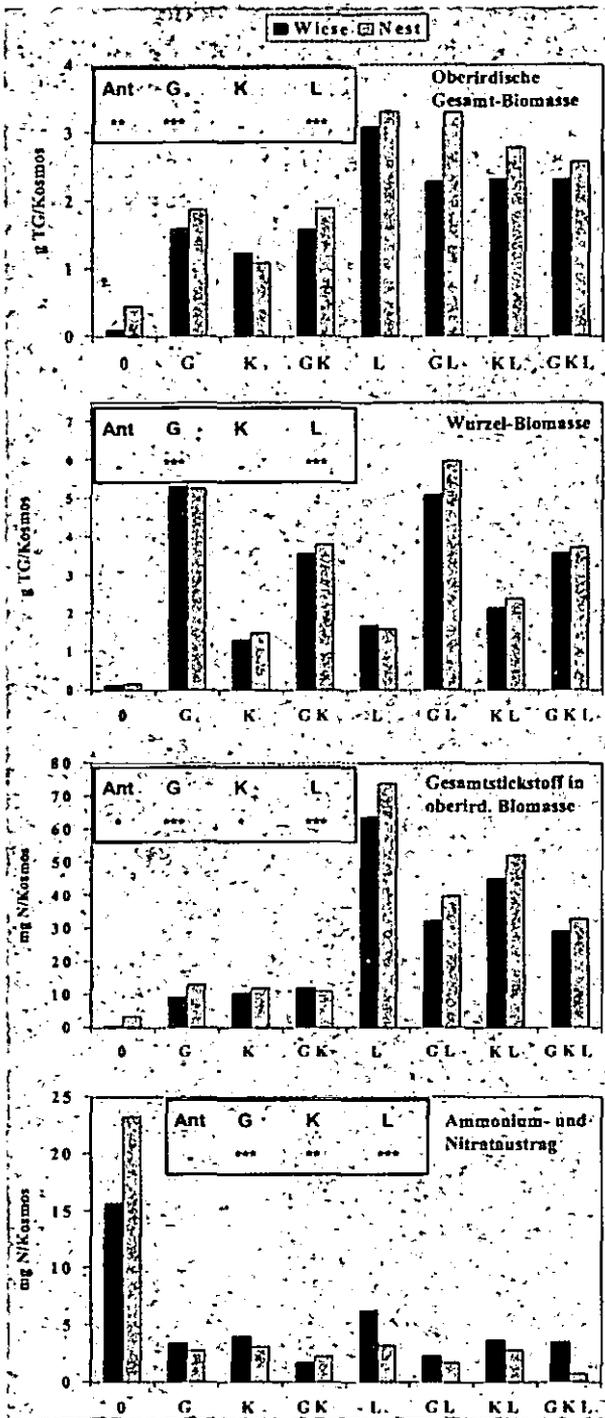


Abb. 1: Pflanzliche ober- und unterirdische Gesamtbiossen, Gesamt-Stickstoffmengen in den oberirdischen Pflanzenteilen und Stickstoffmengen (NH₄⁺, NO₃⁻) im Eluat; jeweils mit Signifikanzniveaus für die getesteten Faktoren (ANOVA: *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001; 6 Parallelen). 0: Kontrolle, G: Gras, K: Kraut, L: Leguminose, Ant: Ameisennest.

Die Nitratgehalte des Bodens waren in den Mikrokosmen mit Ameisennestboden nach dem Experiment signifikant niedriger, die Phosphatgehalte blieben trotz signifikant stärkerer Auswaschung höher als im Wiesenboden. Der Gesamt-Stickstoffgehalt des Bodens erhöhte sich im Ameisennestboden während des Experiments, im Wiesenboden hingegen sank er.

Zusammenfassung

- Die klaren abiotischen und biotischen Bodenveränderungen durch die Ameisen beeinflussten im Laborversuch ohne direkte Ameiseneinwirkung deutlich sowohl das Pflanzenwachstum als auch die Nährstoffbilanzen.
- Die Pflanzenarten aus drei verschiedenen funktionellen Gruppen beeinflussten sich gegenseitig deutlich und veränderten die Nährstoff-Dynamik, insbesondere für Stickstoff, teilweise in unterschiedlichen Interaktionen mit den indirekten bottom-up-Wirkungen der Ameisen.
- Die meist endogäisch lebende Ameise *Lasius flavus* spielt eine bedeutende Rolle als Ökosystemingenieur und moduliert deshalb auch in hohem Maße bottom-up-Wirkungen für das gesamte Nahrungsnetz.

Literatur

BLOMQUIST, M.M., H. OLFF, M.B. BLAAUW, T. BONGERS & W.H. VAN DER PUTTEN (2000): Interactions between above- and belowground biota: importance for small-scale vegetation mosaics in a grassland ecosystem. *Oikos* 90: 582-598.

DAUBER, J. & V. WOLTERS (2000): Microbial activity and functional diversity in the mounds of three different ant species. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 93-99.

DEAN, W.R.J., S.J. MILTON & S. KLOTZ (1997): The role of ant nest-mounds in maintaining small-scale patchiness in dry grasslands in Central Germany. *Biodiversity and Conservation* 6 (9): 1293-1307.

PLATNER, C., M. SCHAEFER & S. SCHEU (2001): Der Einfluss von Ameisen (Formicidae, *Lasius flavus*) auf den Boden und die mikrobielle Gemeinschaft trockener Brachwiesen. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 95: 84-87.

PEŦAL, J. (1978): The role of ants in ecosystems. In: M.V. Brian (ed.): *Production ecology of ants and termites*. Cambridge: Cambridge University Press.

Vergleichbarkeit von Daten zur Schwermetalltoxizität: Freiland- und Laboruntersuchungen an Enchytraeiden

Anneke Beylich

Einleitung

Bei Schwermetallanalysen von Böden ist die Angabe von Gesamtgehalten üblich. Die meisten Prüfwerte sowie die Vorsorgewerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBODSCHV 1999) beziehen sich auf Königswasser extrahierbare Gehalte (hier vereinfachend als Gesamtgehalte bezeichnet). Auch die in ökotoxikologischen Tests ermittelten Effektkonzentrationen werden auf Basis der Gesamt- bzw. der nominellen Gehalte ermittelt. Bei gleichen Gesamtgehalten können jedoch die bioverfügbaren Anteile je nach Bodeneigenschaften unterschiedlich sein. Dies ist eine Ursache für die mangelnde Vergleichbarkeit von Daten zur Schwermetall-Toxizität, die an verschiedenen Böden gewonnen wurden.

Ein wesentlicher Aspekt der hier vorgestellten Arbeit war es, zwischen Freiland- und Laboruntersuchungen an Enchytraeiden (Kleiningelwürmern) Zusammenhänge herzustellen. Der Vergleich von Daten verschiedener Böden war dafür essentiell. Daher wurden neben den Gesamtgehalten auch die NH_4NO_3 extrahierbaren Gehalte (\approx mobile Gehalte) ermittelt. Diese werden hier als Näherung der bioverfügbaren Schwermetallgehalte gesehen im Sinne der „environmental availability“ (HERRCHEN ET AL. 1997).

Methoden

Der Schwermetallaufschluss erfolgte mit Königswasser bzw. NH_4NO_3 im Wesentlichen nach DIN 19730 und DIN 11466 mit anschließender Messung im Flammen-AAS. Die Enchytraeiden wurden lebend durch Nassextraktion ohne Wärmezufuhr aus den Proben gewonnen. Die Laborversuche wurden mit *Enchytraeus christenseni* im Standardboden 2.2 der LUFA Speyer durchgeführt. Details siehe BEYLICH (2001).

ehemals:

Freie Universität Berlin, AG Ökotoxikologie und Biochemie, Ehrenbergstraße 26-28, 14195 Berlin
aktuell:

IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH,
Sodenkamp 59, 22337 Hamburg

Untersuchungsgebiet und Böden

Bei den untersuchten Standorte handelte es sich um ehemalige Rieselfeldflächen im Norden Berlins. Die Berieselung der Flächen mit Abwässern wurde um 1985 eingestellt. Die Flächen wurden danach eingeebnet und aufgeforstet. Die Böden sind u.a. mit PAK, PCB und Schwermetallen belastet. Es wurden sechs Rieselfeldflächen sowie eine nicht berieselte Forstfläche untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Vier der untersuchten Flächen zeigen eine hohe Schwermetallbelastung (RefB, nPAK, T14, nPCB), während die übrigen drei Flächen eher geringe Schwermetallgehalte aufweisen (Abb. 1 und 2). Die mobilen Zinkanteile liegen erheblich höher als die mobilen Kupferanteile. Ursache dafür ist möglicherweise, dass die Mobilisierung von Zink bereits bei etwas höheren pH-Werten einsetzen kann als bei Kupfer (HORNBERG & BRÜMMER 1993).

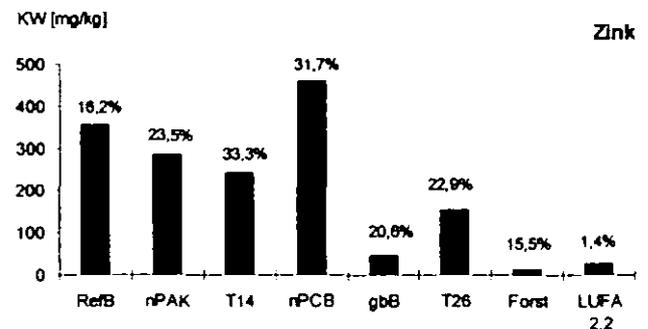


Abb. 1: Zinkgehalte der Rieselfeldböden und des Standardbodens LUFA 2.2. Säulen: Königswasserextrakt; Prozentangaben: Anteil des NH_4NO_3 -Extrakts am Königswasserextrakt

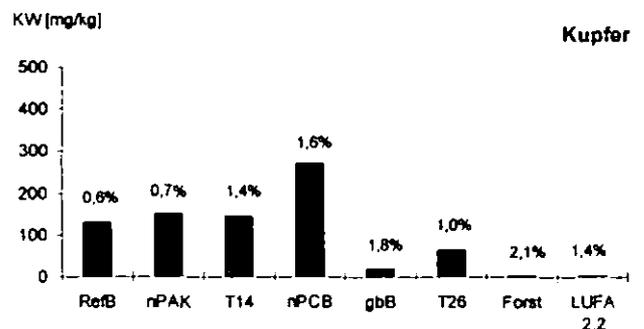


Abb. 2: Kupfergehalte der Rieselfeldböden und des Standardbodens LUFA 2.2. Säulen: Königswasserextrakt; Prozentangaben: Anteil des NH_4NO_3 -Extrakts am Königswasserextrakt

Die pH-Werte (CaCl_2) der Böden lagen überwiegend zwischen 4 und 5 (Tab. 1).

Tab. 1: Bodeneigenschaften der untersuchten Flächen und des Standardbodens LUFA 2.2

Fläche	pH-Wert (CaCl ₂)	Humusgehalt (% TG)	Bodenart
RefB	4,7-4,9	4,6-5,3	schwach lehmiger Sand
nPAK	3,7-4,9	4,8-6,8	schwach lehmiger Sand
T 14	4,1-4,3	5,7-6,3	schwach lehmiger Sand
nPCB	4,2	7,9	schwach lehmiger Sand
gbB	4,9-5,2	0,8-1,2	Sand
T 26	4,8	2,5-3,8	schwach lehmiger Sand
Forst	3,0-3,1	14,2	schwach lehmiger Sand
LUFA 2.2	5,0-5,8	5,3	schwach lehmiger Sand

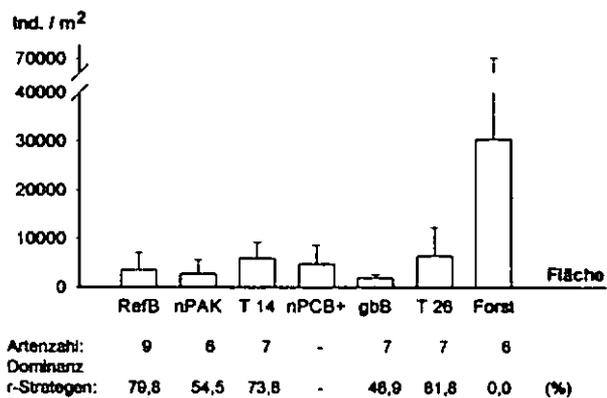


Abb. 3: Abundanzen, Artenzahl und Anteil der r-Strategen der Enchytraeiden auf den untersuchten Flächen. Mittelwerte unterschiedlicher Anzahlen Probenahmeterminen. Fehlerbalken = Standardabweichung.

Die Abundanzen der Enchytraeiden auf den Rieselfeldflächen sind im Vergleich mit der Forstfläche sehr niedrig. Die Artenzahl liegt auf allen Flächen unter 10. Auf den Rieselfeldflächen fällt eine starke Dominanz der r-Strategen auf, die auf der Forstfläche nicht vorkommen. In den Proben der am höchsten belasteten Fläche nPCB verendeten die Tiere, sofern vorhanden, bei der Extraktion.

Tab. 2: Verhältnis der Zinkgehalte der Rieselfeldböden zu den im Laborversuch ermittelten LC₅₀- und EC₅₀-Werten. +: LC₅₀/EC₅₀ überschritten

Fläche	Gehalt > EC ₅₀		Gehalt > LC ₅₀	
	gesamt	mobil	gesamt	mobil
RefB	+	+	+	-
nPAK	+	+	+	-
T 14	+	+	-	-
nPCB	+	+	+	+
gbB	-	-	-	-
T 26	+	+	-	-
Forst	-	-	-	-
EC ₅₀ (mg/kg)	75,9	16,7	271,8	81,4

In Laborversuchen wurden für Zink die Letalkonzentration mit einem Effekt von 50% (LC₅₀) sowie die Effektkonzentration für die

Reproduktion (EC₅₀) ermittelt. Beide Werte können sowohl auf den Gesamtgehalt als auch auf den mobilen Gehalt bezogen angegeben werden. In Tab. 2 sind diese Werte zu den Zinkgehalten der Rieselfeldböden in Beziehung gesetzt. Die EC₅₀-Werte werden auf den meisten Flächen überschritten. Für die LC₅₀-Werte ergeben sich Unterschiede zwischen mobilen und Gesamtgehalten: nur bei Betrachtung ersterer ergibt sich eine Trennung der höchstbelasteten Fläche nPCB von allen anderen Flächen. Der Vergleich der Werte mit Literaturdaten zeigt, dass bei unterschiedlichen Werten bezogen auf die Gesamtgehalte die Werte bezogen auf mobile Gehalte sehr ähnlich sein können (Tab. 3).

Tab. 3: Vergleich der ermittelten EC₅₀-Werte mit Literaturdaten zu verschiedenen *Enchytraeus*-Arten

Quelle	Wert	mg/kg (gesamt)	mg/kg (mobil)	Art	Boden
BEYLICH 2001	EC ₅₀	76	17	<i>E. christenseni</i>	LUFA 2.2
POSTHUMA & NOTENBOOM 1996	EC ₅₀	254	18	<i>E. crypticus</i>	Kunstaboden
LOCK & JANSSEN 2001	LC ₅₀	147	-	<i>E. albidus</i>	Freiland Sand, pH 4,5
BEYLICH 2001	LC ₅₀	272	81	<i>E. christenseni</i>	LUFA 2.2
SPURGEON & HOPKIN 1996	LC ₅₀	591	83	<i>Eisenia fetida</i> (Lumbricidae)	OECD Kunstaboden
BBodSchV 1989	Vorsorge	80	-	-	Sand

Fazit

Nicht nur bei Freilanduntersuchungen und ökotoxikologischen Tests, sondern auch bei der Ableitung von Prüfwerten im Sinne der BBodSchV für den Pfad Boden-Bodenorganismen sollte die Bioverfügbarkeit der Schwermetalle berücksichtigt werden.

Literatur

BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Bundesgesetzblatt, Teil I 36: 1554-1583.
 BEYLICH, A. (2001): Untersuchungen an Enchytraeiden (Oligochaeta) zum Einfluss auf Bodenfeuchte und pH-Wert auf die Toxizität von Schwermetallen im Freiland und in Laborversuchen. Hrsg.: Freie Universität Berlin, Dissertation. Berlin, 172 S. <http://www.diss.fu-berlin.de/2002/50>
 LOCK, K.; JANSSEN, C.R. (2001): Modeling zinc toxicity for terrestrial invertebrates. *Environmental Toxicology and Chemistry* 20 (9): 1901-1908.
 POSTHUMA, L., NOTENBOOM, J. (1996): Toxic effects of heavy metals in three worm species (*Eisenia andrei*, *Enchytraeus crypticus* and *Enchytraeus albidus*: Oligochaeta) exposed in artificially polluted soil substrates and contaminated field soils. National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands.
 HERRCHEN, M.; DEBUS, R.; PRAMANIK-STREHLOW, R. (HRSG.) (1997): Bioavailability as a key property in terrestrial ecotoxicity assessment and evaluation. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 125 S.
 SPURGEON, D.J.; HOPKIN, S.P. (1996): Effects of variations of the organic matter content and pH of soils on the availability and toxicity of zinc to the earthworm *Eisenia fetida*. *Pedobiologia* 40: 80-96.

Mein Dank gilt dem Institut für Landschaftsentwicklung der TU Berlin (AG Prof. B.-M. Wilke) für die Durchführung der Schwermetallanalysen.

Darstellung und Beurteilung der Lebensraumfunktion von Böden – Die standorttypische Bodentiergemeinschaft als Referenz

Andrea Ruf¹, Jörg Römbke², Kerstin Hund-Rinke³, Ludwig Beck⁴

Nach dem BBodenSchG erfüllen Böden natürliche Funktion, z. B. als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (Lebensraumfunktion). Zur Darstellung und Bewertung der Lebensraumfunktion für Bodentiere haben wir einen integrierenden Ansatz gewählt, um der Komplexität und Vielfalt gerecht zu werden. Damit soll eine Basis für eine praktikable Methode zur Beurteilung der Lebensraumfunktion von Böden und der biologischen Bodenqualität geschaffen werden. Darüber hinaus soll ein Konzept entwickelt werden, mit dessen Hilfe Aussagen zur biologischen Bodenqualität gemacht werden können. Ein erster Schritt hierzu ist es, Standorte in Mitteleuropa (Deutschland) nach bodenbiologisch relevanten Eigenschaften zu klassifizieren und damit das Potential als Lebensraum für Bodenfauna von Böden darzustellen. Die so erhaltenen bodenbiologisch begründeten Standorttypen können auf Karten in einem relevanten Maßstab räumlich dargestellt werden.

RIVPACS („River Invertebrate Prediction and Classification Scheme“) wird in Großbritannien seit einigen Jahren zur Gewässergütebestimmung in Fließgewässern angewandt (Wright et al. 1998). Dabei wird zunächst die Macrofauna von unbelasteten Fließgewässern nach standardisierten Methoden erhoben. Alle Taxa für die gute Schlüssel vorliegen werden von einem zentralen Labor bestimmt. Dieser faunistische Datensatz wird mit TWINSPAN geclustert. Derzeit sind 35 „classification groups“ daraus gewonnen. Danach erst werden die Standortparameter mit Hilfe einer Multiplen Diskriminanz-Analyse den „classification groups“ zugeordnet. Die Schritte zur Beurteilung eines unbekanntes Standortes sind:

1. Beprobung nach standardisierten Methoden
2. Erfassen der relevanten Standortparameter
3. Berechnen der Wahrscheinlichkeit für die Zugehörigkeit in eine „classification group“
4. Ableiten der „site specific fauna“: Artenliste mit Wahrscheinlichkeit des Auftretens jeder Art
5. Vergleich der erwarteten mit den tatsächlich gefundenen Arten

Die wichtigsten Eigenschaften von RIVPACS sind:

Es ist biozentrisch: Die Fauna ist die Grundlage für die Einteilung in Gruppen, Standortparameter werden danach den Gruppen zugeordnet

Es ist stochastisch: Das Vorkommen einer Art wird als Wahrscheinlichkeit angegeben.

In zwei von Umweltbundesamt geförderten Projekten wurde überprüft, ob ein ähnliches Verfahren für die Beurteilung der Lebensraumfunktion von naturnahen und landwirtschaftlich genutzte Böden ausgearbeitet werden kann (Römbke et al. 2000, 2002).

Folgende Tiergruppen wurden mit Standardmethoden erfasst und bestimmt:

- Makrofauna: Regenwürmer, Diplopoden, Asseln, Chilopoden
- Mesofauna: Enchyträen, Hornmilben, Raubmilben
- Mikrofauna: Nematoden

An Standorteigenschaften wurden ermittelt:

Nutzung, Bodenart, Niederschlag, NFKWe, C/N, Corg, pH, Höhe, geogr. Breite, geogr. Länge.

1. Beispiel: Raubmilben, 37 Standorte

Für die Raubmilbengemeinschaften von 37 unterschiedlich genutzten Standorten können 4 Gruppen abgegrenzt werden (Abb. 1). Die Standortfaktoren, die sich signifikant (ANOVA, $p < 0.05$) zwischen den Gruppen unterscheiden sind die Bodenart, die Art der Nutzung, der pH-Wert, die Höhe (über N.N.) und die geographische Länge. Die anderen Standortfaktoren haben keinen signifikanten Zusammenhang zu den faunistisch abgegrenzten Gruppen.

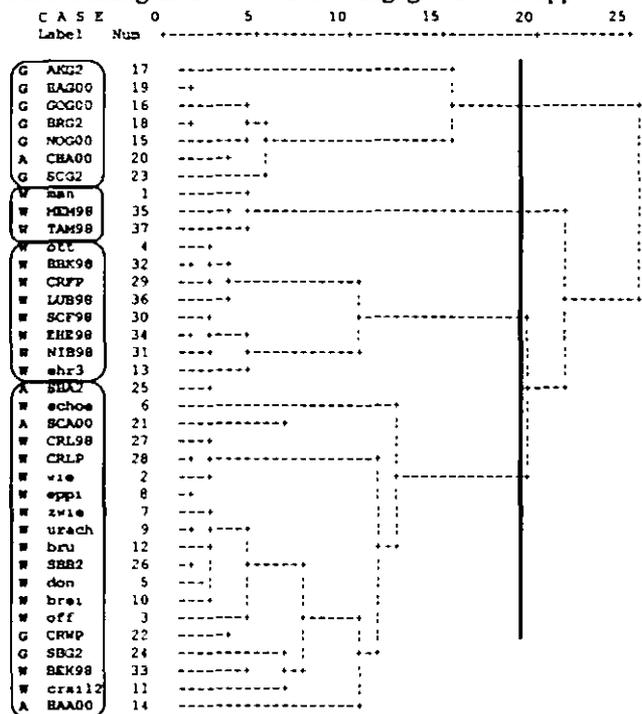


Abb. 1: Ergebnis einer Cluster-Analyse (ward, nicht transformierte Dominanzen) für die Raubmilbengemeinschaften von 37 Standorten (25 Wälder W, 8 Grünlandstandorte G, 4 Äcker A).

Tab. 1: Ergebnis einer Diskriminanz-Analyse mit der Angabe der nach den Standorteigenschaften vorhergesagten Gruppen im Vergleich zu den faunistischen (tatsächliche) Gruppen (Abb. 1)

Standorte	Tatsächliche Gruppe	Vorhergesagte Gruppe, 1	P	Vorhergesagte Gruppe, 2	P
man	2	2	0.942	5	0.055
wei	5	5	0.610	3	0.334
off	5	5	0.882	3	0.052
ott	3	3	0.980	4	0.009
don	5	5	0.849	3	0.127
schoe	4	4	1.000	3	0.000
zwie	5	5	0.960	2	0.025
eppi	5	5	0.945	3	0.038
urach	5	5	0.891	3	0.091
brei	5	5	0.994	2	0.003
crail2	5	5	0.887	3	0.065
bru	5	2	0.973	5	0.028
ehr3	3	3	0.897	5	0.079
HAA00	5	1	0.567	3	0.251
NOG00	1	1	0.989	3	0.007

¹ Universität Bremen, FB 2, UFT Abt. 10, 28334 Bremen
² ECT Oekotoxikologie GmbH, Böttgerstr. 2-14, 65439 Flörsheim
³ Fraunhofer-Institut IME, PF 1260, 57377 Schmallenberg
⁴ Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, Erbprinzenstr. 13, 76133 Karlsruhe

Mit Hilfe einer Multiplen Diskriminanz-Analyse können die Standorte auf Grund ihrer Standorteigenschaften den faunistisch definierten Gruppen zugeordnet werden. Dabei ergeben sich größtenteils Übereinstimmungen (Tab.1). Falsch zugeordnet werden 4 Wälder von 25 (12%), 1 Grünland von 8 (13%) und 3 Äcker von 4 (75%). Die Raubmilbenzönose von Äckern ist also mit Hilfe des vorliegenden Datensatzes am schlechtesten vorhersagbar.

2. Beispiel: 7 Tiergruppen, 13 Standorte

Von nur 13 Standorten sind die faunistischen Daten zu 7 Tiergruppen vorhanden. Diese umfassen alle vorne genannten mit Ausnahme der Nematoden. In Abb. 2 ist das Ergebnis einer Kanonischen Korrespondenzanalyse dargestellt, in der als wichtigster Standortparameter die Nutzung auffällt. Die landwirtschaftlich genutzten Standorte unterscheiden sich sehr deutlich von den Wäldern. Innerhalb der Wälder findet eine Trennung zwischen den basischeren (SBB, CRM) und den sauren statt. Aus der Analyse der einzelnen Bodentiergruppen läßt sich eine differenzierte Reaktion von der Nutzung feststellen (Abb. 3)

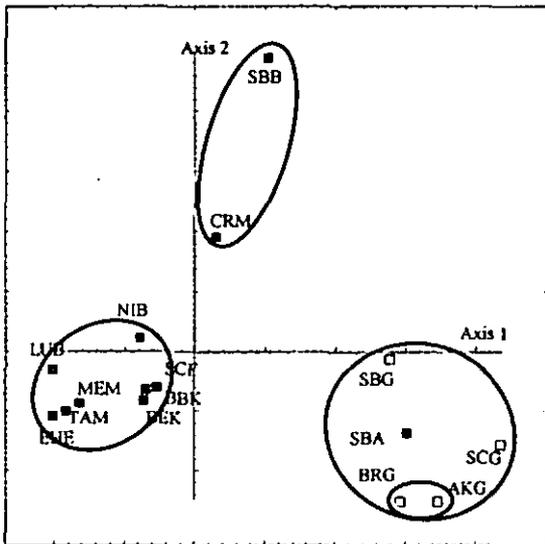


Abb. 2: Ergebnis einer Kanonischen Korrespondenz-Analyse. (Wälder: schwarz und gestreift, Grünland: weiß, Acker schraffiert= SBA)

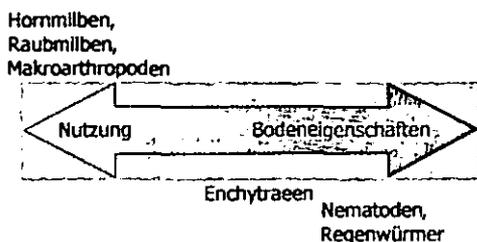


Abb. 3: Einfluß der landwirtschaftlichen Nutzung auf die Gemeinschaften der untersuchten Bodentiergruppen.

3. Beispiel: 8 Tiergruppen, 23 Standorte

Ein größerer Datensatz enthält mehr landwirtschaftlich genutzte Flächen (4 Äcker, 7 Grünlandstandorte). Die Korrespondenzanalyse trennt die Standorte wieder nach der landwirtschaftlichen Nutzung (Abb. 4). Innerhalb der Grünlandstandorte fallen diejenigen heraus, bei denen der Wassereinfluß hoch ist (NOG, GOG, BRG, AKG). Wichtig ist, dass die Ergebnisse aus dem 2. Beispiel reproduzierbar sind, dass Wälder eine relativ einheitliche Bodenfauna beherbergen und dass die Unterschiede zwischen den landwirtschaftlich genutzten Standorten groß sind. Die

Unterschiede zwischen Acker und Grünland sind zwar deutlich bei Parametern wie Artenreichtum oder Dominanz von Kolonisierer-Arten, werden durch die Korrespondenz-Analyse jedoch nicht abgebildet. Wichtige Standortparameter für das Grünland waren die Feuchte und der pH-Wert, für die Äcker der pH-Wert und die Bodenart und im Wald der pH-Wert (gekoppelt damit die Humusform) und die Bodenart.

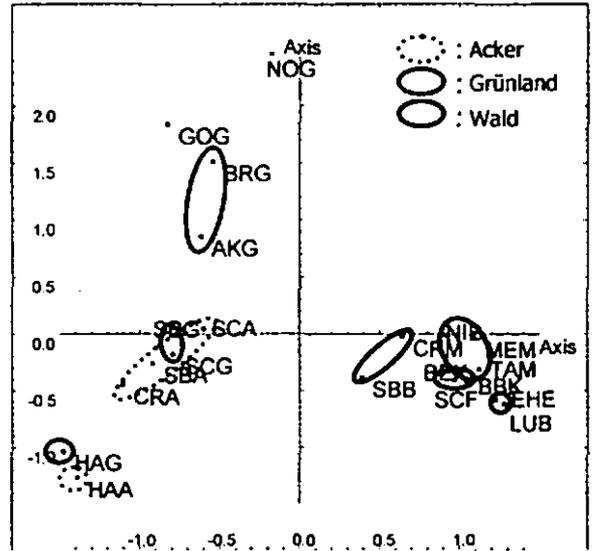


Abb. 4: Ergebnis einer Kanonischen Korrespondenz-Analyse mit allen Taxa.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der faunistischen Erhebungen zeigen, dass es möglich ist, Böden auf Grund der Standorteigenschaften, die für Bodentiere wichtig sind, zu klassifizieren. Den Standorttypen können Bodentiergemeinschaften zugeordnet werden. Die standorttypische Bodentiergemeinschaft kann analog zu dem in der aquatischen Ökologie verwandten RIVPACS-Verfahren als Referenz zur Beurteilung der Lebensraumfunktion und der biologischen Bodenqualität herangezogen werden. Das Beispiel der Raubmilben zeigt, dass die dort erprobten mathematischen Verfahren zur Beurteilung der Lebensraumfunktion von Böden ebenfalls angewandt werden können. Die Integration verschiedener Bodentiergruppen führt zu geschlossenen Clustern, das heisst, dass es standortspezifische Gemeinschaften gibt, nicht nur typische Arten. Die nächsten Schritte zur Weiterentwicklung eines anwendungsrelevanten Verfahrens sind: Die Integration mikrobiologischer Parameter, die Beprobung von mehr Standorten (Validierung, Ausweitung) und die Ausarbeitung der optimalen taxonomischen Auflösung je nach Fragestellung. Für die praktische Anwendung ist es wichtig, ein automatisiertes Auswerteverfahren für eine reproduzierbare und nachvollziehbare Beurteilung zu etablieren.

Literatur

Römbke, J., L. Beck, P. Dreher, K. Hund-Rinke, S. Jänsch, W. Kratz, S. Pieper, A. Ruf, J. Spelda, S. Woas, 2002: Entwicklung von bodenbiologischen Bodengüteklassen für Acker- und Grünlandstandorte. UBA-Texte 20/02: 222 S.
 Römbke, J., P. Dreher, L. Beck, W. Hammel, K. Hund, H. Knoche, W. Kratz, T. Moser, S. Pieper, A. Ruf, J. Spelda & S. Woas, 2000: Bodenbiologische Bodengüte-Klassen, UBA-Texte 6/00: 276 S.
 Wright, J.F., M.T. Furse & D. Moss (1998): River classification using invertebrates: RIVPACS applications. Aquatic Conservation: Mar. Freshw. Ecosyst., 8: 617-631.

Untersuchungen zur Kongruenz von Typen der Bodenbiozönose und der Vegetation in einem Auengebiet

Ulfert Graefe¹, Anneke Beylich¹, und Martina Hape²

Im Zuge von Maßnahmen zur Verbesserung der Hochwasservorsorge und des Hochwasserschutzes soll in der Lenzener Elbtalau, einem Teil des Biosphärenreservats Flusslandschaft Elbe – Brandenburg, der Deich zurückverlegt werden. Das Ziel ist die Wiederherstellung einer naturnahen und waldreichen Überflutungsau. Vorbereitend wurden im Rahmen eines vom BMBF geförderten Verbundprojekts an gemeinsamen Teststandorten u.a. bodenkundliche, vegetationskundliche und bodenzoologische Untersuchungen durchgeführt. Diese umfassten Aufnahmen der Regenwürmer, Enchyträen, Asseln, Doppelfüßer und Hundertfüßer.

An 25 Teststandorten wurden insgesamt 94 Arten nachgewiesen. Davon gehören 14 Arten zu den Regenwürmern, 63 zu den Enchyträen, 2 zu den Polychaeten, 1 zu den Asseln, 6 zu den Doppelfüßern und 8 zu den Hundertfüßern. Nur zwei Gruppen, die Regenwürmer und die Enchyträen, waren überall vertreten (Tab. 1).

Um die punktuell erhobenen bodenzoologischen Daten auf die Fläche extrapolieren zu können, wurden typologische Verfahren angewendet. Die Ähnlichkeitsbeziehungen der

Tabelle 1: Artenzahlen der untersuchten Tiergruppen an den Teststandorten. Schattierte Standorte liegen im Deichvorland.

Teststandort	Hartholzau				wechselfrisches Grünland					Weichholzau		Röhrichte								Flutrasen					
	1	2	3	4	9	5	10	11	17	18	21	24	25	7	8	13	14	15	16	22	23	6	12	19	20
Lumbricidae	7	7	5	4	6	4	7	2	5	7	7	2	3	3	4	4	3	5	6	4	7	4	3	4	3
Enchytraeidae	21	20	16	20	21	11	15	21	7	6	9	9	8	7	5	9	7	12	11	7	11	4	4	6	4
Polychaeta	1	2		1																					
Isopoda	1	3	1																1	1					
Diplopoda	2	5	5	3	1		1	1											4						
Chilopoda	4	5	2	5	4	1	1			2	1								1					1	1
gesamt	36	40	29	33	32	16	25	24	12	15	17	11	12	10	11	13	10	17	23	12	18	8	7	11	8

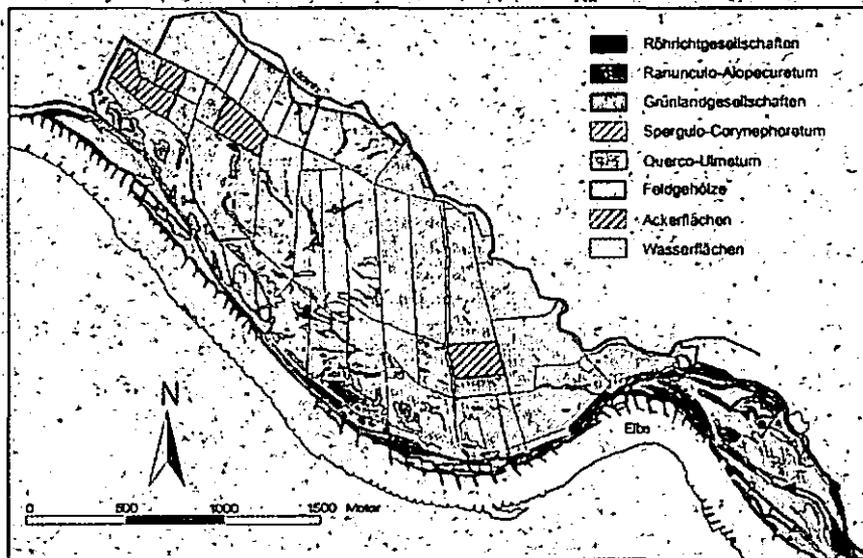


Abbildung 1: Vegetationskarte des Untersuchungsgebietes Lenzener Elbtalau. Vereinfacht nach Hellwig et al. (1999).

Tabelle 2: Koinzidenzen von Vegetationstypen und Zersetzergesellschaftstypen im Untersuchungsgebiet Lenzener Elbtalau.

Standort-Nr.	Vegetationstyp	Zersetzergesellschaftstyp
	Hartholzau	
1, 2, 3, 4, 9	Quercu-Ulmetum	Stercuto-Lumbricetum
4	Quercu-Ulmetum	Achaeto-Cognettietum
	wechselfrisches Grünland	
5, Transekte	Leucanthemo-Rumicetum	Fridericio-Lumbricetum
10, 18	<i>Elymus repens-Alopecurus pratensis</i> -Ges.	Fridericio-Lumbricetum
Transekte	<i>Elymus repens-Alopecurus pratensis</i> -Ges.	Eisenielletum
11, 17	Daucu-Arrhenatheretum	Fridericio-Lumbricetum
21	Lolio-Cynosuretum	Fridericio-Lumbricetum
	Weichholzau	
24	Salicetum albae	Octolasiatum tyrtaei
25	Salicetum triandro-viminalis	Octolasiatum tyrtaei
	Röhrichte	
7	Phalaridetum arundinaceae	Eisenielletum
13, 23	Phalaridetum arundinaceae	Octolasiatum tyrtaei
14	Caricetum gracilis	Octolasiatum tyrtaei
15, 22	Glycerietum maxime	Octolasiatum tyrtaei
8	Scirpo-Phragmitetum	Eisenielletum
16	Scirpo-Phragmitetum	Fridericio-Lumbricetum
	Flutrasen	
6	Ranunculo-Alopecuretum geniculati	Eisenielletum
12, 19, 20	Ranunculo-Alopecuretum geniculati	Octolasiatum tyrtaei
	Sandtrockenrasen	
C	Spergulo-Corynephorum canescens	Enchytraeus-Pioniergesell.
	Ackerflächen	
	Sandböden	Fridericio-Enchytraetum
	Lehmböden	Fridericio-Lumbricetum

Artengemeinschaften wurden tabellarisch und durch Korrespondenzanalyse herausgearbeitet. Die Gruppen mit ähnlicher Artenzusammensetzung wurden auf der Grundlage von Expertenwissen in das System der Zersetzergesellschaftstypen

eingeorordnet (vgl. Graefe, 1993; Beylich and Graefe, 2002). Tab. 2 zeigt die Koinzidenz dieser bodenbiozönologisch begründeten Typen mit den Typen der Vegetation an den Teststandorten.

In der Hartholzau (Quercu-Ulmetum) ist als Zersetzergesellschaft überwiegend ein Stercuto-Lumbricetum ausgebildet. An sandigen Stellen im Deichhinterland treten auch Übergänge zum Achaeto-Cognettietum auf, das an saure Standorte mit Auflagehumus gebunden ist.

Die Grünlandgesellschaften sind von den Vegetationskundlern stärker untergliedert worden (Hellwig et al., 1999), als auf der Graustufenkarte (Abb. 1) dargestellt werden kann. Diese von Nutzungseinflüssen und der Außen- bzw. Binnendeichlage geprägten Unterschiede sind bei der Bodenbiozönose nicht zu erkennen. Die dominierende Zersetzergesellschaft ist das Fridericio-Lumbricetum. In der hierarchischen Klassifikation bildet es zusammen mit dem Stercuto-Lumbricetum den Verband Lumbricion, der durch das Vorkommen tiefgrabender Regenwürmer gekennzeichnet ist (Graefe und Beylich, 1999).

In der Weichholzau, in Röhrichten und Flutrasen treten die Zersetzergesellschaftstypen Eisenielletum und Octolasiatum tyrtaei auf. Zusammen bilden sie

den Verband Eiseniellion, zu dessen Kennzeichen das Vorkommen von Nässezeigern und das Fehlen tiefgrabender Regenwürmer gehört. Während das Eisenielletum vor allem im etwas weniger sauren Deichvorland verbreitet ist, hat das

¹IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH, Sodenkamp 62, 22337 Hamburg, Germany, ulfert.graefe@ifab-hamburg.de, anneke.beylich@ifab-hamburg.de

²Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe-Brandenburg, Neuhausstraße 9, 19322 Rühstädt, Germany, martina.hape@lags.brandenburg.de

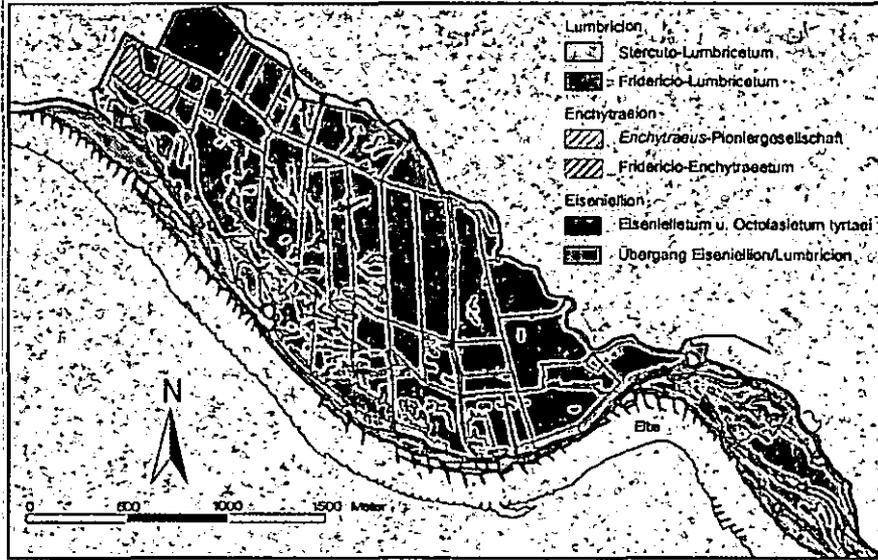


Abbildung 2: Karte der Zersetzergesellschaftstypen. Das flächenhafte Vorkommen wurde anhand von Verknüpfungsregeln aus der Vegetationskarte abgeleitet.

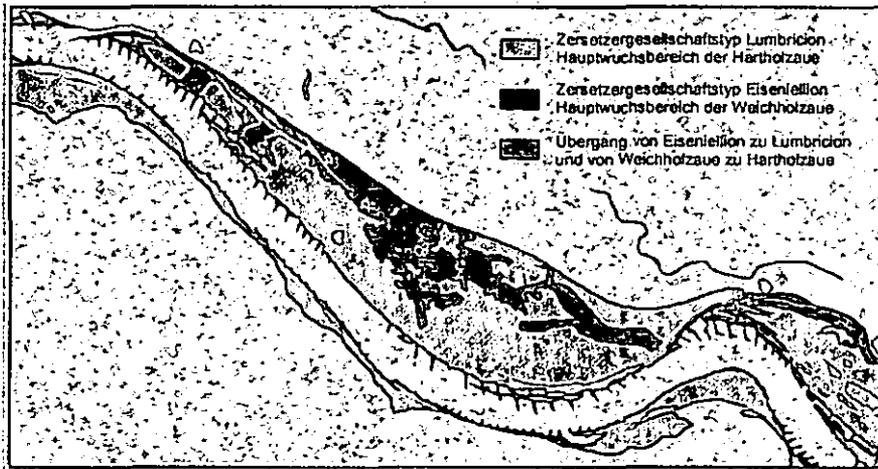


Abbildung 3: Prognose für die langfristige Entwicklung der Bodenbiozönose und der Vegetation nach Rückverlegung des Deiches in der Lüneburger Heide.

Octolasetum tyrtaei einen Schwerpunkt binnendeichs an anmoorigen Stellen mit längeren Nassphasen.

Nur im Schilfröhricht (*Scirpo-Phragmitetum*) finden sich sehr unterschiedliche Zersetzergesellschaftstypen. In den Beständen am Elbufer ist das *Eiseniellum* ausgebildet. Am Vergleichsstandort im Hinterland (Nr. 16) dagegen tritt das *Fridericio-Lumbricetum* auf.

Der Sandtrockenrasen (*Spergulo-Corynephoretum*) beherbergt eine äußerst spärliche Bodenbiozönose, die als *Enchytraeus-Pioniergesellschaft* charakterisiert werden kann.

Ackerflächen differenzieren sich in Abhängigkeit vom Substrat. In sandigen Äckern fehlen in der Regel tiefgrabende Regenwürmer. Die Zersetzergesellschaft ist das *Fridericio-Enchytraeetum* im Verband *Enchytraeion*. Lehmige Äcker weisen meist ein *Fridericio-Lumbricetum* auf (Graefe, 1999).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass zwischen Zersetzergesellschaften und Pflanzengesellschaften enge, aber nicht in jedem Fall kongruente Beziehungen bestehen. Während Pflanzengesellschaften stark von Nutzungseinflüssen geprägt werden, spielen diese bei der Bodenbiozönose eine untergeordnete Rolle. Wichtige Faktoren für die Ausprägung der Bodenbiozönose sind der pH-Wert und der Wasserhaushalt der Böden. Beide Faktoren weisen Abhängigkeiten vom Substrat auf. Über die Gefügestabilität beeinflusst das Substrat auch die Auswirkung der Bodenbearbeitung auf die Bodenbiozönose.

Fehlende Kongruenz zwischen der Bodenbiozönose und der Vegetation ist im Allgemeinen auf die unterschiedliche vertikale Ausdehnung ihrer Einflusssphären zurückzuführen. Das Schilf z.B. kann mit den Wurzeln Wasser in einer Tiefe erreichen, die für die Bodenbiozönose keine Bedeutung mehr hat.

Die Übereinstimmung im Vorkommen bestimmter Typen der Bodenbiozönose und der Vegetation ermöglicht es, Verknüpfungsregeln zu formulieren und aus der Vegetationskarte eine Karte der Zersetzergesellschaftstypen abzuleiten. Danach nehmen in der Lüneburger Heide das *Lumbricion* und das *Eiseniellion* den größten Flächenanteil ein (Abb. 2). Aufgrund der Ergebnisse von Transektuntersuchungen im Deichvorland wird dort ein Übergangsbereich zwischen den beiden Typen ausgeschieden. Kleinere Flächen anderer Einheiten umfassen einen Acker auf Sandboden und einen Sandmagerrasen.

Die Prognose für die Entwicklung nach der Rückdeichung beruht auf Modellrechnungen, in die Geländehöhe und Überflutungswahrscheinlichkeiten eingeflossen sind. Zu den möglichen Auswirkungen auf die Vegetation und den Wasser- und Stoffhaushalt der Böden finden sich Angaben bei Hellwig (2000), Heinken (2001) und Schwartz (2001). Daraus kann auch für die Bodenbiozönose die zu erwartende Entwicklung abgeleitet und als Karte dargestellt werden (Abb. 3).

Danksagung

Wir danken Heinz-Christian Fründ für die Bestimmung der Isopoden, Diplopoden und Chilopoden und für die Durchführung der Korrespondenzanalyse.

Veröffentlichung 70 im Forschungsvorhaben „Auenregeneration durch Deichrückverlegung“, gefördert durch das BMBF unter dem Förderkennzeichen 0339571.

Literatur

- Beylich, A., and U. Graefe (2002): Annelid coenoses of wetlands representing different decomposer communities. In G. Broll, W. Merbach, and E.-M. Pfeiffer (eds.): *Wetlands in Central Europe*. Springer, Berlin, p. 1-10.
- Graefe, U. (1993): Die Gliederung von Zersetzergesellschaften für die standortsökologische Ansprache. *Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges.* 69: 95-98.
- Graefe, U. (1999): Die Empfindlichkeit von Bodenbiozönosen gegenüber Änderungen der Bodennutzung. *Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges.* 91: 609-612.
- Graefe, U., and A. Beylich (1999): Bodenbiozönosen als Ausdruck standörtlicher Bedingungen in der Elbtalau. *Auenreport - Beiträge aus dem Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe - Brandenburg*. Sonderband 1: 88-95. Rühstädt.
- Heinken, A. (2001): Vegetationsentwicklung von Auen Grünland nach Wiederüberflutung. *Diss. Humboldt-Universität Berlin*.
- Hellwig, M., T. Kunitz, R. Pott, and M. Speier (1999): Untersuchungen zur Syndynamik und Bioindikation von Pflanzengesellschaften im potentiellen Rückdeichungsgebiet Lenzen-Wustrow an der Unteren Mittel Elbe. *Auenreport - Beiträge aus dem Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe - Brandenburg*. Sonderband 1: 55-67. Rühstädt.
- Hellwig, M. (2000): Auenregeneration an der Elbe. Untersuchungen zur Syndynamik und Bioindikation von Pflanzengesellschaften an der Unteren Mittel Elbe bei Lenzen. *Diss. Univ. Hannover*.
- Schwartz, R. (2001): Die Böden der Elbaue bei Lenzen und ihre möglichen Veränderungen nach Rückdeichung. *Hamburger Bodenkundliche Arbeiten* 48, 391 S.

MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT

REFERATE

Gemeinsame Sitzung Kommission II und VII

„Mineral Surface and Colloid Chemistry in Soil and Aquatic Environments“

08. und 09. Oktober 2002 in Karlsruhe

Band 99

2002

Influence of the Surface Properties of Calcite on Phosphorus Removal from Waste Water by Formation of Calcium Phosphates

Berg, U., Donnert, D., Song, Y., Black, L., Friedrich, F., Weidler, P.G., Salecker, M., Nüesch, R.

Introduction

Concerning the phosphorus problem in waters, there are nowadays two important issues to pursue:

- (i) Removal of phosphorus from waters to maintain a good water quality, i.e. to avoid eutrophication effects.
- (ii) Simultaneous recycling of the removed phosphorus, taking into consideration the fact that the commercial world reserves of phosphorus will run out within the next 100 years.

The aim of this study was to provide a method for the removal and recovery of phosphorus from domestic and industrial effluents, utilising the "crystallisation method" with calcite as seed material [1]. The principle is based on the fact that although most of the natural waters and waste waters are supersaturated with respect to calcium phosphates, calcium phosphates scarcely precipitate. However, the addition of seeds like calcite promotes calcium phosphate precipitation or a simultaneous co-precipitation with calcite depending on the calcite saturation of the water [2]. A further advantage of this method is that no pH adjustment is needed before and after this treatment.

Materials and Methods

Batch experiments were performed using for a first approach tap water supersaturated with respect to calcite ($SI_{\text{calcite}} = \sim +0.2$) and spiked to 10 mg/L P – the order of magnitude for secondary effluents from STP or agricultural runoffs – and two calcites differing in the specific surface area (SSA, BET):

Juraperle, a crushed limestone, SSA: 0.3 - 0.5 m²/g
Coccolithe, a marine biogenic calcite, SSA: 4.5 m²/g

The calcite seeds from the first use of the batch experiments were reused for several times, air dried at a room temperature of 25 ± 0.5 °C, and then observed with an XL 30 ESEM and EDX (Philips, The Netherlands).

Column experiments were carried out to reproduce the batch experiments results. The following experimental conditions were applied: Columns: 10 cm² x 17 cm, flow:

8 cm/h, 6 bed volumes = 1 Litre, residence time: ~ 2 h, tap water spiked to 10 mg/L P [2].

The Infrared Spectroscopy (FTIR) measurements of *Juraperle* from the column experiments were carried out with a Bruker IFS 66 with a Globar source and a DTGS detector. Surface specific analysis was carried out with a GoldenGate ATR (attenuated total reflection) diamond cell with single reflection. Grains of the different samples were pressed onto the diamond with the same pressure throughout the experiments, no further preparation was necessary.

Results and Discussion

The results of the batch experiments with fresh material revealed that the P-elimination efficiency was not significantly correlated with the SSA of the seed because *Juraperle* was more efficient than *Coccolithe* (Fig. 1).

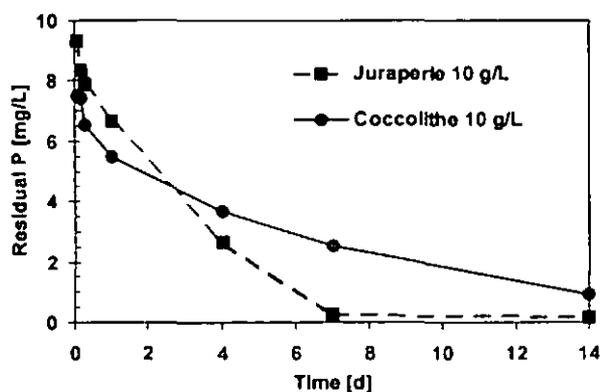


Fig. 1: Comparison of the efficiency of *Juraperle* and *Coccolithe* with respect to P-elimination in batch experiments, 1st use (tap water, P_{initial} : 10 mg/L)

Hence, physical P-adsorption is not the only mechanism, the process being mostly dominated by the surface morphology of the material. According to ESEM investigations, *Juraperle* has a rough surface, covered by very fine grains of about 1 - 4 µm in diameter. These fine grains dissolve preferentially even in water supersaturated with respect to calcite [3, 4], thus enhancing the supersaturation of the water and initiating the precipitation of calcium phosphates or phosphorus co-precipitation during the recrystallisation of calcite minerals. The surface of the *Coccolithe* is quite smooth, which does not favour the reaction.

The phosphorus removal efficiency and rate increased after several reuses for both seed materials (Fig. 2 and 3). The differences to the unused materials vanished completely. Obviously, the coating of the calcite with calcium phosphate promoted further growth of these calcium phosphate compounds. Already [5, 6] found an increase of phosphorus removal with increasing experimental time. These findings should at least be valid in the concentration range investigated, because the transfer from adsorption to surface precipitation diminishes with lower phosphorus concentrations [7].

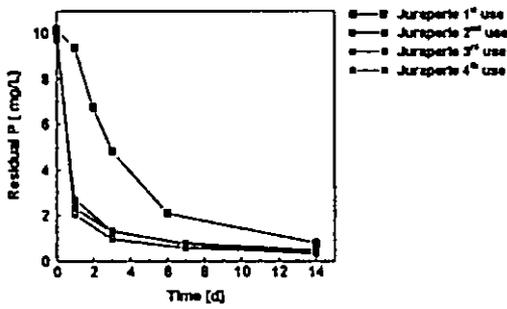


Fig. 2: Increase of P-removal efficiency by the reuse of Juraperle in batch experiments (tap water, $P_{initial}$: 10 mg/L)

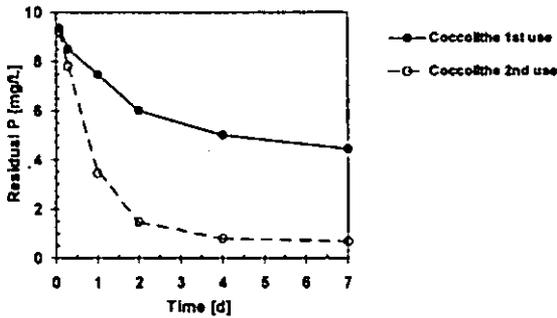


Fig. 3: Increase of P-removal efficiency by the reuse of Coccolithe in batch experiments (tap water, $P_{initial}$: 10 mg/L)

The decisive effect of this coating was also demonstrated by long-term column experiments with Juraperle. It resulted in a P-reduction of 60 - 80% over more than 5,500 bed volumes. The coating effect also explains the slow beginning of the P-removal reaction, because a considerable coating is only formed after several bed volumes of water have passed through the column (Fig. 4).

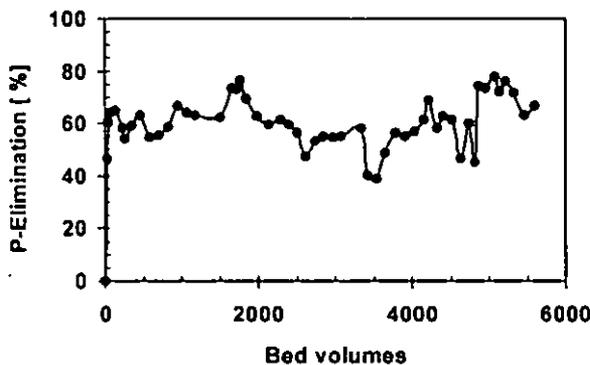


Fig. 4: Long-term column experiment with Juraperle (tap water, $P_{initial}$: 10 mg/L, upflow, ~ 2 h detention time)

Spectroscopic surface studies of Juraperle from the column experiments by FTIR-ATR proved the formation of HAP- (hydroxylapatite)-like calcium phosphates on the surface of the Juraperle (Fig. 5).

After several reuses of both, Juraperle and Coccolithe, it was proved by ESEM microscopy, that a layer of about 700 nm thickness was formed on the particle surface.

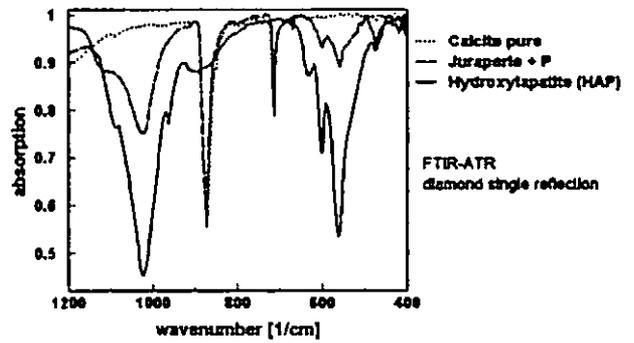


Fig. 5: FTIR measurement using ATR proved the formation of apatite-like calcium phosphates on the surface of Juraperle

According to EDX measurements phosphorus was significantly enriched in these layers of both calcites, but hardly any phosphorus was detected inside the particles at a depth of about 100 μm . This fact was confirmed by EDX mapping and line-scans of particle cross-sections.

Conclusions

The results show, that the P-removal efficiency by crystallisation onto calcite is mainly dominated by two effects:

- In the beginning of the reaction by the microtopography: The fine grains on the calcite surface tend to dissolve even in water with an $S_{I_{calcite}} > 0$ and promote the precipitation of Ca-phosphates or the coprecipitation with calcite.
- The coating of the calcite particle surface by calcium phosphate during the further course of the reaction.

References

- DONNERT, D., SALECKER, M. (1999): *Elimination of phosphorus from waste water by crystallisation*. *Env. Techn.* 20, 735-742.
- DONNERT, D., BERG, U., WEIDLER, P.G., NÖESCH, R., SONG, Y., SALECKER, M., KUSCHE, I., BUMILLER, W., FRIEDRICH, F. (2002): *Phosphorus removal and recovery from waste water by crystallisation*. Schriftenreihe "Wasser- und Geotechnologie", 03/02, Aedificatio Verlag, Freiburg i. Br., ISSN 1610-3645.
- STEEFEL, C.I., VAN CAPPELLEN, P. (1990): *A new kinetic approach to modeling water-rock interaction: The role of nucleation, precursors, and Ostwald ripening*. *Geochim. Cosmochim. Acta* 54: 2657-2677.
- STUMM, W., MORGAN, J. (1996): *Aquatic chemistry*. 3rd Edition. Wiley; New York.
- FREEMAN, J.S., ROWELL, D.L. (1981): *The adsorption and precipitation of phosphate onto calcite*. *J. Soil Sci.* 32: 75-84.
- GRIFFIN, R.A., JURINAK, J.J. (1973): *The interaction of phosphate with calcite*. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 37: 847-850.
- GIANNIMARAS, E.K., KOUTSOUKOS, P.G. (1987): *The crystallization of calcite in the presence of orthophosphate*. *J. Colloid Interface Sci.* 116 (2): 423-430.

Size Determination and Quantification of Colloids by Sedimentation Field-Flow Fractionation coupled with Laser-induced Breakdown Detection

T. Bundschuh, T. Wagner, R. Köster

Introduction

The effect of nano-particles (colloids) on the migration of pollutants is of major concern in environmental research. Colloids are present in all aquatic systems [1], they are between 1nm and 1µm in size [2] and therefore have a high surface to mass ratio. Colloids may increase the total amount of pollutants in water beyond what can be expected from the thermodynamic solubility product of their respective chemical compounds [3, 4]. Thus, sorption of contaminants on colloid surfaces is an important mechanism in the transport behaviour of hazardous substances [3]. In addition, colloids can interfere with disinfection during water purification for drinking water production and provide a medium for microbial growth. Colloids may indicate the presence of disease-causing organisms, including bacteria, viruses, and parasites. Viruses in particular show a size spectrum down to only a few 10s of nm [5]. Nano-particles as such are often unwanted particulate contaminants reducing the product quality in many modern production processes (e.g. semiconductor industry), too. Within the context of quality assessment of aquatic systems it is necessary to quantify the colloids present, to determine their size, to assess their stability and to investigate their elemental composition.

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institute for Technical Chemistry, Water Technology and Geotechnology, PO Box 3640, 76021 Karlsruhe, Germany
 tobias.bundschuh@itc-wgt.fzk.de

Particle Fractionation by SdFFF

Field-flow fractionation (FFF) is a method used to separate colloids and suspended particles. Separation takes place in a flat channel, through which a carrier flow transporting the colloids is passed. Due to the channel geometry, a laminar flow profile develops. In sedimentation FFF (SdFFF), channel rotation results in a centrifugal force acting on the sample perpendicular to the direction of the carrier flow. Due to their larger diffusion coefficient, the smaller particles diffuse into the region of the higher flow velocities of the laminar flow and are therefore eluted prior to the larger particles [6]. The schematic setup of a SdFFF instrumentation and the principle of particle fractionation by FFF are shown in Fig. 1.

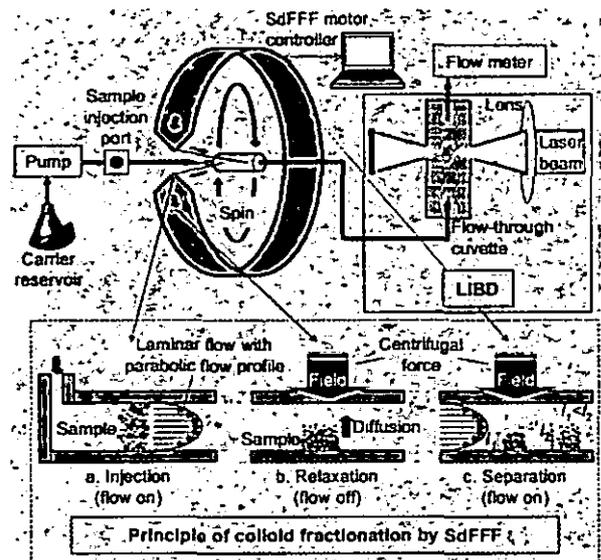


Fig. 1: Setup of the SdFFF/LIBD instrumentation and principle of particle fractionation by FFF.

The potential of FFF techniques are limited by the particle detection methods available. Especially in the lower nm size range detection methods like laser light scattering (LLS) are not sensitive enough to register colloids in low concentrations.

Particle detection by LIBD

Laser-induced breakdown detection (LIBD) is a sensitive nano-particle analysis method for the direct detection of colloids. During the detection process plasmas are generated on single particles by a fo-

cussed laser beam and the plasma light emissions produced are detected [7]. The LIBD is based on the difference in breakdown thresholds of liquid and solid matter, it is approximately one order of magnitude lower for solid material [8]. The laser pulse energy is adjusted so that in the pure liquid no breakdown events occur, and only in the presence of colloidal particles the breakdown threshold in the focal volume is exceeded. The evaluation of the number of breakdown events per number of laser shots results in a breakdown probability dependent on particle concentration and size. For the determination of the particle size the light emissions of single plasmas are detected by a microscope CCD-camera system. The spatial distribution of the recorded plasma flashes within the focal volume gives information about the colloid size [9]. With known mean particle diameter and breakdown probability the particle concentration can be calculated [10]. A schematic setup of the laser-induced breakdown detection instrumentation is shown in Fig. 2.

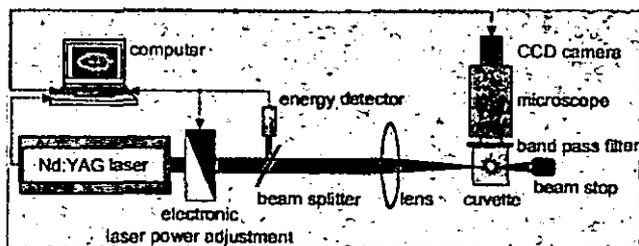


Fig. 2: An experimental setup of LIBD [11].

The LIBD is up to 1,000,000 times more sensitive compared to light scattering methods (see Fig. 3). Therefore the direct on-line coupling of SdFFF with the mobile constructed LIBD is the future objective. Such SdFFF/LIBD instruments (or preferably all FFF/LIBD instrumentations) can act as high resolution elution methods for the separation and size determination of a wide range of environmental and industrial samples. First off-line measurements of FFF fractions by means of LIBD showed an enhancement of sensitivity, especially for particles smaller than 0.1 μm [12].

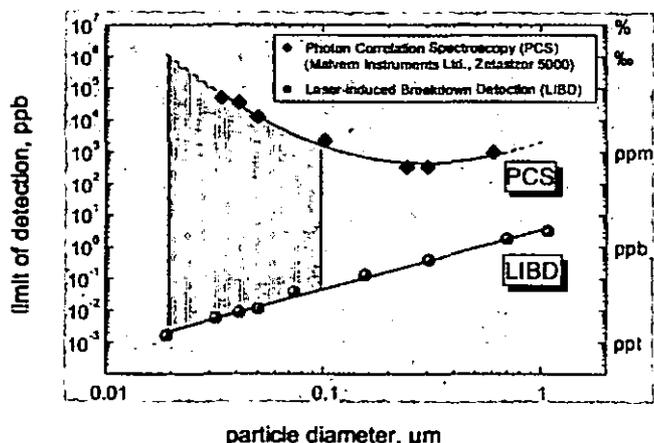


Fig. 3: Detection limits of LIBD in comparison to PCS.

Literature

- [1] Yariv, S., Cross, H.: *Geochemistry of Colloid Systems for Earth Scientists*. Springer, Berlin, 1979.
- [2] Shaw, D.J.: *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*. Butterworth, London, 1980.
- [3] McCarthy, J.F., Zachara, J.M.: Subsurface Transport of Contaminants. *Environ. Sci. Technol.* 23, 496 (1989).
- [4] Honeyman, B.D., Santschi, P.H.: The Role of Particles and Colloids in the Transport of Radionuclides and Trace Metals in the Oceans. In: Buffle, J., van Leeuwen, H.P. (Eds.): *Environmental Particles Vol.1*. Lewis Publishers Inc., Chelsea, 1992.
- [5] Stumm, W.: Chemical Interaction in Practical Separation. *Environ. Sci. Technol.* 11, 1066 (1977).
- [6] Beckett, R., Hart, B.T.: Use of Field-Flow Fractionation Techniques to Characterize Aquatic Particles, Colloids, and Macromolecules. In: Buffle, J., van Leeuwen, H.P. (Eds.): *Environmental Particles Vol. 2*. Lewis Publishers Inc., Chelsea, 1993.
- [7] Bundschuh, T., Knopp, R., Kim, J.I.: Laser-Induced Breakdown Detection (LIBD) of aquatic colloids with different laser systems. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 177, 47 (2001).
- [8] Bettis, J. R.: Correlation among the Laser-Induced Breakdown Thresholds in Solids, Liquids and Gases. *Appl. Opt.* 31 (18), 3448 (1992).
- [9] Hauser, W., Bundschuh, T.: Verfahren zur Bestimmung der Größe von Partikeln in einer Lösung. Patent DE 198 33 339 C1 (Method for Determining the Size of Particles in a Solution. International Publication No.: WO 00/06993) (2000).
- [10] Bundschuh, T., Knopp, R., Winzenbacher, R., Kim, J.I., Köster, R.: Quantification of Aquatic Nano Particles after Different Steps of Bodensee Water Purification with Laser-induced Breakdown Detection (LIBD). *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 29, 7 (2001).
- [11] Wagner, T., Bundschuh, T., Schick, R., Schwartz, A., Köster, R.: Role of Colloidal Water Content in Fe(III)-assisted Filtration during Drinking Water Purification. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.*, submitted (2002).
- [12] Wagner, T., Bundschuh, T., Ferstl, W., Köster, R.: Coupling of Sedimentation Field-Flow Fractionation (SdFFF) with Laser-induced Breakdown Detection (LIBD) as a Sensitive Colloid Separation and Sizing Method with high Resolution. *Natural Waters and Water Technology: EuroConference on Colloids in Natural Waters*, Spa, Belgium, Oct. 12-17 (2002).

The Use of Polarized EXAFS to Determine Uptake Processes of Metal Ions at the Mineral-Water Interface

Rainer Dähn¹, André M. Scheidegger¹ and Alain Manceau²

Contamination of aqueous and terrestrial environments with heavy metals derived from industrial, municipal, and agricultural sources is of major concern worldwide. Interfacial processes, such as sorption, precipitation and dissolution markedly affect the mobility, speciation and bioavailability of heavy metal contaminants in the environment. It is therefore important to determine the mechanism and the mineral phase responsible for the fate of contaminants in soils and aquatic systems. Montmorillonite is an abundant dioctahedral smectitic clay mineral responsible for the retention of metals in the geosphere. The element Ni(II) was selected for this study because Ni contamination from smelters, mining, industrial and municipal waste is of environmental concern worldwide. The most critical environmental aspect concerning Ni is the safe disposal in radioactive waste repositories. The flow of ground water through a repository can potentially result in the release of radionuclides such as ⁵⁹Ni and ⁶³Ni from waste matrices into the environment. The release of radionuclides can be considerably retarded due to interactions with clay minerals. Therefore, bentonite, which consists predominantly of montmorillonite, is foreseen as a backfill material in the Swiss concept for a high level radioactive waste repository. Thus, a detailed understanding of the sorption mechanisms of Ni with montmorillonite is of great importance for the safety assessment of nuclear waste repositories.

In this study polarized EXAFS (P-EXAFS) was used to investigate the uptake mechanisms of Ni(II) onto montmorillonite. In P-EXAFS, neighboring atoms along the polarization direction of the X-ray beam are preferentially probed, while atoms located in a plane perpendicular to this direction are attenuated.

Applying P-EXAFS to montmorillonite self-supporting films has the advantage of minimizing the contributions from the out-of-plane Si atoms from the tetrahedral sheet when the X-ray polarization vector is in the *ab* plane of the montmorillonite self-supporting film. Conversely, when the polarization vector is aligned normal to the film plane the contribution from octahedral layer cation vanishes (Manceau et al., 1998).

The uptake mechanisms of Ni(II) were investigated by combining wet chemistry methods with powder and polarized extended X-ray absorption fine structure (EXAFS and P-EXAFS) spectroscopy. The study revealed that at elevated pH and Ni concentrations the uptake of Ni onto montmorillonite resulted in the formation of a Ni-phylosilicate-like phase (Dähn et al., 2002a). These neoformed phyllosilicates were oriented with respect to montmorillonite layers. The resulting sequestration of sorbed metals in sparingly soluble phyllosilicate structure may durably decrease their migration in the geosphere. Transmission electron microscopy (TEM) was employed to observe neoformed Ni phyllosilicates directly with microscopic methods. The study revealed the presence of small clay like particles consisting of only 3 to 5 lattice fringes in the Ni treated montmorillonite with a lattice spacing characteristic for smectites (Fig. 1). These particles contained a high amount of Ni (up to 10 wt. % NiO) and were very resistant to the electron beam. Such smectites were never observed in the untreated montmorillonite suggesting that they represent neoformed Ni phyllosilicates.

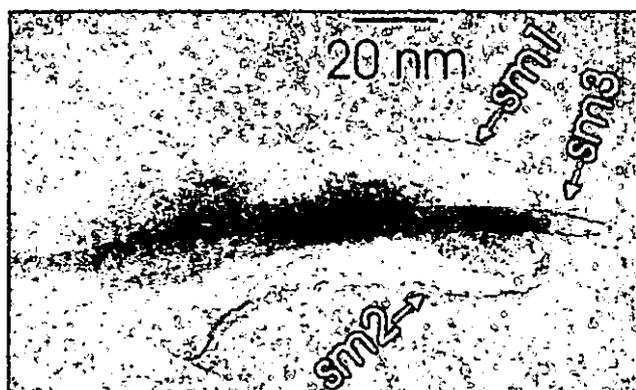


Fig 1: Neoformed phyllosilicates (sm1 - sm3) in a Ni treated montmorillonite sample (Ni content: 90 $\mu\text{mol/g}$).

¹ Paul Scherrer Institut, Villigen, CH-5232, Switzerland

² Environmental Geochemistry Group, LGIT, University J. Fourier and CNRS, BP 53, F-38041 Grenoble Cedex 9, France

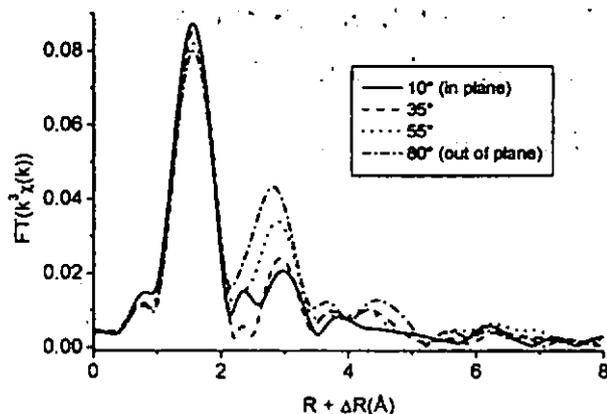


Fig. 2: Polarization dependence of the radial structure functions obtained for a Ni treated montmorillonite sample with 360 days reaction time ($7 \mu\text{mol/g}$).

To find first evidence for the adsorption of Ni on layer edges of dioctahedral clays the uptake of Ni on montmorillonite was studied at near neutral pH and low Ni concentrations (Dähn et al., 2002b). Fig. 2 shows radial structure functions (RSFs) obtained for a montmorillonite sample with a Ni content of $7 \mu\text{mol/g}$ and a reaction time of 360 days. Spectral analysis led to the identification of three nearest cationic subshells containing 2.0 ± 0.5 Al at 3.0 \AA and 2.0 ± 0.5 Si at 3.12 \AA and 4.0 ± 0.5 Si at 3.26 \AA . These distances are characteristic of edge-sharing linkages between Al and Ni octahedra and of corner-sharing linkages between Ni octahedra and Si tetrahedra, as in clay structures. The angular dependence of the Ni-Al and Ni-Si contributions indicates that Ni-Al pairs are oriented parallel to the film plane, whereas Ni-Si pairs are not. The study reveals the formation of Ni inner-sphere mononuclear surface complexes located at the edges of montmorillonite platelets and thus, that heavy metals binding to edge sites is a possible sorption mechanism for dioctahedral smectites (Fig. 3). The observed attachment of metal ions specifically bond to clay mineral surfaces can therefore severely reduce their bioavailability and mobility in soil and water environments.

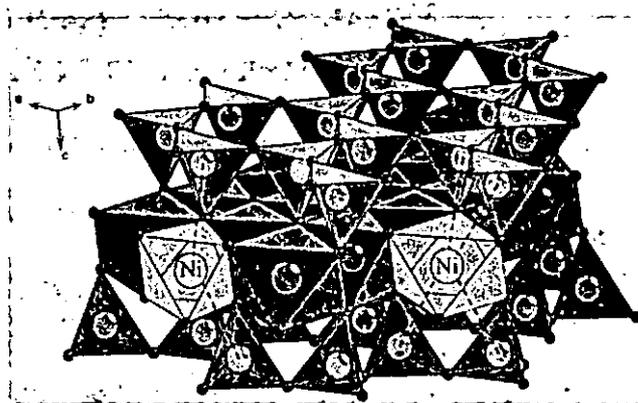


Fig. 3: Simulation of possible positions of Ni atoms sorbed to the octahedral sheet of montmorillonite particles. Left complex: 3 Al atoms at 3.0 \AA and 2 Si atoms at 3.12 \AA ; right complex: 2 Al atoms at 3.0 \AA and 4.0 Si atoms at 3.26 \AA .

References

- Dähn R., Scheidegger A. M., Manceau A., Schlegel M. L., Baeyens B., Bradbury M. H., and Morales M. (2002a) Neoformation of Ni phyllosilicate upon Ni uptake on montmorillonite: A kinetics study by powder and polarized extended X-ray absorption fine structure spectroscopy. *Geochim. Cosmochim. Acta* 66(13), 2335-2347.
- Dähn R., Scheidegger A. M., Manceau A., Schlegel M. L., Baeyens B., Bradbury M. H., and Chateigner D. (2002b) Structural evidence for the sorption of Ni(II) atoms on the edges of montmorillonite clay minerals. A polarized EXAFS study. *Geochim. Cosmochim. Acta*, in press.
- Manceau A., Chateigner D., and Gates W. P. (1998) Polarized EXAFS, distance-valence least-squares modeling (DVLS) and quantitative texture analysis approaches to the structural refinement of Garfield nontronite. *Phys. Chem. Minerals* 25, 347-365.

METAL SORPTION IN KAOLINIT-FULVOSÄURE SUSPENSIONEN UND IHR EINFLUSS AUF DIE KOLLOIDALE STABILITÄT

Hlona Heidmann, Iso Christl und Ruben Kretzschmar

Einleitung

Reaktive Mineraloberflächen in Böden sind häufig mit organischen Substanzen belegt, wie z.B. adsorbierte Huminstoffe. Diese beeinflussen die Oberflächenladung und das Sorptionsverhalten von Metallkationen an den Mineraloberflächen, und damit auch das kolloidale Verhalten der Partikel. Das Ziel dieses Projektes ist es, die Sorption von Cu und Pb in Kaolinit-Fulvosäure Suspensionen und die daraus resultierenden Effekte auf die Aggregationskinetik quantitativ zu charakterisieren.

Material und Methoden

Die Sorption von Cu und Pb an reinem Kaolinit (KGa2, Clay Minerals Society) (1), reiner Fulvosäure (FA, extrahiert mit Standardmethoden aus dem O_h-Horizont eines Humic Gleysols) (2, 3) und Kaolinit-Fulvosäure Suspensionen (5 g/L Kaolinit, 30 mg/L FA) wurden mittels potentiometrischer Titrations bei pH 4, 6 und 8 in 0,01 M NaNO₃ untersucht (4). Die freie Cu²⁺ und Pb²⁺ Aktivitäten wurden mit ionenselektiven Elektroden gemessen. Im ternären Experiment wurden Proben geommen und auf die totale Metall- und FA-Konzentrationen in Lösung mittels ICP-MS und UV-vis analysiert.

Die Aggregationskinetik wurde mittels dynamischer Lichtstreuung beobachtet. Kaolinit-FA Suspensionen (25-200 mg/L Kaolinit mit 0,15-1,2 mg/L FA in 0,01 M NaNO₃ bei pH 4 und 6) wurden mit Cu(NO₃)₂-, Pb(NO₃)₂- oder Ca(NO₃)₂-Lösungen bis zu 8 mM versetzt. Der durchschnittliche hydrodynamische Radius während der Brown'schen Aggregation wurde alle 13 sec gemessen und relative Aggregationsraten von der initiale Steigung des Radius mit der Zeit bestimmt (1). Die Partikelladung wurde durch Messung der elektrophoretischen Mobilität ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Sorption: In allen Systemen (binär und ternär) stieg die Sorption von Cu und Pb mit steigendem pH-Wert

und steigender Aktivität von Cu²⁺ oder Pb²⁺ in der Lösung. Die Sorption von FA an Kaolinit führte zu einer deutlichen Erhöhung der Metallsorption an der Festphase (Abb. 1 A).

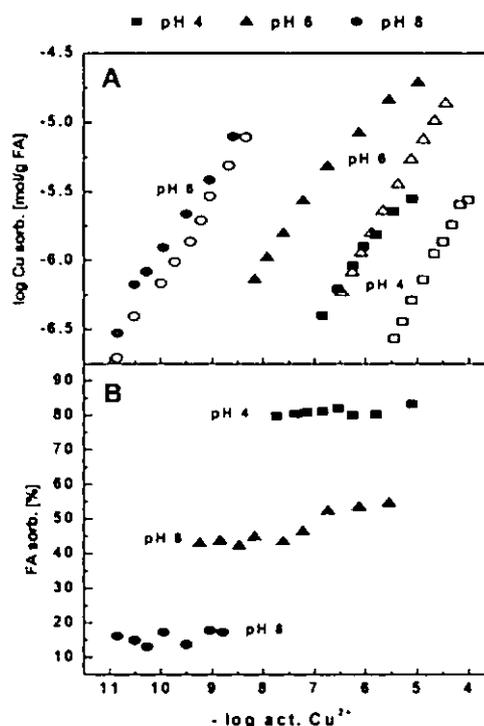


Abb. 1: A) Cu-Sorption an Kaolinit-FA-Komplexen (5 g/L Kaolinit mit 30 mg/L FA, ■π●) und an reinem Kaolinit (5 g/L, □ρ○). B) Sorption von FA an Kaolinit während der ternären Titration.

Dies ist in guter Übereinstimmung mit der beobachteten Sorption von FA am Kaolinit während der ternären Sorptionsexperimente (Abb. 1 B). Bei pH 4 ist die Sorption von FA an Kaolinit am höchsten, genauso wie die Erhöhung der Sorption an der Festphase, während bei pH 8 Sorption von FA am Kaolinit wie auch die Erhöhung der Sorption am niedrigsten ausfällt.

Aggregation: Die Aggregationskinetik von Kaolinit-FA-Komplexen ist in Abb. 2 als attachment efficiency α in Abhängigkeit der Metallkonzentration dargestellt. Die Aggregationskinetik wird als *schnell* bezeichnet, wenn $\alpha = 1$ ist und somit jede Partikelkollision zu einer Aggregation führt. Unter diesen Bedingungen ist die Aggregationsrate unabhängig von der Oberflächen- und Lösungsschemie. Wenn $\alpha < 1$ ist, wird die Aggregationskinetik als *langsam* bezeichnet und es kann eine ausgeprägte Abhängig-

keit von der Oberflächen- und Lösungsschemie beobachtet werden. Hier fällt auf, daß

- die Aggregation nie die schnelle Rate erreicht (α ist immer kleiner als 1). Dies könnte durch eine sterische Stabilisation der FA verursacht sein.
- Cu und Pb Zugaben in höhere Aggregationsraten resultieren als Ca.
- die Aggregationsraten bei niedrigen Metallkonzentrationen bei pH 6 gegenüber pH 4 klar erhöht sind

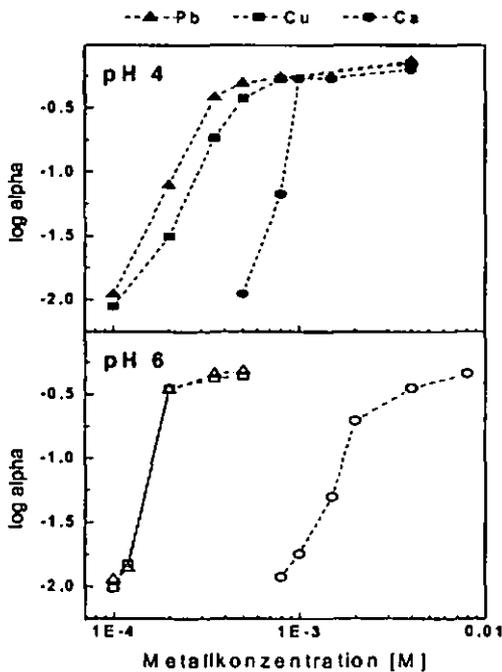


Abb. 2: Aggregationskinetik von Kaolinite-FA Suspensionen (25-200 mg/L Kaolinit mit 0,15-1,2 mg/L FA) bei pH 4 und 6 in Anwesenheit von Pb, Cu und Ca.

Die Partikelladung in diesem System steigt bei beiden pH-Werten mit steigender Metallkonzentration, da dann mehr Metall an die Kaolinit-FA-Komplexe gebunden wird, was positive Ladung an die Komplexe bringt. Die steilere Steigung bei pH 6 wird durch die pH abhängige Sorption an die Komplexe verursacht. Bei pH 6 wird bei der gleichen Metallkonzentration mehr Cu und Pb gebunden als bei pH 4.

Die Beziehung der Aggregationskinetik zur Partikelladung ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Aggregationskinetik ist bei einer elektrophoretischen Mobilität kleiner $-1,5$ abhängig von der Partikelladung und kann als langsam bezeichnet werden. Bei einer elektrophoretischen Mobilität größer $-1,5$ ist die Aggregationskinetik unabhängig von der Partikelladung und kann fast als schnell charakterisiert werden.

Abbildung 4 zeigt die Pb-Sorption in Abhängigkeit der Partikelladung. Die Sorption von Pb an Kaolinit-FA-Komplexen bei einer elektrophoretischen Mobilität von $-1,5$ ist bei pH 6 größer als bei pH 4. Wenn nun angenommen wird, daß bei einer elektrophoretischen Mobilität kleiner $-1,5$ die Kaolinit-FA-Suspension nur langsam aggregiert, kann daraus geschlossen werden, daß bei pH 6 mehr Pb von diesen Komplexen transportiert werden kann als bei pH 4.

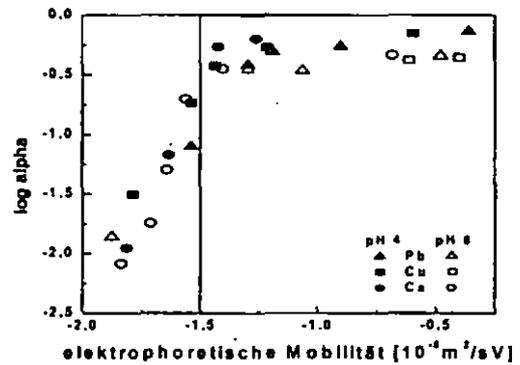


Abb. 3: Attachment efficiency der Kaolinit-FA-Komplexe (25-200 mg/L Kaolinit mit 0,15-1,2 mg/L FA) in Abhängigkeit der Partikelladung.

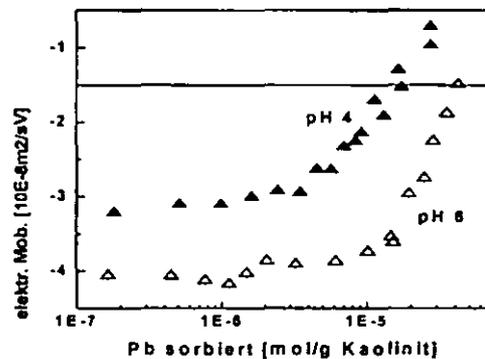


Abb. 4: Pb Sorption an Kaolinit-FA-Komplexen (5 g/L Kaolinit mit 30 mg/L FA) in Abhängigkeit der Partikelladung bei pH 4 und 6.

Literatur

- (1) Kretzschmar, R., H. Holthoff, and H. Sticher. *Influence of pH and humic acid on coagulation of kaolinite: A Dynamic light scattering study.* J. Colloid Interface Sci., 202: 95-103, 1998.
- (2) Christl, I. and R. Kretzschmar, *Relating ion binding by fulvic and humic acids to chemical composition and molecular size: 1. Proton binding.* Environ. Sci. Technol., 35: 2505-2511, 2001.
- (3) Christl, I., et al., *Relating ion binding by fulvic and humic acids to chemical composition and molecular size: 2. Metal binding.* Environ. Sci. Technol. 35: 2512-2517, 2001.
- (4) Christl, I. and R. Kretzschmar, *Interaction of copper and fulvic acid at the hematite-water interface.* Geochim. Cosmochim. Acta, 65: 3435-3442, 2001.

Fluoride Reactivity: a potential single value index for carbon retention in soils

Markus Kleber

1 Introduction

It is becoming increasingly evident that poorly-ordered inorganic materials are of widespread occurrence in most soils (Bracewell 1970). Clay develops from a state containing amorphous and probably discrete regions of silica and alumina to one containing mainly Si-O-Al linkages, and finally to crystallized layer silicates. Jones and Uehara (1973) were able to show the presence of amorphous gel-hull linkages between clay particles. Such amorphous gel hull must include noncrystalline $\text{Al}(\text{OH})_3$. The presence of $\text{Al}(\text{OH})_3$ as a thin layer around illite particles also has been reported by El Swaify and Emerson (1975).

Growing evidence (Tipping 1981; Schwertmann et al. 1986; Gu et al. 1994; Schulten and Leinweber 1995; Kaiser and Guggenberger 2000) suggests the mechanism of ligand exchange between carboxyl groups of organic matter and hydroxyl groups at the surfaces of mineral phases to be the most important control on the formation of mineral-organic matter associations.

The abundance of hydroxyls, or the amount of poorly crystalline minerals (which, as they are disordered, are the main contributors of surface hydroxyls) should therefore control the amount of organic matter that may be stabilized by interaction with a mineral surface.

This has actually been demonstrated by a number of authors. Jahn et al. (1992); Torn et al. (1997) and Percival (2000) are among those who were able to show that the ability of a given soil to store organic carbon is a function of its content of poorly crystalline mineral components

Any attempt to relate the content of poorly crystalline minerals with carbon stabilization in soils relies on the availability of a procedure to discriminate quantitatively between well ordered or crystalline mineral surfaces and disordered or poorly crystalline mineral surfaces.

Fieldes and Perrott (1966) showed that the action of fluoride on poorly-ordered materials produces OH^- in solution in considerable quantities. The reaction was thus proposed as a differential criterion between well- and poorly ordered materials (Bracewell et al. 1970). This was confirmed by Perrott et al. (1976), who found that fluoride reactivity [i.e. the amount of OH^- released at 25°C with 0.85 M sodium fluoride at a constant pH of 6.8 after 25 min] reflected the pedogenic translocation of inorganic constituents from the A to B horizons and indicated the poorly-ordered nature of this material against the background of crystalline materials.

Recently, organic matter stabilization in soils through interactions with the mineral phase has become an important issue worldwide. Models of soil carbon storage require input variables which treat carbon stabilization in a mechanistic way. At this time there is no parameter available with the capability to adequately describe the carbon storage potential of a given mineral matrix.

2 Experiment

I tested whether the availability of poorly ordered minerals (as represented through fluoride reactivity) controls (i) carbon concentration and (ii) the extent to which mineral surface area is covered by organic matter. I further tested whether the amount of active hydroxyls might be a function of dithionite extractable iron. I used fine (< 0.2 μm) and coarse (0.2-2 μm) clay fractions of identical illitic mineralogy. The samples were selected because contrary to the concept of a functional relationship between decreasing particle size and increasing carbon storage capacity, the coarse clay fractions exhibited higher carbon concentrations than the fine clay fractions. The samples were taken from the long-term agroecosystem experiment Bad Lauchstädt, Germany, and had been subjected to 0, 18, 44 and 98 years of fertilizer deprivation. It was thus possible to identify possible effects of carbon input variations on the parameters indicated above.

3 Results

Figure 1 indicates that more OH^- were released from the coarse than from fine clay fractions. Carbon loading [= total organic carbon referenced to total BET- N_2 surface area (SSA), determined after organic matter and iron oxide removal] is lower in fine than in coarse clay fractions. Carbon loading seems to be a function of OH^- site density. In the coarse clay fractions, carbon loading decreases with the duration of fertilizer deprivation, while site density remains \pm constant.

Figure 2 indicates that the fraction of mineral surface area covered by organic matter [total BET- N_2 surface minus surface area of untreated samples divided by total surface area; or $\Delta\text{SSA}/\text{SSA}$] is a linear function of OH^- site density.

Figure 3 shows that hydroxyl site density in the samples investigated is a function of iron oxide density [dithionite extractable iron referenced to SSA].

4 Summary and conclusions

In the clay subfractions investigated,

(i) carbon loading seems to be controlled by the availability of surface hydroxyls (as determined through fluoride reactivity) and modified by variations in organic matter input.

The fraction of mineral surface area covered by organic matter (ii) is a linear function of hydroxyl density, and seems to be independent of input variations.

Iron oxide density (iii), in turn seems to be a good predictor of hydroxyl density. I conclude that the abundance of hydroxyl - bearing mineral phases as determined through fluoride reactivity carries the potential to be developed into a single value index for the capability of mineral surfaces to associate with organic carbon.

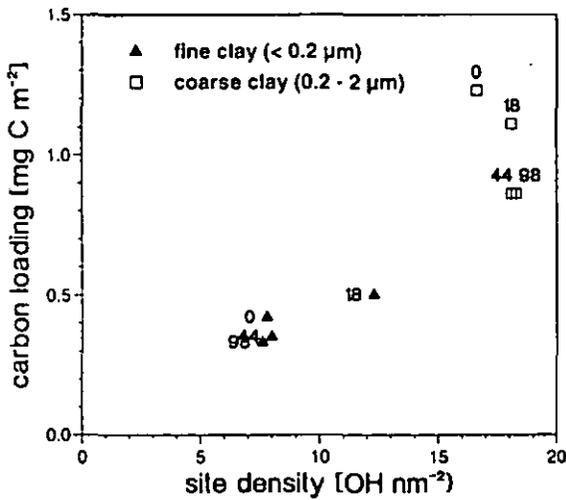


Figure 1: Carbon loading [total organic carbon referenced to SSA] as linear function of hydroxyls released [referenced to mineral surface area upon reaction with sodium fluoride. Numbers indicate duration of fertilizer deprivation.

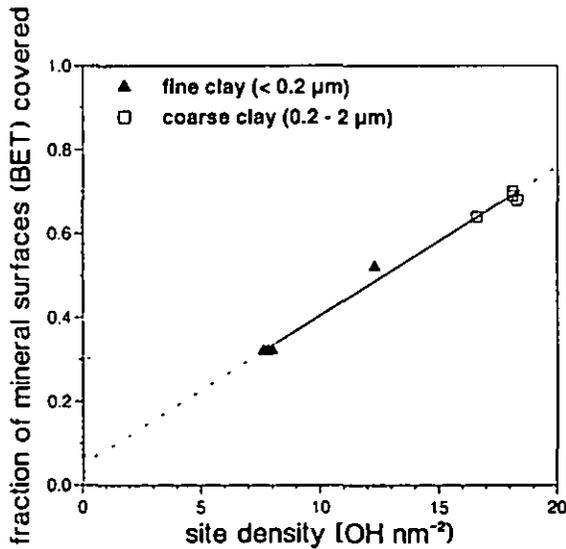


Figure 2: Surface coverage [fraction of mineral surface area covered by organic matter] as a function of hydroxyl site density. Clay subfractions from fertilizer deprivation experiment.

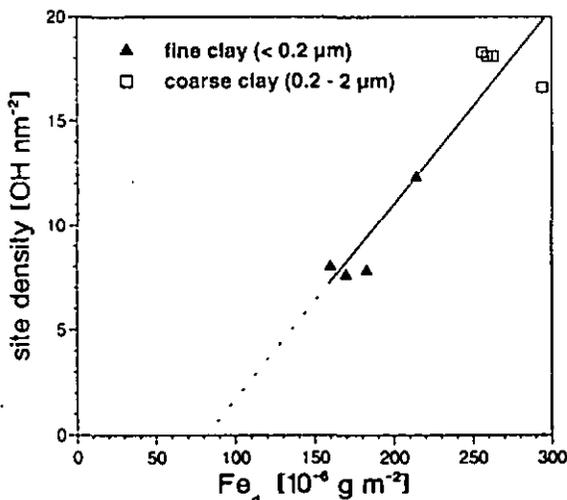


Figure 3: Hydroxyl site density as a function of iron oxide density [determined via dithionite treatment]

5 Acknowledgement

This work was supported by the German Science Foundation (SPP 1090; KL 1139/3-1).

6 References

- Bracewell, J. M., A. S. Campbell and B. D. Mitchell. 1970. An assessment of some thermal and chemical techniques used in the study of the poorly-ordered aluminosilicates in soil clays. *Clay Minerals* 8:325-335.
- El Swaify, S. A. and W. Emerson. 1975. Changes in the physical properties of soil clays due to precipitated aluminum and iron hydroxides: I. Swelling and aggregate stability after drying. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39:1056-1063.
- Fieldes, M. and K. W. Perrot. 1966. Rapid field and laboratory test for allophane. *N.Z. J. Sci.* 9: 623-629.
- Gu, B., Schmitt, J., Chen, Z., Liang, L. and J F. McCarthy. 1994. Adsorption and Desorption of Natural Organic Matter on Iron Oxide: Mechanisms and Models. *Environ. Sci. Technol.* 28:38-46.
- Jahn, R., M. Zarei and K. Stahr. 1992. Development of andic soil properties and of clay minerals in the semiarid climate of Lanzarote (Spain). *Miner. Petrogr. Acta XXXV-A*:193-201.
- Jones, R.C., and G. Uehara. 1973. Amorphous coatings on mineral surfaces. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37:792-798.
- Kaiser, K. and G. Guggenberger. 2000. The role of DOM sorption to mineral surfaces in the preservation of organic matter in soils. *Organic Geochemistry* 31, 711-725.
- Percival, H. J., R. L. Parfitt and N. A. Scott. 2000. Factors controlling soil carbon levels in New Zealand Grasslands: Is Clay Content Important? *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1623-1630.
- Perrott, K. W., B. F. Smith and R. H. Inkson. 1976. The reaction of fluoride with soils and soil minerals. *Journal of Soil Science* 27:58-67.
- Schulten, H.-R. and P. Leinweber. 1995. Dithionite-Citrate-Bicarbonate-Extractable Organic Matter in Particle-Size Fractions of a Haplaquoll. *Soil Science Society of America Journal* 59:1019-1027.
- Schwertmann, U., Kodama, H. and W. R. Fischer. 1986. Mutual interactions between organics and iron oxides. In Huang, P. M., Schnitzer, M., (Eds.) pp 223-250. Interactions of soil minerals with natural organics and microbes. *SSSA Spec. Publ. 17*. SSSA, Madison, WI.
- Tipping, E. 1981. The adsorption of aquatic humic substances by iron oxides. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45:191-199.
- Torn, M. S., S. E. Trumbore, O. A. Chadwick, P. M. Vitousek and D. M. Hendricks. 1997. Mineral control of soil organic carbon storage and turnover. *Nature* 389:170-173.

Kolloidaler Transport von Metallionen an Laponit (Modellsilikat)

George Metreveli, Christian Specht, Eva-Maria Kaulisch, Markus Delay, Fritz Hartmann Frimmel

Zusammenfassung

Der kolloidale Transport von Metallionen im Untergrund wurde in Säulenversuchen untersucht. Dabei wurde das Durchbruchverhalten von Cu und einem Modellkolloid (Laponit) betrachtet. Es wurde festgestellt, dass in den mit Quarzsand gefüllten Säulen eine vom pH-Wert abhängige Fraktionierung der Laponitteilchen stattfindet. Zur Aufnahme der Durchbruchkurven von Cu wurde die Säulenanlage mit einem Massenspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) gekoppelt. In Abwesenheit von Laponit war kein Durchbruch von Cu zu sehen. Im Gegensatz dazu wurde bei den Injektionen der laponithaltigen Kupferlösungen ein Durchbruch von Cu festgestellt.

Einführung

Bei den Untersuchungen der Transportvorgänge im Untergrund wurde früher der Grundwasserleiter meist als Zwei-Phasen-System betrachtet: als feste Phase (Sediment) und als flüssige Phase (Grundwasser) mit gelösten Substanzen. In den letzten Jahren wurden kolloidale Teilchen als dritte Phase verstärkt untersucht. Die bisher erhaltenen Erkenntnisse reichen jedoch nicht aus, um ein klares Bild über alle wesentlichen Komponenten des kolloidalen Stofftransports zu bekommen. In Säulenversuchen wurde festgestellt, dass der Transport einiger Schwermetalle durch anorganische Kolloide und durch natürliche organische Substanzen (NOM) beschleunigt wird [1]. Außerdem ist das Durchbruchverhalten von Metallionen stark von der Kationenaustausch-

kapazität der verschiedenen Festphasen abhängig [2]. Aus diesen Gründen ist es notwendig, bei der Charakterisierung des Stofftransports im Untergrund verschiedene konkurrierende Sorptions- und Grenzflächenvorgänge zu berücksichtigen.

Methodik

Die Untersuchung der Stofftransportvorgänge wurde modellhaft mit Hilfe einer Säulenanlage durchgeführt. Die mit Quarzsand aufgefüllte Säule wurde kontinuierlich über eine HPLC-Pumpe durchströmt. Der Eluent bestand aus demineralisiertem Wasser (Milli-Q Plus, Millipore). Für die Probenzugabe wurde ein Injektionsventil mit einer 100 µl bzw. 500µl-Injektionsschleife verwendet. Am Säulenauslass wurde das UV-Signal bei 254 nm gemessen und rechnergestützt erfasst. Für die Aufnahme der Durchbruchkurven von Metallen wurde die Säulenanlage mit einem ICP-MS-System (ELAN 6000, Perkin Elmer) gekoppelt.

Zur Bestimmung der hydraulischen Parameter der Versuchssäule wurden Tracerinjektionen durchgeführt. Als Tracer diente eine NaNO₃-Lösung der Konzentration 2 mmol/L.

Für die Charakterisierung des Stofftransports wurden in den Säulenversuchen kolloidfreie bzw. kolloidhaltige Kupferlösungen injiziert (jeweils bei pH-Wert 7). Als Modellkolloid wurde Laponit eingesetzt. Laponit ist ein synthetisches Schichtsilikat und lässt sich mit dem ICP-MS-System als Silizium- bzw. Magnesiumsignal detektieren. Die Laponitkonzentration betrug in allen Versuchen 200 mg/L und die Kupferkonzentration 10 µmol/L.

Um den Durchbruch der Kolloide zu untersuchen, wurden in der Säule Laponit-suspensionen ohne Metalldotierung bei pH-Werten von 5 und 7 injiziert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Tracerversuche und andere Parameter der Versuchssäule sind in Tabelle 1 dargestellt.

Autorenadresse: Engler-Bunte-Institut, Bereich Wasserchemie, Universität Karlsruhe (TH), Engler-Bunte-Ring 1, D-76131 Karlsruhe, Deutschland

Tabelle 1: Charakteristische Daten der Versuchssäule

Parameter	
Durchmesser [in mm]	20
Länge [in mm]	171
Volumenstrom [in mL/min]	1
Elutionszeit des Tracers ($t_{50\%}$) [in min]	22,52
Abstandsgeschwindigkeit [in mm/min]	7,59
effektive Porosität [-]	0,42

Die als UV-Signal aufgenommene Durchbruchkurven der Tracer- und Laponitproben sind in Bild 1 gezeigt.

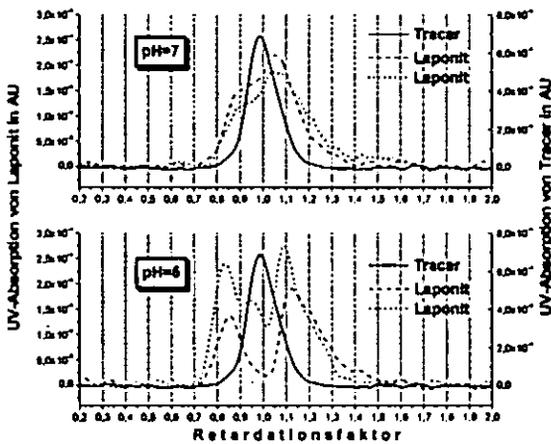


Bild 1. Vergleich der Durchbruchkurven von Laponit bei unterschiedlichen pH-Werten (100 μ L Injektionsschleife).

Der Vergleich der Tracer- und Laponitinjektionen zeigt, dass die Durchbruchkurve für Laponit breiter ist als für den Tracer. Außerdem wird ein Doppelpack gebildet, der bei niedrigem pH-Wert mehr ausgeprägt ist. Diese Effekte kann man mit der Agglomeration der Laponitteilchen (pH-Wert-Effekt) und möglichen Size-Exclusion-Effekten der Säulenpackung erklären. Size-Exclusion-Effekte, die beim Transport der Kolloide durch die Sedimentsäule auftreten, wurden in der Literatur bereits beschrieben [1, 3].

Die Fraktionierung von Kolloiden wurde außerdem in Kopplungsversuchen bestätigt. Die Durchbruchkurven für Laponit und Kupfer, die mit Hilfe der Kopplungsversuche aufgenommen wurden, sind in Bild 2 dargestellt. Die UV-, Mg- und Cu-Signale zeigen einen ähnlichen Verlauf mit einer Doppelpack-Bildung bei den Retardationsfaktoren 0,87 und 1,07.

Die Versuche mit den Metalllösungen, die keine Kolloide enthielten, zeigten keinen Durchbruch von Metallen. Im Gegensatz dazu wurde bei den Injektionen der kupferhaltigen Laponitsuspensionen ein Durchbruch von Cu festgestellt.

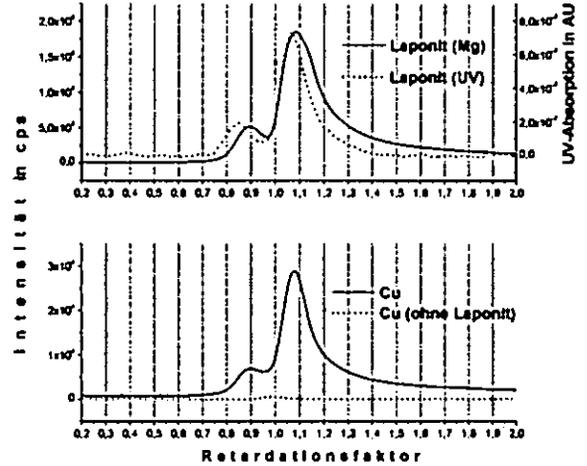


Bild 2. Durchbruchkurven von Laponit und Cu (500 μ L Injektionsschleife, pH=7).

Auf Grund dieser Ergebnisse kann der Durchbruch von Kupfer durch die mobile Kolloidphase erklärt werden. Ihre Bedeutung für die Mobilität von Schadstoffen im Untergrund muss daher in Zukunft zwingend berücksichtigt werden.

Literatur

- [1] SCHMIDT, D.: *Charakterisierung der Bindung von Metallionen an natürliche organische Substanzen und deren Auswirkungen auf Adsorption und Transport*. Doktorarbeit, Universität Karlsruhe, Fakultät für Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik, 2002.
- [2] HUBER, L. und F. H. FRIMMEL: *Zum Transportverhalten von Cadmium, Blei und Kupfer in ausgewählten mineralischen Phasen von Grundwasserleitern*. Vom Wasser, 83: 9-22, 1994.
- [3] HUBER, N.: *Aquatische Kolloidsysteme: Charakterisierung des Migrationsverhaltens und Bedeutung für den Stofftransport*. Doktorarbeit, Technische Universität München, Fakultät für Chemie, 1999.

Detection and characterization of colloids in acid rock drainage solution from an ore mine – Application of X-ray Absorption Spectroscopy (XAS)

Henry Moll¹, Harald Zänker¹, Wolfgang Richter¹, Vinzenz Brendler¹, Christoph Hennig¹, Tobias Reich¹, Andreas Kluge², Gudrun Hüttig¹

¹Forschungszentrum Rossendorf e. V., Institute of Radiochemistry, P. O. Box 510119, D-01314 Dresden, Germany

²TU Bergakademie Freiberg, Institute of Mineralogy, Brennhausgasse 14, D-09596 Freiberg, Germany (Present address: TU Bergakademie Freiberg, Universitätsrechenzentrum, Bernhard-von-Cotta-Straße 1, D-09596 Freiberg, Germany)

In the aqueous environment of abandoned ore mines, iron sulfide ore crystals embedded in clay play a key role in the sulfide oxidation process and water mineralization process occurring there. Highly mineralized, red-coloured solutions are formed by weathering of ore particles which causes acid rock drainage (ARD) that can be extremely acidic. The access of ARD solutions to the bulk waters of a mine is a major factor influencing the composition of mining effluents. Very little is known about the speciation of toxic trace elements and about the mineralogy of the colloidal particles of such ARD solutions. In particular the colloid-chemistry of such waters is little understood. However, colloids can significantly influence the properties of ARD solutions.

Acid rock drainage (ARD) solution from the abandoned ore mine “Himmelfahrt Fundgrube” at Freiberg in Germany (pH 2.7, sulfate concentration 411 mMol/L, Fe concentration 93.5 mMol/L) was investigated by photon correlation spectroscopy, centrifugation, filtration, ultrafiltration, scanning electron microscopy, ICP-MS, AAS, ion chromatography, TOC analysis, and X-ray absorption (XAS/EXAFS) spectroscopy [1]. A colloid concentration of ≥ 1 g/L was found. The prevailing particle size was < 5 nm (see Fig. 1). Fe, As and Pb were the metal constituents of the colloidal particles. A small amount of a relatively coarse precipitate was formed in the ARD solution during the months after sampling.

Two questions are arising:

What is the mineralogy of the colloidal particles that were found? And

How are trace elements such as As bound onto the colloidal particles?

Investigations dealing with the mineralogy of the ultrafine particles are challenging because the particles should be investigated in their original colloidal suspension, and the particles are that small that they are “X-ray amorphous” in X-ray diffraction analysis. The method of choice for the investigation of the local structures of so-called “amorphous” substances is X-ray absorption spectroscopy (XAS) with synchrotron radiation. This technique can also provide information about the type of binding of contaminants onto the particles.

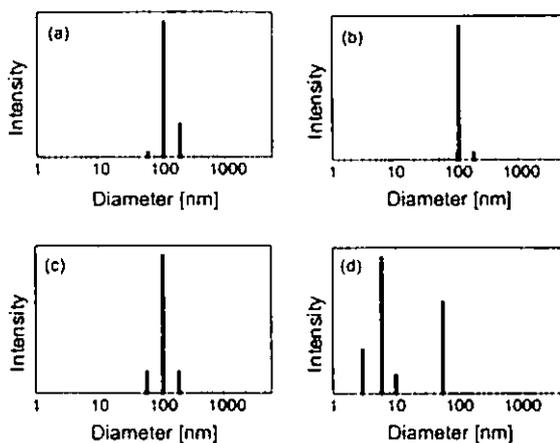


Fig. 1. Light-intensity weighted Particle size distribution in the ARD sample. (a) Raw sample, (b) 5- μ m filtrate, (c) 400-nm filtrate, (d) 50-nm filtrate. Removing the larger submicron particles results in the appearance of the weakly scattering ultrafine particles (< 10 nm) as shown in (d).

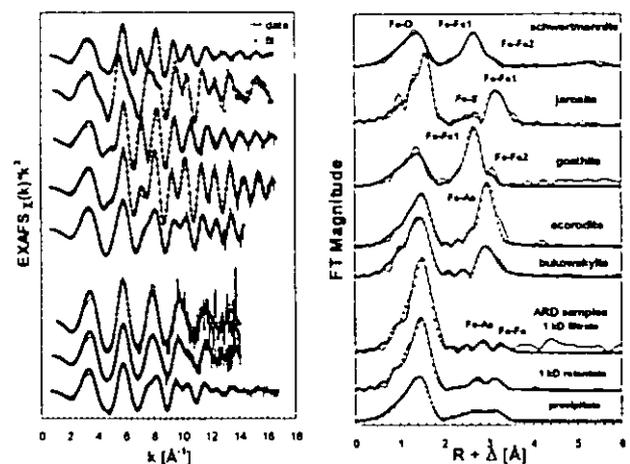


Fig. 2. Fe K-edge k^3 -weighted EXAFS spectra (left) and corresponding Fourier Transforms, FTs, (right) of model compounds (schwertmannite, jarosite, goethite, scorodite, bukowskyite) and ARD fractions. The FTs are not corrected for EXAFS phase shifts. The peaks appear at shorter distances ($R+\Delta$) relative to the true near-neighbor distances (R).

Fig. 2 depicts the EXAFS spectra at the Fe K-edge and the corresponding Fourier transforms (FT) measured for the model compounds and the ARD samples. The measurements at the Fe K-edge showed that the colloid particles and the precipitate have a similar Fe matrix. The colloids are obviously an intermediate in the precipitate formation process. The Fe-Fe distance of about 3.6 Å indicates a close relationship between the ARD samples and jarosite. As a result from linear combination of the EXAFS oscillations of the model compounds, we found that the colloids consist probably of a mixture of hydronium jarosite and schwertmannite.

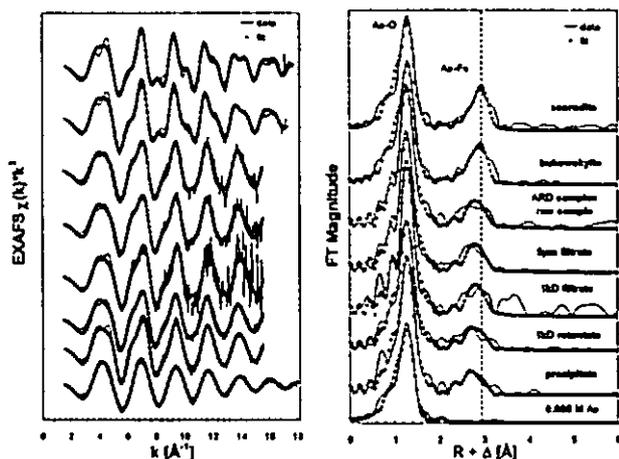


Fig. 3. As K-edge k^3 -weighted EXAFS spectra (left) and the corresponding Fourier Transforms, FTs, (right) of model compounds and ARD fractions. The FTs are not corrected for EXAFS phase shifts. The peaks appear at shorter distances ($R+\Delta$) relative to the true near-neighbor distances (R).

Fig. 3 summarizes the EXAFS spectra and the corresponding FTs obtained from the model compounds, the ARD fractions and the long-term ARD precipitate measured at the As K-edge. The ARD fractions exhibit a pronounced As-Fe contribution at about 3.28 Å. The coordination number of Fe is around 2. The As-Fe distance in the ARD samples is by 0.04-0.08 Å shorter than that of the minerals scorodite and bukowskyite. The As-Fe distance of 3.28 Å found for all ARD fractions and confirmed also by X-ray absorption near edge structure (XANES) spectroscopy /2/ can be explained by arsenate uptake by the iron hydroxy sulfates. The arsenate is sorbed as a bidentate binuclear surface complex which is similar to that of arsenate on ferrihydrite /3-5/. The figure is different for the precipitate. We identified again a As-Fe contribution at 3.28 Å,

but the coordination number of Fe increases to 4.5. This indicates a change in the coordination sphere of As. An explanation is the incorporation of the arsenate into the lattice of the Fe hydroxy sulfate crystal (substitution of arsenate for sulfate; formation of very small scorodite clusters). Pb seems to occur as anglesite ($PbSO_4$).

Acknowledgement

Financial support was provided by *Deutsche Forschungsgemeinschaft* within the Priority Program 546 'Geochemical processes with long-term effects in anthropogenically-affected seepage and groundwater'.

References

- /1/ H. Zänker, et al.: *Appl. Geochem.* 17, 633-648 (2002).
- /2/ Moll, H., et al.: 2nd Euroconference and NEA Workshop on Speciation, Techniques, and Facilities for Radioactive Materials at Synchrotron Light Sources. *Actinide-XAS-2000*. September 10 - 12, Grenoble, France, Workshop Proceedings, p. 263 (2002).
- /3/ Waychunas, G.A., et al.: *Geochim. Cosmochim. Acta* 57, 2251-2269 (1993).
- /4/ Manceau, A.: *Geochim. Cosmochim. Acta* 59, 3647-3653 (1995).
- /5/ Fendorf, S., et al.: *Environ. Sci. Technol.* 31, 315-320 (1997).

Colloidal properties of DOM: Changes due to drying and remoistening cycles?

Gabriele E. Schaumann¹, Eleanor Hobley, Julia Hurraß and Wolfgang Rotard

1 Introduction

Under field conditions, the upper soil layers are exposed to dynamics of moisture and temperature. In the course of change of moisture, soil organic matter (SOM) changes its water content and its state of swelling. Recent results show that, with the state of swelling, SOM gradually changes its physicochemical properties, such as sorbent propertiesⁱⁱⁱ macromolecular structure^{iii,iv}, thermal characteristics^v or the binding of hydrophobic organic chemicals. These changes are well-known to affect sorption and transport phenomena and thus have to be taken into consideration. Despite this relevance, very little is known about the process of swelling of SOM, and even less is known about its effect on SOM physicochemistry^{vi} and on the colloidal properties of SOM.

In the study presented here, we investigated the process of drying and rewetting in selected sandy soil samples with the focus on some colloidal properties.

2 Material and methods

2.1 Soil Samples

The soil samples investigated in this study were taken from a forest soil in Chorin, close to Berlin and from the Tiergarten, which is a public park in Berlin, Germany. Some properties are listed in Table 1.

Tab. 1: Properties of the investigated soil samples

soil	pH	C _{org}	water content	remarks
A	3.7	5.2%	31%	forest soil (Chorin)
B	3.7	3.9%	13%	hydrophobic (Tiergarten)
C	4.9	3.6%	30%	wettable (Tiergarten)

The hydrophobic and the wettable sample were taken from places very close to each other. The pH and water content differed strongly from each other, whereas the organic content and the texture were similar for the two samples.

2.2 Drying and (re)moistening cycles

The effect of drying was investigated for soil A. The soil sample was investigated in the field moist, air dried and freeze dried state. The dried and the field moist samples were investigated as described in section 2.3.

In order to investigate the effect of (re)moistening, the field moist and the dried soil samples of sample A, and the field moist samples B and C were moistened to 35 % water content. Hydration was allowed for up to 22 days. During this period of time, subsamples were taken at several points of time and were investigated as described in section 2.3.

2.3 Extraction and measurement

The soil samples were extracted with a resulting solution:soil ratio of 5:1. The mixtures were shaken for 12 hours and then filtered through membrane filters (8 µm and 0.45 µm). In the filtrates, the pH, EC, UV/VIS absorption, DOC, and surface tension were measured. Additionally, the solutions were investi-

gated by size exclusion chromatography (pH 6.8, phosphate buffer 27 mmol/L) and laser scattering.

3 Results

3.1 Forest soil sample

The DOC content was 50-60 mg/L in the extracts of the dry samples, and 20 mg/L in the extract of the field moist sample of soil A.

In the course of hydration, the DOC content decreased for the field moist and the air dried sample, whereas it first decreased and then increased again for the freeze dried sample. The average particle size differed significantly when comparing the dried samples (> 700 nm) to the field moist samples (500 nm) directly after moistening (Fig. 1). After 10 to 15 days, the average particle size decreased for the extract of the freeze dried sample, approaching the particle size of the field moist sample. Latter did not change significantly during the hydration time. The particle size of the air dried sample did not approach that of the field moist sample within 22 days.

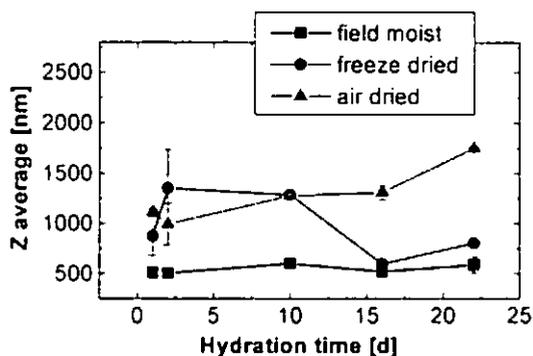


Fig. 1. Average particle size during the process of hydration of soil sample A after moistening the field moist, air dried and freeze dried sample.

The size exclusion chromatograms of the extracts indicated molecular weight fractions of approx. 400 to 500 kD, 40 to 50 kD, 0.8 to 1.0 kD and some smaller fractions. The shape of the chromatograms did not differ significantly between the dried and the field moist sample (not shown). However, the position of the peaks differed significantly between the different samples as shown exemplarily for peak 1 (400 to 500 kD) in Fig. 2. The field moist sample showed significantly lower retention times than the dried samples right after moistening, indication slightly higher molecular weights of the humic associates in the field moist sample. 10 days after moistening, the differences disappeared for the freeze dried soil. However, the peak of the air dried sample had not yet fully approached that of the field moist sample after 10 days of hydration.

The surface tension in the extracts was reduced significantly by air drying to 62mN/m, but not by freeze drying. The surface tension didn't change within 22 days of hydration.

Summarizing the results, drying resulted in higher DOC contents, bigger particle sizes, lower molecular sizes of the humic associates and in an reduction of the surface tension as observed especially for air drying. Remoistening the sample reversed the effect of drying only for the freeze dried samples, whereas by air drying, irreversible effects on the colloidal properties of the soil solutions were observed.

¹ TU Berlin, Environmental Chemistry
Skr. OE1, Franklinstr. 28/29, D-10587 Berlin.
email: Gabi.Schaumann@TU-Berlin.DE

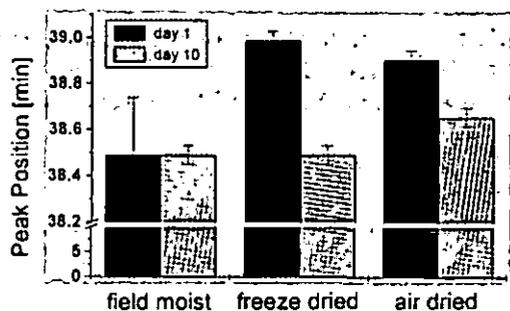


Fig. 2 Position of peak 1 in the size exclusion chromatogram of the extracts of sample A, extracted directly after and 10 days after moistening the field moist, air dried and freeze dried sample A.

3.2 Hydrophobic vs. wettable soil samples

Averaging out between 5 and 10 mg/L, the DOC content did not differ significantly between the hydrophobic and the wettable sample and did not change significantly during hydration (not shown).

Whereas in the wettable sample, the aqueous phase penetrated the whole sample from the beginning of moistening, the phases stayed separated in the hydrophobic sample during the first 10 days.

The average particle size was about 600 to 700 nm for both samples right after moistening (Fig. 3). 10 days after moistening, the average particle size increased significantly in the hydrophobic sample and after that slowly decreased again reaching the initial particle size. The sudden increase in particle size coincided with the complete wetting of the sample.

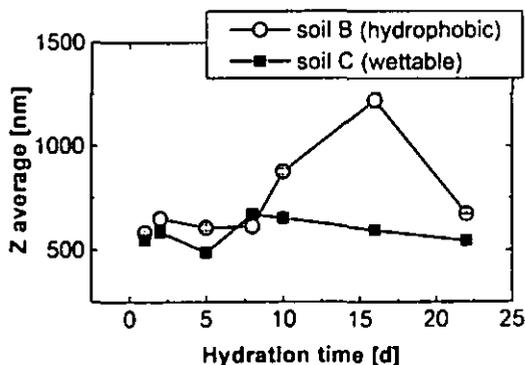


Fig. 3 Development of the average particle size in the soil extracts of a hydrophobic and a wettable sample during the process of hydration.

In the size exclusion chromatograms, significant differences were found between the hydrophobic and the wettable sample (Fig. 4). The main size fractions showed molecular weights of 500-600 kD, 2 to 40 kD and 0.8 to 0.9 kD. While the 500-600 kD fraction and the 0.8 to 0.9 kD fraction dominated for the hydrophobic sample, the 2 to 40 kD and the 0.8 to 0.9 kD fraction dominated in the wettable sample. The chromatograms changed during hydration of the hydrophobic sample, as indicated by an increase in amount of the 0.8 to 0.9 kD fraction and a loss of the 2 to 40 kD fraction.

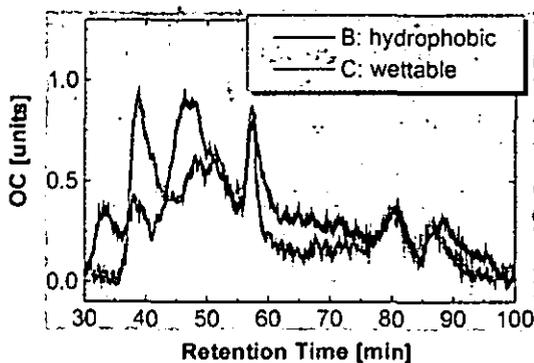


Fig. 4 Size exclusion chromatogram of the extracts of soil B and C directly after moistening.

Summarizing the results, we found strong differences between the hydrophobic and the wettable sample when regarding the molecular distribution of the humic associates, the electrical conductivity (not shown) and the pH, but we did not find significant differences for the average particle size and the DOC content. However, the point of time of wetting could be observed through the development of the average particle size. This may indicate a process of restructuring in the soil sample.

4 Conclusions

From the observations in this study, we conclude that the state of moisture of soil samples containing organic matter strongly affects colloidal characteristics in aqueous soil extracts.

The hydrophobicity of the soil sample may affect the molecular size distribution in the soil extracts. However, further studies have to be done which investigate whether this is an effect of hydrophobicity or of the different chemistry or microbiology as indicated for example by the difference in pH.

Freeze-drying affected the colloidal characteristics reversibly, while air-drying seemed to have irreversible effects on the colloidal properties of the soil extracts. Due to this irreversibility, drying is also expected to have an influence on the process of soil formation.

5 Acknowledgements

The authors wish to thank Gabi Hedicke (Iwan Stranski Institute of the TU Berlin) for the opportunity to measure the surface tension, Angelika Kersten (Water Quality Control of the TU Berlin) for the size exclusion chromatography and Friederike Lang and Prof. Dr. Martin Kaufenjohann (Soil Chemistry of the TU Berlin) for the opportunity to use their laser scattering instrument.

6 Literature

- i. S. Altfelder, T. Streck and J. Richter, *J. Environ. Qual.* 1999, 28, 1154.
- ii. E. J. LeBoeuf and W. J. Weber Jr., *Environ. Sci. Technol.* 2000, 34, 3632.
- iii. E. J. LeBoeuf and W. J. Weber Jr., *Environ. Sci. Technol.* 2000, 34, 3623.
- iv. G. E. Schaumann, C. Siewert and B. Marschner, *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2000, 163, 1.
- v. G. E. Schaumann and O. Antelmann, *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2000, 163, 179.
- vi. G. E. Schaumann and J. Hurraß, *Mitteilgn. Dt. Bodenkundl. Gesellsch.* 2000, 92, 25-28

Colloid Formation of Metal Ions Released From A Contaminated Soil Studied by Flow-Field Flow Fractionation Coupled to UV/Vis and ICP-MS Detection

Siripat SUTEERAPATARANON^{1,2}, Muriel BOUBY¹, Horst GECKEIS¹, Kate GRUDPAN² and Thomas FANGHÄNEL¹

Abstract

The release of metal ions from a lignite mining tailing area, Lamphun, Northern Thailand, is studied by leaching tests. Considerable amounts of Mn, Fe, Al, Ni and Co are dissolved in both simulated rain water (pH 4) and 10 mg/L humic acid solution (Aldrich humic acid, pH 7). The humic acid solution simulates surface or ground water containing organic degradation products. Due to the presence of pyrite and sulfide minerals, the pH in both leachates decreases down to ~ 3. Interaction of the acidic leachates with ground- and surface water is simulated by subsequent dilution (1:50; 1:100; 1:200) with the 10 mg/L humic acid solution. Formation of larger colloidal aggregates is observed by photon correlation spectroscopy (PCS) depending on the degree of the dilution. Flow-field flow fractionation (FI-FFF) coupled with UV/Vis and ICP-MS detection is applied to the investigation of colloid element composition and size. Colloids are found in a size range from 1 to 450 nm in the filtered solutions (filter pore size: 450 nm) with maxima of the size distribution at < 5 nm and between 50 to 450 nm. With increasing metal ion to humic acid ratio, the investigated metal ions are fixed progressively in the larger colloids (50 to 450 nm) irrespective of their different chemical properties. Considering thermodynamic constraints, it is concluded that Fe- and Mn-oxide/hydroxide phases precipitate upon dilution and increase of pH, and subsequently form colloidal species stabilized by humic acid coating.

Introduction

Lignite mining tailings contain considerable amount of heavy metals, for example: Fe, Zn, Cu, Mn and Ni [1,2]. Due to the oxidation of pyrite (FeS₂) present in the mine tailing, the drain water and ground water in the mining area, the so called acid mine drainage (AMD), becomes acidified and enriched in heavy metal ions. Migration of the heavy metal ions away from the source to the environment may be facilitated mainly by means of colloidal species [3].

Flow-field flow fractionation (FI-FFF) has been used to characterise aquatic colloids such as humic acid (HA). The combination of FI-FFF-UV/Vis spectrophotometry (FI-FFF-UV/Vis) provides the particle size distribution whereas the combination with ICP-MS detection contributes information on the element composition of the different colloid size fractions [4,5].

In this work, the colloid formation of metal ions released from a contaminated soil, sampled from a lignite mining tailing area in Lamphun, Northern Thailand, was studied by FI-FFF-UV/Vis and -ICP-MS.

Experimental

Batch leaching tests were performed using simulated rain water (pH 4) and 10 mg/L Aldrich humic acid solution (pH 7) as the leachants. 50 ml of the leachant was added to 2.5 g of the soil sample. The mixture was then rotated vertically at the rate of 1 rpm for 10 days. The pH of the solution was monitored daily. After 10 days, the mixture was centrifuged and the supernatant was collected for metal ions determination by ICP-MS (ELAN6000, Perkin Elmer).

To investigate the formation of the colloids, the leachate was mixed with 10 mg/L HA solution at the ratio of 1:50, 1:100 and 1:200. After a week, the diluted leachate solutions were filtered through filter of 450 nm pore size, and the colloids in the filtered solutions were observed by photon correlation spectroscopy (PCS). Additional characterisation of the colloids was performed by using the FI-FFF-UV/Vis-ICP-MS technique (Fig. 1). The carrier used for the asymmetric FI-FFF (Postnova Analytics) was 5x10⁻³ M Tris buffer, pH 8.6. The height of the channel was 0.5 mm. The channel flow and cross flow were 1 and 3 ml/min, respectively. The injection volume was 0.5 ml.

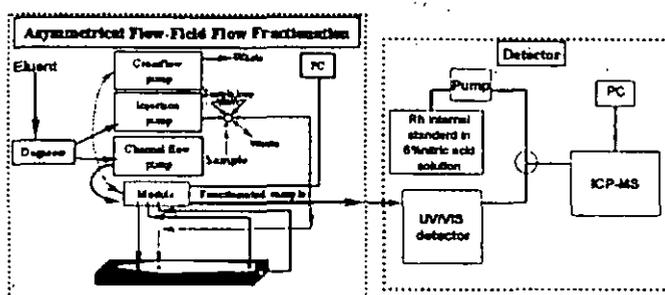


Fig. 1 Schematic diagram of the online FI-FFF-UV/Vis-ICP-MS system.

Results and Discussion

Both rain water and humic acid leachates became strongly acidic (pH~3) during the batch leaching experiment, due to the oxidation of pyrite and sulfide minerals in the soil sample. The acidification produced the dissolution of considerable amounts of some metal ions (Fe, Mn, Al, Zn, Ni, Cu and Co) from the soil up to several mg/L (Table 1). The acidic leachate is furthermore called AMD.

Table 1 Concentrations of some metal ions in the leachate solutions determined by ICP-MS.

Metal ions	Concentration (mg/L)	
	Rain water leachate (final pH=2.66)	Humic acid leachate (final pH=2.62)
Fe	119	85
Mn	27	23
Al	22	16
Zn	3.4	2.9
Ni	1.5	1.2
Cu	1.1	0.9
Co	0.5	0.5

¹Institut für Nukleare Entsorgung, Forschungszentrum Karlsruhe, Postfach 3640, D-76021 Karlsruhe, Germany,

²Department of Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200 Thailand.

In order to follow the interaction of the acidic leachate or the AMD with ground water and surface water, the subsequent dilution of the leachate with 10 mg/L humic acid solution (1:50, 1:100 and 1:200) was performed. The formation of larger colloidal aggregates and even precipitates were observed by PCS at the high leachate to humic acid solution ratios. The colloid particles in the filtered solution (using 450 nm pore size filters) were characterised by FI-FFF-UV/Vis-ICP-MS. The fractograms are shown in Fig. 2. The UV/Vis fractograms (Fig. 2a) show the presence of humic acid colloids in the size ranges of < 5 (the first peak in Fig. 2a) and 50–450 nm (the second peak in Fig. 2a). The first colloid species can be attributed to the humic acid colloids, while the second species represents large humic acid agglomerates generated upon mixing with the leachate. The ICP-MS fractograms indicate, at least in the case of Mn, a proceeding shift from small colloid sizes < 5 nm to the large agglomerates (50–450 nm) (Fig. 2b). This finding could be interpreted by the formation of metal ion humate complexes at low metal ion concentration and generation of inorganic (Fe/Mn)OOH precipitates, which are colloiddally stabilised by humic acid at high metal ion concentration above the respective solubility limits. As the metal ion to humic acid ratio increased, the investigated metal ions were fixed progressively in the larger inorganic/organic colloid agglomerates (50–450 nm). At the highest metal ion to humic acid ratio, only the agglomerates could be observed and metal ion humate complexes disappeared completely from the solution.

Conclusion

The Fe- and Mn-oxide/hydroxide phases precipitate upon the dilution and form colloidal particles stabilised by humic acid. In conclusion, metal ions released from acidic lignite tailing can either be precipitated and/or transported by colloid formation, depending on the concentrations of the metal ions and humic acid colloids and pH. The higher the ratio of concentration of metal ions to humic acid, the larger is the size of the colloids, until precipitation sets in. Further studies will focus on the additional influence of pH and ionic strength on the colloid formation and include the characterisation of real drain water from the site.

Acknowledgements

The authors acknowledge the Deutscher Akademischer Austausch Dienst-Royal Golden Jubilee (DAAD-RGJ) Ph.D. program scholarship, the Thailand Research Fund (TRF), the Postgraduate Education and Research Program (PERCH), and the Institut für Nukleare Entsorgung, Forschungszentrum Karlsruhe for the financial support. The soil samples were kindly provided by Dr. Ponlayuth Sooksamiti, Department of Mineral Resources, Chiang Mai, Thailand.

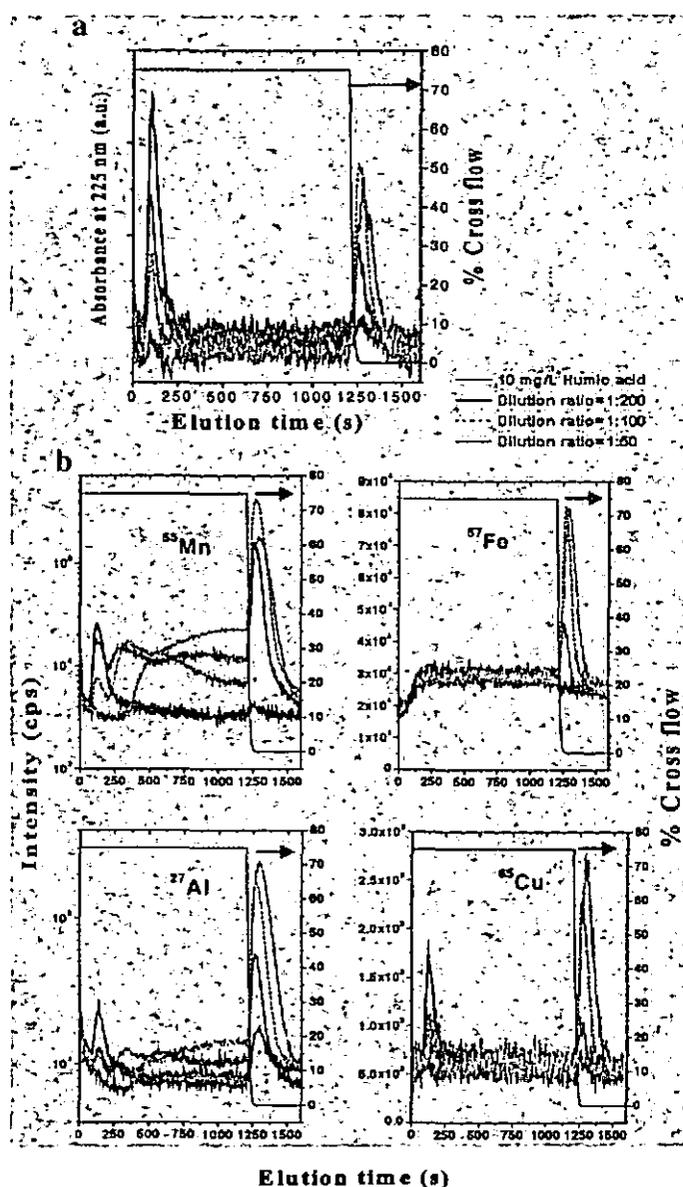


Fig. 2 Fractograms of the 10 mg/L HA and the diluted leachate solutions, a: UV/Vis fractograms and b: ICP-MS fractograms.

References

- [1] Z. Dang, C. Liu, M.J. Haigh, *Environ. Pollution*, **118**(2002) 419.
- [2] E. Dinelli, F. Lucchini, M. Fabbri, G. Cortecchi, *J. Geochem. Exploration*, **74**(2001) 141.
- [3] B. A. Kimball, E. Callender, E.V. Axtmann, *Appl. Geochem.*, **10**(1995) 285.
- [4] N.M. Thang, H. Geckeis, J.I. Kim, H.P. Beck, *Colloid Surface A*, **181**(2001) 289.
- [5] D. Amarasiriwardena, A. Siripinyanond, R.M. Barnes, *J. Anal. Atom. Spectrom.*, **16**(2001) 978.

**MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT**

**Nachtrag zu Band 97
AG „Geschichte der Bodenkunde“
hier: Arbeitskreis „Humusformen“**

Band 99

2002

Aus der AG Geschichte der Bodenkunde

Seitens der AG wurde in Band 97 der DBG Mitteilungen die Geschichte unserer Gesellschaft, ihrer Kommissionen, Arbeitsgruppen und Arbeitskreise dargestellt. Außerdem wurden die Ehrenmitglieder und die korrespondierenden Mitglieder in Kurzportraits vorgestellt.

In folgendem werden einige Ergänzungen gegeben. Der *Arbeitsreis Humusformen* stellt seine Entwicklung dar.

H.-P. BLUME, Sprecher der AG

10.10 Arbeitskreis *Humusformen*

GERHARD MILBERT, Krefeld

1976 gründete die Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (DBG) den Arbeitskreis (AK) Waldhumusformen auf Anregung von Prof. MÜCKENHAUSEN als AK der Kommission V. Der AK erhielt die Aufgabe, die Gliederung der Humusformen systematisch weiterzuentwickeln und im Rahmen von Vorträgen und Exkursionen zur Ausbildung des bodenkundlichen Nachwuchses und zur Fortbildung der kartierenden Bodenkundler beizutragen. Dr. ECKE VON ZEZSCHWITZ wurde die Leitung des AK übertragen.

In einer kurzen Kartieranleitung für die forstliche Standortkartierung hatte Prof. E. EHWALD bereits 1958 den damaligen Stand der Humusformengliederung für den mittel- und westeuropäischen Raum zusammengefasst. Im Rahmen großmaßstäbiger Boden- und Standortkartierungen der Geologischen Dienste und der Forstverwaltungen wurden seit etwa 1950 Waldhumusformen flächenhaft erfasst und die morphologische Beschaffenheit der Humushorizonte systematisch beschrieben. Zusätzlich fand die chemische Kennzeichnung (C/N, pH, Basensättigung) Eingang in die Humusformenbeschreibung.

Die ursprünglich einheitliche Humusformenansprache im Bereich der damaligen DDR und in der Bundesrepublik Deutschland entwickelte sich zu unterschiedlichen Systemen. Vor allem im nordostdeutschen Tiefland wurde von D. KOPP eine Humusformengliederung entwickelt, die neben der aktuellen Vegetation den Wasserhaushalt, sowie Stickstoff- und Säure-Basenstufen zur Gliederung der Humusformen heranzieht. Diese Zustandsformenbeschreibung des Oberbodens/der Humusaufgabe von Waldstandorten mit hoher räumlicher und zeitlicher Variabilität kennzeichnet sensibel Umwelteinflüsse nach. In der 5. Auflage der Forstlichen Standortaufnahme (1996) ist diese Gliederung beschrieben.

In der Bundesrepublik Deutschland erfolgt bis heute die Gliederung der Humusformen nach morphologischen Kriterien unter Berücksichtigung des C/N-Verhältnisses und der Vegetation. Morphologisch definierte Humusformen reagieren mit größerer zeitlicher Verzögerung auf Umwelteinflüsse.

Ab 1974 wurde vor allem durch Exkursionen in unterschiedlichen Naturräumen, unter anderem in Westfalen, im Harz, im Pfälzer Wald, im südwestdeutschen Schichtstufenland, im Oberpfälzer Wald und in den Alpen die Gliederung der Waldhumusformen weiterentwickelt (Mitteilungen DBG Band 59/II). Die Basis dazu bildete eine systematische, makromorphologische Beschreibung der Humushorizonte und Horizontfolgen zur Klassifizierung von Humusprofilen mäßig frischer bis frischer, basenarmer bis basenreicher Waldstandorte im westfälischen Bergland durch E. von ZEZSCHWITZ. In Form eines Bestimmungsschlüssels wurde die Humusformengliederung in die Bodenkundliche Kartieranleitung (1971) und die Forstliche Standortaufnahme (1978) übernommen.

In den Folgejahren (1981 - 1988) liegt der Schwerpunkt der waldbodenkundlichen Untersuchungen auf der Kennzeichnung von Bodenveränderungen und Humusformenwandel durch anthropogene Stoffeinträge. 1990 bietet der Arbeitskreis wieder Exkursionen und Humusformen-

Kolloquien an (Ostwestfalen, Raum Feiburg, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Münsterland).

1991 werden auf der DBG-Tagung in Bayreuth die unterschiedlichen Humusformengliederungen der alten und neuen Bundesländer gegenübergestellt. Ein Zeitrahmen von 10 Jahren wird beschlossen, um durch Vorträge und Exkursionen in unterschiedlichen Naturräumen beide Gliederungen kennenzulernen und dann eine einheitliche Gliederung einzuführen. In enger Zusammenarbeit zwischen dem *AK-Humusformen* und dem *AK Standortkartierung* der *Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung* finden in der Folgezeit eine Reihe von Exkursionen und Kolloquien statt (Freiburg 1994, Friedrichsmoor 1996, Müncheberg/Münster 1998, Münster 1999 und Blankenrode 2000).

1994 werden G. MILBERT und E. BELOTTI als Sprecher gewählt. Der AK erhält den Auftrag, für Offenlandstandorte Humusformen zu definieren. Der Arbeitskreis wird von AK Waldhumusformen in AK Humusformen umbenannt. Auf den Humusformen Kolloquien 1996 in Friedrichsmoor (Mecklenburg) und Müncheberg/Münster (Brandenburg und Westfalen) werden erste Schritte zur Beschreibung von Humusformen auf Acker und Grünlandstandorten unternommen. Hinzu kommt eine stärkere Berücksichtigung des Wasserhaushaltes bei der Gliederung von Humusformen. Eine überarbeitete Gliederung wird in der 4. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung 1994 und in der 5. Auflage der Forstlichen Standortaufnahme 1996 veröffentlicht.

Zur Zeit arbeitet der AK an einer neuen Gliederung. Auf höchstem systematischen Niveau wird der Wasserhaushalt berücksichtigt (aeromorph/aerohydromorph/hydromorph). Eine Gliederung in Abteilung/Klasse/Typ/Subtyp und Varietät wird analog zur Gliederung der Böden vorgesehen. Hierzu werden diagnostische Horizonte und Horizontfolgen definiert. Der AK hat beschlossen, bei einer Gliederung der Humusform nach morphologischen Kriterien zu bleiben, wie dies international üblich ist. Die Vegetation sowie bodenchemische und bodenbiologische Kennwerte werden berücksichtigt und können auf niedrigem systematischem Niveau (Varietät und Subvarietät) zu einer weiteren Untergliederung führen. Mit der Berücksichtigung des Wasserhaushaltes und bodenchemischer Kennwerte werden Elemente der nordostdeutschen Humusformengliederung integriert. Auf den Jahrestagungen der DBG in Hannover und Wien wurde die Humusformen-Gliederung der DBG der Entwurf einer europäischen und eine neue Humusformen-Gliederung der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft gegenübergestellt.

Infolge anthropogener Einflüsse wie Streunutzung, Waldweide, Bodenbearbeitung, Kalkungen oder Düngungsmaßnahmen beziehungsweise aufgrund von Immissionseinflüssen stehen die morphologischen Merkmale der Humusformen nicht immer mit ihren chemischen Kennwerten sowie den sonstigen Eigenschaften des Standortes in einer stabilen Beziehung. Abgesehen von regionalen, meist klimatisch bedingten Unterschieden weichen die chemischen Kennwerte der Humushorizonte (z.B. C/N, pH, Basensättigung sowie die aktuelle Artenzusammensetzung der Krautschicht häufig von den bisher typischen mittleren Werten ab. Auf diese Weise entwickelt sich eine Disharmonie zwischen morphologischer Humusform und einer vegetationskundlich/ chemisch definierten Zustandsform.

Obwohl äußere Form und ökologischer Zustand eines Humusprofils divergieren können, erscheint es nach Auffassung des AK Humusformen der DBG dennoch zweckmäßig, die Humusform weiterhin nach eindeutigen makroskopisch erkennbaren Merkmalen anzusprechen. Stoffliche Einflüsse, die einem Wandel der morphologischen Humusform vorauslaufen oder im Verlauf von einigen Jahren wieder kompensiert werden, können mit der morphologischen Humusform nicht charakterisiert werden. Die morphologische Beschaffenheit der Humusform ermöglicht dennoch eine Zustandsbeschreibung des Waldhumus, die anders kaum gewonnen werden kann. Eine präzise Charakterisierung des morphologisch definierten Humusprofils ist darüber hinaus die Voraussetzung für Zeitreihenvergleiche zum Nachweis des Humusformenwandels. Der Einfluss von Baumart, Bestandesalter, -struktur, Belichtungsverhältnissen usw. kann auf diese Weise ebenfalls dokumentiert werden.

Der Arbeitskreis Humusformen empfiehlt, die Ansprache der Humusform auf niedrigem systematischen Niveau (Varietät und Subvarietät) mit einer Zustandsstufe des Oberbodens als

zusätzlicher qualifizierender und quantifizierender Kennzeichnung zu verbinden. Mit dieser Kenngröße sollen aktuell ablaufende Prozesse der Streuzersetzung charakterisiert werden, welche sich noch nicht in den makroskopisch erkennbaren Merkmalen des Humusprofils zeigen. Neben der morphologischen Beschaffenheit der Humushorizonte (L, Of, Oh, A) können dazu die Krautschicht und Bestockung, der Bodentyp, Bodenart, Gefüge und Feuchte im Oberboden, Exposition und Inklination sowie C/N-Verhältnis, pH-Wert und Basenversorgung in den Humusaufgaben und A-Horizonten berücksichtigt werden.

Große Defizite bestehen nach wie vor bei der Beschreibung und Gliederung von Humusformen auf feuchten, nassen und dauernassen Standorten sowie bei der Beschreibung und Gliederung von Offenland-Humusformen. Der Arbeitskreis sieht seine Hauptaufgabe im Abbau dieser Defizite in den kommenden Jahren.

Die angefügte tabellarische Übersicht ermöglicht einen chronologischen Überblick und berücksichtigt einen Ausschnitt der entsprechenden Veröffentlichungen und AK-Protokolle.

AK Humusformen der DBG - Tabellarischer Überblick

Jahr	Aktivität	Veröffentlichung/ Dokumentation
1958	In der 1. Auflage der Forstlichen Standortsaufnahme fasst Prof. E. Ehwald den Stand der Humusformengliederung für die Kartierung von Waldstandorten zusammen. Herausgeber ist der AK Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung	AID 1958: Forstliche Standortsaufnahme – Begriffe und Fachausdrücke.- 1. Auflage; Landwirtschaftsverlag Hiltrup
1966	In der 2. Auflage der Forstlichen Standortsaufnahme wird zusätzlich das C/N-Verhältnis zur Kennzeichnung der Humusformen herangezogen und die Humusformen-Gliederung weiter entwickelt.	BMELF 1966: Forstliche Standortsaufnahme.- 2. Auflage; Landwirtschaftsverlag Hiltrup
1972 - 1978	Humusmorphologische Arbeiten (1965-1968) von von ZEZSCHWITZ führen zur Klassifizierung von typischen Waldhumusformen im nordwestdeutschen Mittelgebirgsraum. Die Ansprachekriterien werden von ihm systematisch aufgearbeitet und veröffentlicht. In der Bodenkundlichen Kartieranleitung von 1971 und in der Forstlichen Standortsaufnahme (1978) werden sie als Bestimmungsschlüssel aufgenommen.	AG Boden 1971: Kartieranleitung.- 2. Auflage; Hannover von Zezschwitz 1968: Beziehung zwischen dem C/N-Verhältnis der Waldhumusformen und dem Basengehalt des Bodens.- Fortschr. Geol. Rheinld. & Westf. 16; Krefeld v. Zezschwitz 1972: Waldhumusformen und Podsoligkeit im rheinisch-westfälischen Bergland; dito, Band 21
1974	Humusformen-Exkursion im südwestdeutschen Schichtstufenland unter Führung von Siegfried Müller, sehr unterschiedliche Standorte und Humusformen	Exkursionsführer
1975 - 1976	Exkursionen in Ostwestfalen, sehr unterschiedliche Standorte und Humusformen, Führung E. v. Zezschwitz	Exkursionsführer
1976	Gründung des AK-Waldhumusformen, auf Vorschlag von Prof. Mückenhausen, Leitung übernimmt E. von Zezschwitz	v. Zezschwitz 1976: Ansprachemerkmale der terrestr. Waldhumusformen des nordwestdeutschen Mittelgebirgsraumes.- Geol. Jb. Band F 3; Hannover
1977	Exkursion des AK im Pfälzer Wald unter Leitung von D.	v. Zezschwitz & D. Parniewski

	Parniewski, vorwiegend Humusformen unter Kiefernbeständen	1979: Typische Humusformen des Pfälzer Waldes
1978	Exkursion des AK im Oberpfälzer Wald unter Leitung von K. Kreuzer und K. Foerst, Einfluss von Waldweide und Streunutzung auf Humusformen	AK Standortskartierung 1978: Forstliche Standortsaufnahme.- 3. Aufl. Landwirtsch.v. Hiltrup
1979	Exkursion des AK im Harz unter Leitung von H. Wachter, sehr unterschiedliche Standorte, Humusformenwandel nach Fichtenbestockung	Exkursionsführer
1980	Exkursion des AK im Nationalpark Berchtesgaden unter Leitung von W. Grotenthaler, alpine O/C-Böden Definitionen zur Humusmorphologie der Waldböden	Babel; U. K. Kreuzer, B. Ulrich, E. v. Zezschwitz & H.W. Zöttel 1980: Definitionen zur Humus-morphologie der Waldböden.- PUB Band 143; Weinheim v. Zezschwitz 1980: Analytische Kennwerte typischer Humus-formen westfälischer Bergwälder, PUB Band 143; Weinheim
1981 – 1988	Untersuchungen zum sogen. Humusformen-Wandel werden veröffentlicht, Aktivitäten zum Thema Bodenversauerung/neuartige Waldschäden	AG Boden 1982: Bodenkundliche Kartieranleitung.- 3. Auflage; Hannover
1989	Sitzung des AK auf der Jahrestagung in Münster, mit Situationsbericht, Probleme bei der Anwendung des Humusformen-Schlüssels in Niederungsgebieten, Wunsch von DBG Mitgliedern, wieder verstärkt Exkursionen anzubieten	Nachrichten der DBG 1989 v. Zezschwitz 1989: Aufgaben und Tätigkeit des Ak Waldhumusformen in der DBG.-Mitt. 59/ v. Zezschwitz 1989: Humusformenwandel unter Wald.- DBG-Mitt. 59/II
1990	Exkursionstagung des AK im Hardehausener Wald (Ostwestfalen) Vorträge zur Humusformengliederung und zum Humusformenwandel	Nachrichten der DBG 1990 DBG Mitt. 62
1991	AK-Sitzung auf der Jahrestagung in Bayreuth - Vergleich der Humusformenansprache in den neuen und den alten Bundesländern – Beschluss, die unterschiedlichen Gliederungen innerhalb eines Zeitraums von 10 Jahren zu einer Gliederung zusammenzuführen Entwurf des Kapitels Humusformen für die Neuauflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung und der Forstlichen Standortsaufnahme in Zusammenarbeit mit dem AK Standortskartierung -	Nachrichten der DBG 1991 und 1992
1993	kurze Sitzung des AK auf der Jahrestagung in Kiel – Beschluss, eine Tagung mit Exkursionen durchzuführen, Wunsch einer engeren Zusammenarbeit zwischen Bodenzoologen und Bodenkartierern bezüglich der Humusformenansprache	internes Protokoll
1994	Humusformen-Kolloquium mit Exkursionen in Freiburg – Wahl eines neuen Vorsitzenden (G. Milbert) und eines Stellvertreters (E. Belotti)	AG Boden 1984: Bodenkundliche Kartieranleitung.- 4. Auflage; Hannover

	Umbenennung des AK in Arbeitskreis Humusformen – Auftrag, Humusformen für Offenlandstandorte zu definieren – stärkere Zusammenarbeit mit Bodenbiologen	Nachrichten der DBG, Heft 13
1995	AK-Sitzung auf der Jahrestagung in Halle – erste Vorschläge zur Neugliederung der Humusformen unter Berücksichtigung von Offenlandstandorten, Vorträge und Exkursionen zum Humusformenwandel nach Stoffeinträgen	Nachrichten der DBG, Heft 14
1996	Humusformen-Kolloquium in Friedrichsmoor (Mecklenburg-Vorpommern), erste Vorschläge zur Definition und Gliederung von Humusformen auf Ackerstandorten, Einfluss von Stoffeinträgen und Grundwasserabsenkung auf Humusformen	Band 80 DBG-Mitteilungen, Nachrichten der DBG, Heft 15/2 AK Standortskartierung 1996: Forstliche Standortaufnahme.- 5. Aufl.; Landwirtschaftsverlag Hiltrup
1998	gemeinsame Tagung der AG Bodenökologie und des AK Humusformen zur Ökologie von Feuchtgebieten in Müncheberg, erste Schritte zur stärkeren Berücksichtigung von Wasserhaushaltsstufen bei der Gliederung der von Humusformen, erste Schritte zur Definition von Humusformen auf Gründlandstandorten, Exkursionen in Brandenburg und im Münsterland	Nachrichten der DBG, Heft 17/2, Band 88 der DBG Mitteilungen
1999	Sitzung des AK Humusformen im Rahmen der Jahrestagung in Hannover, Vergleich der deutschen Humusformengliederung mit einer europäischen Gliederung (Entwurf) 3.12. – 4.12. AK-Sitzung in Münster zur Weiterentwicklung der Humusformengliederung	internes Protokoll
2000	29.04. – 01.05. Sitzung des AK-Humusformen in Blankenrode /Ostwestfalen mit Exkursionen. Weiterentwicklung der Humusformengliederung – Vorschlag zur Definition von diagnost. Horizonten & Horizontfolgen als Basis einer Humusformengliederung	internes Protokoll
2001	Sitzung des AK Humusformen auf der DBG-Jahrestag. in Wien – Präsentation der neuen Humusformengliederung der ÖBG und Statusbericht zum Stand der Humusformengliederung der DBG – Vergleich der Humusformenansprache im Rahmen von Exkursionen im Burgenland und in der Steiermark gemeinsame Exkursionstagung des AK und der Kommission V in Beeskow/Brandenburg zum Zustandswandel unter Wald, Änderung der Krautschicht, der chemischen Kennwerte und der Humusform bei extremen Stoffeinträgen und Walddüngungen	Mitteilungen der ÖBG, Heft 60 Nachrichten der DBG, Heft 20/2