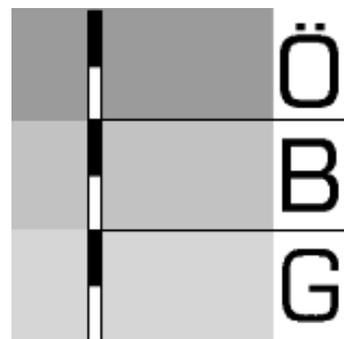
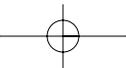
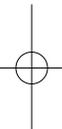


Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft



**Heft 72
Wien
2005**



Heft 72

Wien 2005

50 Jahre
Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft
„Boden und Gesellschaft“

Jahrestag der
Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft
10. und 11. Mai 2004
in Wien - Mariabrunn - Bundesamt und Forschungszentrum für Wald

Impressum

Alle Rechte vorbehalten. © 2005

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks,
der Herstellung von Mikrofilmen und der photomechanischen
Wiedergabe vorbehalten.

Eigentümer; Herausgeber und Verleger:

Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft

Gregor-Mendelstraße 33, A-1180 Wien

Schriftleitung: Michael Englisch und Sigrid Schwarz

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur
Druck: Offsetschnelldruck Riegeltechnik Ges. mbH, 1080 Wien, Piaristengasse 17-19
ISSN 0029-893-X

Inhaltsverzeichnis

Kubienapreis 2003	9
Winfried E. H. BLUM Boden und Gesellschaft.....	11
Hans-Peter BLUME Geschichte der bodenkundlichen Forschung im deutschsprachigen Raum	17
Verena WINIWARTER Über die historische Entwicklung der Bodennutzung in Europa	27
Andreas VETTER und Gerd WESSOLEK Boden und Kunst - neue Wege der visuellen Kommunikation	35
Martin H. GERZABEK Aufgaben für die Bodenforschung im 21. Jahrhundert	41
Robert JANDL, Michael ENGLISCH, Klaus KATZENSTEINER & Rainer BARITZ Abschätzung von Kohlenstoffvorräten in Waldböden aus Standortseigenschaften....	49
Ena SMIDT und Franz OTTNER Plaggenböden – ein Modell für das Langzeitverhalten der organischen Substanz in Abfällen	59
Andreas BOHNER Bodenindikatoren für die Bewirtschaftungsintensität und die floristische Artenvielfalt im Wirtschaftsgrünland	67
György VÁRALLYAY Quality of Life and Sustainable Land Management	75
Robert TRIDL Die Bodenkundliche Landesaufnahme in Bayern - Stand und Perspektiven	87
Markus TUSCH, Clemens GEITNER, Sigbert HUBER und Monika TULIPAN Bodenbewertung in Stadtregionen des Alpenraums – Projekt TUSEC-IP	93
Andreas MUHAR, Thomas SCHAUPPENLEHNER Ableitung detaillierter Bodeninformation aus Daten der Finanzbodenschätzung und Geländeparametern mit Hilfe von geostatistischen Methoden	103
Bruno DELVAUX, Friederike STREBL, Emmanuel MAES, Adrien J. HERBILLON, Vincent BRAHYI und Martin H. GERZABEK Eine Andosol-Braunerde Toposequenz auf Granit in der böhmischen Masse	111

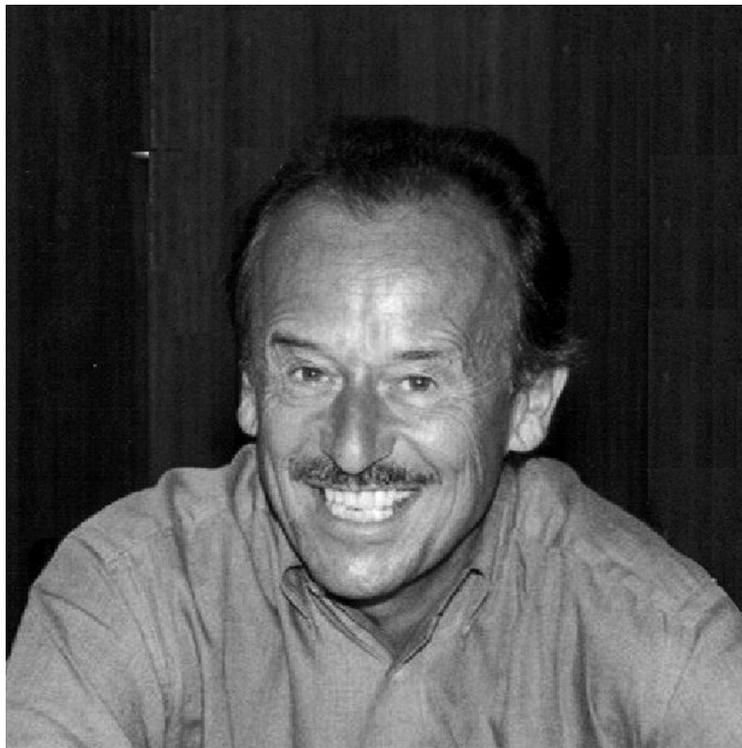
Michael DOHLEN und Stefan WESSEL-BOTHE Quantifizierung der Auswaschung von Blei aus der organischen Auflage unter Wald im Ruhrgebiet.....	117
Karl GARTNER, Miraj GHAREMANI Bodentemperaturen unter Birken und Fichten im Commendewald bei Fürstenfeld.....	125
Margarita L. HIMMELBAUER, Andrea SCHNEPF, Willibald LOISKANDL and Walter W. WENZEL Root Morphological Parameters and Uptake Modeling.....	135
Johanna HOFMANN und Andreas KLIK Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf ausgewählte bodenphysikalische Parameter	141
Werner JESTER und Andreas KLIK Einfluss von Oberflächenrauigkeit und Regenintensität auf Interrill-Erosionsprozesse	147
Andreas KLIK, Johanna HOFMANN und Werner JESTER Ergebnisse langjähriger Erosionmessungen im Feld	155
Andreas KLIK, Werner JESTER, Gerhard KAMMERER und Ferdinand KASTANEK Bodenwasserbewegung an unterschiedlichen Hangpositionen – ein Bilanzierungsmodell	163
Renate LEITINGER, Friederike STREBL und Monika TULIPAN Bewusstseinsbildung für das Schutzgut Boden – vom Boden unter den Füßen in die Köpfe der Menschen.....	171
MIHEJ URBANCIC, PRIMOZ SIMONCIC and MATJAZ CATER Impacts of Gaps on Humus Forms in Dinaric Silver Fir-Beech Forest (Omphalodo-Fagetum) and Soil Solution Quality	179
Josef WAGNER Die Österreichische Bodenschätzung	189

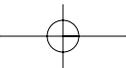
Original-Artikel und Bericht

Erich TASSER, Mirjam MADER und Ulrike TAPPEINER Auswirkungen von Bewirtschaftungsänderungen auf die Blaikenbildung im Gebirge	193
O. NESTROY Bericht über die Jahrestagung des Arbeitskreises Paläopedologie der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Pavlov, Tschechien	219

Unserem Altpräsidenten
HR Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Eduard Klaghofer
alles Gute zum 60. Geburtstag.

Der Vorstand







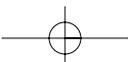
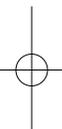
Kubienapreis 2003

Der Kubienapreis 2003 wurde an Herrn Dipl.-Ing. Dr. Walter FITZ für seine Dissertation "The Fate of Arsenic in the Rhizosphere: Methodological Aspects and Processes" vergeben.

Die Dissertation behandelt methodische Aspekte der Rhizosphärenforschung und das Verhalten von Arsen in der Rhizosphäre unter besonderer Berücksichtigung dessen Bedeutung in der Phytosanierung von Arsen belasteten Böden. Ein neues Rhizoboxsystem wurde entwickelt, um Nachteile bereits etablierter Systeme zu kompensieren. Mit Hilfe dieses neuen Systems können Gradienten in der Rhizosphäre im sub-mm Bereich bestimmt werden. Die Anwendung von Gefrier-Mikrotomen stellt eine gängige Methode dar, um wurzelparallele Bodenschichten für Analysen zu gewinnen. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass das damit verbundene Durchschneiden von Bodenpartikeln bodenchemische Parameter beeinflusst. Um diese Artefakte zu vermeiden, wurde ein Schneidegerät entwickelt, mit dessen Hilfe Rhizosphärenboden frisch, das heißt ohne Einfrieren, geschnitten werden kann. Das Verhalten von Arsen in der Rhizosphäre wurde bisher kaum untersucht. Daher wurde unter Einbeziehung von bestehendem Wissen zur Arsenchemie in Boden und Pflanze ein konzeptionelles Modell entwickelt. In einem Rhizoboxversuch wurden Rhizosphärenprozesse des Arsen-Hyperakkumulators *Pteris vittata* L. untersucht. Es hat sich gezeigt, dass „Diffusive Gradients in Thin Films“ (DGT) sich eignen, um die Effizienz der Phytoextraktion zu studieren.

Betreuer: Walter Wenzel

Zweitbetreuer: Otmar Horak



Boden und Gesellschaft

Winfried E. H. BLUM

Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Institut für Bodenforschung der
Universität für Bodenkultur Wien, Gregor-Mendel-Str. 33, 1180 Wien

Eine Darstellung des Verhältnisses von Boden und Gesellschaft in seiner historischen Entwicklung ist nur bei Betrachtung größerer Zusammenhänge möglich, wobei zunächst das Verhältnis der menschlichen Gesellschaft zur Natur allgemein und erst auf dieser Basis die Veränderung der Natur durch die Veränderung der Landschaft und schließlich des Bodens durch den Menschen darstellbar ist. Deshalb wird hier zunächst das Verhältnis von Natur und Gesellschaft in seiner historischen Entwicklung betrachtet, vgl. Abb1.

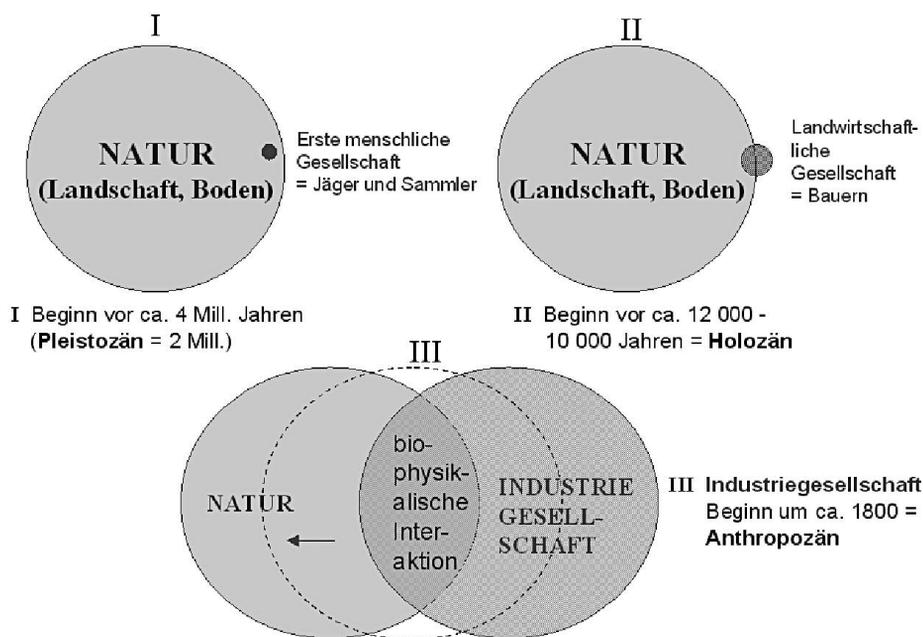


Abb. 1: Historische Entwicklung des Verhältnisses Natur – menschliche Gesellschaft

Aus Abbildung 1 wird ersichtlich, dass sich der Mensch von seinen Ursprüngen im späten Tertiär vor ca. 4 Mill. Jahren bis ins späte Pleistozän, d.h. über einen Zeitraum von insgesamt ca. 4 Mill. Jahren, als Jäger- und Sammlergesellschaft entwickelt hat. Diese menschliche Gesellschaft war bis zum Beginn des Holozäns vor ca. 10000 – 12000 Jahren vollkommen in die Natur integriert, da sie sich in die darin stattfindenden Energie- und Stoffflüsse eingliederte und diese nicht wesentlich beeinflusste.

Der einzige bedeutende Eingriff erfolgte durch den Gebrauch des Feuers, das zum eigenen Schutz, zur Jagd und letztlich auch zur Herstellung siedlungs- und lebensfähiger Naturräume benutzt wurde (Abb. 1, Phase I), vgl. Sieferle 1997.

Durch die geringe nutzbare Energiedichte in diesen Naturräumen (vgl. Tab. 1) waren die Menschen gezwungen in kleinen Gruppen große Flächen zu bewirtschaften, wobei die Jagd als Energiequelle im Vordergrund stand, da bei einem täglich notwendigen Energieverbrauch von 12 MJ/Person nur die Jagd langfristig eine Überlebenschance bot (vgl. Tab. 1).

Jagen und Sammeln	0,6 – 6,0 MJ/ha
Reis nach Brandrodung (z.B. Borneo)	850 MJ/ha
Gartenbau (Papua-Neuguinea)	1390 MJ/ha
Weizenanbau (Indien)	11200 MJ/ha
Maisanbau (Mexiko)	29400 MJ/ha
Intensive bäuerliche Landwirtschaft (China)	281000 MJ/ha

Dieser Zustand änderte sich entscheidend, als sich die Jäger- und Sammlergesellschaft in eine ackerbauliche Landnutzungsgesellschaft verwandelte, wobei dieser Umwandlungsprozess wesentlich durch das Feuer bewirkt wurde. Der entscheidende Fortschritt dieser Entwicklung lag in der erheblich höheren Energieproduktion pro Flächeneinheit zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse (vgl. Abb. 1), die es erlaubte, dass sich mehr Menschen auf kleinerer Fläche von den nunmehr verfügbaren Energiequellen ernähren konnten, wobei schon bei einfachen landwirtschaftlichen Kulturen (vgl. Abb. 1) z.B. 850 MJ/ha erzielt werden konnten und damit mehrere Hektar ackerbaulich genutzter Fläche ausreichten, um einen Menschen mit einem Tagesbedarf von 12 MJ zu ernähren. Erst ab einer Biomassenproduktion von ca. 4380 MJ/ha/Jahr konnte ein Mensch pro Hektar und Jahr ernährt werden. – Mit fortschreitender Agrarentwicklung und zusätzlicher Zähmung und Züchtung von Wildtieren als Haustiere war es möglich, sehr viel mehr Menschen als in früheren Epochen pro Flächeneinheit zu ernähren. Diese enorme Steigerung der Energieproduktion machte es dann auch möglich, dass sich größere Gesellschaften zusammenfanden und sich in verschiedenen Regionen eine gemeinsame Sprache und eine gemeinsame Kultur entwickeln konnte. Dies war in der Jäger- und Sammlergesellschaft nicht möglich gewesen. Aus diesem Grund entstanden ab etwa 5000 v. Chr. die ersten wesentlichen Kulturen in Asien mit den entsprechenden Religionen auf der

Basis einer echatologischen Betrachtung der täglichen Erfüllung von Lebensbedürfnissen unter außerordentlich unterschiedlichen physio-geografischen Bedingungen.

Dies wird unter anderem in sehr viel späterer Zeit in der alttestamentarischen Überlieferung (Genesis) der Vertreibung des Menschen aus dem Paradiese und der Erschaffung des Menschen aus Erde (hebräisch „Adamah“) deutlich, was besagt, dass der erste Mensch Adam aus Erde stammt bzw. aus Erde gemacht wurde (Herrmann 2004).

Schon lange vor der Entstehung des alten Testaments waren im Mittelmeergebiet die Auswirkungen unterschiedlicher landwirtschaftlicher Nutzungsformen auf den Boden, insbesondere der Ackerbau als Förderer von Bodenzerstörung im Gegensatz zur Weidewirtschaft, bekannt, wie ein Zitat von Platon, ca. 370 v.Chr. zeigt:

„Attika kann heute nur als Relikt einer ursprünglichen Landschaft bezeichnet werden, da von den Hügeln beginnend eine fortwährende Erosion das Land zerstört hat und was immer davon übrig geblieben ist einem Körper ähnelt, der durch Krankheit ausgezehrt ist. Der gesamte fruchtbare Boden ist verschwunden und hat ein Land zurück gelassen, dass man nur noch als Haut und Knochen bezeichnen kann.“

Vor dem Hintergrund dieses Wissens könnte auch die Frage gestellt werden, warum Gott das Opfer des Ackerbauers Kain verweigerte, während er das des Viehzüchters Abel gerne annahm (Kain war der erste, Abel der zweite Sohn von Adam und Eva) Ist hier ein versteckter Hinweis auf die bodenzerstörende Wirkung des Ackerbaus zur damaligen Zeit zu sehen?

*Tabelle 2:
Entwicklung der Weltbevölkerung seit 10.000
v. Chr. (n. J.R. McNeill, 2003)*

Jahr	Bevölkerung [Millionen]	Jährl. Wachstumsrate [%]
8000 v.Chr.	2 – 20	< 0,1
1 n. Chr.	200 – 300	< 0,1
1500	400 – 500	< 0,1
1730	700	< 0,1
1820	1000	0,2
1850	1200	0,5
1900	1600	0,6
1950	2500	0,8
1990	5300	1,8
2000	6000	1,5

In der Spätphase des Holozäns entwickelte der Mensch zunehmend neue Techniken und erschloss neue Energiequellen, mit denen er die Landschaft veränderte, um den Boden zu nutzen. Hierbei traten vor allem in der Endphase der reinen Biomassenutzung (Solaren-

*Tabelle 3:
Globale Brennstoffproduktion 1800 – 1990
(n. J.R. McNeill, 2003)*

Art des Brennstoffs	Produktion (in Mill. t)		
	1800	1900	1990
Biomasse	1000	1400	1800
Kohle	10	1000	5000
Erdöl	0	20	3000

ergie) in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts große Probleme auf, da die Energieansprüche der inzwischen weiter gewachsenen Bevölkerung durch reine Biomassenutzung nicht mehr gedeckt werden konnte, zumal diese auch für andere Zwecke, z.B. Herstellung von Pottasche für die Glasbläserei benötigt wurde, was regional zu großen Waldverwüstungen führte, die erst mit der Gewinnung von Kohle als neue Energieform unter Kontrolle gebracht werden konnten (vgl. Tab. 2 und Tab. 3).

Bis ca. 1800 waren jedoch die natürlichen Kräfte, die auf die terrestrischen Ökosysteme und den Boden einwirkten, stärker als die des Menschen, der ja einschließlich seiner Nutztiere nur begrenzte Energien entwickeln konnte, um die Landschaft und den Boden zu verändern.

Dies wandelte sich mit dem ausgehenden 18. Jahrhundert, wobei die Erfindung der ersten Dampfmaschine durch James Watt 1784 als ein Wendepunkt gesehen werden kann, da hierdurch plötzlich Kräfte entwickelt werden konnten, die denen von 200 Menschen zusammen entsprachen und dies selbst bei einem Wirkungsgrad der Maschine von weniger als einem Prozent. Aufgrund dieser neuen Entwicklung wird von P. Crutzen (2002) die Zeit nach 1800 als Anthropozän bezeichnet, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die vom Menschen auf die Ökosysteme ausgehenden Kräfte und Wirkungen die der Natur bei weitem übertrafen. Ein Ausdruck dieser Entwicklung ist:

- die ca. 10-fache Zunahme der menschlichen Bevölkerung bis heute,
- die Nutzung von 30 – 50 % der gesamten Landoberfläche,
- die Nutzung von mehr als 50 % aller zugänglichen Süßwasserreserven,
- die Steigerung der Energiegewinnung um das 20-fache mit einer Verursachung von 160 Mill. t SO₂ Emissionen pro Jahr,
- die Züchtung methanproduzierender Rinder, die inzwischen 1,4 Mill. Stück überschreiten,
- die Anwendung von Stickstoffdünger in der Landwirtschaft in einem Ausmaß, das die gesamte natürliche Stickstofffixierung übersteigt;
- und alle diese Effekte nur verursacht von ungefähr 25 % der Weltbevölkerung.

Aus Tabelle 2 geht hervor, dass schon zu Ende des 18. Jahrhunderts eine extrem starke Bevölkerungszunahme erfolgte, deren jährliche Wachstumsrate (in Prozent) gegen Ende der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kulminierte. Aus Tabelle 3 wird deutlich, dass auch die steigenden Ansprüche an die Energieproduktion, die im 18. Jahrhundert noch im wesentlichen aus Biomasse bestand und um 1900 schon fast zur Hälfte aus Kohle und Öl, um 1990 im wesentlichen aus Kohle und Erdöl bestritten wurde. Setzt man die Energienutzung um 1900 als 100 % so betrug die Gesamtenergiegewinnung um 1800 nur 31 % davon während sie 1990 bereits 1250 % erreichte (vgl. Tab. 4).

*Tabelle 4:
Weltweiter Energieverbrauch 1800 – 1990
(n. J.R. McNeill 2003)*

	1800	1900	1990
Summe (berechnet in Mill. t Erdöl)	250	800	10000
Indexzahl (1900 = 100)	31	100	1250

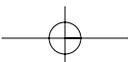
Die entsprechenden Auswirkungen dieser Aktivitäten auf den Boden lagen zunächst in der fast völligen Ausräumung der natürlichen Landschaften für die landwirtschaftliche Produktion bzw. die Wiederaufforstung mit meist nicht heimischen Baumarten, sowie die Zunahme urbaner Räume durch Versiegelung und Kontamination der Bodenflächen.

Die Hauptgefährdungen von Böden können heute in acht verschiedene Kategorien eingeteilt werden: Erosion, Verlust an organischer Substanz, Kontamination und Verschmutzung lokal und diffus, Versiegelung, Verdichtung, Verlust an Biodiversität, Versalzung und Überflutung sowie Rutschungen (vgl. EU/COM (2002) 179 final). Hinzu kommt indirekt auch noch die Bodenversauerung, die vor allem im nördlichen Europa infolge starker Luftbelastungen katastrophale Ausmaße angenommen hat.

Daher kann abschließend festgestellt werden, dass die menschliche Gesellschaft vom Beginn ihrer Existenz bis heute die Böden in einem außerordentlich starken Ausmaße verändert und teilweise in ihren Funktionen eingeschränkt oder überhaupt zerstört hat (vgl. Blum 2002a, b). – Es erscheint daher notwendig, diese neue Situation weiten Bevölkerungsschichten klar zu machen, um hier ein Umdenken und letztendlich eine nachhaltige Nutzung der noch vorhandenen Bodenressourcen einzuleiten (Blum 2001).

Literatur:

- BLUM W. E. H. 2001: Bodenschutz, eine globale Herausforderung. – Mittlg. Österr. Bodenkundl. Ges. 64, 25-38, Wien.
- BLUM W. E. H. 2002a: Environmental Protection through Sustainable Soil Management, a Holistic Approach. – In M. Pagliai and R. Jones (Eds.): Sustainable Land Management – Environmental Protection – A Soil Physical Approach. – Advances in Geoecology 35, 1-8. Catena Verlag GmbH.
- BLUM W. E. H. 2002b: The role of soils in sustaining society and the environment: realities and challenges for the 21st century. 17th World Congress of Soil Science, 14-21 August 2002, Bangkok/Thailand. - Keynote Lectures, pp. 66-86. IUSS.
- CRUTZEN P. J. 2002: Geology of mankind. – Nature, Vol 415, 23.
- ESWARAN H. and P. REICH 2002: A preliminary assessment of the human impact on land systems of the world. In: Hurni H. and K. Meyer (eds.): A World Soils Agenda – Discussing International Actions for the Sustainable Use of Soils, 38-42. – Publ. Centre for Development, University of Bern/Switzerland.
- EU (European Union) 2002: Towards a Thematic Strategy for Soil Protection (COM(2002)179 final).
- HERRMANN B. 2004: Man is made of clay-“Soil“, biological facts and fiction, and environmental history. – Wasan Island Conference 2003 Beitrag, 29 Seiten, im Druck.
- MCNEILL J. R. 2003: Blue Planet – Die Geschichte der Umwelt im 20. Jahrhundert. – Campus Verlag Frankfurt, N.Y.
- SIEFERLE R. P. 1997: Rückblick auf die Natur - Eine Geschichte des Menschen und seiner Umwelt. – Luchterhand Verlag München.



Geschichte der bodenkundlichen Forschung im deutschsprachigen Raum

Hans-Peter BLUME

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der CAU D-24098 Kiel

Zusammenfassung

Im 11. – 18. Jh. wurden Körnung, Farbe und Feuchte kultivierter Oberböden und deren Nutzbarkeit in einfacher Weise beschrieben. Seit Ende des 18. Jh. entwickelte sich die Arikulturchemie, es entstanden Landwirtschaftsgesellschaften und Landwirtschaftsschulen, durch die auch bodenkundliches Wissen verbreitet wurde. Im 19. Jh. wurden erste Methoden der Bodenuntersuchung entwickelt, entstanden Bodenartenklassifikationen und Bodenbewertungen für landwirtschaftliche Nutzung. Die Mineralstofftheorie leitete die Mineraldünung ein. Wissen wurde durch Lehrbücher der Bodenkunde verbreitet. Geognostisch-agronomische Karten enthalten auch Bodenkundliches. Seit Ende des 19. Jh. werden Böden als Naturkörper und Ergebnis bodenbildender Prozesse begriffen. Internationale Kommunikation wird im 20. Jh. durch Tagungen und Exkursionen, Fachzeitschriften und seit 1924 durch die IBG gefördert. Österreichische Forscher stimulierten in besonderem Maße die Bodenbiologie, die Mikromorphologie, die Paläopedologie, Bodengenese und -klassifikation und seit den 80er Jahren den Bodenschutz.

Summary

During the 11th – 18th century texture, color and moisture of cultivated top soils as well as their usability were described in a simple way. Since the end of the 18th century the agricultural chemistry was developed; societies and schools of agriculture were formed, which spread knowledge about soils. During the 19th century the first methods of soil analysis were described, soil classification systems and site evaluation concepts for agricultural use were created. The *theory of plant nutrients* influenced the use of mineral fertilizers in agriculture. Knowledge was propagated by text books of *soil science*. The distribution of soils can be taken from *agro-geological* maps. Soils were seen as *natural bodies* and a result of *soil forming processes* since the end of the 19th century. Congresses, excursions together with journals of soil science, and the *International Society of Soil Science* (since 1924) promote the international communication in the 20th century. Austrian scientists stimulated especially *soil biology*, *micro morphology*, *paleopedology*, *soil genesis*, *soil classification* and (since the eighties) *soil protection*.

1. Einführung

Im folgenden wird vorrangig die Entwicklung des Verständnisses vom Boden als Naturkörper, Kulturpflanzenstandort und Lebensraum von Organismen in Mitteleuropa von ihren Anfängen im 11. Jahrhundert bis heute gestreift. Eingegangen wird auch auf die Entwicklung von Klassifikations- und Bewertungssystemen und die Erstellung bodenkundlicher Karten. Die Ausführungen fußen auf Äußerungen und

Forschungen weniger Persönlichkeiten der Natur- und Bodenkunde in dem Bewusstsein, dass deren Wissen durch Forschungen ungenannter Zeitgenossen erst ermöglicht wurde.

2. Beschreibung von (Ober)böden im 11. – 18. Jahrhundert

Die ersten Beschreibungen deutscher Böden und deren Nutzbarkeit stammen von HILDEGARD VON BINGEN (1098-1179). HILDEGARD war Abtissin zweier Klöster im Rheintal westlich Mainz und hat neben religiösen, visionären und musischen Schriften auch einige naturkundliche und medizinische Bücher verfasst (KASTINGER RILEY 1998). In ihrem Buch von den Elementen vermittelt sie die wohl ersten Beschreibungen von Böden Mitteleuropas und zwar der Böden in Nähe ihrer Klöster (RIETHE & VOLLMANN 2000). So beschreibt sie z.B. einen Boden der *fahl bzw. weiß, sandig und trocken ist und für den Anbau von Wein, Obst und auch etwas Getreide genutzt werden könne*. Es dürfte sich dabei um Pararendzinen von Dünen der Rheinterrassen handeln (Blume 2003), die heute z.T. dem Spargelanbau dienen. Sie beschreibt auch einen *schwarzen Boden mit relativ kalter Feuchtigkeit, der wegen dieser Feuchtigkeit nicht alle Fruchtarten, aber die Frucht, die er trägt, in vollem Umfang hervor bringe. Freilich werde er wegen seiner Feuchtigkeit bisweilen von Unwettern geschüttelt*, wurde mithin vielleicht als Auengley oder Tschernitza zeitweilig von Rheinwasser überschwemmt. Sie hat auch Angaben zur Heilwirkung von Erden gemacht und betont dabei, dass, nachdem *die aufgetragene Erde dem menschlichen Körper dessen Gifte entzogen habe, man den abgespülten Boden in einen rasch fließenden Bach zu verbringen habe*, damit durch starke Verdünnung eine Giftwirkung vermieden werde (Blume 2003). Man kann Hildegard von Bingen mithin nicht nur als ersten deutschen beschreibenden Bodenkundler sondern auch als ersten Bodenhygieniker bezeichnen.

Pastor SALOMON GUBERT (?-1653) hat in Riga ein Buch über die Landwirtschaft publiziert, das auch Beschreibungen baltischer Böden enthält (GUBERT 1645). Dieses Buch wurde 100 Jahre später von dem Naturkundler und Rektor der Universität Moskau MICHAEL W. LOMONOSSOV (1711-1765) ins Russische übersetzt (REINTAM 2001). GUBERTS *Schwarze Erde* wurde mit *Tschernosem* übersetzt und dieser Begriff damit in die Fachwissenschaft eingeführt.

Der Naturforscher und Rektor der Universität Kopenhagen ERIK PONTOPPEDAN (1698-1764) hat 1763 in seinem Dänischen Atlas auch Beschreibungen der Böden des heutigen Schleswig-Holstein und deren Nutzbarkeit geliefert (BUNTING 1997). Er beschrieb u.a. fruchtbare, durch Überflutung gefährdete Marschböden sowie sandige,

tiefgründig humose Böden in Ortsnähe, die wir heute als Plaggenesche klassifizieren würden (AK BODENSYSTEMATIK 1998).

3. Bodenkundliche Lehre und angewandte Bodenkunde im 19. Jahrhundert

In der zweiten Hälfte des 18. Jh. entstanden **Landwirtschaftsgesellschaften**, u.a. 1764 in Celle und 1765 in Klagenfurt, die auch dem Erfahrungsaustausch bei der Nutzung und Melioration von Ackerböden dienten (BLUME 2003). 1797 gründete der Hamburger Kaufmann CASPER VOGHT (1752-1839) in Großflotbek bei Altona die erste **Landwirtschaftsschule** im deutschen Sprachraum mit LUCAS STAUDINGER (1770–1842) als Leiter (STAMER 1996).

Der Arzt und Landwirt ALBRECHT THAER (1752-1828) gründete 1803 in Celle eine entsprechende Schule, die 1806 nach Möglin in Brandenburg verlagert wurde und die zugleich Forschungsanstalt für Landwirtschaft war. (THAER 1809-1812) hat u.a. in seinem mehr bändigen Werk über die *Grundsätze der rationellen Landwirthschaft* auch die Eigenschaften von Böden beschrieben. Unter ihm wurden Methoden der Korngrößenanalyse ebenso entwickelt und angewandt; wie Bestimmungen der Lagerungsdichte, der Wasserkapazität, des Glühverlustes und des Stickstoffgehaltes. Er hat als erster eine **Bewertung von Standorten** für landwirtschaftliche Nutzung vorlegt, die 10 Standortklassen nach Eigenschaften des Oberbodens (Mächtigkeit, Bodenart, Stein-, Humus- und Kalkgehalt) und Untergrundes (Durchwurzelbarkeit und Feuchte) unterschied, das Relief berücksichtigt, mögliche Fruchtarten nennt und den Ertragswert mit 130 Stufen klassiert und die mittels Feldversuchen überprüft wurde (THAER 1813, ROTHKEGEL 1930). Auf diesem Konzept fußt letztlich die seit den 30er Jahren des 20. Jh. in Deutschland und Österreich praktizierte Bodenschätzung.

Seit dem 18. Jh. wird die **chemische Zusammensetzung von Bodenproben** mit Bauschanalysen ermittelt. Entsprechende Ergebnisse stammen u.a. vom deutschen Mediziner und Naturkundler FRIEDRICH HOFFMANN (1660-1742), sowie dem Chemiker und Mineralogen JOHANN WALLERIUS (1709-1785), einem Weggefährten von CARL VON LINNE (1707-1778) in Upsala in Schweden, der auch den Begriff Agrikulturchemie geprägt hat (WALLERIUS 1761). JOHANN CHRISTIAN HUNDESHAGEN (1783-1834) hat 1830 im meines Wissens ersten deutschsprachigen **Lehrbuch der Bodenkunde** entsprechende Daten zusammengestellt und auch Wildpflanzenarten bestimmten Böden zugeordnet. Es folgten ähnliche Bücher, z. B. von dem Sachsen FRIEDRICH FALLOU (1857/62) und dem Thüringer FERDINAND SENFT (1847), der im übrigen auch Mitglied der *Geologischen Reichsanstalt* zu Wien war. In Wien kam 1852 von CARL GREBE, Leiter einer Forstlehranstalt in Eisenach, eine *Forstliche*

Gebirgskunde, Bodenkunde und Klimalehre heraus, die 1886 ihre 4. Auflage erlebte. CARL SPRENGEL (1787-1859), ein Schüler und Mitarbeiter ALBRECHT THAERS, formulierte 1828 die **Bedeutung von Mineralstoffen** für die Ernährung der Pflanzen und widerlegte damit die seit der Antike herrschende *Humustheorie*, die auch als *Phlogistontheorie* bezeichnet wurde (BLUME 2003). JUSTUS von LIEBIG (1803-73) entwickelte daraus eine umfassende Mineralstoff-Theorie (LIEBIG 1840-1876), auf deren Grundlage Feldversuche zur Ermittlung des Nährstoffbedarfs von Kulturpflanzen angelegt und die Mineraldüngung in die landwirtschaftliche Praxis eingeführt wurden.

J. R. LORENZ legte 1868 in Wien eine Publikation über *Die Bodencultur-Verhältnisse Österreichs* mit einer aus geologischen Kenntnissen abgeleiteten **Bodenübersichtskarte** Österreichs vor. Der Berliner ALBERT ORTH (1835-1915), präsentierte 1873 das Musterblatt einer *geognostisch-agronomischen Karte* auf der Weltausstellung in Wien (ORTH 1874, 1875). Die Kartierung erfolgte bis 1-2 Meter Tiefe mit stählernen Sondiernadeln (mit 8 mm Nut): Beschrieben wurden die Bodenarten, die Bodenfarben, die Feuchteverhältnisse und das Auftreten von Kalk einzelner Schichten, ergänzt um die Laboranalyse repräsentativer Profile (Körnung, hygroskopische Feuchte, Glühverlust, Kalk). Auf topographischen Grundkarten mit Höhengeschichtlinien wurden die Geologie farbig, die Hauptbodenarten mittels Schraffuren dargestellt, ergänzt um Körnungsprofile repräsentativer Böden in der Legende. Nach diesem Muster wurden Karten in den Maßstäben zwischen 1:3000 bis (vorrangig) 1:25000 seitens der Geolog. Landesämter der Länder des Deutschen Reiches bis in die 30er Jahre erstellt (MURGOCI 1924, STREMMER 1926). In Österreich erfolgte demgegenüber frühzeitig eine Trennung zwischen geologischer und bodenkundlicher Landesaufnahme: Mittelmaßstäbliche Bodenkarten wurden in den 20er Jahren seitens A. TILL in Niederösterreich und dem Burgenland, seitens B. RAMSAUER (1890-1981) in Salzburg erstellt (MURGOCI 1924, STREMMER 1932).

4. Die Entwicklung der Bodenkunde zur eigenständigen Naturkörper-Wissenschaft

Die Namen VASILIJ DOCUAEV, EMIL RAMANN und EUGEN HILGARD stehen für den Beginn der Bodenkunde als eigenständiger Naturkörper-Wissenschaft.

VASILIJ. V. DOKUCAEV (1846-1903) hat uns mit seiner umfassenden Monographie über den *Ruszkij Chernozem* (DOKUCAEV 1883) bodengentisches Denken gelehrt. Er beobachtete, dass viele Böden mehrere Horizonte besitzen, die er mit A, B, C bezeichnete und die er als Ergebnis bodenbildender Prozesse deutete (EHWALD 1960). Er hat die Bedeutung des Klimas zum Verständnis des Auftretens sehr unterschiedlicher

Böden heraus gestellt, was später zu einer umfassenden *Lehre von den Zonen der Natur* (DOKUCAEV 1899) führte.

EMIL RAMANN (1851-1926) hat die verschiedenen Länder Europas bereist und deren Böden studiert. Er bezeichnet in seiner umfassenden *Forstlichen Bodenkunde und Standortlehre* (RAMANN 1893) die *Bodenkunde als Lehre von den Eigenschaften, der Entstehung und den Umbildungen des Bodens*. Die Prozesse der Zersetzung organischer Substanz, der Krümelung, der physikalischen und der chemischen Verwitterung verbunden mit der Auswaschung gelöster Verwitterungsprodukte neben der Bildung verschiedener Eisenoxide und wasserhaltiger Zeolithe, die erst später als Tonminerale bezeichnet wurden. Er beschreibt auch einige Bodentypen und äußert sich zur Verbreitung der Schwarzerde in der Ukraine, der Magdeburger Börde, der nordamerikanischen Prärie und der argentinischen Pampa. Eine systematische Bodentypisierung erfolgte von ihm erst 1918. RAMANN hat einige der genannten bodenbildenden Prozesse im Experiment nachzuvollziehen versucht (BLUME 2001), was im deutschen Sprachraum vor allem seitens GEORG WIEGNER (1883-1936) und dessen Arbeitsgruppe in Zürich weiter entwickelt wurde (STICHER 2001).

Der Schweizer Bodenkundler HANS JENNY (1899-1992) sah mit dem Wirken von EUGEN W. HILGARD 1833-1916) *die Geburt der modernen Bodenkunde* (JENNY 1961). HILGARD hat ohne Zweifel bereits Ende des 19. Jahrhunderts in seiner Abhandlung *über den Einfluss des Klimas auf die Bildung und Zusammensetzung des Bodens* im heutigen Sinne am präzisesten verschiedene Prozesse der Bodenbildung wie Verwitterung und Tonbildung, Zersetzung und Humusbildung, Versauerung unter humiden und Alkalisierung unter ariden Bedingungen geschildert und definiert (HILGARD 1893, 1906). Er hat andererseits Bodenprofile noch nicht eindeutig als in Horizonte untergliederte Ganzheiten gesehen und keine Vorschläge zu deren Klassifikation gemacht (EHWALD 1960).

5. Internationale Kommunikation der Bodenkundler

1909 führte auf Einladung von P. TREITZ und A.A. de SIGMOND die erste *Internationale Agrogeologische Konferenz* in Budapest 86 Bodenkundler aus 11 Ländern zu einem Erfahrungsaustausch zusammen, darunter K. GLINKA (St. Petersburg), J. KOPECKY (Prag), F. KOSSMAT (Wien), G. MURGOCI (Bukarest), E. RAMANN (München) und F. SCHUCHT (Berlin) (SZABOLCS 1997). Die zweite Konferenz 1910 in Stockholm führte zur Bildung von *Arbeitskreisen der Bodenphysik, der Bodenchemie und der Bodenkartierung* sowie seit 1912 zur Herausgabe der *Internationalen Mitteilungen für Bodenkunde* als dreisprachigem (dt., eng., fr.) Kommunikationsorgan unter F. SCHUCHT in Berlin. Herausgeber waren neben MARGOCI, RAMANN und SCHUCHT u.a.

W. GRAF ZU LEININGEN (Wien), E. HILGARD (Berkeley), J. HISSINK (Groningen) und G. WIEGNER (Zürich).

1926 wurde in Rom die Internationale Bodenkundliche Gesellschaft (IBG) mit weiteren Arbeitsgruppen (bzw. Kommissionen) und einer Reihe nationaler Sektionen gegründet (VAN BAREN 1974). Von der Sektion Österreichs waren besonders W. GRAF ZU LEININGEN (Sprecher), B. RAMSAUER (Salzburg/Wien), J. STINY (Bruck) sowie A. TILL und N. REITMAIER (Wien) international aktiv (IBG- Mitgliederverzeichnis 1930). So hat z.B. RAMSAUER das internationale Dränversuchswesen entscheidend geprägt.

Unter der Federführung von H. STREMMER (Danzig) entstand eine Bodenkarte Europas, deren Legende konzeptionell aus Vorstellungen von DOKUCAEV und dessen Schüler GLINKA entwickelt wurde (GLINKA 1914). Der Kartenteil Österreichs wurde von RAMSAUER und TILL beigesteuert, derjenige der Schweiz seitens des jungen HANS JENNY (Zürich) (STREMMER 1927).

6. Wichtige Beiträge einiger Österreicher in der zweiten Hälfte des 20. Jh.

Die Erforschung der Paläoböden in Mitteleuropa wurde in den 50er bis 70er vor allem von dem Wiener Geowissenschaftler und Bodenkundler JULIUS T. FINK (1918-1981) stimuliert. Fink ist international vor allem durch wichtige Beiträge zur Lößstratifikation und Paläopedologie hervor getreten (FINK 1976).

Die bodengenetische Forschung nicht nur Mitteleuropas wurde in den 30er bis 50er Jahren entscheidend von WALTER L. KUBIENA (1897-1917) geprägt. KUBIENA hat zum einen mit seiner *Micropedology* (1938) der Bodenmikromorphologie methodisch und methodologisch den Weg bereitet, der die Aufklärung bodenbildender Prozesse nachhaltig befruchtet hat (KUBIENA 1955). Seine *Entwicklungslehre des Bodens* (1948) hat unser bodengenetisches Denken ungemein stimuliert. Außerdem hat er mit dem *Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas* (1953) die Entwicklung nationaler Bodenklassifikationen auf morphogenetischer Grundlage gefördert. Die Bodensystematiken Österreichs (NESTROY 2000) und Deutschlands (AK BODENSYSTEMATIK 1998) fußen konzeptionell und auch begrifflich auf KUBIENA.

HERBERT FRANZ (1908-2002) und WILHELM KÜHNELT haben während der 40er bis 60er Jahre der bodenzoologischen Forschung entscheidende Impulse gegeben. So hat FRANZ die Tiere vor allem alpiner Böden studiert. Er hat bereits 1944 in den *Bodenkundlichen Forschungen* der IBG eine umfassende Darstellung der Bedeutung der Bodentiere für die Eigenschaften unserer Böden geliefert, die dann später in seine bekannte *Feldbodenkunde* einging (FRANZ 1944, 1960). WILHELM KÜHNELT hat wichtige Beiträge zur Mikroskopie der Bodentiere geliefert (KÜHNELT 1948) und mit

seinem Lehrbuch der *Bodenbiologie* wesentliche Impulse gegeben (KÜHNELT 1950, 1961).

In den 80er und 90er Jahren haben schließlich auch viele Kollegen aus Österreich wichtige Beiträge zur *Waldschadensforschung* geliefert und den *Bodenschutz* in Mitteleuropa konzeptionell stimuliert. So bildete z.B. das Buch über die *Bodenzustandsinventur* (BLUM & WENZEL 1989, BLUM et al. 1996) eine wesentliche Basis für Bodenschutzgesetz und -verordnung in Schleswig-Holstein (MUNF 1996).

Das Generalsekretariat der IBG befand sich von 1990 bis 2002 im Institut für Bodenforschung der Universität für Bodenkultur in Wien und hat sehr wesentlich eine fruchtbare Kommunikation und Kooperation der Bodenkundler in aller Welt befördert.

Literatur

- AK BODENSYSTEMATIK (1998): Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands. Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 86: 1-180
- BAREN, F.A. VAN (1974): The history of the International Society of Soil Science. Mitt. der IBG 45: 1-18
- BLUM, W., WENZEL, W. (1989): Bodenschutzkonzeption: Bodenzustandsanalyse und Konzepte für den Bodenschutz in Österreich. Bundesmin. Land- & Forstw. In Österr.; Wien
- BLUM, W., SPIEGEL, H., WENZEL, W. (1996): Bodenzustandsinventur – Konzeption, Durchführung und Bewertung. 2. Aufl.; Univ. Bodenkultur, Wien
- BLUME, H.-P. (2001): Emil Ramann. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 97: 283-287
- BLUME, H.-P. (2003): Wurzeln der Bodenkunde; Kap. 1.3.1 in BLUME et al. (1996ff): Handbuch der Bodenkunde; ecomed, Landsberg
- BUNTING, B.T. (1997): Pioneer observations on soil formation and environment in Scandinavia: ERIK PONTOPPIDAN (1698-1764: His Danish Atlas of 1763 and his Natural History of Norway (1752). Adv. in Geocology 29: 351-364
- DOKUCAEV, V. (1883): Ruskij Chernozem. St. Petersburg (russ.; zit. n. EHWALD 1960)
- DOKUCAEV, V. (1899): Zur Lehre von den Zonen der Natur. St. Petersburg (russ.; zit. n. EHWALD 1960)
- EHWALD, E. (1960): Alexander von Humboldt und V.V. Dokucaev. Albrecht Thaer Arch. 4: 561-582
- FALLOU, F. (1857): Anfangsgründe der Bodenkunde. Schönfeld, Dresden
- FALLOU, F. (1862): Pedologie oder Allgemeine und Besondere Bodenkunde. Schönfeld, Dresden
- FINK, J. (1976): Exkursionen durch den österreichischen Teil des nördlichen Alpenvorlandes und den Donauraum zwischen Krems und Wiener Pforte. Mitt. Komm. Quartärforsch. D. Österreich. Akad. d. Wiss. 1: 1-113. Wien
- FRANZ, H. (1944): Bodenzooologie als Forschungszweig der Bodenkunde. Bodenkundl, Forsch. 8: 129-145 (Organ der IBG)
- FRANZ, H. (1960): Feldbodenkunde. G. Fromme, Wien
- GIESECKE, F. (1929): Geschichtlicher Überblick über die Entwicklung der Bodenkunde bis zur Wende des 20. Jahrhundert; in E. BLANCK (Hrsg.): Handbuch der Bodenlehre, Band 1: 28-86. J. Springer, Berlin

- GLINKA, K. (1914): Die Typen der Bodenbildung, ihre Klassifikation und geographische Verbreitung. Parey, Berlin
- GREBE, C. (1852): Gebirgskunde, Bodenkunde und Klimalehre. Wien (4. Aufl. bei P. Parey, Berlin)
- GUBERTI, S. (1645): Stratagema oeconomicum oder Acker=Student / Denen jungen ungeübten Akkersleuten in Lieflland zum nöthigen Unterrichte vermittelst vieljährigen Observatio-nibus, auch führnehmer Philosophorum Placitis dargestellt. 4. Aufl. 1688 G. Nöllern, Riga
- HILGARD, E.W. (1893): Über den Einfluß des Klimas auf die Bodenbildung und Zusammensetzung des Bodens. Forsch. auf dem Gebiete der Agr. Physik 16: 82-172
- HILGARD, E.W. (1906): Soils: their formation, properties, composition and relations to climate and plant growth. Macmillan. New York
- HOFFMANN, F. (1753): Friedrich Hoffmanns Opera omnia. Genf. Meyers Enzyklopädisches Lexikon 12: 142 (Bibliogr. Inst., Mannheim 1974); zit. n. GIESECKE 1929
- HUNDESHAGEN, J. (1830): Die Bodenkunde in land- und forstwirthschaftlicher Beziehung. H. Laupp, Tübingen
- JENNY, H. (1961): E. W. Hilgard and the birth of modern soil science. Lischi & Figli, Pisa
- KASTINGER RILEY (1998): Hildegard von Bingen. Rowohlt, Reinbek
- KUBIENA, W. L. (1938): Micropedology. Collegiate Press, Ames, USA
- KUBIENA, W. L. (1948): Entwicklungslehre des Bodens. Springer, Wien
- KUBIENA, W. L. (1953): Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Enke, Stuttgart:
- KÜHNELT, W. (1948): Mikroskopie der Bodentiere. Mikroskopie 3: 120-128:
- KÜHNELT, W. (1950): Bodenbiologie. Herold, Wien
- LIEBIG, J. von (1840-1876): Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. 1.-9. Aufl. Vieweg, Braunschweig
- LORENZ, J.R. (1868): Die Bodencultur-Verhältnisse Österreichs. Gedenkgabe für die 26. Versamml. Deutscher Land- & Forstwirthe zu Wien im Jahre 1868. Gerold, Wien.
- MUMF (1996): Ziele und Strategien des Bodenschutzes in Schleswig – Holstein Bodenschutzpro-gramm. Min. f. Umwelt, Natur u. Forsten d. Landes Schleswig-Holstein (MUMF). Kiel
- MURGOCI, G. (1924): Etat de l'Etude et de la Cartographie du Sol. Bukarest
- NESTROY, O. (Hrsg., 2000): Systematische Gliederung der Böden Österreichs - Österreichische Bodensystematik 2000). Mitt. Österr. Bodenk. Ges. 60: 1-124
- ORTH, A. (1874): Die geognostischen und Bodenkarten auf der Weltausstellung zu Wien 1873. Landw. Zentr.bl., Berlin
- ORTH, A. (1875): Die geognostisch- agronomische Kartierung mit besonderer Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse Norddeutschlands und der Mark Brandenburg, erläutert an Auf-nahmen von Rittergut Friedrichsfelde bei Berlin. Berlin:
- RAMANN, E. (1893): Forstliche Bodenkunde und Standortslehre. Springer, Berlin
- RAMANN, E. (1918): Bodenbildung UND Bodeneinteilung. Springer, Berlin
- REINTAM, L.(2001): Soil stories from the Swedish time up to present in Estonia; Historiae Scientiarum Baltica. Abstracts of the XX Baltic Conf. on the History of Science, p. 141-144. Tartu, 30.01.2001

-
- RIETHE, P., VOLLMANN, B.K. (2000): Hildegard von Bingen, Von den Elementen, von den Metallen: lat. Original und kommentierte Übersetzung. O. Müller, Salzburg
- ROTHKEGEL, W. (1930): Handbuch der Schätzungslehre für Grundbesitzungen. P. Parey, Berlin
- SENF, F. (1847): Lehrbuch der Gebirgs- und Bodenkunde für Forstwirthe. 2 Bde.; F. Manke, Jena
- SPRENGEL, C. (1828): Von den Substanzen der Ackerkrume und des Untergrundes. J. für techn. u. ökonom. Chemie 2: 423-477, u. 3: 42-99, 313-351, 397-421
- STAMER, H. (1996): Vorgeschichte der Agrarwissenschaften in Schleswig-Holstein. Kap. A.2. in A. FINCK (ed.): 50 Jahre Agrar-Fakultät – Festschrift zum Jubil. Der Agrarwiss. Fak. Der Univ. zu Kiel 1946-1996
- STICHER, H. (2001): Bodenkunde und Bodenkundler in der Schweiz. Von 1855-1962. Zürich
- STREMME, H. (1926): Grundzüge der praktischen Bodenkunde. Borntraeger, Berlin
- STREMME, H. (Bearb.; 1927): Allgemeine Bodenkarte Europas; m. Erläuterungen. Preuß. Geolog. Land.anst., Berlin
- STREMME, H. (1932): Die Bodenkartierung; in E. BLANCK (Hrsg.): Handbuch der Bodenlehre 10: 259-428
- SZABOLCS, I. (1997): The 1st International Conference on Agrogeology, April 14-24, 1909, Budapest, Hungary. Adv. in Geoecology 29: 67-78
- THAER, A. (1809-1812): Grundsätze der rationellen Landwirthschaft; 4 Bände (6. Aufl. 1868) Real-schulbuchhandl. Berlin
- THAER, A. (1813): Versuch einer Ausmittlung des Reinertrages der produktiven Grundstücke mit Rücksicht auf Boden, Lage und Örtlichkeit. Ann. der Fortschritte der Landwirtschaft in Theorie & Praxis 4: 361-516. Berlin
- WALLERIUS, J. G. (1761): Agriculturae fundamenta chemica. Uppsala (dt. 1764 übersetzt von J. Krünitz als Chymische Grundsätze des Feldbaus. Berlin)

Über die historische Entwicklung der Bodennutzung in Europa

Verena WINIWARTER

APART Stipendiatin der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, am Institut für Bodenforschung, Universität für Bodenkultur, Gregor Mendel-Str. 33, 1180 Wien

Zusammenfassung

Im Rahmen eines mehrjährigen umwelthistorischen Forschungsvorhabens wird derzeit von der Verfasserin die Geschichte des Wissens über Böden in Europa von der Antike bis zum Ende des 19. Jahrhunderts untersucht. Die landwirtschaftliche Nutzung der Böden steht dabei im Zentrum. Das Studium der damaligen Fachliteratur kann die Frage des praktischen Umgang mit den Böden nicht beantworten. An Beispielen einer ganzen Reihe von historischen Texten wird gezeigt, aus welchen unterschiedlichen Typen von Dokumenten sich Hinweise erschließen lassen über einen je zeittypischen „allgemeinen“ Stand des Wissens, aus dem sich – mit der gebotenen Vorsicht – auf die Praxis der Bodennutzung schließen läßt.

Summary

The author is currently working on a project about the history of knowledge about soils in Europe from Antiquity to the 19th century. The project focuses on the agricultural use of soils. Studying learned treatises or scientific works cannot answer the question of how soils were used in practice. Examples of a variety of historical sources show the breadth of material from which information about a „general“ level of knowledge can be drawn. From such information one can – albeit cautiously – draw conclusions about the practice of soil uses

1. Einleitung

Umweltgeschichte beschäftigt sich mit den Wechselwirkungen zwischen Natur und Kultur in der Vergangenheit. Dabei werden sowohl die historischen Umweltbedingungen als auch die Wahrnehmung dieser Bedingungen, die die Voraussetzung menschlicher Handlungen ist, untersucht, wie etwa in HERRMANN (1996) oder WINIWARTER (2000) ausgeführt.

Das Projekt „Precious dirt underfoot: A History of Soil Knowledge“ beschäftigt sich mit der Wahrnehmung von Böden als einem wichtigen Teil der Umwelt. Die Geschichte der Nutzung der Böden muß eine Geschichte der Wahrnehmungen, Interpretationen und Programme, von denen diese Nutzung angeleitet wird, umfassen. Eine solche Geschichte ist nicht als Geschichte der Bodenwissenschaft zu erzählen, wie sie in guten Überblicken etwa bei WILD (1988) oder BLUME (2003) zu finden sind, sondern muß gesellschaftliche Kontexte des Bodenwissens mit einbeziehen.

Damit wird der Umfang und die Verbreitung von Bodenwissen in den Agrargesellschaften Europas vor der Industrialisierung erst sichtbar.

Jenes Wissen über Böden, das in Texten und Bildern niedergelegt ist, kann mit den Methoden der Geschichtswissenschaft untersucht werden. Um ein Gesamtbild der Nutzungsgeschichte zu erhalten, sind auch archäologische Befunde, insbesondere Bearbeitungsspuren im Gelände und Funde von Geräten der Bodenbearbeitung heranzuziehen, wie dies etwa von DIXON (1994) für Schottland oder für die ältesten erhaltenen Pflüge Europas von FORNI (1990) unternommen wurde. Das Studium der Flurformen und Feldbausysteme, wie es die historische (Agrar-)geographie betreibt, trägt ebenfalls wesentlich zu einem solchen Bild bei; exemplarisch sei hierzu auf die Einführung von BECKER (1998) verwiesen. Die Untersuchung von Erosionsvorgängen in historischer Zeit, wie sie von BORK et al. (1998) in beispielhafter Weise beschrieben wurde, ist für ein Gesamtbild ebenso wichtig.

Die folgenden Ausführungen beschäftigen sich ausschließlich mit dem historischen Teil einer solchen Gesamtdarstellung. Ausgehend von früheren Arbeiten der Autorin zur antiken und späteren Agrarliteratur, WINIWARDER (1999, 2000, 2002), soll in der Folge exemplarisch dargestellt werden, wo und wie Wissen über Böden vorhanden war. Dabei darf nicht außer Acht gelassen werden, daß die Entscheidung, Wissen schriftlich niederzulegen, immer mit bestimmter Absicht geschieht. Diese Absicht ist bei der Interpretation mit einzubeziehen. Dies läßt sich in pointierter Weise zu einer Frage zusammenfassen: Wann wurde wo von wem mit welchen Zielen und Absichten welcher Umgang mit dem Boden dokumentiert?

Die solcherart zu befragenden Zeugnisse müssen in ihrem jeweiligen Kontext betrachtet werden. Sie sind etwa eingebunden in wissenschaftliche Kontexte, die sich von der römischen Antike bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts wesentlich verändern. Die antike Humor- (Säfte)-lehre ist als Grundlage einer wissenschaftlichen Systematik von Böden völlig verschieden vom darwinistischen Evolutionsmodell. Aber auch innerhalb der Wissenschaften gibt es zu jeder Zeit große Unterschiede zwischen Lehrbuch- und „Zeitschriftenwissen“ (vgl. hierzu FLECK 1935). Wir haben es mit einem Geflecht von Texten zu tun, die aufeinander und zu anderen Texten (etwa zur Bibel) Bezug nehmen. Dabei werden auch Irrtümer tradiert. Bodenwissen ist aber auch eingebunden in Praxiskontexte, die sich ebenfalls entscheidend verändern, von der feudalen Landwirtschaft zum marktwirtschaftlich geführten Großbetrieb. Die medialen Kontexte dürfen nicht vernachlässigt werden. Man wird nicht umhin kommen, die Verfügbarkeit von Beschreibstoffen und Verbreitungswegen, Fragen der Rezeption (unter anderem hinsichtlich der Sprache), sowie die zeit- und ortsspezifisch bevorzugte Organisationsform von Wissen, ebenso zeit- und ortsspezifische Darstellungsgewohnheiten und Eigenheiten der Autoren bei der Interpretation zu berücksichtigen. Die Quellenlage wird unübersichtlich, die Suche aber besonders lohnend, wenn schlußendlich auch lebensweltliche Kontexte berücksichtigt werden sollen, wie sie sich in Rechtsvorschriften, Glaubensvorstellungen, und – soweit uns

dieses zugänglich ist – im Alltagshandeln widerspiegeln. All diese kann im Folgenden nur exemplarisch angedeutet werden.

2. Bodenwissen als Allgemeingut

In Agrargesellschaften war die Landwirtschaft ökonomisch und lebensweltlich dominanter als wir uns dies heute vorstellen können. Dies gilt insbesondere für Antike und Mittelalter. Selbst der abgehobenste Gelehrte wußte im Mittelalter sehr viel von der Landwirtschaft. Priester schöpften Metaphern für die Unterweisung ihrer Pfarrkinder aus landwirtschaftlichen Zusammenhängen, eine Form der Darstellung, wie sie auch in der Bibel zu finden ist, sowohl im alten (vgl. etwa Psalm 65, Hiob 31, 38-40) als auch im Neuen Testament. Z. B. Mt 13,3-9, Lk 8, 4-9 und Mk 4, 3-9, verwenden alle drei den Unterschied zwischen dem Säen auf fruchtbare, gute Erde und dem auf Steine oder ins Dornengestrüpp als Metapher für die Wirkung des Wortes Gottes auf eine empfängliche bzw. eine unempfangliche Seele. Unkraut wird in auch Mt 13:24-31 und in Is 10:4 als Metapher benützt.

Ein Großteil der Bevölkerung arbeitete in der Landwirtschaft, und auch viele Mönche, die im Mittelalter die wichtigsten Produzenten von Texten waren, mußten sich im Rahmen ihrer Arbeit mit dem Boden auseinandersetzen. Zumindest mußten sie imstande sein, einen landwirtschaftlichen Betrieb – und Klöster sind auch als solche anzusehen – ökonomisch erfolgreich zu führen. Landwirtschaftliches Wissen war in gewisser Hinsicht vollkommen selbstverständlich, in spezieller Form jedenfalls hoch geschätzt. Um mit einem Beispiel aus der Antike zu beginnen, Plinius der Jüngere, römischer Rhetor, Staatsbeamter und Schriftsteller, wurde von seinem naturwissenschaftlich interessierten Onkel, Plinius dem Älteren, erzogen. Der Neffe hat in seinen Briefen ein anschauliches Bild des Lebens im ersten nachchristlichen Jahrhundert hinterlassen. Im 23. Brief schreibt er über den Garten einer *villa*, daß dieser hauptsächlich mit Feigen und Maulbeerbäumen bepflanzt sei, für die die vorhandene Erde so gut sei, wie sie für alles andere unbrauchbar sei. Im 34. Brief geht er darauf ein, daß eine ursprünglich fruchtbare Erde durch nachlässige Behandlung in einen sehr schlechten Zustand geraten sei (Text bei KASTEN (1982)). Daraus ist zu ersehen, daß für Plinius – der als typisch für die gebildete Oberschicht der römischen Kaiserzeit gelten darf – Wissen über Bodenarten und ihre Eignung für Pflanzen sowie die Notwendigkeit der Bodenpflege recht selbstverständlich war.

Zwischen der heidnischen Antike und dem christlichen Mittelalter ist auf dem Gebiet landwirtschaftlicher Kenntnisse kein Bruch festzustellen. Dies drückt sich schon im Bibelkommentar des Hieronymus (350-420) aus. Geboren in Dalmatien, bereiste er den Nahen Osten und lebte danach in Trier und Rom. Wir haben es mit einem weitgereisten, hochgebildeten Mann zu tun, der die antike Literatur ebenso las wie die

heiligen Schriften. In seinem Kommentar zu Jesaja 14, 22-23 verwendet er bodenbezogene Vokabel, die nicht in der Bibel enthalten sind, um die Bibelstelle, um die es ihm geht, zu erklären. Der Bibeltext (Vulgata) spricht von einem wässrigen Sumpf: *et consurgam super eos dicit Dominus exercituum et perdam Babylonis nomen et reliquias et germen et progeniem ait Dominus et ponam eam in possessionem ericii et in **paludes aquarum** et scopabo eam in scopa terens dicit Dominus exercituum* (Ich will mich gegen Babel erheben - Spruch des Herrn der Heere -, mit Stumpf und Stiel will ich seinen Namen und Samen vernichten - Spruch des Herrn. Ich mache es zum Platz für die Eulen und zu einem sumpfigen Teich, mit meinem vernichtenden Besen fege ich es hinweg - Spruch des Herrn der Heere (Einheitsübersetzung).

Hieronymus hebt in seinem Kommentar hervor, daß es sich nicht um bewässertes Ackerland handelt, sondern um schlammige und lehmige Stellen, in denen sich Tiere wohlfühlen: *tales habitatores habet babylon deserta uirtutibus, **ubi non est ager irriguus, qui afferat fructus diuersorum seminum, sed paludes infertiles, et limosae ac lutosae, in quibus caeno gaudentia reptant animalia.*** (ADRIAEN (1963)).

Dies ist in zweifacher Hinsicht bemerkenswert: Einerseits können wir aus dem Kommentar entnehmen, daß Hieronymus es für nützlich erachtete, den Kontrast zu einem bewässerten Acker zu betonen. Er muß also angenommen haben, daß den Lesern seines Kommentars ein solcher Acker bekannt war. Die beiden Begriffe, mit denen er den Sumpf beschreibt, *limosus* und *lutosus*, sind beide nicht in der Bibel selbst zu finden. Hieronymus bedient sich hier eines Fachvokabulars, das er aus der antiken Literatur entnommen haben könnte, oder das ihm alltäglich geläufig war und von dem er annehmen mußte, daß es Erklärungswert besäße. Beides macht deutlich, daß wir für die Spätantike eine differenzierte Wahrnehmung und Nutzung von Böden annehmen dürfen.

Aus einer etwas jüngeren byzantinischen Heiligenvita (einer Lebensbeschreibung) ist uns ein Bericht über Erosion überliefert. Der heilige Theodor von Sykeon lebte von 540-613. Er wirkte in Kleinasien, in einem Kloster nahe des Dorfes Sykeon, von dem er seinen Beinamen hat. Die Ackerflächen dieses Dorfs waren durch Erosion durch den Fluß Siberis (heute Kirmir, Türkei) gefährdet, wie aus der Wundererzählung zu entnehmen ist. Der Fluß nahm nach und nach einen Gutteil der Erde mit, und unterspülte das Ackerland. Der Heilige bewirkte im Vertrauen auf Gott ein Wunder, indem er den Flußlauf veränderte, so daß die Felder nicht mehr gefährdet waren. Diese Wundererzählung ist in englischer Übersetzung durch DAWES (1948) greifbar. Sie ist durchaus glaubwürdig, was die Erosion angeht, weil Wunder immer in einen Alltagskontext eingebettet wurden, um sich von diesem in eben – wunderbarer Weise – abzuheben.

Auch zur Frage der Düngung liegen uns abseits der Fachliteratur Quellen vor. Der Bericht über das Leben des englischen Abtes Samson, Vorsteher der Abtei Bury St. Edmunds (Suffolk, UK), der in der sog. *Cronica Jocelini 1173-1202* überliefert ist, führt diesbezüglich deutlich aus, daß Dünger einen ökonomischen Wert repräsen-

tierte (Text und Übers. bei BUTLER (1949)). Der Berichterstatter erzählt, daß der Cellerar, ein Amtsträger im Kloster, der mit der Wirtschaftsführung und Versorgung betraut war, gewöhnt war, den Dünger aus allen Straßen für sich zu nehmen. Ausgenommen davon war der Mist derer, die Land einer bestimmten Rechtsform selbst bewirtschafteten, sie allein durften ihren Mist behalten. Unter dem Vorgänger des Abtes sei diese Gewohnheit in Vergessenheit geraten, bis Dionisius und Roger de Ingham als Cellerare versucht hätten, sie wieder einzuführen. Ihr Versuch, den Bürgern ihre Mistkarren abzunehmen, sei ohne Erfolg geblieben, und so hätte zur Zeit des Abtes Samson jeder den Mist auf seinem Hof für eigene Zwecke gesammelt, wobei die Armen ihn verkauft hätten. Eine englische Übersetzung ist auch bei GREENWAY (1989) greifbar. Solche Wertschätzung und auch der Konflikt um den Dünger ist kein Einzelfall, wie KING (1992) mit der Auswertung von Testamenten des 17. Jahrhunderts zeigen konnte, in denen Dunghaufen als Teil der Erbmasse bewertet wurden.

3. Schluß

Aus dieser Auswahl von nicht zur Vermittlung agrarischen Wissens verfaßten Quellen zu Düngung, Erosion und zu Vorstellungen davon, daß Böden und Pflanzen zusammenpassen müssen, läßt sich erkennen, daß Bodenwissen eine bedeutende Stellung innerhalb der Vorstellungswelt der gebildeten Menschen in Antike und Mittelalter hatte. Auf die sehr umfängliche Fachliteratur sei hier nochmals verwiesen. Landwirtschaftliche Fachliteratur findet sich in Antike und in der frühen Neuzeit, während derartiges Fachwissen im Mittelalter in den verschiedensten Enzyklopädien verarbeitet wurde. Neben den Übersetzungen antiker Werke stand in diesen umfangreiches Fachwissen zur Verfügung.

Auch Francis Bacon (1561-1626) hat in seiner Utopie Neu-Atlantis dem Zustand des Bodens Aufmerksamkeit geschenkt. An diesem utopischen Ort gibt es viele verschiedene Komposte und Dünger, um die Erde fruchtbar zu machen. Bemerkenswerterweise wird die Fruchtbarkeit der Erde bis in die Utopie hinein als prekär wahrgenommen, das utopische ist ihre Wiederherstellbarkeit durch menschliches Zutun, BACON (1982).

Die Geschichte des Wissens ist immer eine Geschichte der (auch hartnäckigen) Irrtümer. Carl von Linné sieht sich noch 1739 veranlaßt, in einer Schrift, in der er die für verschiedene natürliche Bedingungen geeigneten Gartenpflanzen diskutiert, einer bereits in der Antike verbreiteten Meinung über die Interaktion Pflanze-Boden entgegenzutreten: *Die Verwandlung der verschiedenen Gattungen des Erdreichs, so überhaupt geglaubet wird, ist durchaus erdichtet. Man sagt, daß in magerem und ausgemergeltem Boden, der Weize zu Rocken, der Rocken zu Gerste, die Gerste zu Haber, dieser aber zu Unkraute wird; welches aber so wohl allen wohlgeprüften Untersuchungen als der Ver-*

nunft und Zergliederungskunst zu wider läuft. (LINNÉ (1739)). Eine lineare Geschichte der Mehrung von Wissen ist nur als ex-post Konstruktion schreibbar, in der jeweiligen Gegenwart sind Irrtum und später als Wahrheit erkannte Varianten des Wissens zunächst gleichberechtigt. Auch dies ist an der Geschichte des Bodenwissens zu lernen.

Wundererzählungen aus Heiligenleben, Lebensbeschreibungen von Äbten und Bischöfen, Bibelkommentare und die Briefe eines antiken Weltbürgers sind Beispiele für jene Arten von historischen, textlichen Quellen, aus denen auf den Umgang mit Böden in Antike und Mittelalter geschlossen werden kann. Die hier präsentierten Stellen umfassen mehr als ein Jahrtausend und sind geographisch von Kleinasien bis England verteilt. Ihre Auswahl erfolgte nach thematischen wie auch geographischen Gesichtspunkten und kann nicht mehr zeigen als die Spitze eines Eisbergs. Daß der Umgang mit dem Boden sehr viel mehr Niederschlag in Texten gefunden hat, als bislang bekannt war, läßt sich aber bereits mit dieser exemplarischen Betrachtung zeigen.

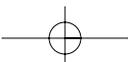
Danksagung

Dieser Aufsatz entstand im Rahmen eines von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften finanzierten APART-Stipendiums, das am Institut für Bodenforschung der Universität für Bodenkultur sowie an der Abteilung für Kultur- und Wissenschaftsanalyse der Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung der Universität Klagenfurt von 2003-2006 durchgeführt wird. Diesen drei Institutionen gilt mein herzlicher Dank.

Literatur

- ADRIAEN, Marcus, (Hg.), S. HIERONYMI presbyteri opera pars I/2, Commentariorum in Esaiam libri I-XI (=Corpus Christianorum Series Latina LXXIII, Turnhout 1963).
- BACON, Francis, Neu-Atlantis. [1624] (Ditzingen 1982).
- BECKER, Hans, Allgemeine Historische Agrargeographie. (= Teubners Studienbücher der Geographie (Stuttgart 1998)).
- BLUME, Hans-Peter, Die Wurzeln der Bodenkunde. In: HORN, Rainer; BLUME, Hans-Peter; FELIX-HENNINGSEN, Peter; FISCHER, Walter; FREDE, Hans-Georg; STAHR, Karl (Hg.), Handbuch der Bodenkunde 15. Ergänzungslieferung (Landsberg/Lech 2003) 1-30.
- BORK, Hans-Rudolf; BORK, Helga; DALCHOW, Claus et al., Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Wirkungen des Menschen auf Landschaften. (Stuttgart 1998).
- BUTLER, Harold E. (Hg.), Cronica Jocelini de Brakelonda de rebus gestis Samsonis Abbatis Monasterii Sancti Edmundi. The Chronicle of Jocelin of Brakelond concerning the acts of Samson Abbot of the Monastery of St Edmund. (Medieval Classics, Toronto, New York 1949).
- DAWES, Elizabeth (transl.), Three Byzantine Saints: Contemporary Biographies of St. Daniel the Stylite, St. Theodore of Sykeon and St. John the Almsgiver, mit einer Einleitung und Kommentar von Norman H. BAYNES (London 1948).

- DIXON, Piers, Field Systems, Rig and Other Cultivation Remains in Scotland: The Field Evidence. In: FOSTER, Sally; SMOUT, T. Chris (Hg.), *The History of Soils and Field Systems*. (Aberdeen 1994) 26-52.
- FLECK, Ludwik, Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. [1935] Mit einer Einleitung von Lothar Schäfer und Thomas Schnelle. Frankfurt a.M. 1980.
- FORNI Gaetano, *Gli albori dell'agricoltura. Origine ed evoluzione fino agli etruschi e italici*. (Rom 1990).
- GREENWAY, Diana; SAYERS, Jane (Hg.), *Jocelin of Brakelond, Chronicle of the Abbey of Bury St Edmunds*. (Oxford World's Classics, Oxford 1989).
- HERRMANN, Bernd, Umweltgeschichte als Integration von Natur- und Kulturwissenschaften. In: BAYERL, Günter; FUCHSLOCH, Norman; MEYER, Torsten (Hg.), *Umweltgeschichte - Methoden, Themen, Potentiale. Tagung des Hamburger Arbeitskreises für Umweltgeschichte, Hamburg 1994*. (= Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt Bd. 1, Münster, New York, München, Berlin 1996) 21-30.
- KASTEN, Helmut (Hg.), *Plinius der Jüngere, Briefe. Epistularum libri decem. Lat./Dt.* (= Sammlung Tusculum, München, Zürich 5. Auflage 1984).
- KING, Walter, How High Is Too High? Disposing of Dung in Seventeenth-Century Prescot. In: *Sixteenth Century Journal* 23/3 (1992) 443-457.
- LINNÄUS, Carl, Von Pflanzung der Gewächse, wie solche auf die Natur gegründet ist. In: *Der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften neue Abhandlungen aus der Naturlehre, Haushaltung und Mechanik. Bd. 1* (Leipzig 1739) 3-26.
- WILD, Alan (Hg.), *RUSSELL'S Soil Conditions and Plant Growth*. (New York, 11. Auflage 1988).
- WINIWARTER, Verena, Böden in Agrargesellschaften: Wahrnehmung, Behandlung und Theorie von Cato bis Palladius. In: SIEFERLE, Rolf Peter; BREUNINGER, Helga, *Natur-Bilder. Wahrnehmungen von Natur und Umwelt in der Geschichte*. (Frankfurt a.M., New York 1999) 181-222.
- WINIWARTER, Verena, Soils in ancient Roman agriculture: analytical approaches to invisible properties. In: NOVOTNY, Helga; WEISS, Martina (Hg.), *Shifting boundaries of the real: making the invisible visible*. (Zürich 2000) 137-156.
- WINIWARTER, Verena, Zwischen Gesellschaft und Natur. Aufgaben und Leistungen der Umweltgeschichte. In: BRUCKMÜLLER, Ernst; WINIWARTER, Verena, *Umweltgeschichte. Zum historischen Verhältnis von Gesellschaft und Natur*. (= Schriften des Institutes für Österreichkunde Bd. 63, Wien 2000) 6-20.
- WINIWARTER, Verena, Landwirtschaftliches Wissen vom Boden. Zur Geschichte der Konzepte eines praktischen Umgangs mit der Erde. In: *Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland* (Hg.), *Wissenschaftliche Redaktion: BUSCH, Bernd, Erde*, (=Elemente des Naturhaushalts III, Schriftenreihe Forum Bd. 11, Köln 2002) 221-232.



Boden und Kunst - neue Wege der visuellen Kommunikation

Andreas VETTER und Gerd WESSOLEK

Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, FG Standortkunde Bodenschutz,
Salzufer 12, D-10587 Berlin

Einleitung

Seit der Industrialisierung und Verstädterung hat sich der Mensch zunehmend von der Natur und damit auch vom Boden entfremdet. Die Landschaft wird seit dieser Zeit zwar ästhetisch wahrgenommen, aber kaum noch in seiner elementaren Funktion für den Menschen. In der Kunst kann diese Entwicklung mit der Herausbildung der Landschaftsmalerei nachvollzogen werden; Boden selbst war bis in die Neuzeit hinein kein eigenständiges Thema, sondern war allenfalls Teil der LandArt Bewegung. Was macht heute den Boden - auch für Kunst - interessant und was hat in diesem Zusammenhang die Ästhetik des Bodens für eine Bedeutung? Boden ist zunächst einmal Grundlage für unser Dasein und unsere Existenz. Er ist der Grund auf dem wir stehen, leben und wirtschaften. Heute wissen wir, dass der Boden vielfältige ökologische Funktionen erfüllt und nicht zu vergessen: Boden lebt und ist Zeugnis unserer Zivilisation, unseres kulturellen Erbes und unserer Religionen (Bachmann, 2001). Dieser nur angedeuteten immensen Bedeutung steht ein sehr geringes Schutzbewusstsein gegenüber und gesamtgesellschaftlich ist überdies in den letzten Jahren eher eine Abnahme des ökologischen Bewusstseins und Interesse zu registrieren.

Wichtig erscheint uns, dem Boden neben seinem, unbestrittenen „ökologischen Stellenwert“ ein neues, zeitgemäßes „Image“ zu geben und dafür könnte in der Symbiose von Boden, Ästhetik und Kunst ein geeigneter Weg sein. Da viele ästhetische Qualitäten des Bodens unter der Bodenoberfläche liegen bzw. „schlummern“ und obendrein durch Vegetation oder Bebauung „versteckt“ sind, müssen wir zu neuen Hilfsmitteln greifen, um sie uns bildhaft ins Bewusstsein zu holen.

Das Interesse, über Ästhetik und Kunst (als Vehikel) einen anderen Zugang zu unseren Lebensgrundlagen zu finden, wird nach unseren Erfahrungen zunehmend größer. In diesem Beitrag werden Beispiele aufgezeigt, wie Boden, Kunst und Ästhetik miteinander verbunden werden können.

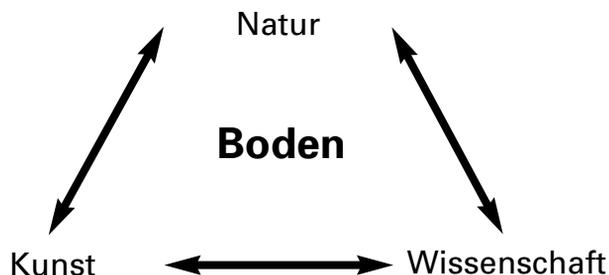
Wege zu einer ästhetischen Herangehensweise

Auf wissenschaftlicher Ebene galt es noch während der Romantik als ein Paradigma, Kunst und Naturwissenschaft nicht voneinander zu trennen. Diese Einheit spaltete sich jedoch schnell wieder auf und jede Richtung verfolgte ihren eigenen Weg. Als verspätetes Zeugnis jener Zeit lässt sich eine solche Verbindung auch im Werk des Malers Franz von Lenbach (1836-1904) finden. Aus seiner Biographie ist bekannt, dass er sich mit naturwissenschaftlichen Studien befasste. In seinem Bild „Knabe in der Sonne“ (1860) sitzt ein Junge an einer Böschungskante. Er ist das zentrale Motiv des Bildes. Jedoch fällt auf, dass fast die Hälfte des Bildes von einem Bodenprofil eingenommen wird. Dieses weist durch eine horizontale Bodendarstellung auf ein gezieltes naturwissenschaftliches Interesse. Hier fließen von Lenbach's Beobachtungen und das Interesse für den Aufbau eines Bodenkörpers in sein Werk ein. Der Kunstbetrachter erhält so ein viel differenzierteres Bild dieses Naturkörpers. Ein Beispiel dafür, wie naturwissenschaftliche Themen und Erkenntnisse in die Kunst einfließen können.

Bis zu dieser Zeit ist der Boden selbst nie eigenständiges Thema in der Kunst. Erst später mit der Auflösung der klassischen Kunstformen in die „Moderne“ zugunsten einer Aufsplitterung in viele neue Formen, wie „Environments“ oder das Verlassen der Galerien in der „LandArt“, konnte auch der Boden zum selbstständigen Thema, zum Mittelpunkt bzw. Anlass des künstlerischen Werkes werden. Künstler der LandArt stellten ihre Werke meist in die Landschaft, mit der sie in Wechselwirkung traten. Damit war die Landschaft ein wesentlicher Bestandteil des Werkes und Boden konnte an seinem natürlichen Lagerungsort in den Mittelpunkt gerückt werden. Insbesondere an diesen Werken lässt sich die Fragestellung untersuchen: Welche Bilder liefert die Kunst? Was sagt sie über den Boden aus?

Die Abb. 1 steht der Boden im Mittelpunkt der Auseinandersetzung mit der Natur. Der Weg führt dabei sowohl über die wissenschaftliche Funktionsbetrachtung des Bodens als auch über ästhetische Auseinandersetzung durch Kunst. Da der Mensch den Boden kaum wahrnimmt, hat er auch nur ein geringes Interesse, ihn zu schützen. An diesem Punkt kann die Ästhetik einsetzen und durch Kunst einen neuen Weg der Annäherung des Menschen an seine natürliche Umgebung aufzeigen. Einige Beispiele sollen uns das verdeutlichen.

Abb. 1:
Boden im Zentrum der
Auseinandersetzung aus Natur,
Kunst und Wissenschaft



Alan Sonfist setzt bei „Pool of Virgin Earth“ (1977) einen „Bodenpool“, d.h. ein kreisrundes, mit Muttererde gefülltes Hochbeet auf eine Halde für Chemieabfälle. Dieses Beet soll durch den Wind herangetragene Samen auffangen und der Wiedergeburt eines Waldes dienen. Das Stück Land soll dadurch in seinen ursprünglichen Zustand zurückgeführt werden. Der Boden wird als Teil der ökologischen Prozesse inszeniert. Es entsteht die Vorstellung von „Mutter Erde“, der lebensspendenden Kraft des Bodens. Selbst wenn die umgebende Landschaft durch menschliches Wirtschaften tot ist, kann wieder neues Leben initiiert werden. Es entsteht das Bild der sich selbst immer wieder regenerierenden Natur, der lebensspendenden Kraft der Erde. Dem anthropogen verursachten Vergehen wird wieder neues Werden gegenübergestellt. Viele andere Werke sind weniger ökologisch motiviert, einige wie „The New York Earthroom“ (1977) von Walter de Maria wurden in Galerien gesetzt. Der Künstler hat dafür Boden in einen Galerieraum bis auf Fensterhöhe aufgeschüttet und irritiert den Besucher, indem der Raum nun nicht mehr wie üblich betreten werden kann. Für den Betrachter wird hier vor allem die Materialität von Boden sichtbar, die Häufung ästhetisiert das Material (vgl. Hoormann 1996). Dadurch ist für ihn der Boden nicht einfach als Dreck assoziierbar, er wird in seiner Bedeutung angehoben, nicht nur materiell im Galerieraum sondern auch ideell.

Das bedeutet, hier wird als ein Merkmal der Gegenwartskunst, ein Naturstoff selbst zur Kunst. Die künstlerische Idee wird nicht über die Formgebung umgesetzt, sondern das Material selbst wird arrangiert. Der Boden ist somit in seiner eigentlichen Gestalt, mit seinem ganz typischen Geruch erfahrbar, ein scheinbar nicht formbares, sondern nur aufschüttbares krümeliges Material.

Andere in den 70er Jahren von amerikanischen Künstlern in die Wüste Nevadas gesetzte Werke sind bis heute wieder verschwunden und verweisen damit auf den Erosionsprozess, dem der freiliegende Boden immer ausgesetzt ist.

Die vorangegangenen Ausführungen machen deutlich, dass die LandArt dazu beigetragen hat, Boden bildhaft zu vermitteln. Die Werke, die i.d.R. vor Ort in die Landschaft gebaut wurden, führen den Betrachter (wenn auch nur mental über Fotografien) zu dem Ort, wo Erde unverdeckt vorkommt und lenken den Blick auf das Material unter unseren Füßen. Auch wenn die Künstler nicht primär Erde vermitteln wollten, so waren die Skulpturen doch auf den Boden gelegt oder in die Oberfläche „geschnitten“, und setzten sich daher mit dem Material Boden auseinander. Da die Natur an den Werken der LandArt arbeitet und diese meist nur von kurzer Dauer sind, kommt dem Prozesshaften (des Vergehens) eine besondere Bedeutung zu. Häufig ist der Entstehungsprozess bei LandArt-Projekten besonders wichtig. Er wurde mit Hilfe von Fotos oder Filmen festgehalten. Prozesshaft läuft auch das Geschehen in der Natur ab. So wird z.B. Erosion erst wahrgenommen, weil der ursprüngliche Zustand des Werkes noch erahnbar oder dokumentiert ist. Auch die zeitliche Dimension dieses Vorgangs wird erfassbar. Kunst bietet somit eine Möglichkeit, die Entfremdung des Menschen von der Natur zu verringern.

Kunstwerke sind nicht die einzige Möglichkeit der ästhetischen Auseinandersetzung und Vermittlung von Boden. Die Ästhetik im hier verwendeten Sinne versteht sich als die Schaffung eines Bilderreichtums zu den unterschiedlichen Facetten dieses Naturkörpers. Weltweit gesehen gibt es sehr viele Ansätze eines ästhetischen Umgangs mit Boden. Für didaktische Zwecke wurde in den Niederlanden das Museonder entwickelt, ein Museum, integriert in den Nationalpark „De Hoge Veluwe“, das man in den Boden gebaut hat. Hier wurde neben der wissenschaftlichen Aufbereitung der Ausstellung zudem durch künstlerische Installationen z.B. auf die Verknüpfung Boden- und Außenwelt aufmerksam gemacht. Ebenso gibt es in der Architektur Möglichkeiten, auf den Boden als natürliche Lagerungsstätte von Baumaterialien zurückzugreifen. Der Architekt Martin Rauch entwickelte die traditionelle Lehmbauweise in zeitgemäßer Form weiter. In Berlin errichtete er die „Kapelle der Versöhnung“, deren Innenraum durch eine in annähernd ovaler Grundrissform gebaute Stampflehmwand gebildet wird.

Die Nutzung der audio-visuellen Medien eröffnet ein unerschöpfliches Feld der Vermittlung von Boden. Beispiel dafür ist der Dokumentarfilm „Memory of the Soil“ der japanischen Regisseurin Shiozaki Toshiko über die Konzeptkünstler Koichi und Kazuko. Sie möchte die Schönheit des Bodens zwischen den Füßen visualisieren. Dabei soll der Zuschauer fasziniert werden von der langen Erinnerung des Bodens, seinen Spuren von Leben und Kultur und der Unzahl von Farben und Texturen. Ein nächstes Beispiel aus dem Medium Internet ist die sehr interessante Ausstellung über den Boden als virtueller Museumsrundgang im Chicagoer Field Museum (USA). An einzelnen Stationen kann man Kurzfilme und erläuternde Informationen zu speziellen Bodenthememen, wie z.B. Bodenlebewesen, gesondert abrufen (vgl. The Field Museum 2004).

Ansätze gibt es demnach viele. Eine Vision ist es, vor Ort die Ideen im Sinne einer Bündelung „zusammen zu ziehen“ und damit eine möglichst breite Initiative zu entwickeln, den Boden ästhetisch aufzubereiten und der Bevölkerung auf diesem Weg nahe zu bringen. Aus dieser Überlegung leitet sich der nachfolgende Vorschlag ab, einen Boden-Park zu entwickeln, damit wäre der Boden auch ein Thema für die Landschaftskunst und Landschaftsarchitektur.

Ein Vorschlag: Der Boden-Park als integratives Konzept

Schon in den Zen-Gärten waren Steine, Erden und Kiese ein wesentliches Gestaltungselement. Diese Materialien sind auch heute noch mit bedeutsamen Metaphern aufgeladen. Sand und Kies verkörpern den Zen-Zustand des „Nicht-Denkens“ und stellen somit den leeren Geist dar. Wird Sand in Wirbeln und Schwüngen geharkt, symbolisiert er zusätzlich sanft plätscherndes Wasser und die unendliche Weite des Meeres. Folgende Frage könnte sich stellen: Wieso und wie kann ein Boden-Park den Boden in unserem kulturellen Kontext vermitteln? Der hier vorgestellte Ansatz

gründet sich auf einer interdisziplinären Annäherung an den Naturkörper Boden und in der Vermittlung ästhetischer „Bodenwerte“ in der Bevölkerung (Vetter, 2003). Aus diesen Aspekten konkretisiert sich die Frage im folgenden Sinne: Wie kann ich verschiedene Medien der ästhetischen Bodenvermittlung bündeln und vor allem wo kann ich damit die Öffentlichkeit erreichen?

Ein Park ist öffentlicher Raum; er wird zur Erholung genutzt und ist besonders in der Stadt stark frequentiert. Die Grundhaltung der meisten Parkbesucher ist entspannt. Welcher Ort ist günstiger für eine sinnliche Heranführung an den Boden? Zusätzlich lassen sich in einem Park sehr unterschiedliche Räume integrieren, die eine große Vielfalt der Bodendarstellung erlauben. So kann es weite landschaftliche Bereiche geben, die den Boden naturnah visualisieren. In einem Park kann es aber auch Plätze geben, an denen der Boden in einen „künstlicheren“ oder auch „städtischeren“ Kontext gestellt wird. Wird der Park mit architektonischen Elementen bereichert, so kann eine Ausstellungshalle der Boden-Kunst eine Plattform sein. Dieser Raum kann Veranstaltungsort für bodenrelevante Vorträge und Ausstellungen sein. Erweitert durch Internetangebote lässt sich daraus ein Erlebnisort für Schulkinder weiterentwickeln. Der Park kann jede Altersgruppe integrieren; vor allem dann, wenn die vorgestellten Bereiche Architektur, Kunst, Film, Internet und Bildung einbezogen werden und in ein Gesamtkonzept einfließen.

Dabei müssen der Phantasie keine Grenzen gesetzt werden. Die große Farbpalette von Böden sollte sich bei der Auswahl der Wegbeläge widerspiegeln, Bodenprofile können am Wegrand inszeniert oder in Plastikzylindern scheinbar aus dem Boden gezogen werden. Spiel- und Sitzmöglichkeiten können mit Stampflehmwänden gebaut werden, auch nicht sichtbare Eigenschaften des Bodens sind erlebbar. Eine Idee dafür wären kreisrunde „akustische Bodenlöcher“, in denen man im Boden sitzend, verschiedenen Geräuschen lauschen kann, die das reiche Bodenleben, die Versickerung etc. symbolisieren.

Der Park als Gesamtkonzept innerhalb eines lebendigen Kontextes. Hier kann sich Wissenschaft und Kunst mit ihren Ergebnissen und Produkten präsentieren und gegenseitig befruchten. Der Park als eine Vision für Bodenöffentlichkeit - kein unrealistisches Ziel - wo bleibt er also?

Quellen

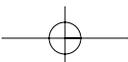
BACHMANN, G. Terra preciosa: Böden und ihre Wahrnehmung in Kunst und Kultur.

Internet: <http://www.bodenwelten.de/bodenframe.htm>. 2001.

HOORMANN, ANNE: Land-Art: Kunstprojekte zwischen Landschaft und öffentlichem Raum. Berlin. 1996.

THE FIELD MUSEUM: Underground Adventure, 2003. Internet: <http://www.fmnh.org/ua/default.htm>

VETTER, A. (2003): Ästhetik des Bodens: Entdeckung des Verborgenen. Diplomarbeit am Fachgebiet Standortkunde-Bodenschutz, Fakultät VII, Technische Universität Berlin.



Aufgaben für die Bodenforschung im 21. Jahrhundert

Martin H. GERZABEK

Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Institut für Bodenforschung, Universität für
Bodenkultur, Gregor-Mendel-Strasse 33, 1180 Wien; E-Mail: martin.gerzabek@boku.ac.at

Zusammenfassung

Die derzeitigen globalen Problemfelder, wie die Mangelversorgung zunehmender Bevölkerungsanteile in den Entwicklungsländern, Wasserknappheit, die Folgen des Klimawandels und die Verluste an Bodenressourcen lassen folgende Forschungsbereiche im Zusammenhang mit dem Boden in der Zukunft als besonders wichtig erscheinen: (i) Klimawandel – globaler Wandel, (ii) Boden und Ernährungssicherung – Ernährung der steigenden Weltbevölkerung, (iii) Boden und Gesundheit – sichere Lebensmittel, (iv) Gefährdung der Bodenressourcen, (v) globale Trinkwasserversorgung. Die sich daraus ergebenden Schwerpunkte in der zukünftigen bodenkundlichen Forschung werden sich vor allem auf die Frage der Skalenebenen und der Grenzflächen konzentrieren. Defizite im Forschungsbereich und den zur Verfügung stehenden Methoden sind derzeit im Maßstabbereich „Landschaft/Wassereinzugsgebiet/Feld“ einerseits und „mikroskopisch/ molekular/atomar“ auf der anderen Seite auszumachen. Auf molekularer Ebene sind es vor allem die molekularbiologischen Methoden, die Methoden der Computerchemie, die neuesten Techniken der Elektronenmikroskopie und Spektroskopie, die auf einen breiten Einsatz in der Bodenforschung warten.

Summary

The present global problems as the insufficient nutrition of increasing parts of the population in developing countries, scarcity of water, the impact of climate and landuse changes and the increasing losses of soil resources imply the following research areas related to soil science to be important in the future: (i) climate and landuse change, (ii) feeding the increasing world population, (iii) food security, (iv) endangering of soil resources and (v) global water supply for mankind. The major research questions in soil science in this connection will concentrate on scaling processes and interfaces in the soil matrix. Present deficits in research can be detected in the area of upscaling of laboratory results to the field/catchment/regional level on the one side and in the scarce use of methods on the microscopic/molecular/atomic scale. On the latter scales especially advanced methods of molecular biology, computational chemistry, electron microscopy and spectroscopy are waiting for broad applications.

1. Einleitung

Am Anfang einer Abhandlung mit dem hochtrabenden Titel „Aufgaben für die Bodenforschung im 21. Jahrhundert“ muss wohl die Frage gestellt werden, ob es darauf überhaupt derzeit eine befriedigende Antwort geben kann. Schon Karl

Valentin sagte einst, dass Prognosen etwas sehr schwieriges wären, insbesondere wenn sie die Zukunft betreffen. Der Autor bittet daher die vorliegende Abhandlung nur als beispielhafte, anekdotische Zusammenstellung von Ideen zu betrachten und nicht im Sinne einer umfassenden Darstellung, die schon a priori von einer Einzelperson nicht vorgelegt werden könnte.

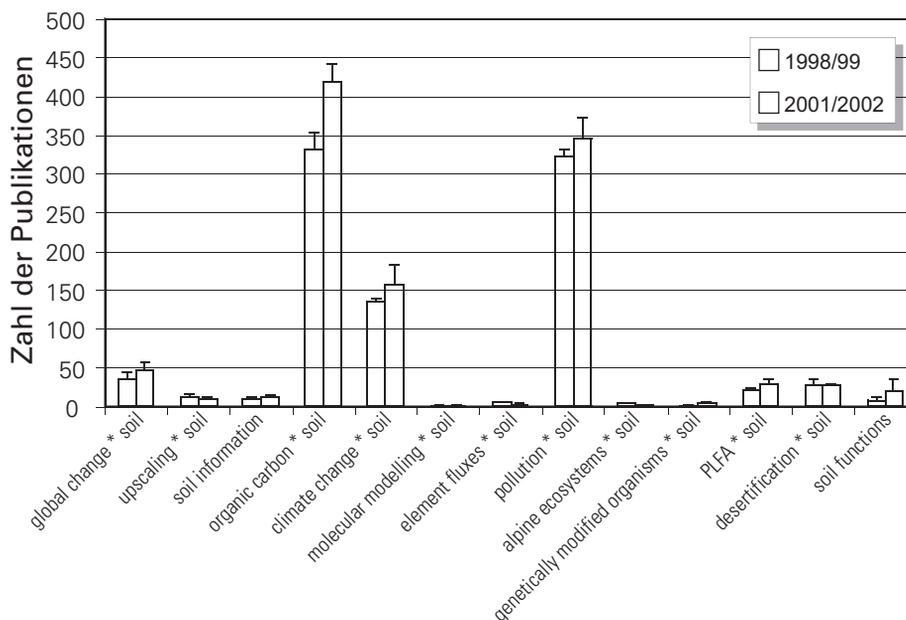


Abbildung 1:

Zahl von Publikationen, die bestimmte Begriffe im Titel, der Zusammenfassung, den Schlüsselwörtern enthalten. Vergleich der Jahre 1998/1999 und 2001/2002 aus den Current Contents Agriculture, Biology & Environmental Sciences (ABES); Mittelwerte und Standardabweichungen

2. Derzeitige Forschungsschwerpunkte und treibende Kräfte für zukünftige Themenbereiche

Betrachtet man die derzeitige Publikationstätigkeit der Bodenforscher international (Abbildung 1) so zeigen sich Steigerungen in der Anzahl der Publikationen auf den Gebieten der organischen Bodensubstanz, dem Gesamtkomplex der Klimafolgenforschung und des Schadstoffverhaltens im Boden, ausgehend von einem sehr hohen Niveau. Wesentliche Steigerungen – allerdings auf einem sehr niedrigen Niveau – sind bei Publikationen zum Thema „Bodenfunktionen“, „Phosphorlipidfettsäuren“ (als

Indikator für höher entwickelte bodenbiologische Methoden) und „Globaler Wandel“ festzustellen. Versuchen wir in die Zukunft zu projizieren, sind die genannten Themen sicherlich weiterhin von großer Bedeutung. Faktoren wie der Anstieg des Meeresspiegels, hohe CO₂-Emissionen in den Industrieländern und steigende Emissionen in Entwicklungsländern, Unterernährung eines steigenden Prozentsatzes der Weltbevölkerung, Anstieg der Krebsraten in den Entwicklungsländern (IAEA, 2003) und die rasante Versiegelung von Böden für Infrastrukturzwecke lassen folgende Themenbereiche, die nach Meinung etlicher Fachautoren (BLUM, 2002, URUSHADZE, 2002) in der Zukunft im Zusammenhang mit der Bodenforschung von Bedeutung sein werden, generell wichtig erscheinen (siehe auch Tabelle 1):

- Klimawandel – globaler Wandel
- Boden und Ernährungssicherung – Ernährung der steigenden Weltbevölkerung (TIAN et al., 2001)
- Boden und Gesundheit – sichere Lebensmittel
- Quantitative und qualitative Gefährdung der Bodenressourcen (LAL, 2000)
- Globale Trinkwasserversorgung

Tabelle 1:

Ein Versuch einer Bewertung von Wissens- und Umsetzungsdefiziten auf bodenkundlichen Themengebieten, die globale Problemfelder betreffen

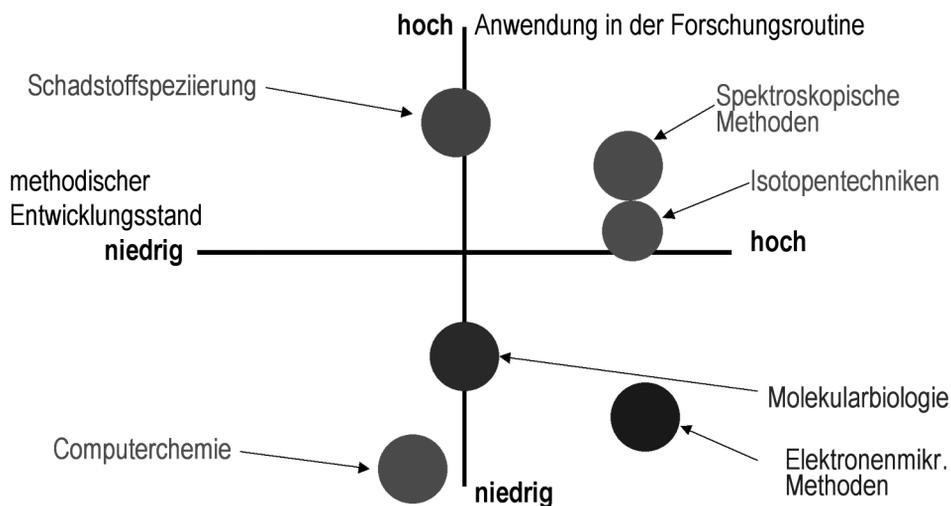
Themenbereich	Forschungsfelder	Wissensdefizit	Umsetzungsdefizit
Klimawandel / Globaler Wandel	Boden als Quelle und Senke von klimarelevanten Gasen	mittel	groß
Boden und Gesundheit	Transferprozesse und deren Beeinflussung	mittel/groß	mittel/groß
Gefährdung der Bodenressourcen	Desertifikation, Degradation, Erosion, Versiegelung, Abnahme der Biodiversität	gering/mittel	groß
Ernährung der Weltbevölkerung	Bodenmanagement / nachhaltige Bewirtschaftungssysteme; speziell für Tropen und Subtropen	gering	groß
Globale Trinkwasserversorgung	Bodenmanagement; Remediation kontaminierter Standorte	mittel/groß	groß

3. Forschungsschwerpunkte in der Zukunft

Ausgehend von den globalen Problemen werden sich die daraus ergebenden Schwerpunkte in der zukünftigen bodenkundlichen Forschung vor allem auf die Frage der Skalenebenen und der Grenzflächen (SPARKS, 2002) konzentrieren. Defizite im Forschungsbereich und den zur Verfügung stehenden Methoden sind derzeit im Maßstabsbereich „Landschaft/Wassereinzugsgebiet/Feld“ einerseits und „mikroskopisch/molekular/atomar“ auf der anderen Seite auszumachen. Auf makroskopischer Ebene sind es vor allem Methoden der Geostatistik und des Upscalings, des Remote Sensing, der globalen Modellierung und deren Verifikation oder in-situ Remediationstechniken für kontaminierte Standorte, die auf breite Anwendung und Weiterentwicklung warten. Auf molekularer Ebene sind es vor allem die molekularbiologischen Methoden, die Methoden der Computerchemie, die neuesten Techniken der Elektronenmikroskopie und Spektroskopie mit besonderer Berücksichtigung von in-situ Analysemethoden (SPARKS, 2001, 2002) und der Isotopenanwendung (GERZABEK et al., 2002), die auf einen breiten Einsatz in der Bodenforschung warten, wobei die ersten beiden genannten Methodengruppen durchaus auf dem rein methodischen Gebiet noch wesentliche Entwicklungspotenziale aufweisen (Abbildung 2). Andere Methoden, wie z.B. die Isotopentechniken sind in vielen Fällen schon sehr ausgereift, werden aber noch immer zu wenig in der breiten Forschungsroutine eingesetzt.

Abbildung 2:

Versuch einer Portfolioanalyse der zukunftssträchtigen mikroskopischen/ molekularen bodenkundlichen Methoden nach methodischem Entwicklungsstand und Anwendung in der Forschungsroutine

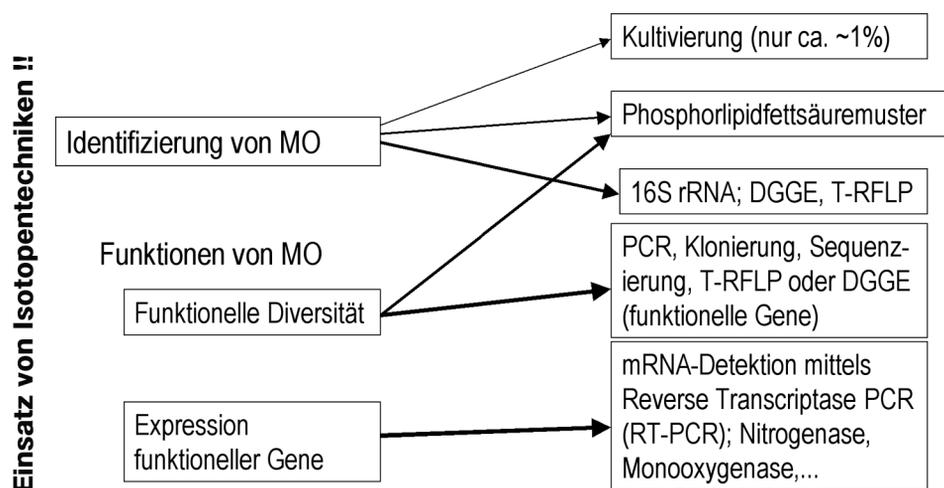


Die Bodenforschung sieht sich zunehmend zentral in den heutigen globalen Problemfeldern eingebunden. Die Bodenkunde selbst sollte den Weg der Öffnung für andere Wissenschaftsdisziplinen konsequent weitergehen und nach einer noch höheren Interdisziplinarität, ja Multidisziplinarität streben. Das Hauptziel der weiteren Entwicklung muss es sein, die Vorgänge und Prozesse im Boden im Detail, kausalanalytisch zu erfassen, die Prozesse systematisch zu modellieren und die Ergebnisse auf größere Skalenebenen zu transformieren. Dabei sollten die biologischen und biochemischen Prozesse im Vordergrund stehen. Gerade diese, im Prinzip fast alles bedingenden Prozesse lassen sich aufgrund der neuesten molekularen Methoden immer besser erfassen und beschreiben. Während man bei der Kultivierung von Bodenmikroorganismen von einem Anteil von lediglich 1% oder weniger ausgeht, eröffnen die molekularbiologische Methoden, wie insbesondere die Analyse des 16S-Gens der rRNA und der Phosphorlipidfettsäuremuster eine wesentlich weitere Dimension der Identifizierung. Polymerase Kettenreaktion, Klonierung, Sequenzierung und anschließende Analyse von terminalen Restriktionsfragmenten funktioneller Gene ermöglichen die Charakterisierung der funktionellen Diversität der Bodenmikroorganismen (Abbildung 3).

Ein weites Zukunftsfeld ist auch die Anwendung der Computerchemie in der bodenkundlichen Forschung, die sich erst sehr zögernd etabliert (GERZABEK et al., 2001). Gerade die Methoden der Computerchemie – vor allem wenn diese mit

Abbildung 3:

Bodenbiologische Methoden und deren Anwendungsbereiche (nach Kelly, 2003, ergänzt und modifiziert)

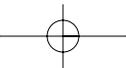


höchster Genauigkeit, also mittels sogenannter ab-initio Studien durchgeführt werden – haben das Potenzial prinzipielle Mechanismen und Prozesse der Interaktion von Stoffen im Boden aufzuzeigen und deren relative Bedeutung zu quantifizieren. Dabei ist anzumerken, dass in der jüngsten Vergangenheit grosse Fortschritte in der molekularen Beschreibung des komplexen Systems Boden gelungen sind. Es seien hier nur die Interaktion von Aluminium mit organischen Säuren aus Wurzelausscheidungen (z.B. TUNEGA et al., 2000), die Beschreibung von Austauschplätze an Tonmineraloberflächen (TUNEGA et al., 2002), der Einfluss der molekularen Eigenschaften von organischen Molekülen auf deren Adsorption (HABERHAUER et al., 2000), oder molekulardynamische Untersuchungen der Interaktion von Pestiziden und Tonmineraloberflächen (TUNEGA et al., 2004) erwähnt. Großes Potenzial ist von der Kopplung dieser Ansätze auf molekularer Ebene mit makroskopischen Adsorptions- und Transportmodellen in Richtung einer besseren Prognose des Umweltverhaltens von noch nicht untersuchten Substanzen zu erwarten. SPARKS (2001) sieht gerade auf dem Gebiet der Modellierung zur Vorhersage des Verhaltens, Transportes und der Mineralisierungs-/Metabolisierungsprozesse von Schadstoffen eine besondere Forschungspriorität.

Literatur:

- BLUM, W.E.H. (2002): The role of soils in sustaining society and the environment: realities and challenges for the 21st century. Transactions, Weltkongress der Bodenkunde, 14.-21. August 2002, Bangkok, Thailand, pp. 65-86.
- GERZABEK, M.H., A.J.A. AQUINO, G. HABERHAUER, D. TUNEGA and H. LISCHKA (2001): Molecular modelling - opportunities for soil research. Die Bodenkultur 52, 133-146.
- GERZABEK, M.H., G. HABERHAUER, A. KRENN and T. SHINONAGA (2002): Use of nuclear techniques in environmental and pollution studies. In: International Atomic Energy Agency (ed.): Nuclear techniques in integrated plant nutrient, water and soil management, C&S PapersSeries 11/P, IAEA, Vienna, pp. 253-267
- HABERHAUER, G., L. PFEIFFER and M.H. GERZABEK (2000): Investigation of molecular structure related sorption behaviour of phenoxyalkanoic acid - herbicides on agricultural soil and soil particle size fractions. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48, 3722-3727.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2003): A silent crisis: Cancer Treatment in Developing countries. IAEA/PI/A74 E/03-01531, Vienna, 16 p.
- KELLY, J.J. (2003): Molecular techniques for the analysis of soil microbial processes: functional gene analyses and the utility of DNA microarrays. Soil Science 168, 597-605.
- LAL, R. (2000): Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century. Soil Science 165, 191-207.
- SPARKS, D.L. (2001): Elucidating the fundamental chemistry of soils: Past and recent achievements and future frontiers. Geoderma 100, 303-319.
- SPARKS, D.L. (2002): It's about scale and interfaces: frontiers in basic soil science research. Transactions, Weltkongress der Bodenkunde, 14.-21. August 2002, Bangkok, Thailand, pp. 27-64.

-
- TIAN, G., F. ISHIDA, D. KEATINGE, R. CARSKY and J. WENDT: Sustaining soil fertility in West Afrika. SSSA Special Publication No. 58, Soil Science Society of America, Madison.
- TUNEGA, D., G. HABERHAUER, M.H. GERZABEK and H. LISCHKA (2000): Interaction of the acetate anion with the hydrated Al^{3+} cation - A theoretical study. J. Phys. Chem. A 104, 6824-6833.
- TUNEGA, D., G. HABERHAUER, M.H. GERZABEK and H. LISCHKA (2002): Theoretical study of adsorption sites on the (001) surfaces of 1:1 clay minerals. Langmuir 18, 139-147.
- TUNEGA, D., G. HABERHAUER, M.H. GERZABEK and H. LISCHKA (2004): Sorption of phenoxy-acetic acid herbicides on the kaolinite mineral surface – an ab initio molecular dynamics simulation. Soil Science 169, 44-54.
- URUSHADZE, T.F. (2002): Soils in space and time: realities and challenge for the 21st century. Transactions, Weltkongress der Bodenkunde, 14.-21. August 2002, Bangkok, Thailand, pp.1-23.



Abschätzung von Kohlenstoffvorräten in Waldböden aus Standortseigenschaften

Robert JANDL¹, Michael ENGLISCH¹,
Klaus KATZENSTEINER² & Rainer BARITZ³

¹Institut für Waldökologie und Boden, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald,
Seckendorff-Gudentweg 8, 1131 Wien

²Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Institut für Waldökologie,
Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Strasse 33, 1180 Wien;

³Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
B4.24 Informationsgrundlagen im Boden- und Umweltschutz,
Stilleweg 2, D-30566 Hannover

Zusammenfassung

Es wurde untersucht, ob aus den Standortdaten von Bodeninventuren Schätzfunktionen für den Kohlenstoffvorrat des Waldbodens abgeleitet werden können. Die durchgeführten Berechnungen ergaben, dass die Ansprache der Humusform im Gelände ist ein guter Prädiktor für die im Auflagehumus gespeicherten Kohlenstoffvorräte, die Schätzung von Kohlenstoffvorräten im Mineralboden aus Standortfaktoren alleine nicht zielführend ist.

Abstract

It was studied if Carbon pools of forest soil could be estimated by use of site data from soil inventories. While humus form assessments in the field proved to be a good predictor for Carbon pools in the litter layer, the estimates of Carbon pools in the mineral soil by site data alone showed poor results.

1. Einleitung

Die Werbung von Bodenproben und deren chemische Untersuchungen sind teuer. Besonders flächendeckende Erhebungen wie Bodenzustandsinventuren erfordern eine hohe Investitionsbereitschaft. Es ist nahe liegend, dass mittels Zusatzinformationen aus bereits vorliegenden Informationen der Aufwand künftiger Erhebungen gesenkt werden soll. Österreich ist wie die anderen Länder der europäischen Union verpflichtet, im Rahmen seiner Klimaberichte Bilanzen seiner Treibhausgasemissionen zu legen (BMLFUW, 2001). Die terrestrischen Ökosysteme tauschen mit der Atmosphäre große Mengen an CO₂ aus. Veränderungen in den Kohlenstoffvorräten der Wälder müssen dabei berücksichtigt werden. Die Rolle der oberirdischen Biomasse wird aus der Waldinventur (<http://bfw.ac.at/700/700.html>) abgeleitet, die Rolle

des Bodens ist weniger klar, da keine periodischen Erhebungen durchgeführt werden. Der Kohlenstoffvorrat eines Waldstandortes hängt von vielen Einflussfaktoren ab. Dazu zählen die Geologie, die Seehöhe, das Klima, die Hangneigung und -exposition, der Tongehalt, die Vegetation, die biologische Aktivität u. v. m.. Theoretisch müsste sich über diese Beziehungen der Humusvorrat von Waldböden modellieren bzw. über Regressionsfunktionen abschätzen lassen.

Im Rahmen des EU-Projekts CarboInvent (<http://iefs001.joanneum.at/carboinvent/index.html>) wird getestet, ob aus den Daten der nationalen Bodeninventur (Englisch *et al.*, 1992, WBZI) Schätzfunktionen für den Kohlenstoffvorrat des Waldbodens abgeleitet werden können, welche zu neuerlichen Bodenerhebungen ergänzend eingesetzt werden können.

2. Material und Methoden

In der vorliegenden Arbeit werden die 500 an einem regelmäßigen Raster angeordneten Punkte der WBZI nach Wuchsgebieten (siehe Abbildung 1), Substratklassen (Karbonat und Silikat), Bodentypen und Humusformen stratifiziert.

Im Datensatz der WBZI dominieren Böden aus der Braunerdegruppe und Moder als Humusform (Tabelle 1).

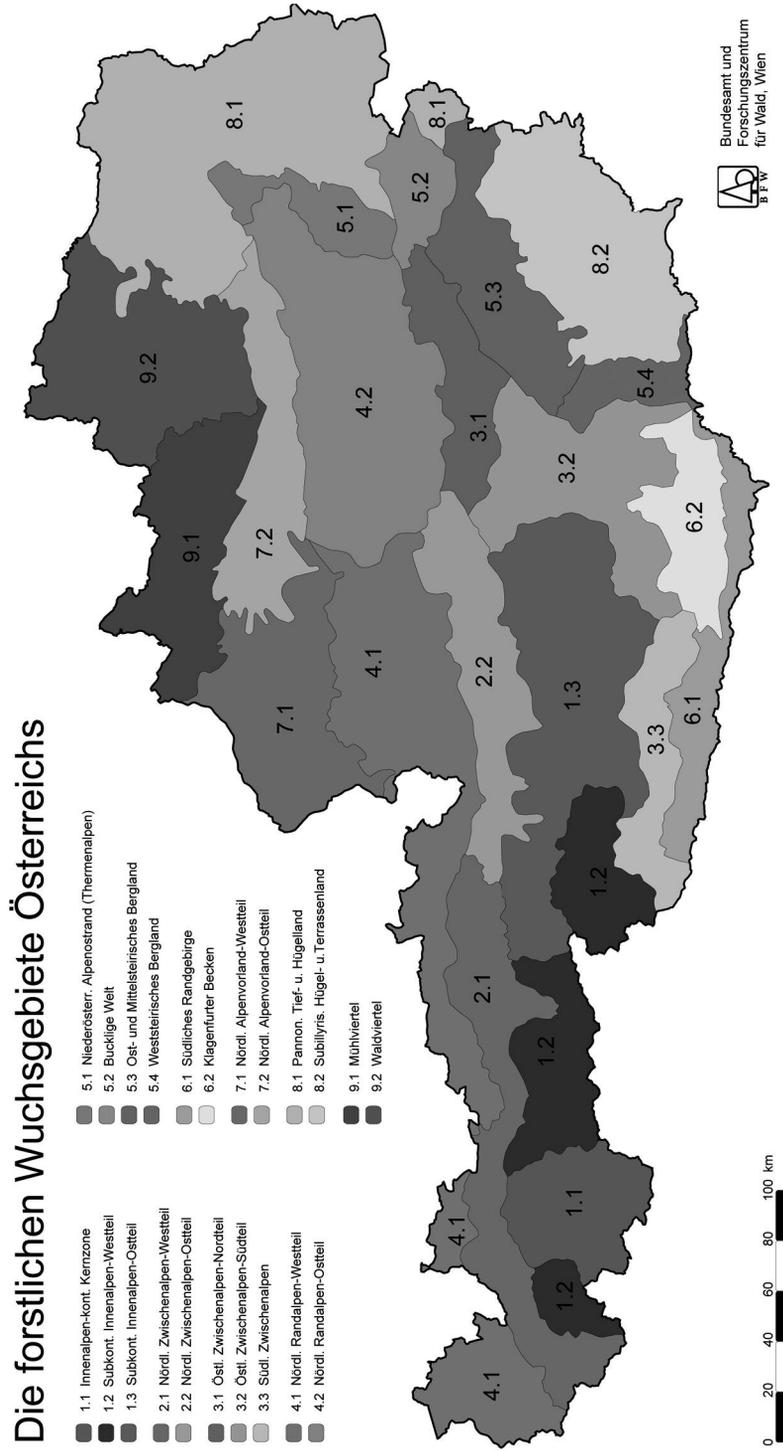
Tabelle 1: Verbreitung der Humus- und Bodentypen im Datensatz der WBZI.

Humustyp	n	Bodentyp	n
Rohhumus	43	Silikat-Rohböden+Ranker	10
Moder	346	Rendzina + Kalkbraunlehm-Rendzina	98
Mull	78	Kalkbraunlehm	53
		Braunerde	187
		Semipodol + Podsol	95
		Pseudogley	52

Da die Proben der WBZI nicht volumsgerecht geworben worden waren, wurden für die Berechnung der Kohlenstoffvorräte die Bodendichte, der Skelettgehalt des Bodens und der Kohlenstoffgehalt jedes Bodenhorizontes benötigt.

$$C\text{-Vorrat} = \rho \times \text{Tiefe} \times (1 - \text{Skelettgehalt}) \times C[\%] \quad (1)$$

Abbildung 1: Wachstumsgliederung des österreichischen Waldes (Kilian et al., 1994).



Der Kohlenstoffgehalt wurde im Labor nach ÖNORM L 1080 durch Verbrennung im O₂-Strom mittels Elementaranalysator ermittelt; bei karbonathaltigen Böden wurde der Karbonat-Kohlenstoff abgezogen. Der Skelettgehalt wurde im Gelände an der Profilwand angeschätzt. Die Bodendichte ρ korreliert in der Regel mit dem Humusgehalt und kann aus Schätzformeln abgeleitet werden. Für die Daten der WBZI wurde die Formel

$$\rho = 100 / (C/10 - 1.96/0.224) + ((100 - C/10 - 1.96)/1.4) \quad (2)$$

verwendet (Kay, 1997). Die Ergebnisse verschiedener Formeln weichen zwar voneinander ab, aber die formelbedingten Unterschiede sind häufig geringer als die Variabilität tatsächlich gemessener Bodendichten (Callesen *et al.*, 2003; Michalzik & Matzner, 1999).

Für die Standorte der WBZI ergeben sich die in Abbildung 2 dargestellten Häufigkeiten von Bodendichten.

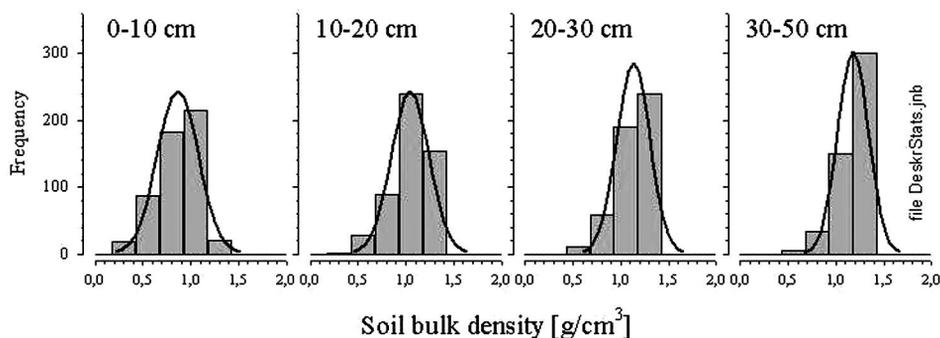


Abbildung 2: Berechnete Bodendichten für verschiedene Horizonte der Böden der WBZI.

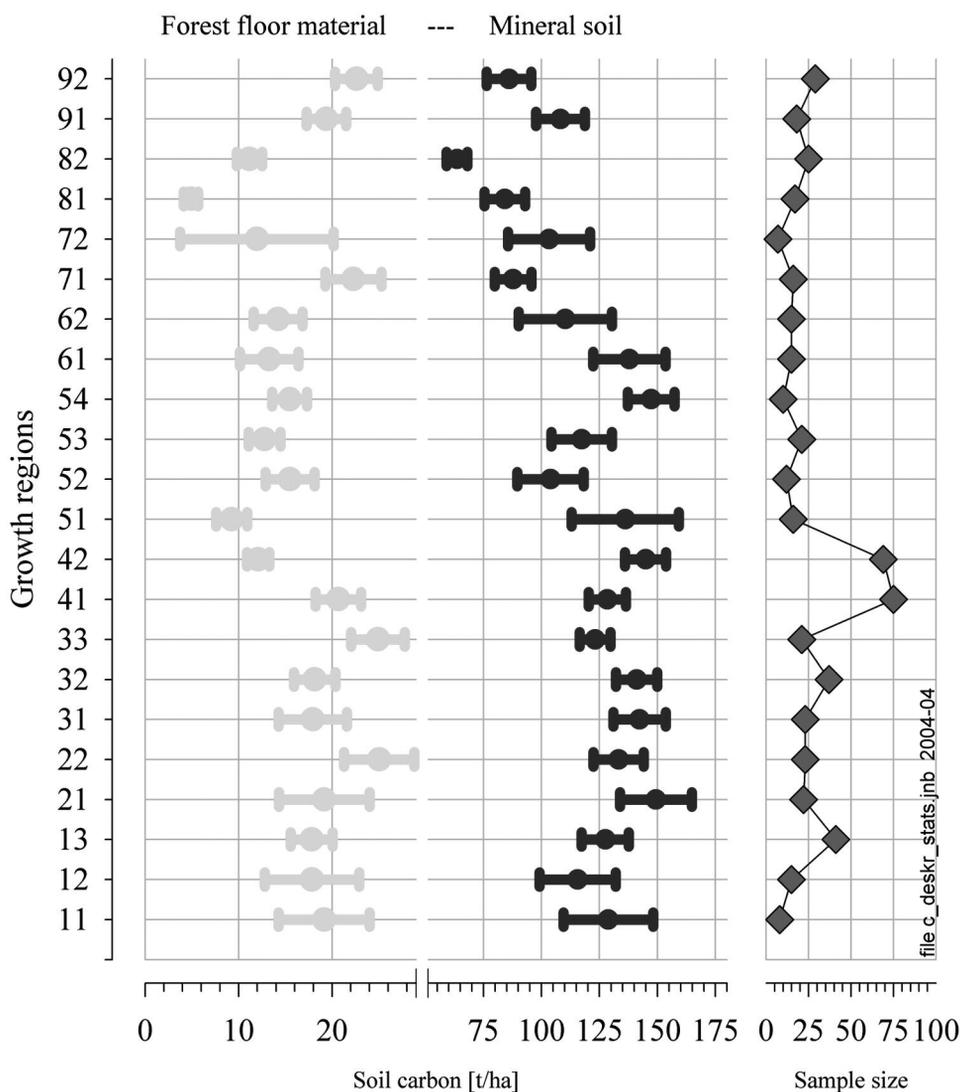
Mit multiplen Mittelwertvergleichen (Student-Newman-Keuls-Test) wurde überprüft, ob sich für die einzelnen Straten signifikante Unterschiede ergeben. In weiterer Folge wurde mit Korrelations- und schrittweisen multiplen Regressionsanalysen getestet, inwieweit Klimavariablen, Topographie und Korngröße des Bodens geeignete Prädiktoren für Kohlenstoffgehalte bzw. Kohlenstoffvorräte in den untersuchten Böden darstellen.

Die statistischen Analysen wurden mit dem SAS-Statistikprogramm (SAS Institute Inc., 1987) durchgeführt.

3. Ergebnisse

Der Kohlenstoffvorrat ist in den Wuchsräumen recht unterschiedlich (Abbildung 3). Die höchsten Vorräte treten in den alpinen Wuchsräumen auf, während im Alpenvorland sowie im Wald- und Mühlviertel eher geringe C-Mengen gespeichert sind.

Abbildung 3:
Kohlenstoffvorrat in den österreichischen Wuchsräumen, aufgegliedert nach Humusaufgabe und Mineralboden (0-50cm); rechts die Besetzung der einzelnen Gruppen.



Die verschiedenen Humustypen weisen statistisch signifikant verschiedene Kohlenstoffvorräte im Auflagehumus auf (Tabelle 2). Die Unterschiede entsprechen der zu erwartenden Reihenfolge.

Tabelle 2:

Kohlenstoffvorrat [g C m⁻²] im Auflagehumus unterschiedlicher Humusformen. Statistisch signifikante Unterschiede im multiplen Mittelwertswergleich (SNK) werden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

SNK	Mittelwert	n	Humusform
A	4314	22	Rohhumus
B	2778	21	Moderartiger Rohhumus
B	2426	52	Rohhumusartiger Moder
C B	2203	15	nicht zuordenbar
C D	1643	247	Moder
E D	1094	47	Mullartige Moder
E	873	25	Moderartiger Mull
E	529	52	Mull

Tabelle 3:

Mittlere Kohlenstoffvorräte (Standardabweichung) häufiger Bodentypen [g.m⁻²], Daten der Waldboden-Zustandsinventur (FBVA 1992)

Bodentyp	n	Mittelwert (Standardabweichung)
Ranker	9	11381 (8001)
Braunerde	187	9731 (4528)
Semipodsol	76	12326 (5572)
Podsol	17	12552 (6043)
Rendzina	48	12685 (7749)
Kalkbraunlehm-Rendzina	42	11943 (7500)
Kalk-Braunlehm	53	11269 (3813)
Pseudogley	29	7258 (4414)
Stagnogley und Hangpseudogley	21	9488 (6200)
Auböden	10	9322 (3465)

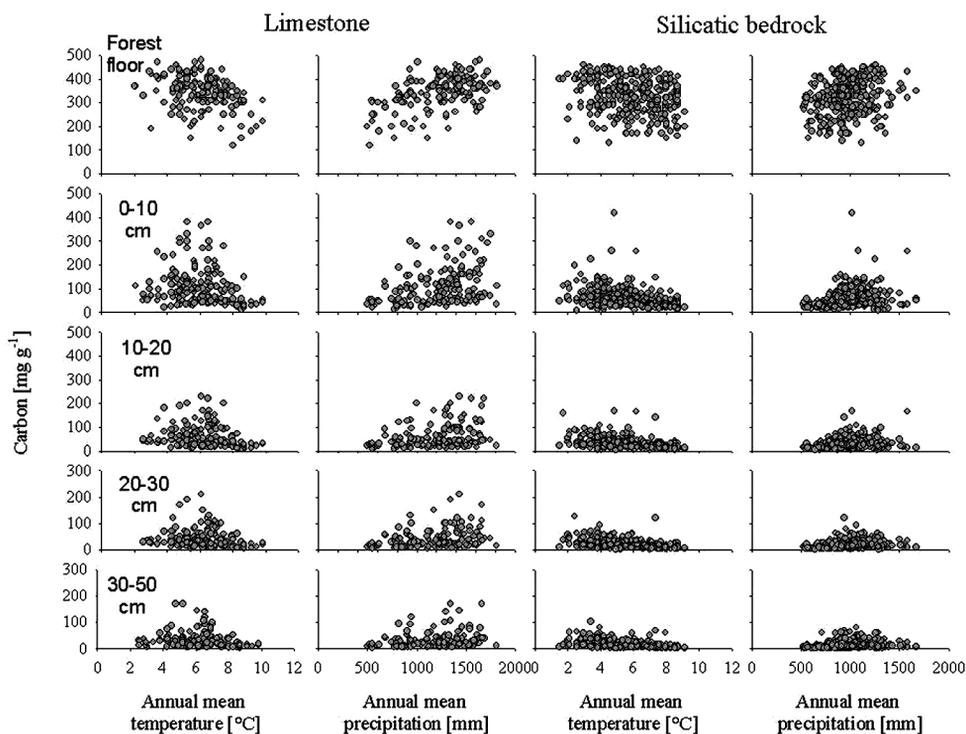
Tabelle 3 gibt einen Überblick über die mittleren Kohlenstoffvorräte häufiger Waldboden-Typen in Österreich. Abweichungen zu den in Tabelle 1 angeführten Auftretenshäufigkeiten resultieren aus der unterschiedlichen Anzahl aufgenommener und beprobter Profile. Die Beprobung einiger Profile war etwa durch hohen Grobskelettanteil bzw. durch Wassereinfluss unmöglich.

Zwischen den verschiedenen Bodentypen treten – schon aufgrund der hohen Standardabweichungen - kaum statistisch absicherbare Unterschiede in den Kohlenstoffvorräten auf.

Die höchsten Standardabweichungen treten bei den Rankern, Rendzinen und Braunlehm-Rendzinen auf, denjenigen Bodentypen, die auch hohe Spreitung in Bezug auf den geschätzten Grobskelettanteil aufweisen. Allerdings liegen auch bei den Braunerden mit vergleichsweise geringer Standardabweichung das 25-Perzentil mit 6444 g.m⁻² und das 75-Perzentil mit 12200 g.m⁻² weit auseinander; die Bodentypen erscheinen daher als schwacher Prädiktor für die Schätzung von Kohlenstoffvorräten.

Abbildung 4:

Der Zusammenhang zwischen Klimafaktoren und dem Kohlenstoffgehalten in unterschiedlichen Bodentiefen. Die Standorte wurden nach den geologischen Großgruppen „Silikat“ und „Karbonat“ stratifiziert.



Die erheblichen Schätzfehler, die sich aus Aufnahme (Schätzung des Grobskelettan-teils aus der Profilwand in ungleich weiten Prozentanteils-Klassen) und Umrechnung von Elementgehalten nicht volumsgerecht geworbener Proben auf Elementvorräte ergeben können, sind bei der Interpretation dieser Ergebnisse zu beachten.

Die Abbildung 4 zeigt relativ straffe Zusammenhänge zwischen Kohlenstoffgehalten im Auflagehumus und Jahresmitteltemperatur bzw. jährlicher Niederschlagssumme. Für tiefer gelegene Bodenhorizonte sind weder die mittlere Jahrestemperatur noch die jährlichen Niederschläge geeignet, die Kohlenstoffgehalte vorherzusagen. Obwohl sowohl Niederschlag als auch Jahresmitteltemperatur mehr oder weniger straff mit der Seehöhe korrelieren, ist die Seehöhe allein ein schwacher Prädiktor (Abbildung 4).

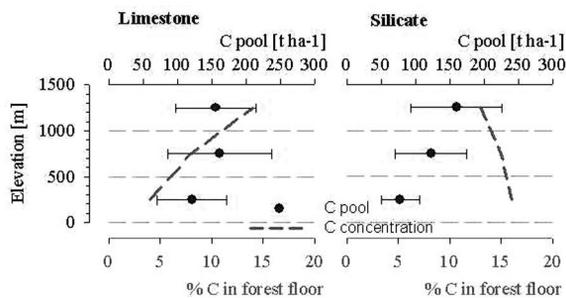


Abbildung 5:
Zusammenhang zwischen Seehöhe und Kohlenstoffgehalt der Waldböden.

In einer schrittweisen multiplen Regression mit regionalisierten unabhängigen Variablen sowie den ‚stabilen‘ Bodenparametern ‚Korngröße‘ wurde getestet, wie gut mehrere Faktoren gemeinsam den Kohlenstoffvorrat schätzen lassen (Tabelle 3). Die Ergebnisse sind ernüchternd. Ein Bestimmtheitsmaß von 35% wurde in keinem Fall überschritten. Auch die Einbeziehung der Bodenparameter brachte keine wesentliche Verbesserung der Modelle.

Tabelle 3:

Schrittweise multiple Regressionen. Es wurde getrachtet, die C-Gehalte und die C-Vorräte des Auflagehumus („FF“) und des Mineralboden („MiBo“) und des Gesamtvorrates („tot“) aus den genannten unabhängigen Variablen zu schätzen.

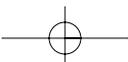
Abhängige Variable	Unabhängige Variablen				Sand	Ton	R ²
	Niederschlag	Temperatur	Neigung	Seehöhe			
C % FF	+	-					12
C % 0-10 cm	+			+	+		14
C pool FF	-		-		+		8
C pool MiBo	+			+	-	-	26
C pool tot	+		+	+	-	-	32

4. Schlussfolgerung

Die Klimavariablen Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlag sind geeignet, den ‚labilen‘ Kohlenstoffpool im Auflagehumus zu schätzen. Die Ansprache der Humusform im Gelände ist ein guter Prädiktor für die im Auflagehumus gespeicherten Kohlenstoffvorräte. Die Schätzung der Kohlenstoffvorräte im Mineralboden alleine aus Standortfaktoren ist jedoch ebenso unbefriedigend wie eine Schätzung über das integrative Merkmal „Bodentyp“. Dafür dürften mehrere Ursachen ausschlaggebend sein. Erstens weisen Waldböden eine hohe kleinräumige Variabilität auf. Die ‚Messung‘ der Vorräte von nur wenigen Bodenprofilen auf der Probefläche ist daher mit einem hohen Schätzfehler behaftet. Zum anderen haben sich die Böden postglazial auf sehr unterschiedlichen Substraten entwickelt, manche auf Reliktbodenmaterial mit ‚fossilem‘ Kohlenstoff. Ein weiterer Grund für die schlechte Vorhersagbarkeit ist die unterschiedliche historische Landnutzung, welche zu einer Veränderung der Humuspools beiträgt. So konnten Johnson und Curtis (2001) in einem Review zeigen, dass die Kohlenstoffvorräte im A-Horizont von Waldböden nach Kahlschlägen je nach Art der Nutzung (Ganzbaum versus Sägerundholz) um mehr als 20 % zu- bzw. abnehmen können. Zieht man die in Österreich verbreiteten historischen Nutzungen wie Streunutzung in Betracht, können diese sehr langfristige Auswirkungen auf den Bodenzustand ausüben. Die meisten Waldböden befinden sich also in keinem ‚Klimaxstadium‘. Um jedoch Parameter wie historische Landnutzung etc. in Schätzfunktionen bzw. Modelle einzubeziehen reicht die Datenlage i. A. nicht aus.

Literatur

- BMLFUW. 2001. Third national climate report of Austria. *Tech. rep. Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment, and Water Management.*
- Callesen, I., Liski, J., Raulund-Rasmussen, K., Olsson, M. T., Tau-Strand, L., Vesterdal, L., & Westman, C. J. 2003. Soil carbon stores in Nordic well-drained forest soils relationships with climate and texture class. *Global Change Biology*, **9**, 358–370..
- Englisch, M., Karrer, G., & Mutsch, F. 1992. Methodische Grundlagen. *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt*, **168 / I**, 5–22.
- Johnson, D.W. & Curtis, P.S. 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management* 140, 227-238.
- Kay, B. D., 1997. Soil structure and organic carbon: a review. *Chap. 13, pages 169–197 of: Lal, R., Kimble, J. M, Follett, R. F, & Stewart, B. A (eds), Soil processes and the carbon cycle.* Boca Raton: CRC Press.
- FBVA (Hrsg.) 1992. Ergebnisse der österreichischen Waldbodenzustandsinventur. *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt*, **168 / I**.
- Kilian, W., Müller, F., & Starlinger, F. 1994. *Die Forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. FBVA Berichte 82.* Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien.
- Michalzik, B., & Matzner, E. 1999. Dynamics of dissolved organic nitrogen and carbon in a Central European Norway spruce ecosystem. *European Journal of Soil Science*, **50**, 579–590.



Plaggenböden – ein Modell für das Langzeitverhalten der organischen Substanz in Abfällen

Ena SMIDT¹ und Franz OTTNER²

¹Institut für Abfallwirtschaft, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt
Universität für Bodenkultur, Muthgasse 107, 1190 Wien

²Institut für Angewandte Geologie, Department für Bautechnik – Alpine Naturgefahren, Uni-
versität für Bodenkultur, Peter Jordanstraße 70, 1190 Wien

Zusammenfassung

Plaggenböden zählen zu den anthropogenen Böden. Sie sind das Resultat einer über Jahrhunderte praktizierten Kompostwirtschaft im Nordwesten Europas. Flächig abgetragenes Gras und Heidekraut („Plaggen“) wurden nach der Verwendung als Stalleinstreu kompostiert und als Bodenverbesserungsmittel auf den Ackerboden gebracht. Die Aufschichtung dieses Materials über Jahrhunderte führte zur Bildung dieses seltenen Bodens. In der vorliegenden Arbeit wurde ein Plaggenbodenprofil unter Wald mit unterschiedlichen analytischen Methoden untersucht. Zur Bestimmung der mineralischen Komponenten wurden Röntgendiffraktometrie, FT-IR Spektroskopie und thermische Methoden (TGA, DSC) angewandt. Die organische Substanz wurde mit FT-IR Spektroskopie charakterisiert und mit jener eines reifen Stallmistkomposts verglichen.

Summary

Plaggensoils originate from a composting and fertilizing system maintained over centuries in northwestern European countries. Grass and heather were ablated, used as litter in the stall and brought out as composts to the farmland for soil melioration. During the centuries many layers were piled up and underwent soil formation. Different analytical methods were used to investigate a Plaggensoil profile under a forest area. Mineral compounds were determined by X-ray diffractometry, FT-IR spectroscopy and thermal methods (TG, DSC). Organic matter was characterized using FT-IR spectroscopy and compared to the IR spectroscopic characteristics of a mature manure compost.

1. Einleitung

Plaggenböden (Plaggenesche) gelten als seltene Böden. Sie fanden ihre Verbreitung in einigen Ländern im Nordwesten Europas (ECKELMANN 1980; CONRY 1974; PAPE 1970; NIERMANN 1941). Das größte zusammenhängende Gebiet befindet sich im

Raum Osnabrück. Die Plaggenesch-Fläche entspricht einem Anteil von ca. 3,6 % des Landes Niedersachsen (SPRINGER 2001). Entstanden ist dieser anthropogene Boden durch das Ausbringen von flächig abgetragenem Gras und Heidekraut, das nach seiner Verwendung als Einstreu im Stall mehr oder weniger, häufig auch mit häuslichen Abfällen, kompostiert wurde. Diese Maßnahme diente zur Melioration der organik- und nährstoffarmen landwirtschaftlich genutzten Sandböden. Die Plaggenwirtschaft wurde in dieser Gegend über viele Jahrhunderte praktiziert. Sie erreichte ihre Blütezeit zwischen dem 8. und 11. Jh. und endete um 1850. Durch den Eintrag stabiler organischer Substanz in Form von kompostiertem Material weisen Plaggenböden heute noch einen höheren Organikgehalt auf als der darunter liegende fossile Boden. Ein beträchtlicher Teil des organischen Kohlenstoffs ist in den Huminsäuren gebunden. In der vorliegenden Arbeit wurden der Gesamtboden und die extrahierte organische Substanz mit verschiedenen analytischen Methoden charakterisiert. Die organische Substanz wurde mit der eines reifen Stallmistkomposts verglichen.

2. Material und Methoden

Die Proben wurden aus verschiedenen Tiefenstufen eines Plaggenbodens unter Wald entnommen (Streuauflage, 0-15 cm, 15-50 cm, 50-80 cm, 74-76 cm, > 80 cm). Die Proben wurden luftgetrocknet, in der Scheibenschwingmühle gemahlen und < 0,63 mm abesiebt.

Der Stallmistkompost stammte aus einer offenen Mietenkompostierung mit einer Nachreife von 6 Monaten. Die mit Heißwasser und Ethanol hergestellten Extrakte (Soxhlet) aus dem Plaggenboden und dem Kompost wurden lyophilisiert.

Der Glühverlust wurde durch Verbrennen bei 545 °C ermittelt. Der gesamte (TC) und der anorganische Kohlenstoff (TIC) wurden im CNS Analysator (variomax) bestimmt, der organische Kohlenstoff (TOC) durch Differenzbildung $TC - TIC$ berechnet. Die Analyse der Huminsäuren erfolgte nach GERZABEK et al. (1993).

Für die infrarotspektroskopischen Untersuchungen wurden zwei mg des aufbereiteten und gemörserten Materials mit KBr (Reinheitsgrad für FT-IR) 1:100 gemischt und zu einem Pressling verarbeitet. Die Messungen erfolgten im mittleren IR-Bereich (Wellenzahl 4000 bis 400 cm^{-1}) unter Umgebungsbedingungen im Transmissionsmodus mit einer Auflösung von 4 cm^{-1} . 32 Scans wurden gemittelt und gegen Umgebungsluft als Hintergrund korrigiert (Gerät: Bruker Equinox 55). Die thermischen Analysen (Thermogravimetrie/TG; Differential Scanning Calorimetry/ DSC) wurden mit einem Netzsch STA 409 PG/PC Gerät (Spülgas 60 ml Luft/min; Schutzspülung ~10 ml Stickstoff/min; Heizrate 10 K/min), die röntgendiffraktometrischen Untersuchungen mit einem Philips Röntgendiffraktometer PW 1710 durchgeführt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Charakterisierung des Gesamtbodens

In Tabelle 1 sind Glühverlust, TOC und extrahierbare Huminsäuren zusammengefasst. Stickstoff- und Phosphorgehalte für diesen Plaggenboden sind der Literatur entnommen (SPRINGER 2001). Die Stickstoffgehalte (N_t) betragen 0,05-0,08 % (TM) im Plaggenhorizont im Vergleich zu 0,01 % im fossilen Boden, die Gesamtphosphorgehalte (P_t) 253-269 ppm, bzw. 76 ppm. Der reife Stallmistkompost hat einen Glühverlust von 45,7 % TM.

Die mineralische Matrix wird von Quarzsand dominiert. Das Infrarotspektrum (nicht gezeigt) weist die charakteristischen „Quarzbanden“ bei 1080, 796, 779, 694, 512 und 460 cm^{-1} (REIG et al. 2002). Bedingt durch den geringen Organikgehalt sind nur schwache Banden, die auf organische Komponenten hinweisen, zu sehen: die Streckschwingung der aliphatischen Methylenbanden bei 2920 und 2850 cm^{-1} und die C=O Schwingung aus Carboxylaten und Amiden (Amid I), bzw. die aromatische C=C Schwingung bei 1640 cm^{-1} . Eine Zunahme der Methylenbanden wurde durch Ultraschallbehandlung erreicht, ein Hinweis auf die Wechselwirkung der organischen Moleküle mit den mineralischen Oberflächen.

Das Röntgendiffraktogramm bestätigt die mineralische Hauptkomponente Quarz durch die charakteristischen Peaks (Abbildung 1). Die in geringem Ausmaß vorhandenen Tonminerale (Fraktion < 2 μm) können mithilfe dieser Methode als Vermikulit, Illit und Kaolinit/Chlorit identifiziert werden (MOORE & REYNOLDS 1997).

Tabelle 1:
Chemische Daten der untersuchten Tiefenstufen des Plaggenbodenprofils (TM = Trockenmasse, oTM = organische Trockenmasse)

Tiefe	Glühverlust	TOC	Huminsäuren
(cm)	(% TM)	(% TM)	(% oTM)
Streuaufgabe	78,6	47,3	3,8
0-15	4,7	2,1	26,2
15-50	2,2	1,1	29,3
74-76	4,4	1,9	86,2
50-80	1,9	1,0	61,0
>80	0,5	0,2	11,1

Im Vergleich zum reifen Stallmistkompost mit 17,9 % (oTM) an extrahierbaren Huminsäuren ist der Gehalt im Plaggenboden durch Anreicherung und/oder Neubildung von Huminsäuren relativ hoch. Bei der vorliegenden mineralischen Matrix

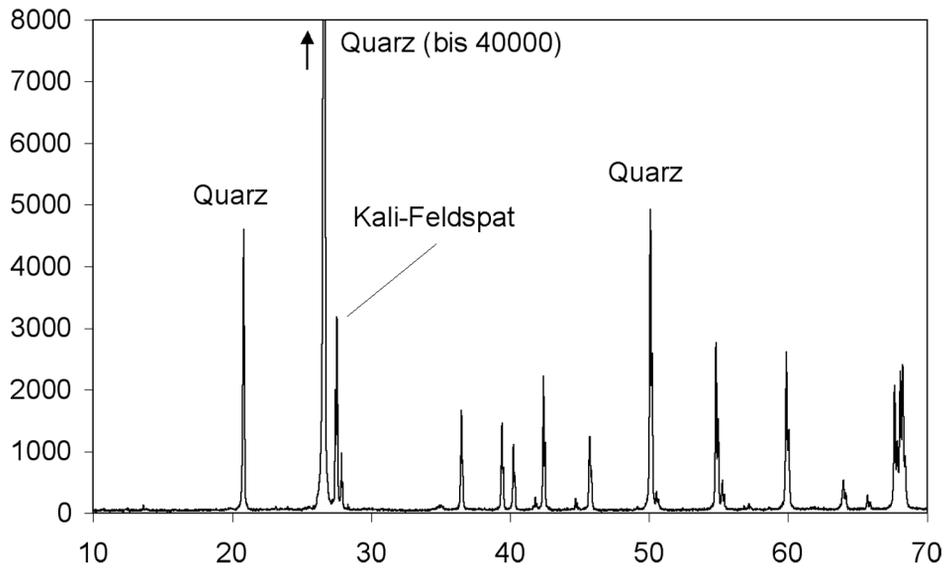
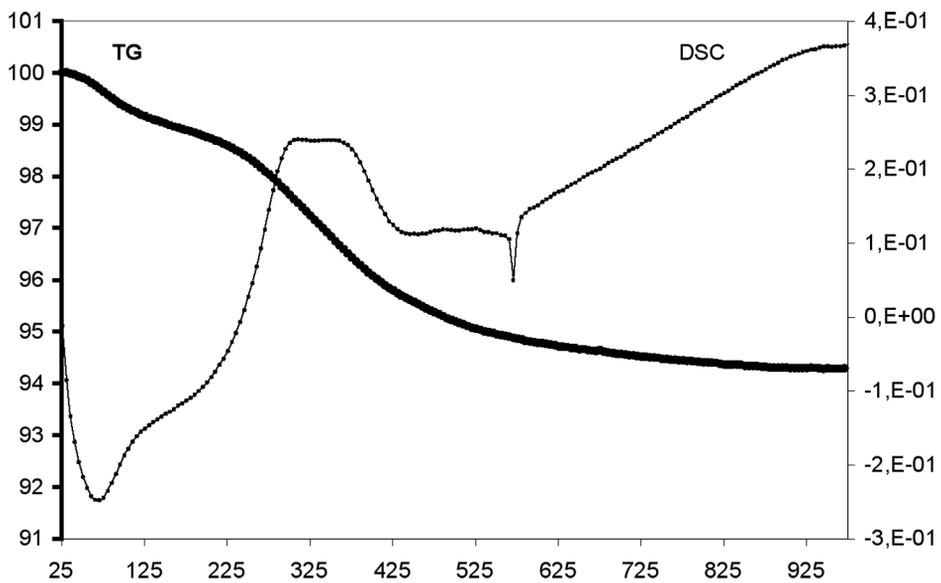


Abbildung 1:
Röntgendiffraktogramm des Gesamtbodens mit intensiven Quarzpeaks

Abbildung 2:
TG und DSC Kurve des Gesamtbodens



bleiben die Huminsäuren gut extrahierbar. In 75 cm Tiefe finden sich aufgrund einer Verlagerung und erneuten Ausfällung größere Mengen an Huminsäuren, die im Profil als dunkles Band sichtbar sind.

Die DSC-Kurve der Thermoanalyse zeigt bei 572,3 °C eine endotherme Reaktion an, die auf die Umwandlung vom trigonalen (Tiefquarz) zum hexagonalen Kristallgitter (Hochquarz) zurückzuführen ist (Abbildung 2).

Aus dem Thermogramm ist zu erkennen, dass die organischen Komponenten bei der Temperatur der Glühverlustbestimmung (545 °C) noch nicht vollständig verbrannt sind.

3.2 Charakterisierung der organischen Substanz

Zur Anreicherung der organischen Substanz wurde die Probe mit Heißwasser, bzw. Ethanol extrahiert. Die lyophilisierten Extrakte wurden IR-spektroskopisch charakterisiert und mit den Extrakten der Kompostprobe verglichen. Der Kompost weist, entsprechend dem höheren Organikgehalt, auch höhere Extraktgehalte auf. Da die IR-Spektren mit dem Lyophilisat aufgenommen wurden, sind die Bandenhöhen nur in Relation zueinander zu bewerten. Im Heißwasserextrakt (Abbildung 3) ist die aliphatische Methylenbande (2920 cm^{-1}) bei der Kompostprobe stärker ausgeprägt, während organische Verbindungen des Plaggenbodens, die Methylengruppen enthalten, mit Heißwasser nicht mehr extrahierbar sind. Allerdings zeigt sich mit Ethanol eine gute Extrahierbarkeit (siehe Abbildung 4). Stärker ist im Kompostextrakt auch die Bande bei 1650 cm^{-1} , die der C=O Schwingung aus Carboxylaten entspricht. Carboxylate werden durch die Bande bei 1400 cm^{-1} bestätigt. Die scharfe Bande bei 1384 cm^{-1} , die im Plaggenboden relativ intensiv ist, weist auf Nitrat hin. Die Bande bei 1230 cm^{-1} , die der C-N Streckschwingung von Amininen (GREMLICH 2002; SMITH 1999) zugeordnet werden kann, ist nur im Kompost vorhanden und ein Indikator für das geringere Alter des Materials. In Böden sind diese Verbindungen mineralisiert, wofür die starke Nitratbande im Plaggenboden-Extrakt spricht, oder umgebaut und nicht mehr mit Wasser extrahierbar. Im Bereich von $1140\text{-}900\text{ cm}^{-1}$ absorbieren sowohl Polysaccharide als auch anorganische Verbindungen wie Phosphat und Sulfat. Die exakte Zuordnung kann erst durch die chemische Analyse erfolgen.

Während sich die Spektren der Heißwasserextrakte durch einzelne Banden qualitativ unterscheiden, sind die mit Ethanol extrahierbaren Anteile in der spektroskopischen Charakteristik einander ähnlicher und nur in der Intensität der Banden verschieden.

Die starken aliphatischen Methylenbanden bei 2920 und 2850 cm^{-1} zeigen die relative Anreicherung wasserunlöslicher Verbindungen mit einer aliphatischen Grundstruktur. Die aliphatische Methylengruppe wird durch die Deformationsschwingung bei 1465 cm^{-1} bestätigt. Die Bande bei 720 cm^{-1} gilt als diagnostische Bande für Moleküle mit einer Kettenlänge von mindestens vier CH_2 -Gruppen (GREMLICH

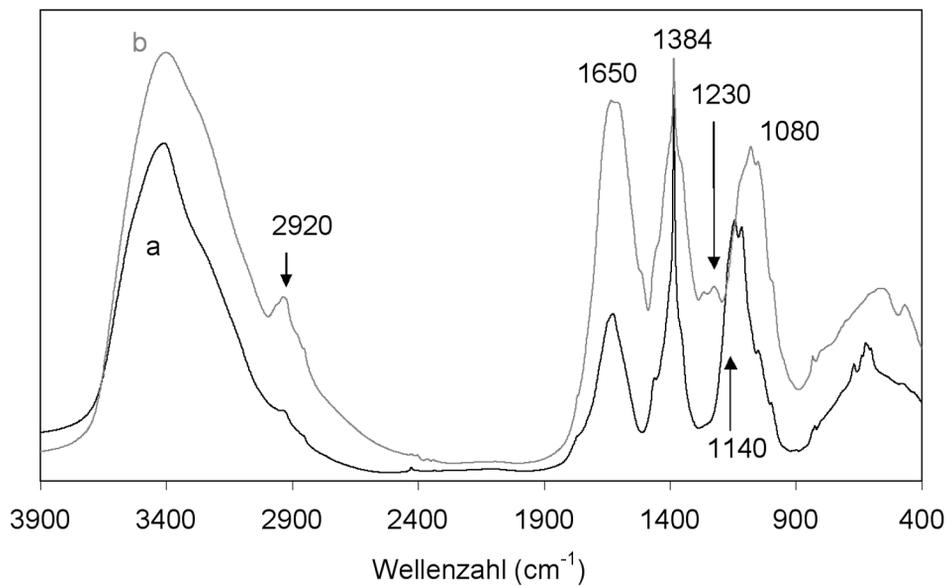
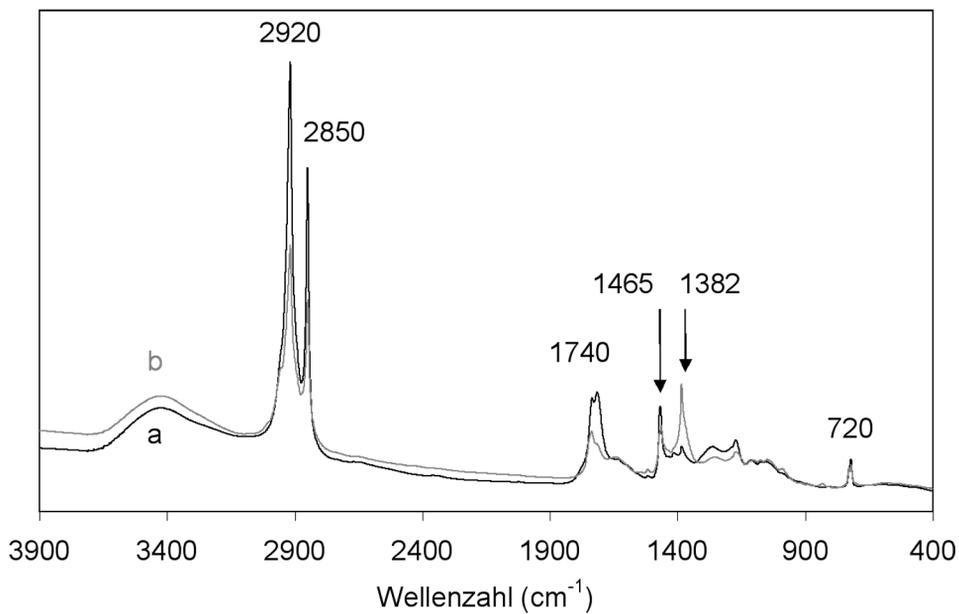


Abbildung 3:
IR-Spektren der lyophilisierten Heißwasserextrakte des Plaggenbodens (a) und des Komposts (b).

Abbildung 4:
IR-Spektren der lyophilisierten Ethanolextrakte des Plaggenbodens (a) und des Komposts (b).

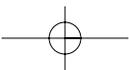


2002). Die C=O Streckschwingung aus Aldehyden, Ketonen, Estern und Carbonsäuren befindet sich im Bereich von 1740 cm^{-1} . Die Bande bei 1382 cm^{-1} , die im Kompostextrakt intensiver ist, kann der N-O oder NO_2 -Streckschwingung zugeordnet werden. Auch hier ist der Nachweis durch die chemische Analyse erforderlich. Es dürfte sich aber um eine Verbindung handeln, die einem weiteren Abbau unterliegt, da die Intensität der Bande im Plaggenboden geringer ist.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Plaggenböden Informationen über die Entwicklung und Umsetzungszeiträume der organischen Substanz in Komposten liefern. Weitere Forschungsarbeiten sind notwendig, um den Einfluss der mineralischen Matrix auf die Umsetzungsgeschwindigkeit festzustellen.

Literatur

- CONRY, M.J. (1974): *Plaggen Soils – A Review of Man-made Raised Soils*. Soils & Fertilizers 11, 319-326
- ECKELMANN, W. (1980): *Plaggenesche aus Sanden, Schluffen und Lehmen sowie Oberflächenveränderungen als Folge der Plaggenwirtschaft in den Landschaften des Landkreises Osnabrück*. Geologisches Jahrbuch Hannover F 10, 3-83
- GERZABEK, M.H.; DANNEBERG, O. & KANDELER E. (1993): *Bestimmung des Humifizierungsgrades*. In: Schinner F.; Öhlinger R.; Kandeler E. & Margesin R. (Hrsg.): *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*. Springer Verlag, Berlin, 107-109
- GREMLICH, H.-U. (2002): *IR Spektren verstehen – Eine Einführung in die Interpretation von Spektren organischer Verbindungen*. Bruker Optik GMBH, Ettlingen
- MOORE, D.M. & REYNOLDS, R.C. (1997): *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford Univ. Press, New York
- NIERMANN, W. (1941): *Untersuchungen über den Humuszustand der Eschböden*. Bodenkunde und Pflanzenernährung N.F. 21/22, 502-531
- PAPE, J.C. (1970): *Plaggen Soils in the Netherlands*. Geoderma 4, 229-256
- REIG, F.B.; ADELANTADO, J.V.G. & M.C.M. MOYA MORENO (2002): *FTIR quantitative analysis of calcium carbonate (calcite) and silica (quartz) mixtures using the constant ratio method. Application to geological samples*. Talanta 58, 811-821
- SMITH, B. (1999): *Infrared spectral interpretation*. CRC Press, Boca Raton
- SPRINGER, M. (2001): *Plaggenesche im Osnabrücker Land unter besonderer Berücksichtigung archäologischer Gesichtspunkte*. Diplomarbeit an der Fachhochschule Osnabrück, Fachbereich Landwirtschaft, Fachgebiet Bodenkunde



Bodenindikatoren für die Bewirtschaftungsintensität und die floristische Artenvielfalt im Wirtschaftsgrünland

Andreas BOHNER

Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Altirdning 11, A-8952 Irdning

Zusammenfassung

Aus diesen Untersuchungsergebnissen kann der Schluss gezogen werden, dass von den untersuchten Bodenkennwerten vor allem der lactatlösliche P-Gehalt im Oberboden ein gutes Indikatorelement für die Bewirtschaftungsintensität und Bodenfruchtbarkeit sowie Maßzahl für eine ökologisch nachhaltige Grünlandbewirtschaftung ist. Eine deutliche Anhebung des lactatlöslichen P-Gehaltes über 25 mg pro kg Feinboden wirkt sich bei artenreichem, nährstoffarmen Grünland negativ auf die floristische Artenvielfalt, aber positiv auf Ertrag und Futterqualität aus.

Summary

The amount of lactate soluble P in grassland soils is a good indicator of the intensity of grassland management and soil fertility and influences species richness of agricultural grassland.

1. Einleitung

Das Wirtschaftsgrünland hat eine große Bedeutung für die Biodiversität in der Kulturlandschaft; vor allem das extensiv bewirtschaftete Grünland zählt zu den artenreichsten Ökosystemen Mitteleuropas. Eine hohe Biodiversität wird nur durch eine standortangepasste, ökologisch nachhaltige Grünlandbewirtschaftung garantiert. Floristische Indikatoren hierfür sind beispielsweise α -Diversität (Artenzahl pro Flächeneinheit), β -Diversität (Zahl von Pflanzengesellschaften pro Flächeneinheit) oder Anzahl der Rote-Liste-Arten. Die Nachhaltigkeit der Grünlandbewirtschaftung zeigt sich aber auch im Nährstoffgehalt und an den Gefügeeigenschaften des Bodens. Für den Arten- und Biotopschutz sind daher auch Bodenindikatoren von großer Bedeutung, denn sie können helfen, Zustand und Veränderung des Bodens darzustellen und Intensivierungsgrenzen festzulegen. Als Indikatoren eignen sich nur Bodenkennwerte, die durch Bewirtschaftungsmaßnahmen deutlich und relativ schnell verändert werden, einen dominierenden Einfluss auf die floristische Artenvielfalt haben und routinemäßig leicht messbar oder einfach im Gelände feststellbar sind. Obwohl die ungünstigen Effekte einer zu hohen Bewirtschaftungsintensität für die floristische Artenvielfalt im Grünland seit langem bekannt sind, wurden bisher wenig

Versuche unternommen, Bodenkennwerte zu definieren, mit dem Ziel artenreiche Grünlandökosysteme zu erhalten und Intensivierungsgrenzen festzulegen. Studien, die den Einfluss der Bewirtschaftungsintensität auf die floristische Artenvielfalt und den Boden untersuchen, werden meist an mehr oder weniger praxisfernen Feldversuchen oder mittels Dauerbeobachtung an einigen wenigen Standorten durchgeführt. Grundlage für diese Arbeit hingegen ist eine Vielzahl von Vegetationsaufnahmen und Bodenuntersuchungen, die auf landwirtschaftlichen Betrieben unter praxiskonformen Bedingungen durchgeführt wurden. Das Untersuchungsgebiet eignet sich für diese Studie besonders gut, weil aus geologischen, geomorphologischen und lithologischen Gründen eine Vielzahl von Boden- und Vegetationstypen auf relativ kleinem Raum vorhanden sind, und auf Grund der orographischen Verhältnisse eine relativ große Amplitude der Bewirtschaftungsintensität gegeben ist.

Ziel dieser Arbeit ist es, Bodenindikatoren für die Bewirtschaftungsintensität und die floristische Artenvielfalt im Wirtschaftsgrünland zu identifizieren mit dem Ziel der Erhaltung oder Wiederherstellung artenreicher Grünlandökosysteme. Es sollen Grenzwerte für Indikatorelemente festgelegt werden, wo sich die β -Diversität deutlich verändert.

2. Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Mittlere Steirische Ennstal und Steirische Salzkammergut. Es hat Anteil an den Nördlichen Kalkalpen, an der Grauwackenzone und an den Zentralalpen. Die Bodentypen sind im Untersuchungsgebiet sehr vielfältig und vor allem lithologisch sowie durch geomorphologische Gegebenheiten differenziert. Am Talboden der Enns (640 m Seehöhe) herrschen Augleye und graue Auböden vor. Im Bereich der Nördlichen Kalkalpen überwiegen Kalkbraunlehme und Kalklehm-Rendzinen. In der Grauwackenzone und in den Zentralalpen dominieren Braunerden. Im Verlandungsbereich stehender Gewässer, in Mulden, an Hangfüßen und Hangverebnungen sind Gleye, Anmoore und Niedermoore weit verbreitet. Das Untersuchungsgebiet weist im langjährigen Durchschnitt eine Juli-Temperatur von 14 bis 17° C, eine Jänner-Temperatur von -3 bis -5° C und eine Jahresmittel-Temperatur von 5 bis 7° C auf. Die mittleren Jahresniederschläge schwanken regional zwischen 1000 und 1600 mm. Die Niederschläge sind relativ gleichmäßig über das Jahr verteilt; in der Vegetationsperiode (April bis September) fallen etwa 50-60 % des Jahresniederschlags. Das Untersuchungsgebiet kann klimatisch als relativ winter- und sommerkühl sowie niederschlags- und schneereich eingestuft werden. Das subozeanische Klima begünstigt die Grünlandwirtschaft und die Viehzucht; der Ackerbau hat keine volkswirtschaftliche Bedeutung.

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (BRAUN-BLANQUET, 1964). Es wurden nur Farn- und Blütenpflanzen erfasst. Die

Bodenproben wurden im Herbst aus der Tiefenstufe 0-10 cm gezogen. Die Analysemethoden richten sich nach der jeweiligen ÖNORM. Die Bestimmung der Nährstoffgehalte im Sickerwasser und im Niederschlag wurde mit der Ionenchromatographie durchgeführt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Bei den Pflanzengesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes besteht eine enge Beziehung zwischen dem lactat- und wasserlöslichen P-Gehalt im Oberboden und der floristischen Artenvielfalt (Tabelle 1, Abbildung 1, 2). Andere Bodenkennwerte zeigen keine (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Humusgehalt, N_{tot} -Gehalt, lactatlöslicher K-Gehalt, CaCl_2 -extrahierbarer Mg-Gehalt) oder nur eine schwache Regression (C/N-Verhältnis) mit der α -Diversität (Abbildung 3). Eine hohe floristische Artenvielfalt ist im Wirtschaftsgrünland offensichtlich nur bei einem niedrigen lactatlöslichen P-Gehalt und einem weiteren C/N-Verhältnis im Oberboden möglich (vgl. JANSSENS et al., 1998; CRITCHLEY et al., 2002). Als Grenzwert zwischen hoher und mittlerer floristischer Artenvielfalt kann ein lactatlöslicher P-Gehalt von 25 mg pro kg Feinboden angenommen werden. Dieser Grenzwert liegt deutlich unterhalb des vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz (2000) angeführten optimalen lactatlöslichen P-Gehaltes für Grünlandböden (47 – 68 mg P pro kg Feinboden). Ein niedriger lactatlöslicher P-Gehalt und ein weiteres C/N-Verhältnis im Oberboden sind aber noch kein Garant für eine hohe floristische Artenvielfalt im Wirtschaftsgrünland. Nur die Kombination aus nährstoffarmem Boden, minimalem Standortstress, mäßiger periodischer Störung (standortangepasste regelmäßige Mahd oder Beweidung) und hohem regionalem Artenpool gewährleistet ein Höchstmaß an α -Diversität.

Ein hoher lactatlöslicher P-Gehalt im Oberboden ist ein guter Indikator für eine langandauernde überhöhte Düngung und intensive landwirtschaftliche Nutzung in der Gegenwart und/oder Vergangenheit. P reichert sich nämlich im Oberboden bei entsprechender Düngerezufuhr leichter an als beispielsweise N oder K, weil die P-Austräge mit dem Sickerwasser (Tabelle 2) und die P-Entzüge mit der Ernte (BOHNER et al., 2004) deutlich geringer sind. Für die P-Anreicherung im Oberboden ist die Landwirtschaft allein verantwortlich, weil der P-Eintrag über die Atmosphäre durch nasse Deposition unbedeutend ist (Tabelle 3) und durch Gesteinsverwitterung relativ wenig P nachgeliefert wird. Deswegen ist der naturbedingte lactatlösliche P-Gehalt in Böden im allgemeinen sehr niedrig; er beträgt in ungedüngten Alm- und Grünlandböden ca. 5 – 15 mg P pro kg Feinboden. Nachdem die Grünlandböden von Natur aus wenig lactatlöslichen P enthalten, werden die Effekte einer überhöhten Düngung in erster Linie am lactatlöslichen P-Gehalt des Oberbodens sichtbar. Die relativ gute Beziehung

zwischen dem lactatlöslichen P-Gehalt und dem nachlieferbaren N im Oberboden deutet darauf hin, dass der lactatlösliche P-Gehalt auch ein indirektes Maß für das potentielle N-Nachlieferungsvermögen eines Grünlandbodens ist (Abbildung 4). Neben dem lactatlöslichen P-Gehalt im Oberboden ist auch noch das Bodengefüge ein relativ guter Indikator für die Bewirtschaftungsintensität. Die Oberböden des relativ intensiv genutzten Wirtschaftsgrünlandes sind auf Grund der regelmäßigen anthropo-zoogenen Druckbelastung (starke Beweidung, häufiges Befahren mit schweren Maschinen) im allgemeinen überverdichtet und somit häufig krumenpseudovergleyt; das poröse Krümelgefüge ist durch ein dichtes Plattengefüge ersetzt. Die Krumenwechselfeuchtigkeit und das Plattengefüge sind am besten in schluffreichen Grünlandböden in kühl-feuchten Gebieten und weniger deutlich bis fehlend in tonreichen Böden insbesondere bei warmen, trockenen Klimaverhältnissen ausgeprägt.

Tabelle 1:

Floristische Artenvielfalt (Gefäßpflanzen), Rote Liste-Arten und Bodenkennwerte (0-10 cm Bodentiefe) von ausgewählten Pflanzengesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes

Pflanzengesellschaft	n	Nu	α -D	R-A	mg kg ⁻¹				
					CAL/DL		H ₂ O		C _{org} /N _{tot}
					P	K	P		
Alchemillo monticolae-Cynosuretum cristati	24	4-5	36	3	57*	161*	8*	9,0	
Trifolium repens-Poa trivialis-Gesellschaft	52	4-5	40	10	44*	139*	5*	9,3	
Geranio sylvatici-Trisetetum flavescens	46	2-3	46	9	40*	103*	8*	9,8	
Cardaminopsido halleri-Trisetetum flavescens	30	2-3	41	8	38*	97*	10*	10,1	
Alchemillo monticolae-Arrhenatheretum elatioris	45	3-4	42	8	36*	91*	7*	9,5	
Cirsium oleraceum-Persicaria bistorta-Gesellschaft	19	2	44	18	28*	88*	5*	10,6	
Agrostis capillaris-Festuca rubra agg.-Gesellschaft	15	1-2	49	9	24*	90*	3*	10,5	
Festuco commutatae-Cynosuretum cristati	13	eB	54	9	23*	73*	2*	9,4	
Narcissus radiiflorus-Gesellschaft	41	2, eB	70	28	16*	99*	3*	11,2	
Iridetum sibiricae	28	1	50	30	15	115*	2*	11,8	
Mesobrometum erecti	22	1-2, eB	68	19	14	104*	2*	10,5	

n = Anzahl der Vegetationsaufnahmen und Bodenanalysen; Nu = Anzahl der Nutzungen (eB = extensive Beweidung); α -D = durchschnittliche Artenzahl pro Pflanzengesellschaft; R-A = Anzahl der Rote Liste-Arten mit der Gefährdungsstufe 0-4 in der Steiermark; * = Variabilitätskoeffizient > 30 %

Tabelle 2: Nährstoffaustrag mit dem Sickerwasser am Standort Gumpenstein

Jahr	mm SW	kg ha ⁻¹					
		N _{anorg}	P	K	Ca	Mg	Na
2002	613	3,5	0,06	4,4	216,8	19,9	8,8
2003	266	1,4	0,03	0,9	85,0	14,3	3,8

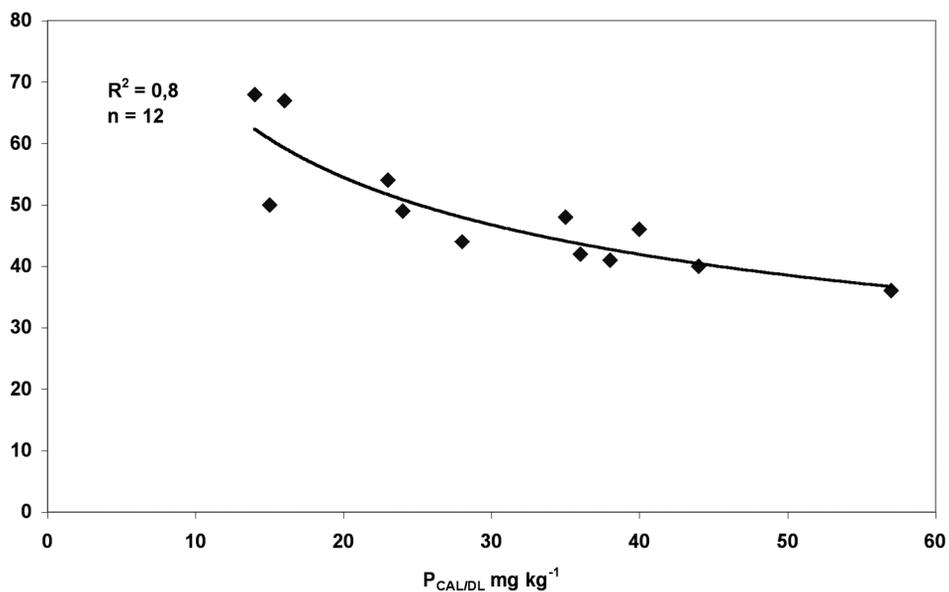
SW = Sickerwasser; N_{anorg} = NH₄-N+NO₃-N

Tabelle 3:
Nährstoffeintrag durch nasse Deposition am Standort Gumpenstein

Jahr	mm	kg ha ⁻¹					
	NS	N _{anorg}	P	K	Ca	Mg	Na
2002	1371	10	0,4	2	37	6	2
2003	871	7	0,2	2	25	4	2

NS = Niederschlag; N_{anorg} = NH₄-N+NO₃-N

Abbildung 1:
Floristische Artenvielfalt (Gefäßpflanzen) in Abhängigkeit vom lactatlöslichen P-Gehalt im Oberboden (0-10 cm)



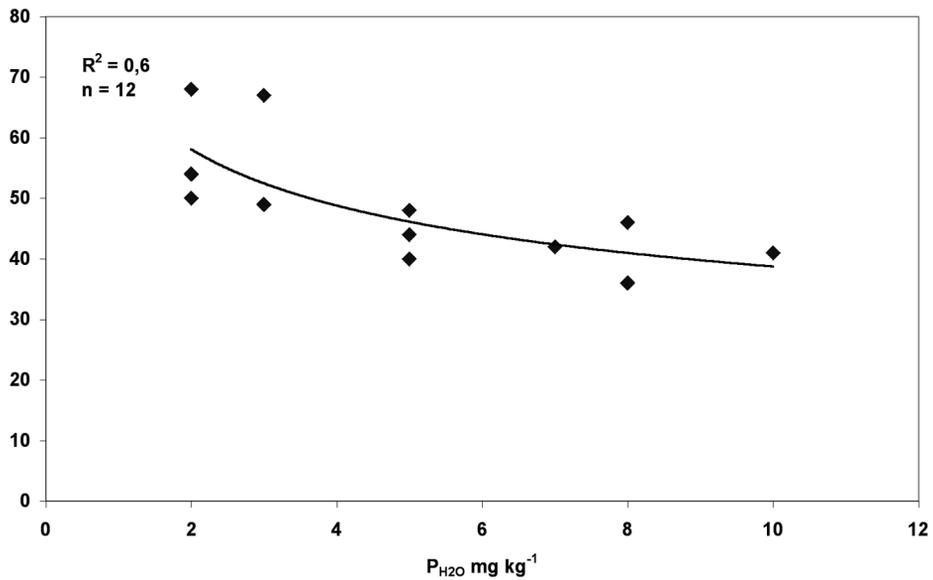
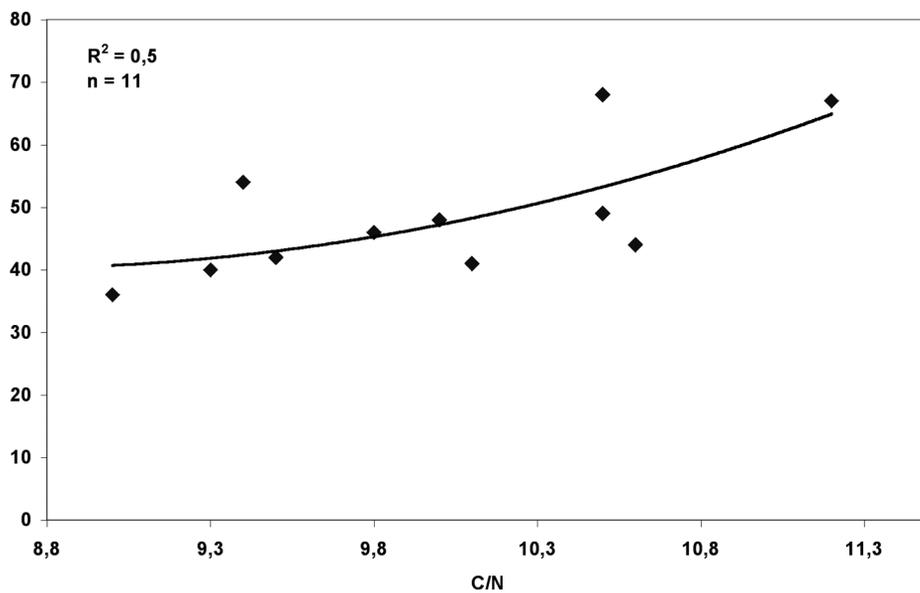


Abbildung 2:

Floristische Artenvielfalt (Gefäßpflanzen) in Abhängigkeit vom wasserlöslichen P-Gehalt im Oberboden (0-10 cm)

Abbildung 3:

Floristische Artenvielfalt (Gefäßpflanzen) in Abhängigkeit vom C/N-Verhältnis im Oberboden (0-10 cm)



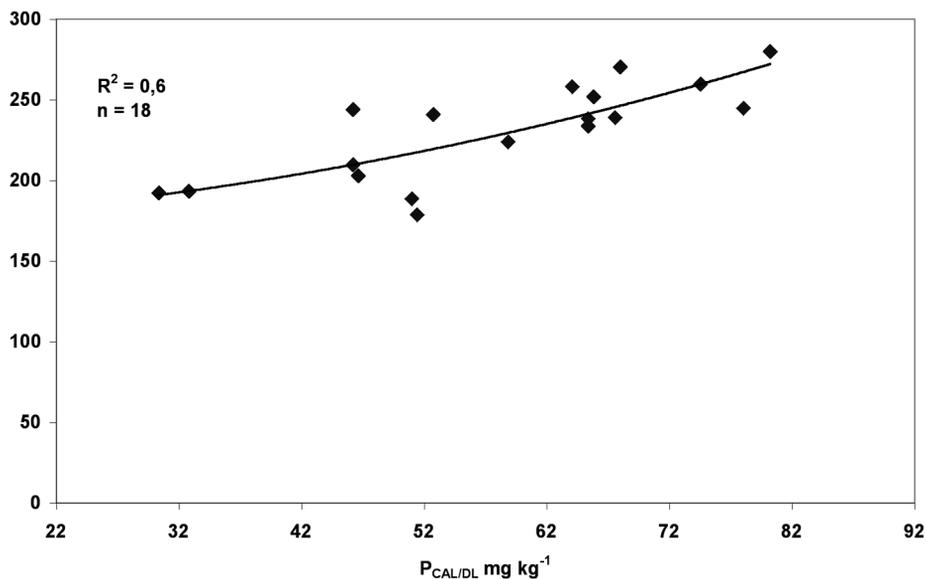


Abbildung 4:

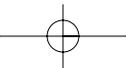
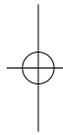
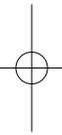
Nachlieferbarer N in Abhängigkeit vom lactatlöslichen P-Gehalt im Oberboden (0-10 cm)

Danksagung

Die Bodenproben wurden an der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit in Wien analysiert, wofür ich mich bei Dr. A. BAUMGARTEN recht herzlich bedanke.

Literatur

- BOHNER, A.; BAUMGARTEN, A. & TOMANOVA, O. (2004): Nährstoffdynamik in Grünlandökosystemen mit besonderer Berücksichtigung des Stickstoffs. BAL-Bericht „Landwirtschaft und Grundwasserschutz“, 47-52.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964) : Pflanzensoziologie. Springer Verlag, 865 S.
- CRITCHLEY, C.N.R.; CHAMBERS, B.J.; FOWBERT, J.A.; SANDERSON, R.A.; BHOGAL, A. & ROSE, S.C. (2002): Association between lowland grassland plant communities and soil properties. Biological Conservation 105, 199-215.
- FACHBEIRAT FÜR BODENFRUCHTBARKEIT UND BODENSCHUTZ (2000): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. 5. Auflage, BMLFUW, 31 S.
- JANSSENS, F.; PEETERS, A.; TALLOWIN, J.R.B.; BAKKER, J.P.; BEKKER, R.M.; FILLAT, F. & OOMES, M.J.M. (1998): Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. Plant and Soil 202, 69-78.



Quality of Life and Sustainable Land Management

György VÁRALLYAY

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry (RISSAC) of the Hungarian Academy of Sciences, H-1022 Budapest, Herman Ottó út 15. Hungary

Each society wishes to create favourable living conditions for its members. „**Life-quality criteria**” are formulated in different ways by various societies or individuals, depending on the given geographical, socio-economic conditions, living standards; national, ethnical and religious traditions, history, policy; age, sex, educational level, position in the society hierarchy; etc. However, there is full agreement in the need of three elements:

- healthy and good quality food, and food security;
- clean water;
- pleasant environment.

All three are closely related to **rational land use** and the **sustainable management of natural resources** (Várallyay, 2003).

Sustainable development

„**Sustainable development**” is a global objective necessary to be realized everywhere and in all fields, i.e. every region or country whether it is advanced or developing, and in each branch of economy, ranging from settlement policy to agriculture, from health care to industry or infrastructure development (Agro-21, 1995; Láng et al., 1983; Várallyay, 2003).

The term “*sustainable development*” was not yet mentioned at the UN Conference on the Human Environment (Stockholm, 1972). Twenty years later it became the most fashionable and most frequently used term at the World Summit on the Environment (Rio de Janeiro, 1992), and it was the title of the Rio+10 Conference on Sustainable Development (Johannesburg, 2002).

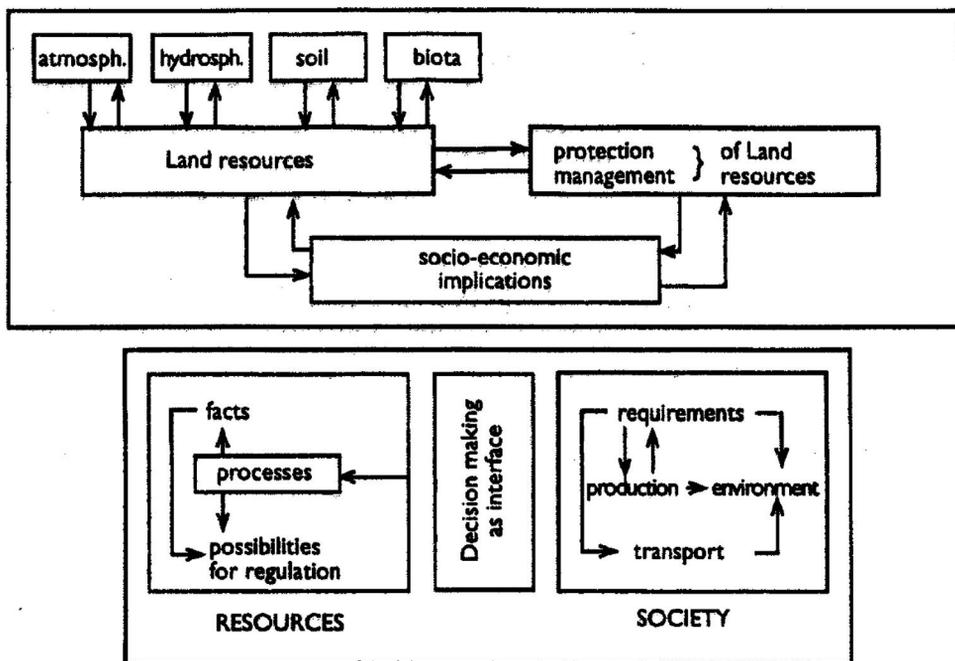
Sustainable development is the management and conservation of the natural resource base, and the orientation of technological and institutional change in such a manner as to ensure the attainment and continued satisfaction of human needs for present and future generations. Such sustainable development (in agriculture, forestry and fisheries sectors) conserves land, water, plant and animal genetic resources, is environ-

mentally non-degrading, technically appropriate, economically viable, and socially acceptable.

Sustainable development includes efficient **multifunctional agricultural production** (using environment-friendly, energy- and material saving technologies and paying special attention to quality) and a socially acceptable **rural development**, simultaneously. The given land resources (geological formations, relief, atmosphere, surface and subsurface water resources, soil biota, vegetation) are used, managed and – hopefully – protected by the society according to its requirements, depending on the given socio-economic conditions, modified by the historical background and formulated by the various level decision-makers.

The basic concept was adopted in Hungary according to the country's natural endowments and socio-economic circumstances in the "AGRO-21" Programme (1995).

Figure 1.
Relationships between resources and the society



Land resources and soil functions

Land (the soil–water–near the surface atmosphere continuum, with its geology, relief and biota) represents a considerable part of the natural resources of Hungary (Láng et al., 1983; Várallyay et al., 1985; Várallyay, 2000a). Consequently, rational land use and proper soil management – to guarantee normal soil functions – are important elements of **sustainable (agricultural) development**, having special importance both in the national economy and in environment protection.

The main **soil functions** in the biosphere are as follows (Várallyay, 2003):

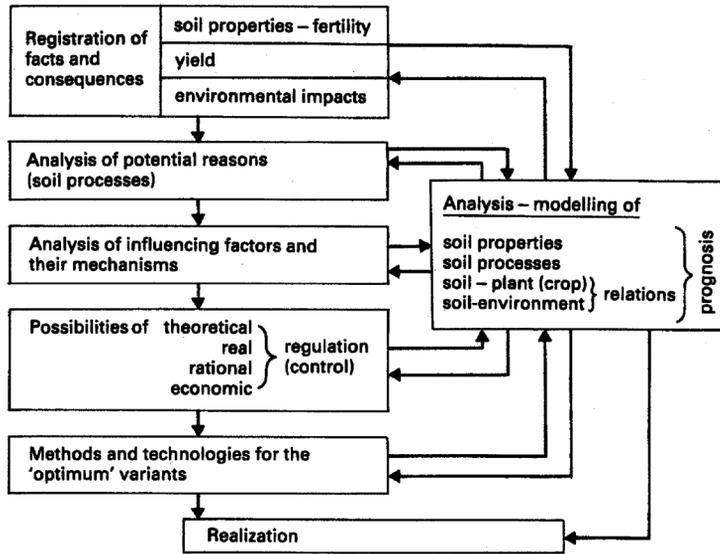
- conditionally renewable natural resource;
- reactor, transformer and integrator of the combined influences of other natural resources (solar radiation, atmosphere, surface and subsurface waters, biological resources), site of „sphere interactions”;
- medium for biomass production, primary food source of the biosphere;
- storage of heat, water, plant nutrients and – in some cases – wastes;
- high capacity buffer medium, which may prevent or moderate the unfavourable consequences of various environmental stresses;
- natural filter and detoxication system, which may protect the deeper geological formations the subsurface waters from various pollutants;
- significant gene reservoir, an important element of biodiversity;
- conservator of natural and human heritages.

These functions are all equally important, but society has used them in different ways (rate, method, efficiency) throughout history, depending on the given natural conditions and socio-economic circumstances. In many cases the character (territorial and temporal variabilities, changeability–stability–controllability, boundary conditions, limitations) of a certain function was not (properly or adequately) taken into consideration during the utilization of soil resources. In such cases the misguided management resulted in over-exploitation, decreasing the efficiency of one or more soil functions, and – above a certain limit – causing serious environmental deterioration (Várallyay, 1996, 2000a).

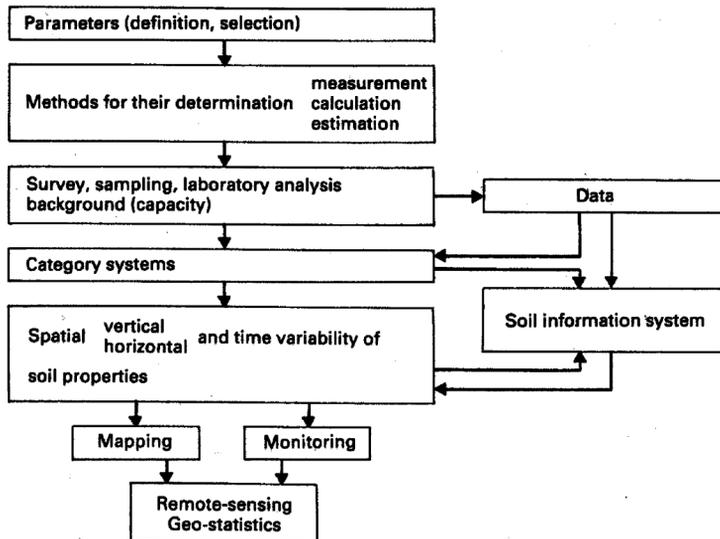
Soil processes and their control

The multifunctionality of soil is determined by the combined influences of soil properties, which are the results of soil processes (mass and energy regimes, abiotic and biotic transport and transformation, and their interactions) under the combined influences of soil-forming factors. Any soil-related human activity influences the soil through these processes. Consequently, the **control of soil processes** is a great

Figure 2.
Control of soil processes



REGISTRATION OF SOIL PROPERTIES



challenge and the main task of soil science and soil management in sustainable development (Várallyay, 2000b, c).

The conceptual model of a rational strategy for the control of soil processes is illustrated in Figure 2.

Limiting factors of soil fertility and soil degradation

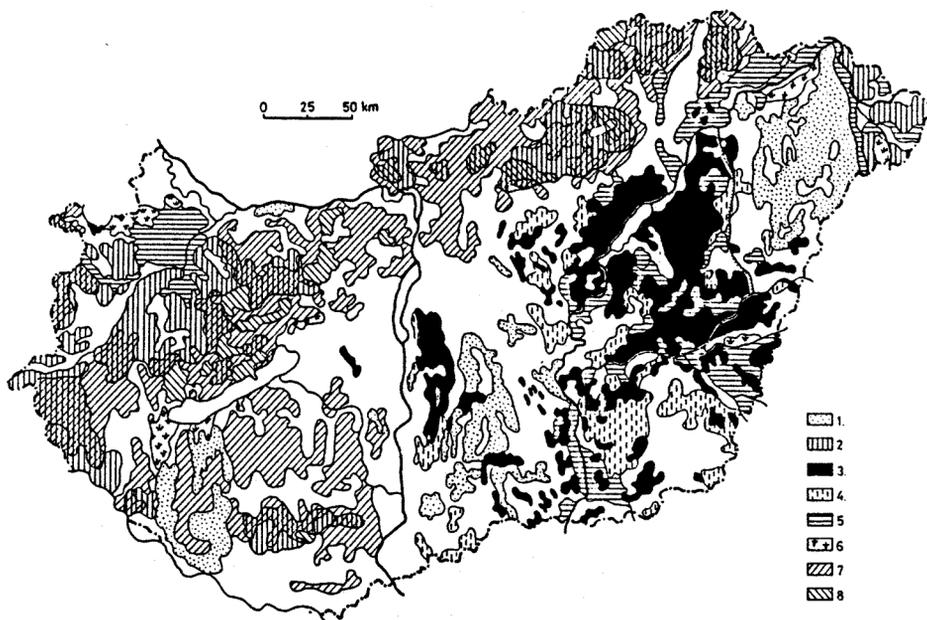
In spite of the fact that Hungarian natural conditions are **relatively favourable for** rainfed **biomass production**, more than half the soils are subject to various **ecological constraints** (Szabolcs and Várallyay, 1978) (Figure 3) and unfavourable soil processes:

(a) **Soil degradation processes.** The main soil degradation processes are: soil erosion by water or wind; soil acidification; salinization and/or alkalization; physical degradation (structure destruction, compaction); extreme moisture regime: drought sensitivity and waterlogging hazard; biological degradation; unfavourable changes in the plant nutrient regime; decrease in natural buffering capacity, soil (and water) pollution (Michéli et al., 2003; Szabó et al., 1998; Várallyay, 1989, 2000b).

Figure 3.

Map of the limiting factors of soil fertility in Hungary (original scale: 1:500,000).

1. Extremely coarse texture. 2. Acidity. 3. Salinity and/or alkalinity. 4. Salinity and/or alkalinity in the deeper layers.
5. Extremely heavy texture. 6. Waterlogging. 7. Erosion. 8. Shallow depth.



(b) **Extreme moisture regime.** The annual precipitation (especially on the Hungarian plains) shows extremely high spatial and temporal variability – even on a micro-scale. Non-uniform rainfall distribution, the heterogeneous microrelief of the “flat” Hungarian Plain, and the unfavourable hydrophysical properties of soils are the main reasons for the extreme moisture regime: the simultaneous hazard of waterlogging or over-moistening and drought sensitivity on large areas, sometimes in the same places within a short period. Based on a detailed assessment of the physical and hydrophysical properties of soils (texture, structure; water retention curves: total and field capacity, wilting percentage, available moisture range; infiltration rate; saturated and unsaturated hydraulic conductivity) and on the factorial analysis of field water balance and soil moisture regime the general conclusion was drawn that 43% of Hungarian soils can be characterized by unfavourable, 26% by moderate and 31% by good moisture regime. Their extension is illustrated in Figure 4, indicating the main reasons of the limitations (Várallyay, 2001).

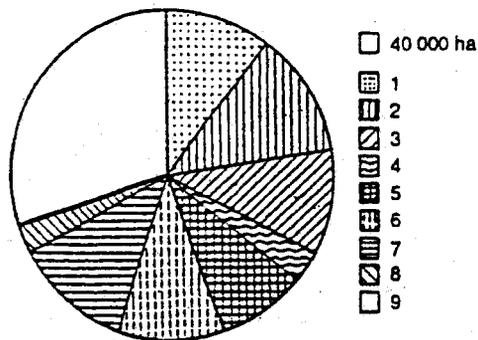


Figure 4.

Distribution of soils according to their hydrophysical properties.

1-5 Soils with unfavourable hydrophysical properties:

1. due to very coarse texture;
2. due to heavy texture;
3. due to strong salinity-alkalinity;
4. due to waterlogging;
5. due to shallow depth.

6-8 Soils with moderately unfavourable hydrophysical properties:

6. due to coarse texture;
7. due to heavy texture or clay accumulation in the B horizon;
8. due to moderate salinity/alkalinity in the deeper layers.

9. Soils with good hydrophysical properties.

(c) **Nutrient stresses.** The deficiency or accumulation and/or toxicity of one or more elements in the biogeochemical cycle are strongly increasing environmental threats, mainly due to the non-scientifically based, inadequately controlled, sometimes over-chemized social development, including biomass production and waste management (Várallyay, 1994, 2002a; Várallyay et al., 1992).

(d) **Environmental pollution.** The accumulation or mobilization of various, potentially harmful (or even toxic) elements (or compounds) in the “life media” of various organisms, in air, in water, in soil; or in the biomass of various organisms within the soil–water–plants–animals–human beings “food chain” (Várallyay, 1996).

Soil databases

The scientifically based planning and implementation of sustainable land use and rational soil management require adequate **soil information**: exact, reliable, “detectable” (preferably measurable) and accurate, quantitative territorial data on well-defined soil and land properties, including the characterization of their spatial (vertical, horizontal) and temporal variabilities and pedotransfer functions; on the soil processes and biogeochemical cycles, including their determining and influencing factors and their mechanisms and on the actual and/or potential impacts of human activities.

In Hungary a large amount of information is available on the ecological conditions, including soils, as a result of long-term observations, and various soil surveys, analytical and mapping activities conducted at the national (1:500,000), regional (1:100,000) farm (1:10,000–1:25,000) and field levels (1:5,000–1:10,000) over the past 60 years (Fésis et al., 2000; Várallyay, 2002). Recently a considerable part of these data were organized into **computer-based GIS databases** giving opportunities for the prevention, elimination or reduction of environmental stresses and their unfavourable consequences (Szabó et al., 1998; Várallyay, 2002).

Main elements of rational land use and soil management for sustainable, multifunctional agriculture

Efficient, economically viable, socially acceptable and environmentally sound **sustainable land management** includes the following main elements (Várallyay, 2000c, 2003):

1. **Territorial coordination of the agroecological conditions (land-site characteristics) and the agro-ecological requirements of the cultivated crops**, taking into consideration both production and environmental aspects on short-, mid- and long-term scales (Láng et al., 1983):
 - **rational land use and optimization of cropping patterns** under the given (and hardly controllable) natural conditions;
 - **selection of proper crops** (crop rotations) and cultivars for the given natural circumstances (selection and breeding of varieties or genotypes tolerant of certain ecological constraints, such as frost, soil acidity, salinity/alkalinity, drought, moisture surplus, extreme soil texture, soil compaction, etc.);
 - **improvement of (soil) ecological conditions** according to crop requirements (amelioration of land, reclamation/improvement of soil, soil conservation, irrigation and drainage, proper agronomic measures).

2. **Rationalization of the structure of agricultural fields** (under the new ownership structure):
 - **optimization of field size** according to the given physiographic conditions: development of more homogeneous fields for uniform agrotechnical measures, taking into consideration a rational level of biodiversity;
 - **development of proper infrastructure:** rational territorial arrangement of fields, roads, canals, buildings, forest shelter belts, etc., taking into consideration landscape preservation requirements, as well.
3. **Reduction** (minimalization) **of production wastes:** plant residues; animal excrements, such as organic manure and liquid manure; wastes from yield and food processing, with their most efficient *recycling* without any harmful environmental side-effects.
4. **Control** (prevention, elimination or at least moderation) of undesirable **soil degradation processes** (Michéli et al., 2003; Várallyay, 1989, 2000b). Priority must be given to the efficient *preventive measures*. For successful **prevention** satisfactory **prognosis** is necessary. This can be rationally based on a comprehensive
 - **sensitivity analysis:** evaluating the susceptibility of soils to various soil degradation processes;
 - **impact analysis:** evaluation and forecast of the potential „positive” and „negative” impacts of various human activities.
5. **Improvement of the efficiency of agricultural water management and soil moisture control** (Várallyay, 2001, 2003). The greatly variable climate and weather conditions, the relief (undulating surface and the heterogeneous microrelief of the “flat” Hungarian Plain), and the unfavourable hydrophysical properties of some soils necessitate special “two-way” soil moisture control. Because both irrigation and drainage have serious ecological and economic limitations every effort should be made.
 - **to increase** water storage within the soil in plant-available form without any unfavourable environmental consequences: to help infiltration into the soil; to increase the water storage capacity; to reduce the immobile and not plant-available moisture content;
 - **to reduce** evaporation, surface runoff and filtration losses of water (atmospheric precipitation and irrigation water);
 - **to improve** the vertical and horizontal drainage conditions of the soil profile or the given area (prevention of over-saturation and waterlogging).Most of these measures are – at the same time – an integral part of environment protection (Várallyay, 2000c).
6. **Precision plant nutrient management** (Várallyay, 1994, 2000a; Várallyay et al., 1992):
 - *rational use of fertilizers* based on crop requirements (dynamics of their nutrient uptake), soil conditions and agroclimate;

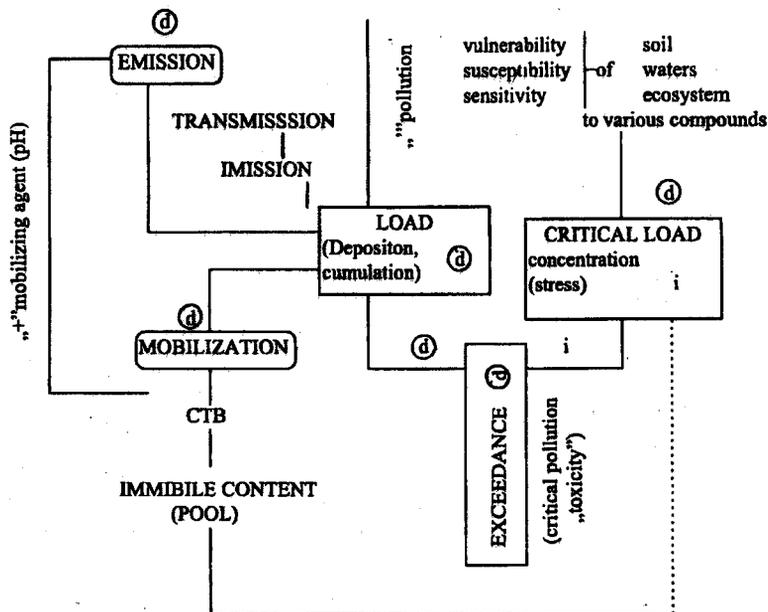
- *efficient recycling* of crop residues and production wastes (including organic manure);
 - *utilization of other wastes* with utilizable plant nutrient content and without potentially harmful chemical compounds.
7. **Soil pollution control.** The main elements of efficient soil pollution control – based on a comprehensive assessment of the quantity, status and regime of pollutants in the soil–water–plant–near the surface atmosphere continuum and in the food-chain and on the evaluation of their ecological impacts and environmental hazards – are as follows (Várallyay, 1996, 2000a):
- emission/imission reduction (preventing or reducing the quantity of pollutants deposited on or transported to the soil surface or into the soil);
 - prevention of the mobilization of potentially harmful chemical compounds or elements which are already present in the soil but in – temporarily – immobile form;
 - decrease in the susceptibility/vulnerability of soil to various pollutants (through an increase in the buffering capacity of soils), making it tolerant of a higher critical load of pollutants and consequently reducing the “exceedance risk” and the unfavourable ecological consequences.

The conceptual model of such a system is shown in Figure 5.

8. Integrated pest management.

Figure 5.

Strategy for pollution control (i: increase; d: decrease)



Conclusions

Agricultural production is economy driven. In contrast, the maintenance of soil multifunctionality, the quality of surface and subsurface water resources and the protection of the natural environment are not (fully) economy-dependent elements of sustainable development, but imperative tasks of human society.

The efficient realization of these new tasks requires **new conceptual approaches and adequate expertise**. Consequently, research, education, innovation and extension services play a prominent role in our common future.

For the effect realization of sustainable land management

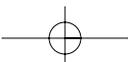
1. Its criteria have to be precisely defined and exactly quantified.
2. Appropriate legal documents and economical regulation have to guarantee the fulfillment of these criteria.
3. Best management practices have to be selected.
4. Environment-friendly, long-term society moral has to be developed on each level (global, continental, regional, national, subregional, local).

Only such joint efforts can be efficient towards a sustainable agricultural production harmonized with successful environment protection, ensuring a promising future in a pleasant environment.

References

- AGRO-21 (1995): (Future view of the agriculture.) *AGRO-21 Brochures*, Budapest. **10**. 5–26.
- FÉSÛS, I., KELE G., VÁRALLYAY, GY. (2000): Soil databases and their use in Hungary. In: *The European Soil Information System. World Soil Resources Reports. No. 91*. ESB-FAO. Rome. 87–96.
- LÁNG, I., CSETE, L., HARNOS, ZS. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. (The Agro-ecological Potential of Hungarian Agriculture in 2000). *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest. 1–265.
- MICHÉLI, E., VÁRALLYAY, GY., PÁSZTOR, L., SZABÓ, J. (2003): Land degradation in Hungary. In: Jones, R. J. A., Montanarella, L.: *Land Degradation (The JMRC Enlargement Action, Workshop 10–B)* 198–206. European Commission, Joint Research Centre, Ispra.
- SZABÓ, J., PÁSZTOR, L., SUBA, ZS., VÁRALLYAY, GY. (1998): Integration of remote sensing and GIS techniques in land degradation mapping. *Agrokémia és Talajtan*, **47**. (1-4) 63–75.
- SZABOLCS I., VÁRALLYAY GY., 1978. A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. (Limiting factors of soil fertility in Hungary) *Agrokémia és Talajtan*, **27**. 181–202.
- VÁRALLYAY, GY. (1989): Soil degradation processes and their control in Hungary. *Land Degradation and Rehabilitation*, **1**. 171–188.
- VÁRALLYAY, GY. (1994): Precision nutrient management – impact on the environment and needs for the future. *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.*, **25**. (7–8) 909–930.
- VÁRALLYAY, GY. (1996): Soil pollution management in Hungary. In: *Remediation of Soil and Groundwater. Opportunities in Eastern Europe*. (Eds.: McBean, E. A., Balek, J. & Clegg, B.) NATO

-
- ASI Series 2. Environment. Vol. 17. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht–Boston–London. Part II. II/5. 87–112.
- VÁRALLYAY, GY. (2000a): Soil quality in relation to the concepts of multifunctionality and sustainable development. In: Wilson, M. J., Maliszewska-Kordybach, B.: *Soil Quality, Sustainable Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe*. NATO Sci. Ser. 2. Env. Security. Vol. 69. 17–33. Kluwer Acad. Publishers.
- VÁRALLYAY, GY. (2000b): Risk assessment and prevention of soil degradation processes in Hungary. In: *Foresight and Precaution*. (Eds.: Cottam, Harvey, Pape & Tait). Balkema, Rotterdam. 563–567.
- VÁRALLYAY GY. (2000c): Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. (Scientific bases of the control of soil processes) In: *Székfoglalók, 1995–1998*. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. 1–32.
- VÁRALLYAY, GY. (2001): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. (Soil moisture regime and the environment) *Magyar Tudomány*, **XLVI**. (7) 799–815.
- VÁRALLYAY, GY. (2002): Soil survey and soil monitoring in Hungary. European Soil Bureau. Research Report No. 9. 139–149.
- VÁRALLYAY, GY. 2003. Role of soil multifunctionality in future sustainable agricultural development. *Acta Agronomica*. 51. (1) 109–124.
- VÁRALLYAY, GY., BUZÁS, I., KÁDÁR, I., NÉMETH, T. (1992): New plant nutrition advisory system in Hungary. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **23**. (17–20) 2053–2073.
- VÁRALLYAY, GY., SZÜCS, L., ZILAHY, P., RAJKAI, K., MURÁNYI, A., 1985. Soil factors determining the agroecological potential of Hungary. *Agrokémia és Talajtan*, **34**. Suppl. 90–94.



Die Bodenkundliche Landesaufnahme in Bayern Stand und Perspektiven

Robert TRAILDL

Bayerisches Geologisches Landesamt, Außenstelle Marktredwitz,
Leopoldstr.30, D-95615 Marktredwitz

Zusammenfassung

Die Bodenkundliche Landesaufnahme ist gesetzlicher Auftrag des Bayerischen Geologischen Landesamtes (GLA). Die erarbeiteten Ergebnisse werden regelmäßig publiziert und teilweise im Internet durch das Bodeninformationssystem (BIS) der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Das Kernstück der Bodenkundlichen Landesaufnahme ist die aus den Parametern Bodentyp und Substrat abgeleitete Bodenform. Damit wird der Ist- Zustand der Pedosphäre dokumentiert. Die Boden-Grundinventur beschreibt und untersucht die Bodenformen an punktuellen Standorten während die Boden-Flächeninventur die räumliche Verbreitung der Bodenformen erfasst und diese in Bodenkarten verschiedener Maßstäbe dar stellt. Schwerpunkt der augenblicklichen Kartierarbeit ist die Erstellung der Konzeptbodenkarte 1:25 000. Sie ist die Grundlage für verschiedene Anwendungen in der Hydrogeologie sowie im vorsorgenden Bodenschutz und die daran gekoppelte Umsetzung in der Regionalplanung.

Abstract

Soil surveying is lawful assignment of the Bayerisches Geologisches Landesamt (GLA).

The compiled results are published regularly and are partly available by a soil information system on the Internet (www.bis.de). The core of soil surveying is the so called „Bodenform“, which combines soil type and substrate in one term. This will document the present state of the pedosphere. Soil surveying is divided in two categories: one deals just with punctiform locations (soil profiles) and the other records the geographical extension of soils (soil mapping). At present the compilation of the „Konzeptbodenkarte 1:25 000“ (a conceptual soil map) takes centre stage. This is the basis for different applications by hydrogeology, soil protection and attached regional planning.

1. Einleitung

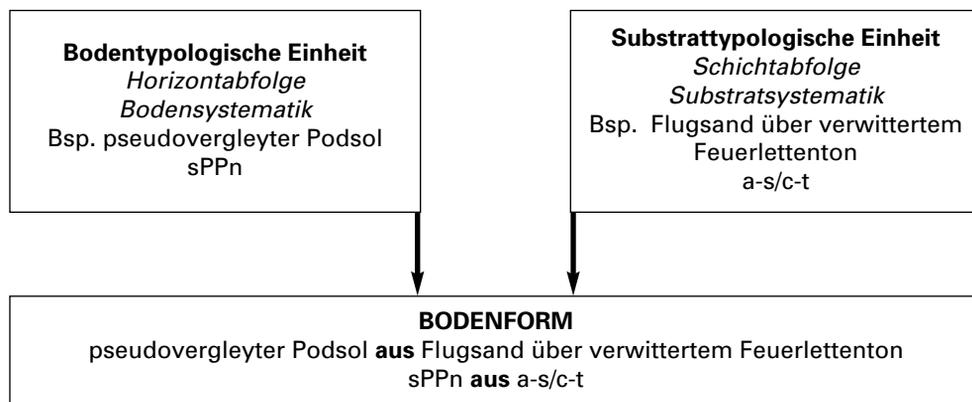
Die Bodenkundliche Landesaufnahme ist in Bayern – wie in allen anderen Bundesländer der BRD – gesetzlicher Auftrag des staatlichen geologischen Dienstes, des Bayerischen Geologischen Landesamtes (GLA). Die erforderlichen Informationen über den Ist-Zustand punktförmiger Standorte liefert die Bodengrundinventur während flächenbezogene Angaben durch die Bodenflächeninventur zur Verfügung gestellt werden. Im Zentrum beider Arbeits-bereiche steht die Bodenform. Durch die Verabschiedung der Bodenschutzgesetze in den Jahren 1999 und 2000 sieht sich die bodenkundliche Landesaufnahme neuen Anforderungen und Herausforderungen gegenüber, denen mit dem Konzept der Bodenform begegnet wird.

2. Die Bodenform

Sowohl bei der Dokumentation einzelner Standorte als auch in den Legendeninhalten von Bodenkarten wird neben der Pedogenese (Horizonte) auch das Material, aus dem die Festsubstanz des Bodens besteht (Substrat), berücksichtigt. Die aus diesen Parametern abgeleitete Bodenform ist das Kernstück der Bodenkundlichen Landesaufnahme (s. Abb.1). Erst durch die genaue Beschreibung des Substrats (Geogenese, Gesamtbodenart, Komponentenzusammensetzung) sind viele umwelt- und planungsrelevante Auswertungen möglich.

Abbildung 1:

Ableitung der Bodenform mit Beispiel



3. Die Boden-Grundinventur

Die Boden-Grundinventur beschreibt und untersucht die Bodenformen an punktuellen Standorten (siehe auch Tabelle 1). Als Basis dienen flächenrepräsentative Bodenprofile. Diese werden aufgenommen, beprobt und durch Feld- und Laboruntersuchungen in ihrem Ist-Zustand dokumentiert. Zusätzlich wird mittels sogenannter „Bodensequenzen“ versucht nach dem Catena-Prinzip Zusammenhänge zwischen Boden, Relief und Geologie zu erfassen.

4. Die Boden-Flächeninventur

Die Boden-Flächeninventur untersucht die räumliche Verbreitung der Bodenformen und stellt sie in Karten verschiedener Maßstäbe dar (siehe Tabelle 1). Vorrangiges Ziel

Boden-Grundinventur (punktförmige Aufnahmen)		Boden-Flächeninventur (Bodenkarten)	
Bodenprofile 1) Einzelstandorte mit ausführlicher Profilbeschreibung und Beprobung, meist Aufgrabungen; kontinuierliche Ergänzungen (ca. 6000)		BÜK 500 Inselkarte für Bayern (1953) mit Erläuterungsband (1961); Vergriffen	
Bodensequenzen 2) Profilaufnahmen nach dem Catenaprinzip mit gekürzter Profilbeschreibung, meist Pürckhauer-Bohrungen, z.T. mit Beprobung; kontinuierliche Ergänzungen (ca. 1200 Sequenzen)		BÜK 200 Für die Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland konzipiert; Blatt München (1997); Blatt Augsburg (2001); Blatt Passau (2001); Blatt Regensburg in Bearbeitung; Blatt Bad Reichenhall in Bearbeitung; weitere bayerische Kartenblätter in Vorbereitung	
Beiträge „Böden“ zur GK 25 Textkapitel zur GK 25 mit Bodenprofilen und Analysentabellen; kontinuierliche Ergänzungen (ca. 360 Beiträge)		SBK 50 14 Kartenblätter als Kartenblock „München-Augsburg und Umgebung“ mit Erläuterungsband (1986, 1987); Kartenwerk wird derzeit nicht fortgesetzt	
„Die Böden Bayerns“ Datenhandbuch „Tertiärhügelland...“ (1992); Datenhandbuch „Keuper-Lias-Land...“ (2002); kontinuierliche Ergänzungen		SBK 25 8 Kartenblätter als Kartenblock „Hallertau“ mit Erläuterungsband (1981); Kartenwerk wird derzeit nicht fortgesetzt	
Bodenschätzungsarchiv 1) Auswahl von Profilen der Bodenschätzung (ca. 270.000 Profile)		BK 25 23 Kartenblätter aus verschiedenen Bodenlandschaften mit Erläuterungsbänden (1957 bis 1978); Kartenwerk wird derzeit nicht fortgesetzt	
1) Freigabe nach datenschutzrechtlichen Vorgaben 2) Archivmaterial, nicht veröffentlicht		KBK 25 Vorläufige BK als Grundlage der BÜK 200 und SBK 50, in Bayern landesweit in Bearbeitung (ca. 320 Blätter)	
		Projektkarten > 25 z.B.: Stadtbodenkarte München-Allach (1992); Weinberg-Bodenkarten (1957 bis 1962); verschiedene Maßstäbe; derzeit keine Bearbeitung	
		BSÜK 25 Handkolorierte Unikate im Blattschnitt der Meßtisch- bzw. Positionsblätter; nur landwirtschaftliche Nutzfläche dargestellt; flächendeckend vorhanden	
Abkürzungen: BK Bodenkarte SBK Standortkundliche Bodenkarte BÜK Bodenübersichtskarte KBK Konzeptbodenkarte BSÜK Bodenschätzungs-Übersichtskarte GK Geologische Karte		BSÜK 100 11 Karten für die Reg.-Bezirke Oberbayern (Nordteil), Niederbayern, Oberpfalz und Schwaben (1944 bis 1978); keine weitere Bearbeitung geplant	

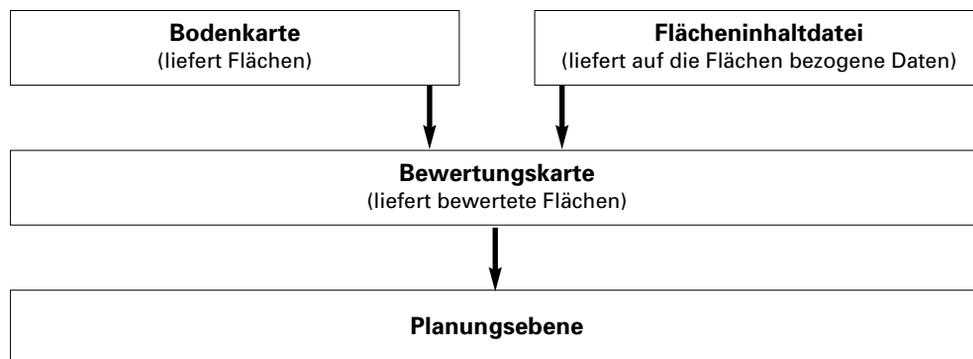
ist es, die Standortkundliche Bodenkarte 1:50 000 als abgeschlossenes Kartenwerk mittelfristig vorzulegen. Eine wichtige Vorarbeit zu diesem Kartenwerk und für die bundesweit zu erstellende Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200000 (BÜK 200) stellt die Konzept-bodenkarte 1:25000 (KBK 25) dar. Der dringende Bedarf an einem flächendeckenden Kartenwerk war der treibende Motor zur Entwicklung der Konzeptbodenkarte.

Diese vorläufige Bodenkarte, die aus vorhandenen Unterlagen sowie aus Ergebnissen der Boden-Grundinventur konzipiert und durch Übersichtskartierungen im Gelände ergänzt wird, steht im Mittelpunkt der augenblicklichen Kartierarbeit. Unabdingbar für eine Vielzahl von Auswertungen der KBK 25 ist die Charakterisierung der Flächen durch eine Flächeninhalts-datei. Erst das „Füllen“ der Flächen durch Daten ermöglicht vor allem in planerischen Belangen eine weitere Verarbeitung. Diese Verknüpfung der Flächen mit flächentypischen Profilen – versehen mit Analysendaten sowie bodenchemischen- und physikalischen Kennwerten – ermöglicht auch eine umweltbezogene Nutzbarmachung der Boden-Flächeninventur.

5. Anwendungen und Ausblick

Abbildung 2:

Von der Bodenkarte zur Planung



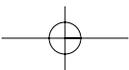
Die bodenkundliche Landesaufnahme ist Grundlage für die wissenschaftliche Forschung und verschiedene Anwendungen in der Hydrogeologie (Schutzfunktion der Grundwasser-überdeckung) sowie im vorsorgenden Bodenschutz (z.B. Bewertung des Retentionsvermögens von Niederschlägen oder Bewertung des Standortpotenzials für die natürliche Vegetation) und die daran gekoppelte Umsetzung in der Regionalplanung (siehe Abb.2 sowie BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT UND BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ, 2003).

Hier sind auch wesentliche Impulse für das weitere konzeptionelle Vorgehen einer modernen und wissenschaftlich fundierten Landesaufnahme zu erwarten. Wesentlich ist es, diese Impulse auch wahrzunehmen und umzusetzen. Durch die Bereitstellung von Daten auf einer breiten Basis (Bodentyp + Substrat = Bodenform) ist eine rasche Reaktion auf neue Fragestellungen gewährleistet. Mit der mittelfristig angestrebten Fertigstellung der Standortkundlichen Bodenkarte 1:50 000 wird ein hervorragendes Instrument zur Bewältigung dieser Anforderung zur Verfügung stehen.

Niemand kann die gesellschaftliche bzw. politische Entwicklung eines Landes vorhersehen. Umso wichtiger ist es, dieser Ungewissheit mit einem möglichst reaktionsfähigem Konzept entgegenzutreten und durch Bewusstseinsbildung den bestehenden gesetzlichen Auftrag weiter zu festigen und auszubauen.

Literatur

- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT UND BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (2003): Das Schutzgut Boden in der Planung. Bewertung natürlicher Bodenfunktionen und Umsetzung in Planungs- und Genehmigungsverfahren, Augsburg, 62 S.
- DREXLER, O., GROTTENTHALER, W., GRUBER, H.-P., MARTIN, W., SCHMIDT, F. (2000): Die bodenkundliche Landesaufnahme – Grundlage für Bodenschutz und Daseinsvorsorge. *Geologica Bavarica* 105, München, S. 363-378.



Bodenbewertung in Stadtregionen des Alpenraums – Projekt TUSEC-IP

Markus TUSCH¹, Clemens GEITNER¹, Sigbert HUBER² und
Monika TULIPAN²

¹ Universität Innsbruck, Institut für Geographie, 6020 Innsbruck

² Umweltbundesamt, Abteilung Terrestrische Ökologie, 1090 Wien

Zusammenfassung

Das INTERREG-III-B-Projekt TUSEC-IP (Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions – Implementation in Planning Procedures) befasst sich mit Böden in Stadtregionen des Alpenraums. Boden wird dabei nicht wie in der Raumplanung bislang üblich auf eine zweidimensionale „Fläche“ reduziert, sondern als dreidimensionale, multifunktionale, schützenswerte Ressource betrachtet.

Hauptziel des Projektes, in dem die enge Zusammenarbeit von Wissenschaftern und Praktikern anwenderorientierte Lösungsansätze gewährleisten soll, ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung urbaner Böden und von Strategien zu dessen Umsetzung in kommunalen und regionalen Planungsverfahren. Im Sinne einer nachhaltigen Raumentwicklung soll das von TUSEC-IP geschaffene Bewertungssystem dazu beitragen, bei Siedlungserweiterungen vermehrt auf ökologische Kriterien zu achten.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt des Projekts ist die Bildung und Stärkung des „Bodenbewusstseins“ kommunaler und regionaler Planungsverantwortlicher, nicht zuletzt im Hinblick auf bevorstehende Bodenschutzregelungen auf europäischer Ebene.

Summary

The INTERREG-III-B-project TUSEC-IP (Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions – Implementation in Planning Procedures) deals with urban soils in the alpine space. Soil is no longer seen as mere two-dimensional „land“ or „property“ but as a multifunctional resource worthy to be protected.

Major aim of the project, in which a close collaboration of scientists and urban planners shall guarantee user-oriented solutions, is the development of both a tool to evaluate urban soils and strategies to implement the results in municipal and regional planning procedures. In accordance with the idea of sustainable spatial development TUSEC-IP shall contribute to directing urban planning towards more ecologically sound considerations.

Another essential aspect of TUSEC-IP is the creation and broadening of „soil consciousness“ of municipal and regional planners not least in view of upcoming soil protection regulations on European level.

1. Historische Entwicklung des Bodenbegriffs

Bis ins 19. Jahrhundert wurde Boden fast ausschließlich in Zusammenhang mit seiner Fähigkeit betrachtet, (Kultur-)Pflanzen als Standort und Nährstoffquelle zu dienen

(siehe z.B. KRAUT 1853, VAGELER 1921, BLANCK 1929, ROBINSON 1939, MÜCKENHAUSEN 1992). Im Zuge der Industrialisierung änderte sich das Verständnis von „Boden“ grundlegend. Die direkte Verbindung von Boden und Lebensumfeld löste sich mit dem Bedeutungsverlust der Landwirtschaft sukzessive auf. Die ehemalige Lebensgrundlage Boden wurde zur über den Grundstückspreis bewerteten Ware (ERNST & BONCZEK 1971). Die Betrachtungsweise des Bodens als zweidimensionale „Fläche“, als unbeweglicher, unvermehrbarer und sich nicht abnutzender Produktionsfaktor dominierte in der Folge immer stärker. Symptomatisch dafür ist auch die doppelte Bedeutung des Wortes „Boden“ im deutschen Sprachraum, womit sowohl der eigentliche Bodenkörper als auch die für Nutzungen in Anspruch genommene „Fläche“ beschrieben wird – eine semantische Unschärfe, die sich noch immer sowohl im Sprachgebrauch als auch in einigen gesetzlichen Grundlagen findet. Ein relativ junger und vom Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit geprägter Ansatz geht dahin, „Boden“ wieder als dreidimensionalen Naturkörper mit vielfältigen schützenswerten Funktionen zu betrachten. Boden ist demnach (BBodSchG 1998, §2, Abs. 2) nicht nur Produktionsfaktor in der Land- und Forstwirtschaft, Rohstofflagerstätte und Standort menschlicher Aktivität, sondern auch

- Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
- Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
- Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers und
- Archiv der Natur- und Kulturgeschichte.

2. „Boden“ im heutigen Verständnis

Das Verständnis von Boden als Träger von nicht nur sozio-ökonomischen, sondern auch und vor allem ökologischen Funktionen ist noch immer nur in Ansätzen vorhanden, wie einige Formulierungen auch in den rechtlichen Regelungen zeigen. Hinsichtlich der gesellschaftlichen Akzeptanz hat Bodenschutz im Vergleich zu anderen, etablierten Umweltschutzziele mit gewissen Imageproblemen zu kämpfen. Boden erscheint auf den ersten Blick als starres, zweidimensionales Medium, die darin ablaufenden Prozesse entziehen sich der direkten Wahrnehmung. Somit sind Bodenfunktionen in ihrer Komplexität äußerst schwer vermittelbar. Zudem sind Böden nicht leicht als Einheiten voneinander abgrenzbar, zumeist von Vegetation bedeckt und werden daher nicht auf den ersten Blick als individuell, schön und schützenswert, sondern eher negativ als „Schmutz“ wahrgenommen (HASENPFUG 1992: 648, MUNLV NORDRHEIN-WESTFALEN 2001).

2.1 Boden in Gesetzen

In Österreich beziehen sich gesetzliche Regelungen mit explizitem Bodenbezug meist auf land- oder forstwirtschaftlich genutzte Böden, auf denen die Ausbringung von Düngemitteln und Klärschlamm und der Einsatz von Pestiziden und Herbiziden beschränkt werden sollen.

Die Definition des Bodens im Protokoll „Bodenschutz“ der Alpenkonvention, die in etwa dem Bodenbegriff im deutschen Bundesbodenschutzgesetz entspricht, umfasst ökologische, historische und sozio-ökonomische Bodenfunktionen, erweitert um die Funktion von Boden als „prägendes Element von Natur und Landschaft“ und als „genetisches Reservoir“. Abgesehen davon fehlt in Österreich bis dato eine bundesweit einheitliche Definition. Dementsprechend differieren auch die Begrifflichkeiten in den jeweiligen Landesgesetzen.

2.2 Boden in der Raumplanung

Häufig finden sich in den entsprechenden Gesetzen eher vage formulierte Bestimmungen zum Schutz des Bodens, wie z.B. im §1 Abs 2a Tiroler Raumordnungsgesetz 2001: „Ziele der überörtlichen Raumplanung sind insbesondere (...) die sparsame und zweckmäßige Nutzung des *Bodens* (...)“ (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 2001). Aus dieser Formulierung geht also nicht eindeutig hervor, ob Boden als dreidimensionales Medium oder eher als Fläche betrachtet wird, zumal es etwa im §27 Abs 2h Tiroler Raumordnungsgesetz 2001 heißt: „Ziele der örtlichen Raumplanung sind insbesondere (...) die Erhaltung ökologisch besonders wertvoller *Flächen*“ (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 2001).

Auch in der raumplanerischen Praxis stößt man häufig auf einen Bodenbegriff, der nicht im Sinne der Bodenkunde verwendet wird. Das mag damit zusammenhängen, dass in Österreich die örtliche Raumplanung zumeist in die Zuständigkeit von Bauamtsleitern mit bautechnischer Ausbildung fällt, deren Sichtweise durch die traditionelle baueologische Definition von Boden als „Lockergestein“ in Abgrenzung zu „Fels“ geprägt ist (FECKER & REIK 1987, vgl. REDLICH et al. 1929).

3 Das Projekt TUSEC-IP

3.1 Ausgangslage, Zielsetzung und Definition

TUSEC-IP (*Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions – Implementation in Planning Procedures*) wird im Rahmen der EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG-III-B Alpenraum von Projektpartnern in fünf Alpenländern – Österreich, Deutschland, Schweiz, Italien und Slowenien – durchgeführt und beschäftigt sich mit der

Bewertung von Böden in Stadtregionen des Alpenraums. Das Projekt wird von der Europäischen Union kofinanziert. Das ambitionierte Ziel ist die Schaffung eines wissenschaftlich fundierten Bodenbewertungssystems und darauf aufbauend die Ausarbeitung von praktischen Umsetzungsstrategien, welche in Zukunft die Berücksichtigung von Bodenschutzaspekten in lokalen und regionalen Raumplanungsmaßnahmen ermöglichen sollen. Die Konzentration auf urbane Regionen gründet sich auf den dort besonders starken Siedlungsdruck und die Gefahren, die eine ungezügelter Bautätigkeit und damit verbundener Boden- und Flächenverbrauch mit sich bringen. Diesbezügliche Trends sind in sämtlichen Ländern des Alpenraums erkennbar (KMENT 2001).

Bereits die Abgrenzung und Definition von „Stadtböden“ erweist sich als ein nicht triviales Unterfangen, zu dem unterschiedliche Ansichten existieren. Grundsätzlich kann unterschieden werden zwischen Stadtböden im pedologischen und im politisch-geographischen Sinne. Unter ersterem sind in unterschiedlichem Ausmaß anthropogen veränderte Böden in Verdichtungsräumen subsumiert, wobei unter „anthropogenen Veränderungen“ Versiegelungen, künstliche Umlagerungen, Verfüllungen und Auftragungen sowie städtisch-industrielle Landnutzungsformen, nicht jedoch Veränderungen des Bodenaufbaus und seiner Zusammensetzung im Zuge landwirtschaftlicher Nutzung zu verstehen sind (BLUME 1992, PIETSCH & KAMIETH 1991). Die politisch-geographische Definition umfasst hingegen sämtliche Böden innerhalb der jeweiligen administrativen Grenzen, unabhängig von der Nutzungsform und dem Grad der menschlichen Beeinflussung. Im Hinblick auf vorsorgenden Bodenschutz durch raumplanerische Maßnahmen sind für TUSEC-IP sowohl bereits anthropogen überprägte Böden im Verdichtungsraum, als auch heute noch landwirtschaftlich genutzte bzw. brachliegende Böden am Siedlungsrand – also potenzielles „Entwicklungsgebiet“ – von besonderer Bedeutung.

3.2 Bisherige Aktivitäten

Erhebung der rechtlichen Grundlagen

Wie bereits dargelegt, sind die gesetzlichen Regelungen von Bodenverbrauch und Bodenschutz nicht einheitlich und oftmals auch nicht eindeutig. Am Beginn des Projekts steht somit eine vergleichende Darstellung der Rechtsvorschriften und Zuständigkeiten auf kommunaler, nationaler und europäischer Ebene.

Anforderungen an ein Bodenbewertungssystem

Ein wesentlicher Anspruch von TUSEC-IP ist die Orientierung an den Bedürfnissen potenzieller Anwender, also vor allem Planungspraktikern in Städten und Umlandgemeinden. In einem ersten Schritt wurden in einer qualifizierten Befragung die konkreten Anforderungen seitens der unmittelbar am Projekt beteiligten Raumplaner der Stadtgemeinden München, Reutlingen, Linz, Zürich und Maribor erhoben.

Zusätzlich zur Bewertung aller Bodenfunktionen im Sinne des deutschen Bundesbodenschutzgesetzes soll das Potenzial von Böden im Hochwasserschutz und bei der Regulierung des städtischen Mikroklimas genauer betrachtet werden.

Fragebogenaktion

Im Rahmen einer noch nicht abgeschlossenen, schriftlichen Umfrage wurden Planungsverantwortliche in rund 800 Städten im Alpenraum aufgefordert, mögliche Anforderungen an ein Bodenbewertungssystem zu konkretisieren. Im Detail wurde erhoben, welche bodenbezogenen und planungsrelevanten Daten und Kartengrundlagen vorhanden sind, welche Maßnahmen zum Bodenschutz in der Vergangenheit bereits getroffen wurden, wo besondere Interessensfelder bzw. Problembereiche in den einzelnen Gemeinden liegen und welchen Anforderungen ein Bodenbewertungssystem genügen muss, um in der Praxis einsetzbar zu sein.

Eine erste Auswertung von Rücksendungen aus 60 österreichischen Städten lässt darauf schließen, dass Bodenschutz an sich als „wichtig“ bis „sehr wichtig“ eingeschätzt wird, hinsichtlich der praktischen Umsetzbarkeit aber teilweise auf Skepsis stößt. Weiters konnte festgestellt werden, dass notwendige Datengrundlagen wie etwa Bodenkarten nur in Einzelfällen in den Gemeinden vorliegen und häufig sogar unbekannt ist, dass derartige Bodeninformationen überhaupt existieren.

Übersicht über bestehende Bodenbewertungssysteme

In einer Literaturstudie (STASCH 2004) wurde erhoben, in welchen Regionen bereits Bodenbewertungssysteme im Einsatz sind, welche Methoden und Parameter dabei verwendet werden und inwiefern diese bestehenden Systeme für den Einsatz im Rahmen von TUSEC-IP adaptiert werden können. Nachfolgend sollen einige Aspekte von Bodenbewertungssystemen behandelt werden.

3.3 Aspekte von Bodenbewertungssystemen

Mit der Entwicklung des modernen Bodenverständnisses änderten sich auch die Anforderungen an die Bodenbewertung. Für das am weitesten verbreitete Verfahren zur Beurteilung landwirtschaftlich genutzter Flächen, die Finanzbodenschätzung, ist die Bewertung der natürlichen Ertragsbedingungen, definiert durch Bodenbeschaffenheit, Geländegestaltung, klimatische Verhältnisse und Wasserverhältnisse, ausreichend (WAGNER 2001).

Für die Beurteilung von Stadtböden greift dieser Ansatz jedoch zu kurz. Die Wertigkeit von Böden hängt von einer Reihe weiterer Faktoren ab. Abgesehen von der unmittelbaren Auswirkung von Bodenbelastungen auf Pflanzen, Tiere und den Menschen – wie sie in stoffbezogenen Bewertungsverfahren beurteilt wird – können in bodenbezogenen Verfahren folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Eignung des Bodens für eine bestimmte Nutzung
- Grad der Erfüllung (ökologischer) Bodenfunktionen
- aktueller Belastungsgrad und Prognose zukünftiger Belastungen durch geänderte Nutzung

In Deutschland wurde im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) eine strukturierte Übersicht über bestehende Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren geschaffen (BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ 2003). Im Endbericht sind 64 Methoden zur Bewertung der natürlichen und archivarischen Bodenfunktionen beschrieben, darüber hinaus noch 18 Methoden zur Bewertung der nicht-stofflichen Gefährdung z.B. durch Erosion oder Verdichtung.

Ein in der Praxis anwendbares Bewertungssystem sollte das komplexe System „Boden“ mit seiner Vielzahl von Wirkungszusammenhängen für jede einzelne Teilfunktion in Form von messbaren Kriterien kategorisieren (z.B. Land Capability Classification – NORTON 1939) oder parametrisieren (z.B. Finanzbodenschätzung oder Storie Index Rating – MCRAE & BURNHAM 1981). Durch die Reduktion auf wenige quantifizierbare Kriterien erfolgt zwar eine erhebliche Vereinfachung des Bodensystems, dies ist jedoch nötig, um die raumplanerische Umsetzung prinzipiell zu ermöglichen. Ein entsprechendes Bewertungsverfahren muss die Ableitung von Empfehlungen zum Umgang mit dem Boden aus den festgelegten Kriterien mit möglichst hoher Flexibilität hinsichtlich vorhandener Datengrundlagen, rechtlicher Voraussetzungen und regionalspezifischer Problemstellungen gewährleisten. Dabei muss das Verfahren die Ansprüche der Wissenschaft, Allgemeingültigkeit, Transparenz und Nachvollziehbarkeit, Flexibilität und Erweiterungsfähigkeit bei gleichzeitiger Praktikabilität – wozu auch die Minimierung von zeitlichem, personellem und finanziellem Aufwand zur Datenbeschaffung sowie zur Durchführung der Bewertung zählen – erfüllen (MCRAE & BURNHAM 1981, BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ 2003).

Prinzipiell ist die Aussagekraft von Bodenbewertungen und in weiterer Folge deren Verwendung als Grundlage für Planungsentscheidungen von drei Faktoren abhängig:

- Quantität und Qualität der verfügbaren Datengrundlagen
- gewünschter Detaillierungsgrad (Maßstab) der Aussage
- Komplexität des Nutzungsanspruchs hinsichtlich der erforderlichen Bodeneigenschaften

Herausforderungen ergeben sich zudem aus den besonderen Eigenschaften von Böden in urbanen Räumen. Vor allem in städtischen Innenbereichen finden sich kaum mehr völlig ungestört entwickelte, „natürliche“ Böden, weshalb die Anwendung

von vorhandenen, für nicht-städtische Bereiche entwickelte Bewertungssysteme nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich ist. Das größte Manko ist dabei die noch immer lückenhafte Verfügbarkeit von bodenkundlichem Datenmaterial, das die in urbanen Gebieten oftmals auf kleinstem Raum sehr heterogene Verteilung einzelner Bodenformen in einem planungsrelevanten, rechtlich verbindlichen Maßstab (1:5.000 und größer) abbildet. Trotz dieser Schwierigkeiten wurden beispielsweise in Deutschland mehrere Verfahren entwickelt, um die Bewertung von Böden in urbanen Gebieten durchzuführen. Als Beispiele seien genannt:

- Stuttgarter Bodenschutzkonzept (HOLLAND 1995)
- Hamburger Verfahren zur großmaßstäbigen Bodenfunktionsbewertung (HOCHFELD et al. 2003)
- Das Schutzgut Boden in der Planung (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ & BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT 2003)

3.4 Ausblick

Um den unterschiedlich gelagerten Anforderungen an ein Bewertungssystem gerecht werden zu können, erfolgt die Entwicklung in TUSEC-IP auf zwei Maßstabsebenen (Tab. 1):

Zusätzlich zu den Bewertungsmethoden, auf denen das System basiert, müssen die erforderlichen Datengrundlagen definiert werden. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen

<i>Tab. 1: Ebenen des Bewertungsverfahrens</i>		
	Planungsebene „A“	Übersichtsebene „B“
Maßstab	größer als 1:10.000	1:10.000 und kleiner
Verbindlichkeit	rechtlich bindend	rechtlich nicht bindend
Einsetzbarkeit	für Einzelflächen (z.B. bei geplanten Nutzungsänderungen, Verdachtsflächen, ...)	für gesamtes Gemeindegebiet (bzw. Dauersiedlungsraum)
Daten- grundlage	Kartierungen; Expertenwissen unerlässlich	hauptsächlich bereits vorhandene Daten („Sekundärdaten“, z.B. auch aggregiert in Form von Konzeptbodenkarten)
Schnittstellen	Einsatz von „A“ zur punktuellen Verifizierung von Ergebnissen auf Ebene „B“	Resultate von „A“ können aggregiert als Input für „B“ verwendet werden

- Minimalanforderungen:
Welche Information wird mindestens benötigt, um überhaupt eine adäquate Aussage treffen zu können?
- idealem Datensatz:
Welche Informationen müssen vorhanden sein, um die besten Ergebnisse zu gewährleisten?
- zu erwartender Datengrundlage:
Welche Daten sind – laut Ergebnissen der Gemeindebefragung – prinzipiell vorhanden und welche Ergebnisse können damit erzielt werden?

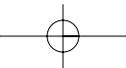
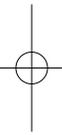
Des Weiteren ist die Erarbeitung von Regeln zur sinnvollen Verknüpfung dieser Informationen nötig, ebenso eine klare Definition der Einsatzmöglichkeiten und Grenzen des Bewertungssystems. Schließlich wird das Bewertungsverfahren umfassenden Tests in der täglichen planerischen Praxis unterworfen und die Erkenntnisse im Sinne eines „*feedback loops*“ zur Verbesserung des Verfahrens und zur Ausmerzung von Defiziten und Mängeln eingebracht. Den Endanwendern wird ein „Handbuch“ zur Verfügung gestellt, mit dessen Hilfe planungsrelevante Bodenbewertungen in der Folge eigenständig – das heißt weitgehend ohne Einbeziehung von Bodenkundexperten – möglich sein sollen. Außerdem werden Strategien erarbeitet, wie die Bewertungsergebnisse in raumplanerischen Verfahren eingesetzt werden könnten.

Abgesehen von diesen konkreten Endprodukten ist es erklärtes Ziel von TUSEC-IP, das Bewusstsein für das multifunktionale Umweltmedium „Boden“ zu stärken und Raumplaner sowie politische Entscheidungsträger für die Bedeutung der ökologischen Bodenfunktionen und die Wichtigkeit des vorsorgenden Bodenschutzes zu sensibilisieren, um so einen Beitrag zur nachhaltigen Siedlungsentwicklung zu leisten.

Literatur

- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (2001): Handbuch Raumordnung Tirol. Innsbruck.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ & BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (2003): Das Schutzgut Boden in der Planung. Bewertung natürlicher Bodenfunktionen und Umsetzung in Planungs- und Genehmigungsverfahren. München, Augsburg.
- BGBI. I, S. 502 (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG).
- BLANCK, E. (1929): Handbuch der Bodenlehre. Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Lehre von der Entstehung des Bodens. Springer, Berlin.
- BLUME, H.-P. (Hrsg.) (1992): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. 2. Auflage. ecomed, Landsberg/Lech.
- BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2003): Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit. Hannover, Hamburg.

- ERNST, W. & W. BONCZEK (1971): Zur Reform des städtischen Bodenrechts. Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Abhandlungen, Heft 61, Hannover.
- FECKER, E. & G. REIK (1987): Baugeologie. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- HASSENPFUG, W. (1992): Schutz durch Erziehung. In: H.-P. BLUME (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes. ecomed, Landsberg/Lech, S. 648 – 652.
- HOCHFELD, B., A. GRÖNGRÖFT & G. MIEHLICH (2003): Großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung für Hamburger Böden. Verfahrensbeschreibung und Begründung. Hamburg.
- HOLLAND, K. (1995): Die Böden Stuttgarts – Erläuterungen zur Bodenkarte 1:20000. Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, Heft 3/1993, Stuttgart.
- KMENT, E. (2001): Versiegelt Österreich? Problemdarstellung und Maßnahmenvorschläge im Österreichischen Raumentwicklungskonzept 2001. In: UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): Versiegelt Österreich? Der Flächenverbrauch und seine Eignung als Indikator für Umweltbeeinträchtigungen. Tagungsberichte Heft 30, Wien, S. 109 – 113.
- KRAUT, K. (1853): Handwörterbuch der Chemie. 2. Band. Boden.
- MCRAE, S.G. & C.P. BURNHAM (1981): Land evaluation. Clarendon Press, Oxford.
- MUNLV NORDRHEIN-WESTFALEN (2001): Konzeption zur Verbesserung des Bodenbewusstseins in Fachöffentlichkeit und Bevölkerung. Abschlussbericht für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Aachen, Essen, Dortmund.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1992): Die Entwicklung der Bodenkunde im Deutschen Reich und in der Bundesrepublik Deutschland. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. Sonderheft, Oldenburg.
- NORTON, E.A. (1939): Soil conservation survey handbook. Miscellaneous Publications U.S. Department of Agriculture, No. 352.
- PIETSCH, J. & H. KAMIETH (1991): Stadtböden – Entwicklungen, Belastungen, Bewertungen und Planung. Eberhard Blottner Verlag, Taunusstein.
- REDLICH, K., K. v. TERZAGHI & R. KAMPE (1929): Ingenieurgeologie. Springer, Berlin.
- ROBINSON, G. W. (1939): Die Böden. Ihre Entstehung, Zusammensetzung und Einteilung; eine Einführung in die Bodenkunde. Verlagsgesellschaft für Ackerbau, Berlin.
- STASCH, D. (2004): Bodenbewertung in Stadtregionen der Alpenraumländer. *Unveröffentlichte Literaturstudie für TUSEC-IP*. Hohenheim.
- VAGELER, P. (1921): Bodenkunde. (=Sammlung Göschen, 455). de Gruyter, Berlin.
- WAGNER, J. (2001): Bodenschätzung in Österreich. Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, Heft 62, Wien. S. 69 – 103.



Ableitung detaillierter Bodeninformation aus Daten der Finanzbodenschätzung und Geländeparametern mit Hilfe von geostatistischen Methoden

Andreas MUHAR, Thomas SCHAUPPENLEHNER

Universität für Bodenkultur, Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und
Naturschutzplanung, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien

Zusammenfassung

Konventionelle, analog erstellte Bodenkarten stellen scharfe Grenzen zwischen Bodentypen dar, während in der Natur meist kontinuierliche Übergänge vorherrschen. Für das 150ha große Versuchsgut Rutzendorf im niederösterreichischen Marchfeld wird diskutiert, wie aus den Punktdaten der österreichischen Finanzbodenschätzung unter Zuhilfenahme eines detaillierten digitalen Geländemodells flächendeckende kontinuierliche Bodeninformation abgeleitet werden kann. Durch Anwendung geostatistischer Methoden (Cokriging) ist es möglich, die Zusammenhänge zwischen der Geländeausprägung und den Bodeneigenschaften zu analysieren und daraus die Interpolationsparameter zu definieren.

Summary

Conventional analogue soil maps depict hard borders between soil types, while in nature there are often continuous gradients. For the 150 ha research farm Rutzendorf in the Marchfeld region, Lower Austria, we discuss options to derive continuous areal soil information from point data of the Austrian Soil Taxation with auxiliary information from a high-resolution digital terrain model. By applying geostatistical methods (cokriging) it is possible to analyse correlations between soil characteristics and terrain morphology and to define interpolation parameters.

1. Einleitung

Fragestellungen und Aufgaben des landwirtschaftlichen Betriebsmanagements (z.B. Precision Farming), des Ressourcenschutzes sowie der landschaftsökologischen Forschung (z.B. Erosionsmodellierung) erfordern oftmals detaillierte, flächenhafte Bodeninformationen in hoher Auflösung und Qualität. Konventionelle, nach Regeln der analogen Kartographie erstellte Bodenkarten können diese Anforderungen meist nicht oder nur unzureichend abdecken, da sie scharfe Abgrenzungen von Bodentypen wiedergeben, während in der Natur überwiegend graduelle Übergänge bestehen. In Österreich bilden die Schätzungskarten der Finanzbodenschätzung im Maßstab

1:2000 die detaillierteste Form der Bodeninformation. Diese Karten werden auf Basis von Punktdaten erstellt, welche in Abständen von 40 bis 60m erhoben werden (WAGNER 2001).

Bodeneigenschaften korrelieren sehr oft mit Geländeeigenschaften wie Hangneigung, Position am Hang oder Geländekrümmung. Mit Hilfe hochauflösender digitaler Höhenmodelle und unter Anwendung geostatistischer Methoden können diese Zusammenhänge detailliert analysiert werden. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten der Erstellung kontinuierlicher Bodeninformation ohne scharfe Grenzen.

2. Projektrahmen und Untersuchungsgebiet

Das Projekt MUBIL (Monitoring der Umstellung auf biologischen Landbau) ist eine Kooperation zahlreicher Institute der Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien mit den Österreichischen Bundesversuchswirtschaften (Projektleitung Univ.-Prof. Dr. Bernhard Freyer, Projektkoordination Dipl.-Ing. Andreas Surböck, Institut für Ökologischen Landbau BOKU). Auf dem landwirtschaftlichen Betrieb Rutzendorf soll ein umfassendes Langzeitmonitoring zur Entwicklung des biologischen Landbaus eingerichtet werden. Für die Versuchsplanung und insbesondere für die Auswahl der Standorte der Dauerbeobachtungsflächen ist eine detaillierte Information über die bodenkundlichen Gegebenheiten erforderlich.

Das Versuchsgut Rutzendorf liegt auf ca. 150 m Seehöhe im Gemeindegebiet von Groß-Enzersdorf im niederösterreichischen Marchfeld, 7 km östlich der Wiener Stadtgrenze. Obwohl die Reliefenergie bei einer Gesamtfläche von ca. 150 ha insgesamt nur 4 m beträgt, sind die Bodenverhältnisse und damit auch die Bodenqualität sehr heterogen. Das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung stammt aus Schottern der Donau, die im Marchfeld terrassenförmig Material abgelagert hat. Rutzendorf befindet sich auf der Praterterrasse mit einer Seehöhe von 142-152 m. Auf einer Unterlage aus Tertiärsedimenten schichten sich Schotter mit einer Mächtigkeit von 5-7 m. Niveauschwankungen an der Schotteroberkante befinden sich im Bereich von 1-2 m, welche durch Feinsedimente (z.T. auch Lößauflage) mit einer Mächtigkeit von 1-2 m aber weitgehend ausgeglichen werden. Die vorkommenden Böden sind hauptsächlich Tschernoseme (BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT 1993). Das Gelände ist von schwach ausgeprägten Rinnen durchzogen, die von Gewässern eines ehemaligen Auegebietes stammen (s. Abb. 1). Diese Rinnen sind im Gelände visuell fast nicht wahrzunehmen, die Neigung im Querprofil beträgt nur etwa ein Prozent. Vom Klima her liegt das Areal in einer Übergangszone zwischen dem westeuropäischen und dem kontinentalen osteuropäischen Klimaraum. Geprägt ist das Gebiet durch relativ viel Sonnenschein, hohe Temperatursummen in der Vegetationsperiode,

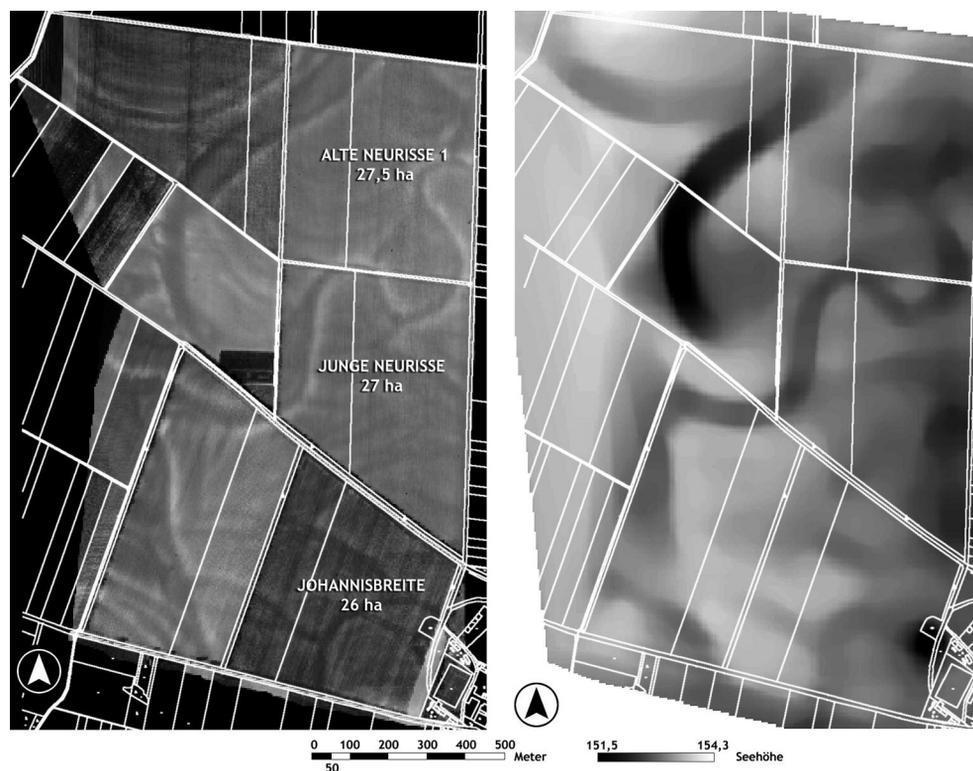
geringe Niederschläge (500-600 mm Jahressumme) und häufigen Wind (BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT 1993).

3. Material und Methoden

Als Datengrundlage standen ein aus Stereo-Luftbildern generiertes digitales Höhenmodell (Auflösung 1 m), ein Orthofoto, die Kataster- und Schlaggrenzen, sowie die Originaldaten der Finanzbodenschätzung (Schätzungsbuch und Schätzungskarte) zur Verfügung. Diese wurden in ein geographische Informationssystem (ArcGIS) integriert. Neben diesen Grunddaten lagen für einzelne Schläge (Johannisbreite, Alte Neurisse, Junge Neurisse, s. Abb. 1) fein aufgelöste Ertragsdaten (5x5 m) vor.

Abbildung 1:

Orthofoto und Geländemodell des Projektgebiets mit Kataster- und Schlaggrenzen (SCHAUPENLEHNER, MUHAR 2004)



3.1 Punktdaten der Finanzbodenschätzung

Die Finanzbodenschätzung ermittelt die natürliche Ertragsfähigkeit und Qualität landwirtschaftlicher Böden für steuerliche Zwecke. Die Daten werden von einem Bodenschätzer erhoben und sind in Schätzungsbüchern und Schätzungskarten abgelegt, die bei den zuständigen Finanzämtern aufliegen. Die Daten liegen momentan überwiegend in analoger Form vor, dies betrifft auch das Untersuchungsgebiet. Die landesweit in einem Raster von 40–60 m erhobenen Punktdaten beschreiben einen Bohrstich und weisen diesem eine Acker- (oder Grünland-) Wertzahl zwischen 0 und 100 zu, welche als Grundlage für die Grundbesteuerung dient (WAGNER 2001). Der Bodenschätzer fasst die Punktdaten auf Grund seines Expertenwissens und weiterer Parameter (z.B. Geländemorphologie) zu Polygonen gleicher Wertzahl zusammen und erstellt daraus die Bodenschätzungskarte.

Im Untersuchungsgebiet liegen die Ackerzahlen zwischen 33 und 96, weisen also eine sehr große Amplitude auf. An den Grenzen der Polygone der Schätzungskarte (s. Abb. 3) ergeben sich unrealistisch große Sprünge in der Bodenqualität, was sich aus der herkömmlichen kartographischen Herstellungsweise der Schätzungskarte erklären lässt, mit welcher Gradienten nicht wiedergegeben werden.

3.2 Ertragsdaten

Am landwirtschaftlichen Betrieb Rutzendorf kommt das mit einem Satellitennavigationssystem ausgestattete Erntegerät AFS Yield Monitor der Firma CASE zum Einsatz. Die Position des Geräts im Gelände sowie die jeweilige Erntemenge werden kontinuierlich registriert. Die räumliche Auflösung der Ertragsdaten ergibt sich aus der Breite des Mähdreschers und dem Zeitabstand zwischen Wägevorgängen, im vorliegenden Fall entsteht daraus standardmäßig ein Raster von 5m x 5m. Der Lagefehler liegt bei dem eingesetzten System im Bereich unter 2m. Die von der Erntemaschine erhobenen Daten sind jedoch Rohdaten mit einer Vielzahl an Fehlern und Verzerrungen, welche korrigiert werden müssen, um eine saubere Datengrundlage für die nachfolgenden Analysen zu erhalten.

4. Geostatistische Analysen

Geostatistische Interpolationsmethoden beruhen auf der Annahme, dass die Lage eines Punktes für die Attributausprägung relevant ist. Bei räumlich autokorrelierten Variablen ist die Attributausprägung zweier Punkte umso ähnlicher, je näher diese beieinander liegen. Mithilfe der Methode des Kriging kann der Einfluss der Lage von zufallsbedingten Effekten abgetrennt und damit eine statistisch begründete Interpolation von Punktdaten errechnet werden (ISAAKS & SHRIVASTAVA 1989).

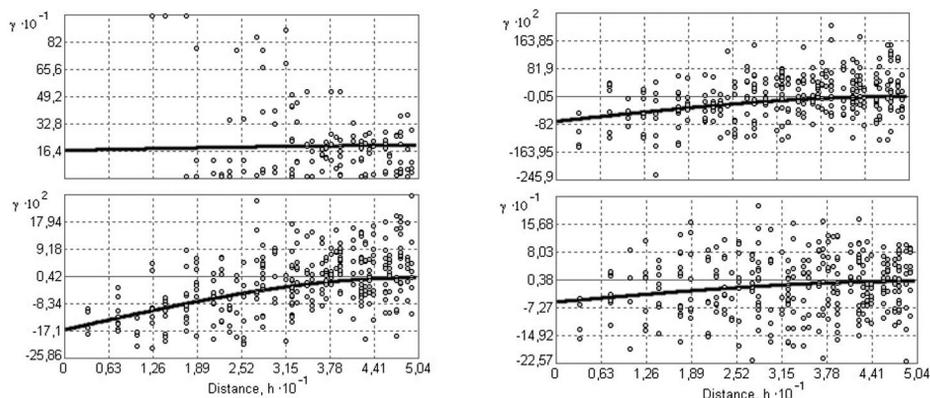


Abbildung 2:

Semivariogramm der Ackerzahl (li. oben) und Crosscovarianzen der Ackerzahl mit der Hangneigung (re. oben), der Krümmung (li. unten) sowie der SO-Ausrichtung (re. unten)

Durch die im Vergleich zur Variabilität des Bodens relativ großen Abstände zwischen den einzelnen Messpunkten (40-60m) ist die Methode des einfachen Kriging (Ordinary Kriging) nicht zielführend, da über diese Distanz keine räumliche Kontinuität gegeben ist (s. Abb.2) und Mikrostrukturen ignoriert werden. Ausgehend von der Annahme, dass die Bodenqualität in sehr hohem Maße von Geländeparametern beeinflusst wird (THOMAS et al. 1999), kann aber das Cokriging angewendet werden. Diese Methode ermöglicht die Schätzung einer regionalisierten Variable unter Verwendung weiterer Datensätze, die mit der Ausgangsvariablen korrelieren (KAPPAS 2001). Als bodenbeeinflussende Geländeparameter wurden Hangneigung, Krümmung sowie die Abweichung von der Hauptwindrichtung (ca. 120 Grad) aus dem Geländemodell extrahiert.

Die Auswahl dieser Variablen wurde durch nicht-räumliche explorative Datenanalyse unterstützt. Zunächst wurden explorativ Korrelationen zwischen den Geländeparametern und den Ertragsdaten untersucht, und darauf aufbauend nicht-räumliche multifaktorielle Regressionsmodelle erstellt (SCHAUPPENLEHNER, MUHAR 2004). Dabei zeigte sich, dass höhere Erträge vor allem am Boden der feinen Geländemulden zu finden sind, während die Hangbereiche der Mulden eher niedrigere Erträge aufweisen. In den flachen Mulden sind also mehr Feinsedimente abgelagert. Ein signifikanter Zusammenhang ergab sich auch mit der Exposition. Nach Süd-Osten hin orientierte Flächen weisen generell höhere Erträge auf. Als Erklärungshypothese wird nicht die unterschiedliche Intensität der Sonneneinstrahlung und damit der Austrocknung angenommen, weil dies bei Hangneigungen um ein Grad und einem Sonneneinfallswinkel über 40 Grad während der Vegetationszeit nicht relevant sein kann. Vielmehr dürfte es sich hier um äolische Effekte handeln, also unterschied-

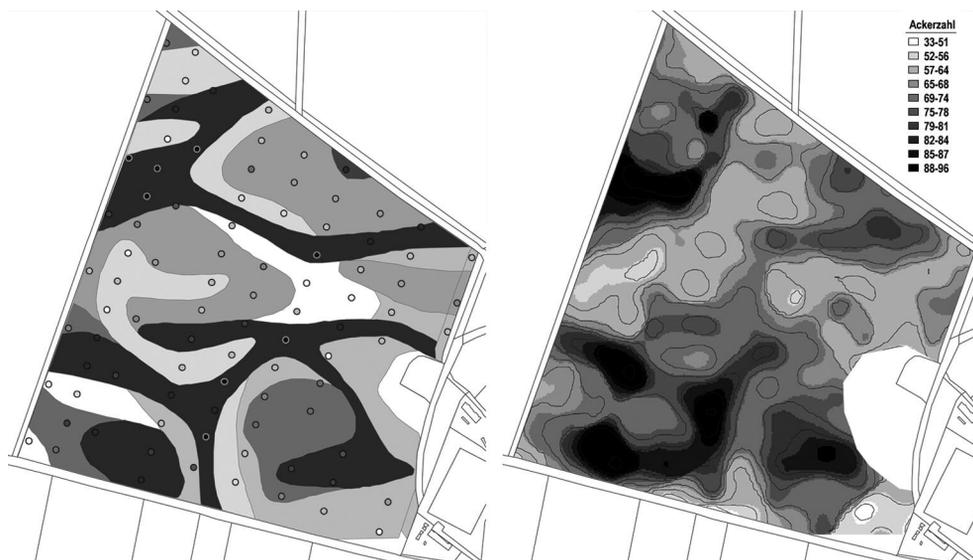


Abbildung 3:
Vergleich der konventionellen Schätzkarte (mit Bodenproben) mit dem Cokriging-Modell

liche Sedimentation von Feinmaterial, welches vom Wind vertragen wird. Diese Annahme deckt sich auch mit den Klimadaten, die für diese Region hauptsächlich Westwinde mit einem Häufigkeitsmaximum im Sommer ausweisen (BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT 1993).

5. Diskussion und Ausblick

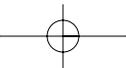
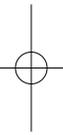
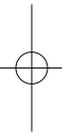
Die bisherigen Untersuchungen und Ergebnisse zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen Geländeparametern und Bodenschätzungsdaten, der mit Hilfe des Cokriging gut beschrieben werden kann. Die Ackerzahl ist eine Komplexgröße, welche von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. In den kommenden Projektschritten wird daher versucht, die Interpolationen im Gelände zu verifizieren und auch die einzelnen Komponenten zu modellieren, welche für die Ausprägung der Ackerzahl relevant sind, also etwa die Korngröße oder die Mächtigkeit der Feinbodenauflage.

Danksagung

Die Finanzierung des Forschungsprojektes MUBIL erfolgt durch das österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Die Autoren danken Frau Dipl.-Ing. Brigitte Rudel vom Institut für Vermessungswesen, Fernerkundung und Landinformation an der Universität für Bodenkultur für die Erstellung des digitalen Höhenmodells, Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Werner Schneider von demselben Institut für die Unterstützung bei der Datenkorrektur, Herrn Ing. Ernst Krisch vom Finanzamt Gänserndorf für die detaillierten Informationen zur Bodensituation sowie Herrn Dipl.-Ing. Karl Refenner von der Versuchswirtschaft der BOKU für die Erfassung der Ertragsdaten.

Literatur

- BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT IM AUFTRAG DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1993): Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000 Kartierungsbereich Groß-Enzersdorf Niederösterreich KB 7. 2. Auflage. Wien
- ISAAKS, E.H., R.M.SRIVASTAVA (1989): An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press
- KAPPAS, M. (2002): Geographische Informationssysteme, Das Geographische Seminar. Westermann. Braunschweig
- SCHAUPPENLEHNER, T., MUHAR, A (2004): Analysen der Zusammenhänge zwischen Kleinrelief und landwirtschaftlichen Ertragsdaten in einer alluvialen Landschaft zur Erstellung verbesserter Bodenkarten. In: J. Strobl, T. Blaschke und G. Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XV. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg '04 (in Druck)
- THOMAS, A. L., D. KING, E. DAMBRINE, A. COUTURIER, J. ROQUE. (1999): Predicting soil classes with parameters derived from relief and geologic materials in a sandstone region of the Vosges mountains Northeastern France. Geoderma 90: S 291-305.
- WAGNER, J. (2001): Bodenschätzung in Österreich. In: Bodenaufnahmesysteme in Österreich. Mitteilungen Österr. Bodenkundliche Gesellschaft 62, 69-104



Eine Andosol-Braunerde Toposequenz auf Granit in der böhmischen Masse

Bruno DELVAUX¹, Friederike STREBL², Emmanuel MAES¹,
Adrien J. HERBILLON¹, Vincent BRAHY¹ und
Martin H. GERZABEK³

¹ Université Catholique de Louvain, Unité sciences du sol,
Place Croix du Sud, 2/10, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

² ARC seibersdorf research GmbH, Umweltforschung, A-2444 Seibersdorf

³ Department Wald- und Bodenwissenschaften, Institut für Bodenforschung,
Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Str. 33, 1180 Wien; korrespondierender Autor

Zusammenfassung

In Europa kommen nicht-allophanische Andosole in feucht-kühlen Hochland-Landschaften mit variszischen basischen und metabasischen Ausgangsgestein vor. Die Untersuchung von Waldbodenprofilen aus dem südwestlichen Waldviertel (Weinsberger Wald; Seehöhe: 930 m; 914 mm jährlicher Niederschlag, 5,4°C mittlere Jahrestemperatur; Fichten-Buchen-Mischwald) ergab eine Andosol-Braunerde Topo-Sequenz (Plateau-Hang), die sich auf variszischem grobkörnigem Granit entwickelt hat. Beide Böden sind von einer dicken Auflageschicht bedeckt und zeigen stark saure pH-Werte. Der Andosol vom Plateau zeigt im AB-Bw Horizont (38 cm) eine dunkel-rötlich-braune bis stark braune Färbung und alle Eigenschaften eines „andic horizon“: hoher C_{org} -Gehalt (90-44 g kg^{-1}); 76-84% des gesamten freien Eisens waren oxalat-extrahierbar, was viel höher als der oxalat-extrahierbarer Al-Anteil ist. Als Quellen für Al und Fe dienen Biotit und Plagioklas. Als wichtige Faktoren für die Bildung der Andosol-Eigenschaften scheinen das kühl-humide Klima, die hohen Gehalte an organischem Kohlenstoff, eine hohe Infiltrationsrate während der Schneeschmelze sowie der hohe Anteil leicht verwitterbarer Minerale im Boden zu sein.

Summary

In Europe, occurrences of non-allophanic Andosols are linked with Hercynian basic and metabasic rocks in smoothed highlands with cool and humid climate. Here we describe an Andosol-Cambisol toposequence (plateau-slope), derived from Variscic coarse-grained granite in Waldviertel (Bohemian Massif, annual means of precipitation: 914 mm; of temperature: 5.4°C; spruce-beech mixed forest). Both soils were rich in organic matter and strongly acid, but the Andosol from the plateau was more weathered than the Cambisol. Below the 15 cm-thick litter in the Andosol, the 38 cm-thick AB-Bw solum exhibited dark reddish brown to strong brown color, high C content (90-44 g kg^{-1}), and met all the requirements of an andic horizon. In this horizon, iron oxalate extractable content (Fe_o : 16-28 g kg^{-1}) represented 76-84% of free iron, and was much larger than Al_o (0.8-1.5 g kg^{-1}). Both biotite and plagioclase acted as sources of Fe and Al. The formation of non-allophanic Andosol from granite was likely due to the combination of the following factors: cool and humid climate, large accumulation of organic matter, high infiltration rate, intense water percolation during spring thawing, and significant content of weatherable minerals.

1. Einleitung

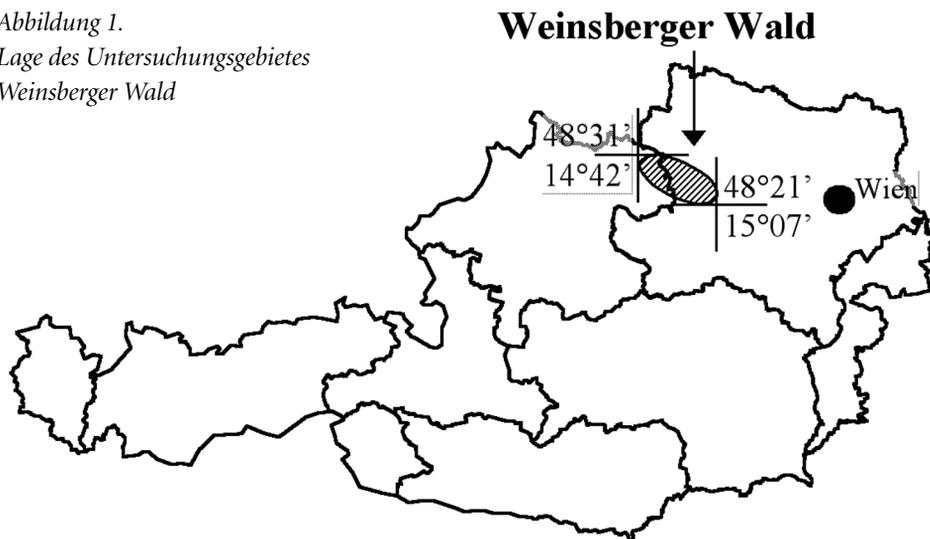
Die WRB 1998 (IUSS, 1998) sieht ausdrücklich auch Andosole nicht-vulkanischen Ursprungs vor. Andosole weisen eine einzigartige Kombination von physikalischen und chemischen Eigenschaften auf: z.B. eine niedrige Lagerungsdichte, hohe Anteile an variablen Ladungen, große Wasserspeicherkapazität und hohe Phosphatretention. Diese Eigenschaften sind vor allem bedingt durch einen hohen Anteil schlecht kristallisierter Minerale und/oder unlöslichen Al-Humuskomplexen (SHOJI et al., 1993). In Europa kommen solche nicht-vulkanische Andosole auf basischen bis metabasischen Gesteinen in Hochländern mit kühlem und humidem Klima vor. Im Waldviertel sind diese Böden in der Vergangenheit teilweise als „Lockerbraunerden“ oder „Braune Podsole“ (FLACH et al., 1980) bezeichnet worden.

2. Material und Methoden

2.1. Gebietsbeschreibung

Wir untersuchten eine Andosol-Braunerde Toposequenz auf variszischem grobkörnigen Granit (Weinsberger Granit) im sogenannten „Weinsberger Wald“ (Abbildung 1) (DELVAUX et al., 2004).

Abbildung 1.
Lage des Untersuchungsgebietes
Weinsberger Wald



Das Klima des westlichen Waldviertels ist kühl und humid mit einer mittleren Jahrestemperatur von 5,4°C und 914 mm mittlerem Jahresniederschlag. Die Andauer der Schneedecke beträgt durchschnittlich 100 Tage. Der Wald ist ein fichten-dominierter Mischwald mit Buchen (ca. 5%), vereinzelt finden sich Tannen.

Der Weinsberger Granit ist hell, grobkörnig und teilweise porphyrtartig ausgebildet. Er ist sehr reich an Quarz, Kaliumfeldspäten gemischt mit Biotiten und Plagioklasen (FUCHS und MATURA 1976). Er weist den niedrigsten SiO₂-Gehalt der Granite auf und enthält viel K₂O aus Kaliumfeldspat, Ca und Phosphorsäure. Wegen der leichten Verwitterbarkeit verhält sich der Weinsberger Granit sehr günstig bezüglich der Nährstoffnachlieferung (JELEM 1976). Die Böden entwickeln sich auf Granitgrus, der durch quartäre Verwitterung entstanden ist. In diesem Grus finden sich vor allem Illite (70%), Kaolinite (29%) und Vermikulite (~1%). Die Infiltration der Böden ist hoch (bis zu 30 mm h⁻¹). Die Andosole bildeten sich dort auf den Plateaus, die Braunerden in den Hanglagen.

Tabelle 1a.

Morphologische Eigenschaften des Profils am Plateau (W1)

Horizont	Beschreibung
O +8 – 0 cm	Ol (+8 – +7 cm) Buchen und Fichtenstreu; Of (+7 – +2 cm); Oh (+2 – 0 cm), 10YR 2/1 (schwarz) (>70%) gemischt mit groben Quarzkörnern und feineren Sandpartikeln (<20%); viele Feinwurzeln
OAh 0 – 7 cm	OAh1 (0 – 2.5 cm), 10YR 2/2 (schwarz), schluffiger Lehm, OAh2 (2.5 – 7 cm), 5YR 3/2 (dunkelrotbraun), sandiger Lehm massive Struktur mit plattigen Tendenzen und keinen sichtbaren Makroporen
AB 7 – 15 cm	5YR 3/4 (dunkelrotbraun); sandiger Lehm bis sandiger Ton mit ~ 10% Steinen; massive Struktur ohne sichtbare Makroporen
Bv 15 – 45 cm	Bv1 (15 – 27 cm), 5YR 4/6 to 7.5YR 4/6 (gelbliches Rot bis Braun) und Bv2 (27 – 45 cm), 7.5YR 5/6 to 5/8 (starkes Braun bis gelbliches Braun); sandiger Lehm bis sandiger Ton; polyedrische bis subpolyedrische Struktur, viele sichtbare Makroporen, wenige Wurzeln, zunehmender Steinanteil mit der Tiefe (10 bis 25%)
BC 45 – 65 cm	10YR 4/4 (dunkles Gelbbraun); sandiger Lehm bis sandiger Ton ; Steinanteil (25 – 45%) mit der Tiefe zunehmend; sehr wenige Wurzeln

<i>Tabelle 1b.</i> <i>Morphologische Eigenschaften des Profils am Hang (W3)</i>	
Horizonte	Beschreibung
O +4 – 0 cm	Ol (+4 – +3 cm) Buchen und Fichtenstreu; Of (+3 –0 cm); wenige grobe Quarzkörner
OAh 0 – 6 cm	OAh1 (0 – 3 cm), 10YR 2/1 (schwarz) und OAh2 (3 – 6 cm), 10YR 2/2 (schwarz); schluffiger Lehm ~ 10% Steinen; massive Struktur mit wenig Makroporen, viele Fein- bis Grobwurzeln; wenige grobe Quarzkörner
Ah 6 – 11 cm	7;5YR 3/2 (Dunkelbraun); Lehm bis sandiger Lehm mit ~ 15% Steinen; massive Struktur; sehr wenige sichtbare Makroporen; wenige Fein- bis Grobwurzeln
Bv 11 – 50 cm	Bv1 (11 – 25 cm), 7.5YR 3/4 to 5YR 3/4 (Dunkelbraun bis Dunkelrotbraun) und Bv2 (25 – 50 cm), 7.5YR 5/6 to 5/8 (Braun); Lehm bis sandiger Lehm; polyedrische blockige Struktur mit sichtbaren Makroporen, wenige Wurzeln; Steinanteil steigend mit der Tiefe (20 bis 30%)
BC (50-70 cm)	10YR 4/4 (Dunkelgelbbraun); sandiger Lehm; sehr wenige Wurzeln; Steinanteil 35 – 55%

Die untersuchte Toposequenz entlang eines W-O Transekts im Bereich des Hummelberges ist 1750 bis 2100 m westlich des Weinsberges (Höhe 1041 m) auf 900 bis 950 m über Seehöhe gelegen. Zwei Standorte wurden ausgewählt: W1 auf dem Plateau, mit einer Hangneigung von ca. 3-4% und W3 auf dem steilen Hang (Hangneigung ca. 20-25%). Morphologische Eigenschaften der beiden Bodenprofile sind in Tabelle 1 a, b zusammengefasst.

2.2. Bodenanalytische Methoden

Die Lagerungsdichte wurde in fünffacher Wiederholung an ungestörten Proben (8-15 cm³) durch volumetrische Verdrängung in Kerosin bestimmt (MONNIER *et al.*, 1973).

Die weiteren physikalischen und chemischen Untersuchungen wurde an Feinbodenmaterial (< 2mm) unter Verwendung von Standardmethoden ausgeführt: Textur, Tonmineralzusammensetzung, C- und N-Gehalte, NH₄AcO- austauschbare Kationen und Kationenaustauschkapazität, die Gehalte von Si, Al und Fe im Oxalat-, Dithionit-Citrat- und Pyrophosphat-Extrakt, sowie die Phosphor-Retention.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der beiden Bodenprofile sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengefasst.

Gemäß WRB 1998 wurde das Hangprofil W3 als saure Braunerde mit Eigenschaften eines Andosols (im 14 cm dicken Bv1-Horizont) klassifiziert. Für das Profil W1 ergab die Parameter-Kombination von $(Al_0 + 1/2Fe_0) > 2\%$, Tongehalt $> 10\%$, Lagerungsdichte $< 0,9 \text{ g cm}^{-3}$ und P-Retention $> 70\%$ klare Andosoleigenschaften für die 38 cm dicke Horizontfrequenz AB-Bv und somit eine Klassifizierung als Andosol (IUSS 1998) (siehe Tab. 2 und Tab 3).

Tabelle 2.

Chemische und physikalische Eigenschaften der Profile W1 und W3

Profile Horizont (Tiefe, cm)	C	N	pH		KAK	SAB ¹	Al ²	H ²	ODOE ³	P-ret ⁴	Textur			Lagerungs- dichte g cm ⁻³
			H ₂ O	KCl							Ton	Schluff	Sand	
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹				cmolc kg ⁻¹				%	%	%		
W1 (Plateau)														
OAh1 (0-2,5)	272	17,0	3,7	2,8	77,3	4,3	8,1	8,3	1,16	14	47	35	18	0,63
OAh2 (2,5-7)	217	12,0	3,7	2,9	58,2	1,9	10,0	6,3	1,87	40	46	32	22	0,65
AB (7-15)	90	4,3	4,0	3,5	46,3	0,5	12,8	1,4	2,45	82	42	27	32	0,70
Bv1 (15-27)	55	2,6	4,3	3,9	34,9	0,4	8,1	1,2	2,05	84	42	27	31	0,73
Bv2 (27-45)	44	2,0	4,6	4,2	31,1	0,3	5,7	0,8	1,69	91	37	31	31	0,78
BC (45-60)	10	0,8	4,6	4,2	16,5	0,3	2,7	0,4	0,42	68	22	38	40	nd
W3 (Hang)														
OAh (0-3)	211	10,1	3,4	2,9	77,7	3,7	7,1	8,4	2,30	17	43	36	22	0,65
Ah (3-8)	55	4,3	3,9	3,4	33,9	0,7	6,5	7,5	1,88	65	37	31	32	0,79
Bv1 (8-22)	38	2,8	4,4	3,2	27,0	0,6	3,7	3,0	1,57	90	32	32	36	nd
Bv2 (22-47)	25	1,8	4,5	4,3	21,7	0,5	2,4	1,5	0,96	90	27	34	39	nd
BC (47-67)	14	1,4	4,6	4,3	13,5	0,3	2,1	0,2	0,48	79	19	39	42	nd

Beide untersuchten Böden sind reich an organischem Material und stark sauer, wobei der Andosol stärker verwittert ist als die Braunerde. Unter der 15 cm dicken Streuauflage des Andosols ist das 38 cm-dicke AB-Bv Solum dunkelrotbraun bis braun, hat einen hohen organischen C-Gehalt (9,0 – 4,4 %) und zeigt alle Kriterien eines „andic“ Horizontes. In diesen Horizonten trägt das Oxalat-lösliche Eisen (1,6 bis 2,8%) zu 76 bis 84 % zum gesamten freien Eisen bei und ist wesentlich größer als das Oxalat-lösliche Aluminium (0,8 bis 1,5%). Dabei werden Biotit und Plagioklas als Quellen von Eisen und Aluminium angenommen. Die Entstehung von nicht-allophanischen Andosolen auf Granit ist wahrscheinlich auf folgende Faktoren zurückzuführen:

- (1) das kühle und humide Klima,
- (2) die starke Akkumulation von organischem Material,
- (3) die hohe Infiltrationsrate,
- (4) die starke Perkolation während der Tauperiode im Frühjahr und
- (5) die signifikanten Anteile leicht verwitterbarer Minerale.

Tabelle 3.

Selektierte Extraktionsergebnisse und Gesamtgehalte von Eisen, Erdalkali- und Alkalikationen, Gesamtreserve an Basen (TRB) im Feinboden (0-2mm) der Profile W1 und W3.

o, d, p und t bezeichnen Oxalat-, Dithionit-, Pyrophosphat-Extraktion und Totalanalyse.

Profil

Horizont (Tiefe, cm)	Si _o	Al _o	Fe _o	Fe _d	Al _p	Fe _p	Fe _t	Ca _t	Mg _t	K _t	Na _t	TRB ¹ cmole kg ⁻¹
	g kg ⁻¹											
W1 (Plateau)												
OAh1 (0-2,5)	0,3	1,9	3,5	7,1	2,3	4,1	11,1	2,4	0,8	11,1	3,9	64
OAh2 (2,5-7)	0,4	2,4	4,7	9,0	3,4	5,5	15,7	3,4	1,0	15,1	6,5	92
AB (7-15)	1,4	8,4	28,4	35,5	8,8	16,7	52,2	3,7	2,3	21,7	7,4	125
Bv1 (15-27)	1,0	12,4	26,8	32,0	18,8	25,3	51,2	3,9	3,1	18,6	8,6	130
Bv2 (27-45)	2,0	15,2	16,3	21,5	17,6	15,8	46,0	3,9	4,8	21,3	8,8	151
BC (45-60)	2,2	9,5	3,7	9,9	5,6	2,4	50,7	4,8	8,6	26,3	9,5	203
W3 (Hang)												
OAh (0-3)	0,1	2,5	8,3	13,1	5,3	8,3	24,0	5,0	2,1	14,3	8,9	117
Ah (3-8)	0,0	5,3	16,0	22,4	7,9	9,2	45,4	5,9	5,0	22,7	13,0	185
Bv1 (8-22)	0,8	15,7	16,0	20,2	20,4	6,9	47,0	5,4	4,7	21,7	11,5	169
Bv2 (22-47)	1,5	14,2	8,8	14,6	19,5	7,0	45,2	7,0	6,1	25,2	13,7	209
BC (47-67)	1,4	11,6	6,3	12,1	13,2	5,5	46,2	6,8	6,4	24,0	14,3	210

¹TRB : Summe der Gesamtgehalte von Alkali- und Erdalkalielementen

Die beschriebenen Bedingungen sind in Europa nicht wirklich selten. Es kann daher angenommen werden, dass Andosole in Europa wesentlich häufiger anzutreffen sind als bisher gedacht.

Literatur

- DELVAUX, B., STREBL, F., MAES, E., HERBILLON, A.J., BRAHY, V., GERZABEK, M.H. (2004): An Andosol-Cambisol toposequence on granite in the Austrian Bohemian massif. Catena, in press.
- FLACH, K.W., HOLZHEY, C.S., DE CONINCK, F., BARTLETT, R.J. (1980): Genesis and classification of Andepts and Spodosols. In: THENG, B.K.G. (Ed.): Soils with Variable Charge. New Zealand Society of Soil Science, Soil Buerau, Lower Hutt, S. 411-426
- FUCHS, G. und MATURA, A. (1976): Zur Geologie des Kristallins der südlichen Böhmisches Masse. Erläuterungen zur geologischen Karte. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Wien, Band 119, S. 1-43
- IUSS Working Group Reference Base (1998): World Reference Base for Soil Resources: Keys to Reference Soil Groups of the World. World Soil Resource Report, N° 84, FAO, Rome
- JELEM, H. (1976): Die Wälder im Mühl- und Waldviertel. Wuchsraum 1. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien. Heft 117, S. 10-16
- MONNIER, G., STENGEL, P., FIES, J.C., 1973. Une méthode de mesure de la densité apparente de petits agglomérats terreux. Application à l'analyse des systèmes de porosité du sol. Annales Agronomiques, 24, 533-545.
- SHOJI, S., NANZYU, M., DAHLGREN, R.A., QUANTIN, P. (1993): Evaluation and proposed revisions of criteria for Andosols in the world reference base for soil resources. Soil Science, 161, S. 604-615

Quantifizierung der Auswaschung von Blei aus der organischen Auflage unter Wald im Ruhrgebiet

Michael DOHLEN¹ und Stefan WESSEL-BOTHE²

¹ Geographisches Institut, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum

² ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH, D-53129 Bonn

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war die quantitative Ermittlung von Schadstoffausträgen aus der Humusaufgabe urbaner Wälder mit dem Sickerwasser. Waldflächen des mittleren Ruhrgebiets weisen durch die industriellen und verkehrsbedingten Immissionen der vergangenen Jahrzehnte vor allem in der Humusaufgabe häufig hohe Schwermetallgehalte auf. Zur Ermittlung der rezenten Austräge von Schwermetallen aus Humusaufgaben wurden im Dezember 2002 neuartige Kunststoff-Saugplatten auf zwei von drei Intensivmessflächen des Projektes „Urbane Wälder“ direkt unterhalb der Streuaufgabe eingebaut und das gewonnene Sickerwasser wöchentlich analysiert. Die Ergebnisse zeigen zum einen, dass die aus den Humusaufgaben der beiden Standorte verlagerten Bleimengen trotz vergleichbarer Pb-Einträge stark voneinander abweichen. Ursachen dafür sind die unterschiedliche Nutzungsgeschichte beider Flächen und die dadurch differierenden Bodeneigenschaften. Zum anderen sind die Bleiausträge auf beiden Standorten wesentlich höher als die Pb-Einträge. Dies deutet darauf hin, dass das mit dem Sickerwasser verlagerte Blei zumindest teilweise in Phasen mit höheren Pb-Eintragsraten, d. h. vor allem aus verbleiten Otto-Kraftstoffen, in der Humusaufgabe akkumuliert worden sein muss. Die Humusaufgaben der untersuchten Wälder stellen folglich trotz gesunkener Eintragsraten noch heute eine potentielle Schadstoffquelle dar und besitzen damit ein Gefährdungspotential für die Pedo- und Hydrosphäre.

Summary

In altogether three forest ecosystems in Bochum (Western Germany), which are part of the substance flow measuring network "Urban Forests" intensive analysis areas have been installed. Due to the long-term influence by industry and traffic in the Ruhr area particularly urban forest areas show a high concentration of heavy metals in the humus layer. Aim of this study was the identification of substance output from the humus layer. For this purpose in the year 2002 synthetic suction plates for the analysis of seepage water of the top layer were installed at two locations. The collected solution was gathered weekly and analysed. The results show that the studied forests have highly diverging Pb-outputs with similarly high inputs. This points to the conclusion that the lead in the seepage water was at least partly accumulated in the top layer during phases of increased Pb-input rates, i. e. particularly from leaded motor fuels. It becomes obvious that the humus layers in the analysed forests are today still a potential source of pollution despite the decreased input rate and that they present a varying potential of danger to the pedo- and hydrosphere, depending on the duration of use and anthropogenic influences.

1. Einleitung

Die Humusaufgabe ist als dynamisches Verbindungsglied von Atmosphäre, Biosphäre und Pedosphäre bei der Untersuchung von (Schad-)Stoffkreisläufen im Wald von großer Bedeutung. Urbane Waldökosysteme im mittleren Ruhrgebiet weisen infolge hoher industrieller und verkehrsbedingter Immissionen – vor allem in der organischen Auflage – häufig erhöhte Schwermetallgehalte auf. Bislang erwiesen sich jedoch die kontinuierliche Beprobung von Sickerwasser aus der organischen Auflage und besonders die quantitative Bestimmung der pro Fläche gelösten und transportierten Elemente als problematisch.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Ermittlung von Schwermetallaus-trägern (z. B. Blei) aus der Streuaufgabe durch das Sickerwasser mit Hilfe eines neuartigen Saugplatten-Verfahrens und der Vergleich der quantifizierten Austräge mit den Immissionen aus der Atmosphäre.

2 Untersuchungsgebiet und Methoden

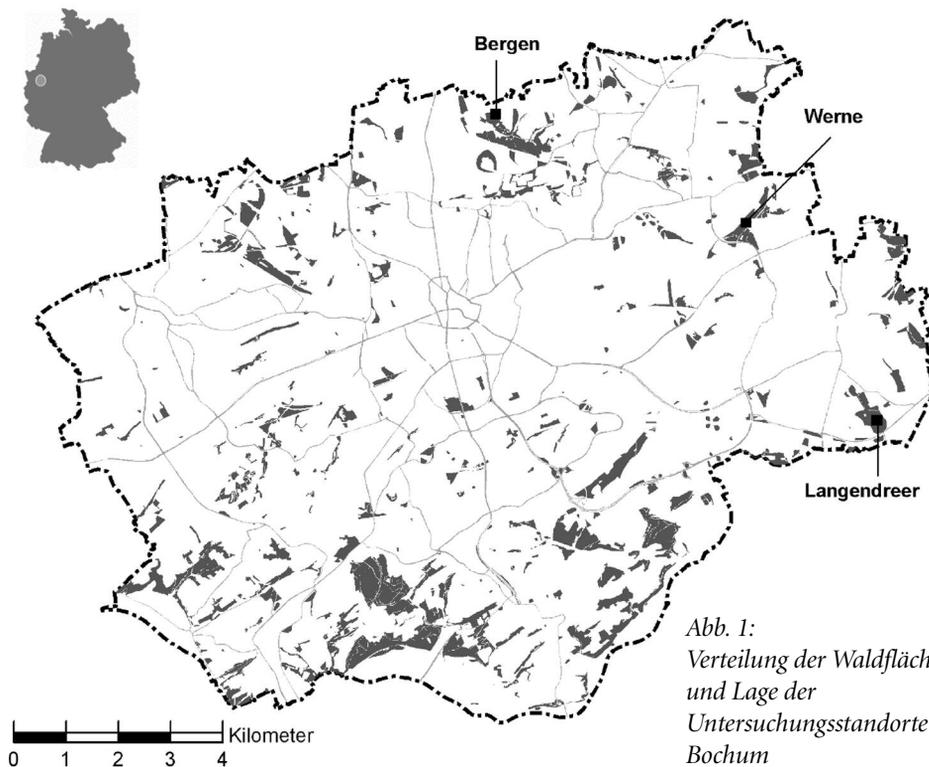
Gegenstand dieser Studie sind die Waldstandorte Bergen und Langendreer im nördlichen und östlichen Bochumer Stadtgebiet (Abb. 1).

Die Bestände repräsentieren hinsichtlich ihrer Altersstruktur, ihrer Artenzusammensetzung und ihres geologisch-bodenkundlichen Untergrunds einen Großteil der im Stadtgebiet von Bochum vorkommenden „Waldtypen“ (DOHLEN u. SCHMITT 2003). Neben der industriellen Beeinträchtigung unterliegen die Standorte einer starken Belastung durch hohes Verkehrsaufkommen.

Bei den Beständen handelt es sich um einen etwa 90-jährigen Buchenbestand in Langendreer, der für die artenarmen und bodensauren Buchenwälder in Bochum typisch ist. Der von Buchen (*Fagus sylvatica*) dominierte und mit Vogelkirschen (*Prunus avium*) durchsetzte Bestand in Bochum-Bergen wurde dagegen erst vor rund 50 Jahren auf einem ehemaligen landwirtschaftlich genutzten Lößlehmstandort begründet. Die Tab. 1 fasst die wesentlichen Eigenschaften der Humusaufgaben beider Waldböden zusammen.

Im Dezember 2002 wurden pro Standort je zwei neuentwickelte Kunststoff-Saugplatten eingebaut und das damit gewonnene Sickerwasser bis November 2003 wöchentlich analysiert. Die Abb. 2 zeigt den Einbau einer Kunststoff-Saugplatte unterhalb der Humusaufgabe.

Mit den Platten ist sowohl eine kontinuierliche Probenahme als auch eine quantitative Analyse der verlagerten Stoffmengen möglich, da die Herkunft des gewonnenen Sickerwassers wegen der flächenhaften Entnahme und wegen der geringen Einbautiefe unterhalb der organischen Auflage bekannt ist. Das für die Saugplatten verwendete Material weist im Vergleich zu anderen Materialien eine niedrige Adsorptionskapazität für



Tab. 1:
Eigenschaften der Humusauflagen der Standorte Bergen und Langendreer

	Bergen	Langendreer
Humustyp	F-Mull	Typischer Moder
pH-Wert_{H2O}		
O _f -Lage	5,1	3,9
O _h -Lage	-	3,5
Humusmächtigkeit [cm]		
L-Lage	4,0	3,0
O _f -Lage	1,5-2,0	2,5
O _h -Lage	-	3,0
Pb-Gesamtgehalte [mg kg⁻¹ TS]		
O _f -Lage	70,5	369,0
O _h -Lage	-	748,3

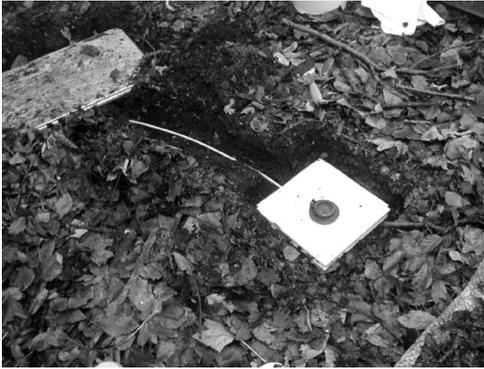


Abb. 2:
Installation einer Kunststoff-Saugplatte auf dem Standort Langendreer in Bochum

Schwermetalle bei einer gleichzeitig hohen hydraulischen Leitfähigkeit auf (KOCH et al. 2002, WESSEL-BOTHE 2002), so dass weder Adsorptionsverluste noch seitliches Abfließen des Sickerwassers zu befürchten sind. Über die Faktoren Fläche, Niederschlagsmenge und Lösungskonzentration wurde für jeden Standort die abgesaugte / verlagerte Bleimenge errechnet und über die Zeit kumuliert. Parallel zur Ermittlung des Sickerwasser-Austrages wurden der Bleieintrag mit bulk-Sammeln und die täglichen Niederschlagsmengen bestimmt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Abb. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der Bleikonzentrationen in den Sickerwässern der Humusauflagen von den Untersuchungsstandorten BO-Bergen und BO-Langendreer.

Während der zeitliche Verlauf der Pb-Konzentrationen im Sickerwasser der Humusauflagen auf beiden Standorten relativ ähnlich ist, unterscheiden sich die Niveaus der Bleikonzentrationen auffallend deutlich voneinander (Abb. 3). Dieses ungleiche Niveau ist vor allem eine Folge der unterschiedlichen Nutzungsgeschichte beider Standorte. Durch die um 40 Jahre länger währende Waldnutzung und die infolgedessen stärkere Versauerung und Auskämmung von Luftschadstoffen in BO-Langendreer wurde der dortige Waldboden wesentlich stärker beeinträchtigt als der Boden unter dem jüngeren Waldbestand in Bergen. Die Folgen für die Bodenqualität in BO-Langendreer sind eine mächtigere Auflage mit niedrigerem pH-Wert, schlechterer Humusform und höheren Pb-Gesamtgehalten (s. Tab 1).

Die Pb-Konzentrationen der Lösungen aus Langendreer (Mittelwert $0,116 \text{ mg L}^{-1}$) sind – als Folge der genannten Faktoren – im Durchschnitt um etwa 4,5-fach höher als die aus Bergen (Mittelwert $0,026 \text{ mg L}^{-1}$). Für den untersuchten Zeitraum von Dezember 2002 bis November 2003 ergibt sich auf dem sehr stark sauren Standort Langendreer ein Gesamt-Bleitranport von $48,39 \text{ mg Pb m}^{-2}$, auf dem stark sauren Standort Bergen ein Bleitranport von $10,66 \text{ mg Pb m}^{-2}$.

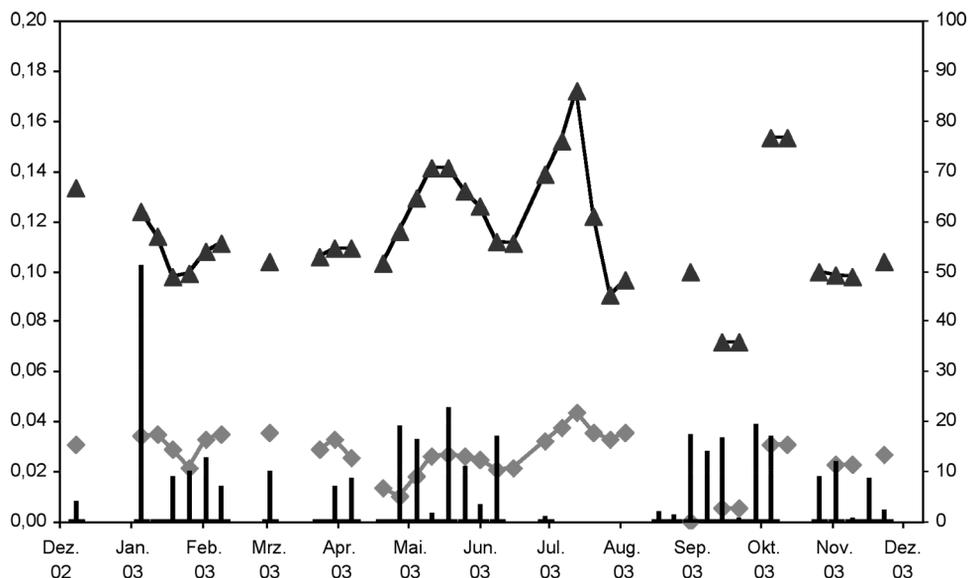


Abb. 3:

Monatliche Dynamik der Pb-Konzentrationen (mg L^{-1}) in den Sickerwässern der Standorte Bergen (◆) und Langendreer (▼) sowie die zugehörigen wöchentlichen Niederschlagssummen (l) im Untersuchungszeitraum (Dezember 2002 bis November 2003; die Lücken in den Zeitreihen sind auf fehlendes Sickerwasser infolge des trockenen Sommers 2003 zurückzuführen)

4 Schlussfolgerungen

Die untersuchten Wälder weisen stark voneinander abweichende Blei-Austräge bei vergleichbaren Einträgen auf. Dabei sind die Austräge auf beiden Standorten signifikant höher als die Pb-Einträge. Dies deutet darauf hin, dass das mit dem Sickerwasser verlagerte Blei zumindest teilweise in Phasen mit höheren Pb-Eintragsraten, d. h. vor allem aus verbleiten Otto-Kraftstoffen, in der Auflage akkumuliert worden sein muss. Es zeigt sich, dass die Humusaufgaben in den untersuchten Wäldern trotz gesunkener Depositionsraten eine potentielle Schadstoffquelle darstellen und ein unterschiedlich hohes Gefährdungspotential für die Podo- und Hydrosphäre besitzen.

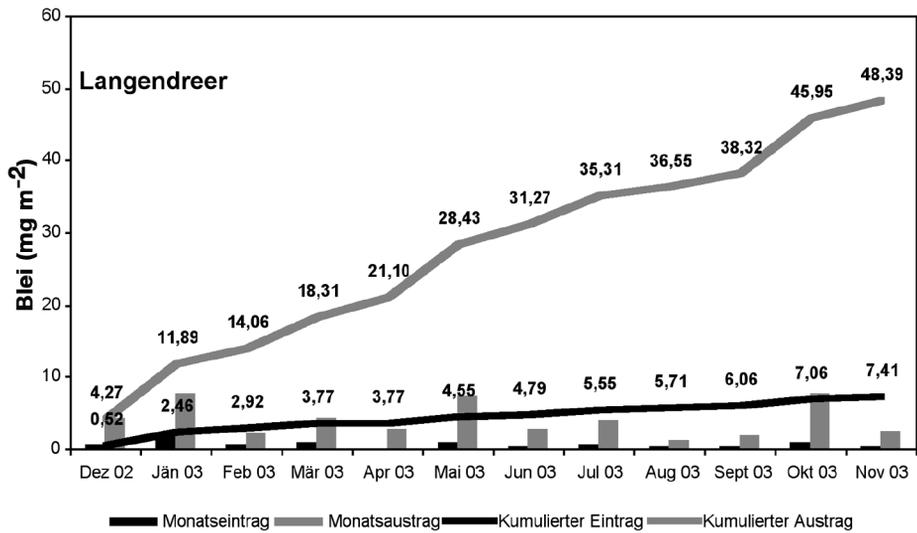
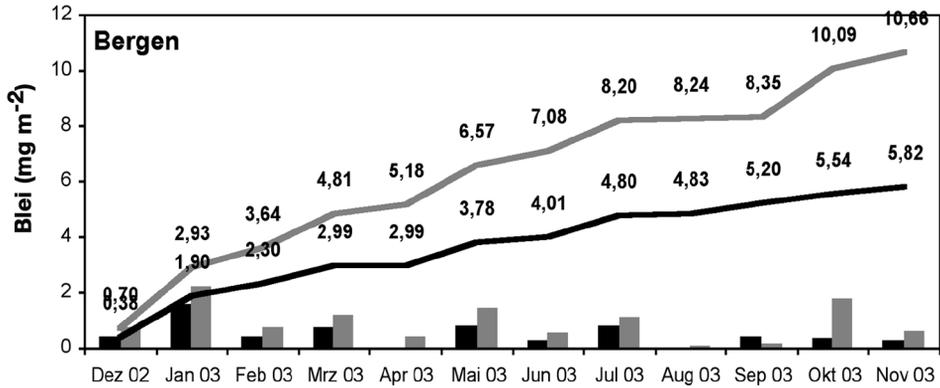
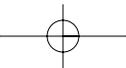
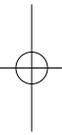


Abb. 4: Monatlicher Blei-Eintrag (Deposition) und Blei-Austrag (Sickerwasser) sowie kumulierte Ein- und Austräge auf den Standorten Bergen und Langendreer in Bochum im Untersuchungszeitraum (Dezember 2002 bis November 2003)

Literatur

- DOHLEN, M. & SCHMITT, T. (2003): Konzept stoffhaushaltlicher Bilanzen in urbanen Ökosystemen; dargestellt am Beispiel von Wäldern in Bochum. In: T. Schmitt. (Hrsg.): Themen, Trends und Thesen der Stadt- und Landschaftsökologie. Festschrift für Hans-Jürgen Klink. Sonderreihe Bochumer Geogr. Arbeiten, Bd. 14, S. 21–27
- KOCH, ST., SAUERWEIN, M. & FRÜHAUF, M. (2002): Untersuchungen zu Bodensickerwasserdynamik im Stadtgebiet von Halle/Saale. In: O. Bens u. R. F. Hüttl (Hrsg.): Bodengeographische Studien stark veränderter Standorte – Monitoring, Modellierung und Bewertung. BTUC-AR 4/2002, S. 28-34
- WESSEL-BOTHE, S. (2002): Simultaner Transport von Ionen unterschiedlicher Matrixaffinität in Böden aus Löss unter Freilandbedingungen – Messung und Simulation. Bonner Bodenkundl. Abh., Bd. 38



Bodentemperaturen unter Birken und Fichten im Commendewald bei Fürstenfeld

Karl GARTNER¹, Miraj GHAHREMANI²

¹ Institut für Waldökologie und Boden, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald,
Seckendorff-Gudentweg 8, 1131 Wien

² Institut für Waldwachstum und Waldbau, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald,
Mariabrunn, Hauptstraße 7, 1140 Wien

Abstract

Within a long-term project several hydrological and ecological parameters were recorded on a site in the northeast of Fürstenfeld (Styria). This project investigates the hydrological benefits and disadvantages of pioneer species like birch (*Betula pendula*) and aspen (*Populus tremula*) compared to Norway spruce (*Picea abies*). Among important factors concerning the water balance like soil moisture, sap flow or meteorological parameters also soil temperature under birch and spruce was registered. Temperature sensors were installed on two small plots with dominating birch and two small plots with dominating spruce in depths of 15, 30 and 50 cm and measured in an interval of 15 minutes.

The results show distinct differences in the soil temperatures of birch and spruce plots.

In spring and summer the soil under spruce is clearly colder than under birch. Depending on soil depth and considered time scale the differences can be up to 1.5 °C. During the summer month (July-September) the detected temperature differences are statistically significant. The main reason for the minor warming of the soil under spruce is the reduced insulation due to the crown structure of spruce.

In autumn the temperature differences gradually disappear. During wintertime the situation may change the soil under spruce showing higher temperatures than the soil under birch. However this reversion of temperature difference is not as clear as it can be in spring or summer. In such cases the presence or absence of snow cover and the level of soil water content could be crucial.

Zusammenfassung

Im Rahmen eines mehrjährigen Projektes, welches hydrologische Eigenschaften von Pionierbaumarten wie Birken und Aspen denen von Fichten gegenüberstellt, wurden an einem Standort nordöstlich von Fürstenfeld (Steiermark) für den Wasserhaushalt wesentliche Größen wie Bodenfeuchte oder Saftstrom gemeinsam mit der Bodentemperatur unter Birken und Fichten erfasst. In jeweils zwei kleinen Versuchsflächen mit vorherrschendem Birken- bzw. Fichtenbestand wurden in den Tiefen 15, 30 und 50 cm Temperatursensoren eingebracht und die Daten im viertelstündigen Intervall erhoben.

Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede zwischen den Bodentemperaturen der Birken- und Fichtenflächen.

Im Frühjahr und im Sommer der untersuchten Jahre ist der Boden unter den Fichten eindeutig kühler als unter den Birken. Die Unterschiede können je nach Messtiefe und betrachtetem

Zeitraum bis zu 1,5 °C betragen. In den Sommermonaten Juli bis September sind die ermittelten Temperaturunterschiede in der Regel statistisch signifikant. Hauptursache für die beobachtete geringere Erwärmung des Bodens unter den Fichten ist die durch das Kronendach der Fichte verminderte Sonneneinstrahlung.

Im Herbst gleicht sich der Temperaturunterschied wieder aus. Im Winter können sich die Verhältnisse umdrehen, sodass der Boden unter den Fichten wärmer ist als unter den Birken. Allerdings sind die Temperaturverhältnisse nicht so eindeutig wie im Frühjahr und Sommer. Hier könnte das Vorhandensein oder Fehlen einer Schneedecke sowie der Feuchtegehalt des Bodens mit eine Rolle spielen.

1. Einleitung

In der Oststeiermark wurden im vergangenen Jahrhundert aus wirtschaftlichen Überlegungen heraus zahlreiche Fichtenbestände begründet. Dabei wurde allzu oft übersehen, dass solche Fichtenbestände außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes auf Extrem- und Stresssituationen wie Sturm, Trockenheit, Schädlingsbefall etc. besonders empfindlich reagieren. Solche Fichtenmonokulturen sind häufig instabil und können nach Auftreten von Stresssituationen flächig zusammenbrechen.

Pionierbaumarten, wie Birke oder Aspe, kommen dagegen mit den in dieser Region häufig auftretenden schweren Böden und dem damit verbundenem Wechsel zwischen sehr trockenen und sehr feuchten Verhältnissen besser zu Recht. Daher können sie in der Sukzessionsphase nach solchen Kalamitäten für die Etablierung des gewünschten Zielbestandes von wesentlicher Bedeutung sein.

Die Bodentemperatur ist eine wesentliche Einflussgröße für zahlreiche biologische und chemische Prozesse wie Abbau und Mineralisation organischer Substanz im Boden oder Freisetzung von CO₂ bzw. Stickoxiden (z.B. *Schindlbacher et al., 2004*). Da sie auch bei zahlreichen anderen pflanzenphysiologischen Vorgängen wie Keimung, Dauer von phänologischen Phasen oder Wasseraufnahme durch die Wurzel wesentlich ist (*Larcher, 1984*), ist sie für eine gesamtökologische Bewertung von Standorten von wesentlicher Bedeutung.

Aus diesem Grund wurde auch die Bodentemperatur im Rahmen eines mehrjährigen Projektes, das ökologische Vor- und Nachteile von Pionierbaumarten gegenüber Fichten untersucht (*Leitgeb et al., 2002, Leitgeb et al., 2003*), erfasst und ausgewertet.

2. Standort und Methoden

Die Versuchsfläche liegt auf einer Terrasse (*Präwürm, Flügel & Neubauer 1984*) im Commendewald (FV Malteser Ritterorden) nordöstlich der Stadt Fürstenfeld auf ca. 320 Meter Seehöhe im Südosten der Steiermark.

Das Klima des Standortes ist mit relativ warmen Sommern und kühlen Wintern eher kontinental geprägt. Das Niederschlagsmaximum ist im Frühsommer. Die mittlere Jahrestemperatur der Klimastation Fürstenfeld beträgt 8,8°C und der mittlere Jahresniederschlag 765 mm (Abbildung 1).

Der Standort ist durch sehr tiefgründige Stagnogley Böden (mit Tiefen bis zu 3 Metern) und hohen Tongehalten im Mineralboden ab 40 cm geprägt. Diese auch als „Opok“ bezeichneten Staublehmböden sind für diese Region charakteristisch. Solche Böden bieten für das Waldwachstum durch den ständigen Wechsel zwischen Trockenheit im Sommer und Wasserüberschuss im Winter schwierige Bedingungen.

Die potentielle natürliche Waldgesellschaft ist ein Eichen-Hainbuchen Wald (*Quercus robur*-*Carpinetum*, *Wraber 1969*).

Der Vorbestand aus Fichte und Kiefer wurde durch einen Windwurf 1984 zerstört. In der Folge entwickelte sich im Rahmen der natürlichen Sukzession ein Mischbestand aus Aspe in der Oberschicht (Oberhöhe ca. 15 m), Birke und Erle in der Mittelschicht (Oberhöhe etwa 12 m) und Fichte in der Unterschicht.

Die Birken und Fichten bilden jeweils homogene Ökogruppen mit Flächen von etwa 200 m². In jeweils zwei solchen Ökogruppen mit Birke und Fichte wurde neben der Bodenfeuchte die Bodentemperatur in drei verschiedenen Tiefen (15, 30 und 50 cm) in einem Intervall von 15 Minuten

Fürstenfeld (273m) 8,8°C 765 mm
[1951-1990]

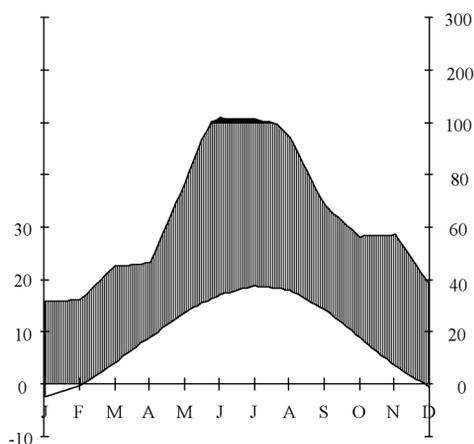
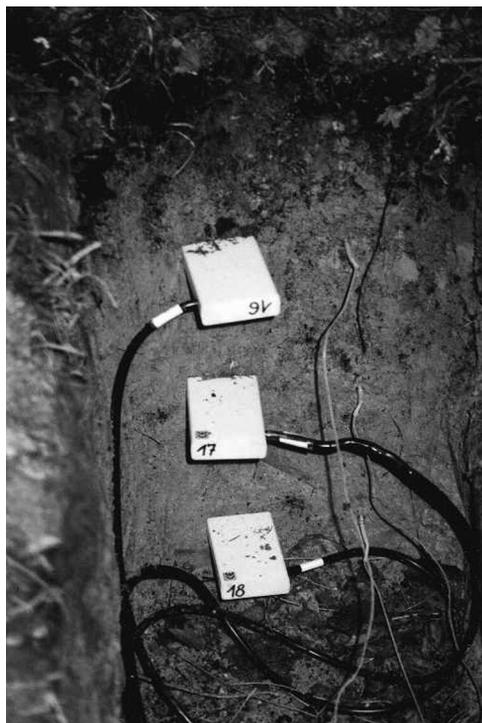


Abbildung 1:
Walter-Lieth Diagramm der Klimastation
Fürstenfeld

Abbildung 2:
Sensoren für Bodenfeuchte (links) und
Bodentemperatur (rechts)



erfasst (Abbildung 2). Die Messung der Bodentemperatur erfolgte mit insgesamt 12 selbst hergestellten Thermoelementen des Typs Kupfer-Constantan. Als Referenztemperatur dienten zwei Widerstandsthermometer des Typs 107 der Firma Campbell Scientific. Mit Hilfe dieser Sensoren wurde die Temperatur der Gehäuse ermittelt, in denen sich der Anschluss der Thermoelemente befand. Die Werte wurden mit Hilfe eines Datenloggers des Typs CR10X der Firma Campbell Scientific im Viertelstundenintervall gemessen und aufgezeichnet.

Die Messungen begannen im Mai 2000. Da sich die hier präsentierten Ergebnisse nicht wesentlich von Jahr zu Jahr unterscheiden, wurden exemplarisch die Daten des Jahres 2002 herangezogen. Für dieses Jahr war die Datengrundlage am dichtesten. Für die Bodentemperaturen stand ein lückenloser Datensatz zur Verfügung. Einzig und allein bei der Lufttemperatur gab es im Februar 2002 für fünf Tage wegen eines messtechnischen Problems einen Datenausfall.

3. Ergebnisse

In Abbildung 3 sind für das Jahr 2002 die Monatsmittelwerte der Bodentemperatur in 15 cm Tiefe dargestellt. Zu Beginn des Jahres ist es unter den Fichten deutlich wärmer als unter den Birken. Die Temperaturunterschiede betragen rund 0,6 °C im Jänner und 0,4 °C im Februar. Vom April bis zum Oktober ist der Boden dagegen unter den Fichten kälter als unter den Birken. Die größte Differenz zwischen den beiden Baumarten besteht in den Monaten Mai und Juni. In diesen Monaten ist der Boden unter den Birken im Schnitt fast um 1°C wärmer als unter den Fichten. An einzelnen Tagen kann dieser Unterschied bis zu 1,5 °C betragen. Danach verringert sich dieser Unterschied sukzessive, sodass es im November 2002 praktisch keine Differenzen mehr zwischen den Bodentemperaturen unter Birken und Fichten gibt.

Auch der jahreszeitliche Vergleich in der Tabelle 1 verdeutlicht dies. Im Sommer unterscheiden sich die Mittelwerte sogar auf dem 95% - Niveau statistisch signifikant voneinander. Zwar ist der absolute Betrag der Differenz zwischen den mittleren Bodentemperatur der Birken- und Fichtenflächen in den betreffenden Bodentiefen im Frühjahr größer, doch variiert in diesem Zeitraum auch die Bodentemperatur deutlich mehr, so dass sich für das Frühjahr kein signifikanter Unterschied zwischen den betreffenden Bodentemperaturen ergibt.

Ähnliche Ergebnisse zeigen die Messungen in den Messtiefen 30 und 50 cm. Die zunehmende Messtiefe bewirkt eine Abnahme der Jahresschwankung der Bodentemperatur, doch zeigen sich auch hier die Unterschiede zwischen Birke und Fichte in derselben Weise.

Über das Jahr gerechnet ist der Boden unter den Birken um etwa 0,3 °C wärmer als unter den Fichten (Tabelle 1). In den übrigen Beobachtungsjahren ist dieser Unter-

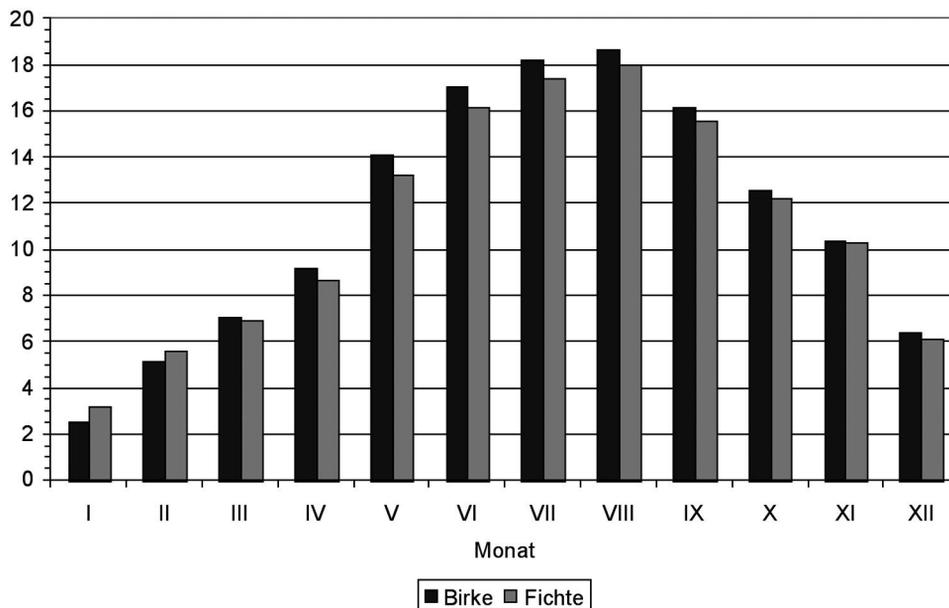


Abbildung 3:

Monatsmittelwerte der Bodentemperatur in 15 cm Tiefe im Jahr 2002 unter Birke und Fichte im Commendewald bei Fürstenfeld. Die Werte stellen Mittelwerte über die Messwerte von jeweils zwei Sensoren je Baumart dar.

schied sogar noch etwas deutlicher ausgeprägt. Die jährliche Schwankungsbreite bzw. Standardabweichung der Bodentemperaturen ist in allen Beobachtungsjahren unter den Birken größer als unter den Fichten.

Die Reaktion der Bodentemperatur auf Änderungen der Lufttemperatur während des Jahres 2002 zeigt Abbildung 4.

Zu Beginn des Jahres treten durchwegs Lufttemperaturen unter Null Grad Celsius im Tagesmittel auf. Da es nur kurz eine Schneedecke gibt (am 14. Jänner fällt etwas Schnee, der wenige Tage später mit dem einsetzenden Tauwetter gleich wieder schmilzt), kann der Waldboden dementsprechend stark auskühlen, wobei der Boden unter den Fichten davon weniger betroffen ist als unter den Birken.

Der Rest des Winters verläuft recht mild. Die Bodentemperatur steigt ab diesem Zeitpunkt mehr oder minder kontinuierlich an und bleibt in der zweiten Märzhälfte und zu Beginn des Aprils auf einem relativ konstanten Niveau. Nach einer weiteren recht kontinuierlichen Zunahme der Bodentemperatur in Folge der jahreszeitlichen Erwärmung kommt es Mitte Juni zu einer extrem heißen Witterungsperiode. Am Höhepunkt dieser Hitzewelle am 23. Juni wird eine maximale Lufttemperatur von 36,4 °C

Tabelle 1:

Statistische Kennwerte der Tagesmittelwerte der Bodentemperatur unter Birke und Fichte für das gesamte Jahr 2002 sowie für das jeweilige Quartal des Jahres (Angaben in Grad Celsius).

Zeitraum	Birke			Fichte		
	15 cm	30 cm	50 cm	15 cm	30 cm	50 cm
Jahr						
Mittelwert	11,5	11,4	11,4	11,2	11,1	11,1
Maximum	19,8	18,7	18,0	19,0	17,8	17,4
Minimum	2,0	2,8	3,7	2,2	3,5	4,2
Spannweite	17,8	15,9	14,3	16,8	14,3	13,2
Standardabweichung	5,4	5,0	4,5	5,0	4,5	4,1
Jänner - März						
Mittelwert	5,0	5,2	5,6	5,3	5,7	6,0
Maximum	8,6	8,2	7,9	8,3	8,1	8,0
Minimum	2,0	2,8	3,7	2,2	3,5	4,2
Spannweite	6,6	5,4	4,2	6,1	4,6	3,8
Standardabweichung	2,0	1,7	1,3	1,8	1,4	1,1
April - Juni						
Mittelwert	13,5	12,9	12,3	12,7	12,1	11,7
Maximum	19,8	18,5	17,3	19,0	17,7	16,5
Minimum	7,3	7,4	7,5	6,9	7,1	7,3
Spannweite	12,5	11,1	9,8	12,1	10,6	9,2
Standardabweichung	3,5	3,2	2,9	3,3	3,0	2,7
Juli - September						
Mittelwert	*17,7	*17,3	*16,8	*17,0	*16,6	*16,3
Maximum	19,4	18,7	18,0	18,8	17,8	17,4
Minimum	12,9	13,5	13,8	12,3	13,1	13,5
Spannweite	6,5	5,2	4,2	6,5	4,7	3,9
Standardabweichung	1,6	1,2	1,0	1,5	1,1	0,9
Oktober -Dezember						
Mittelwert	9,8	10,2	10,7	9,6	10,1	10,5
Maximum	13,7	14,0	14,2	13,2	13,6	13,2
Minimum	4,8	5,5	6,3	4,5	5,3	6,1
Spannweite	8,9	8,5	7,9	8,8	8,3	7,1
Standardabweichung	2,8	2,7	2,4	2,8	2,6	2,4

*Bei den mit Stern gekennzeichneten Werten unterscheiden sich die jeweiligen Mittelwerte von Birke und Fichte auf dem 95 % - Niveau statistisch signifikant.

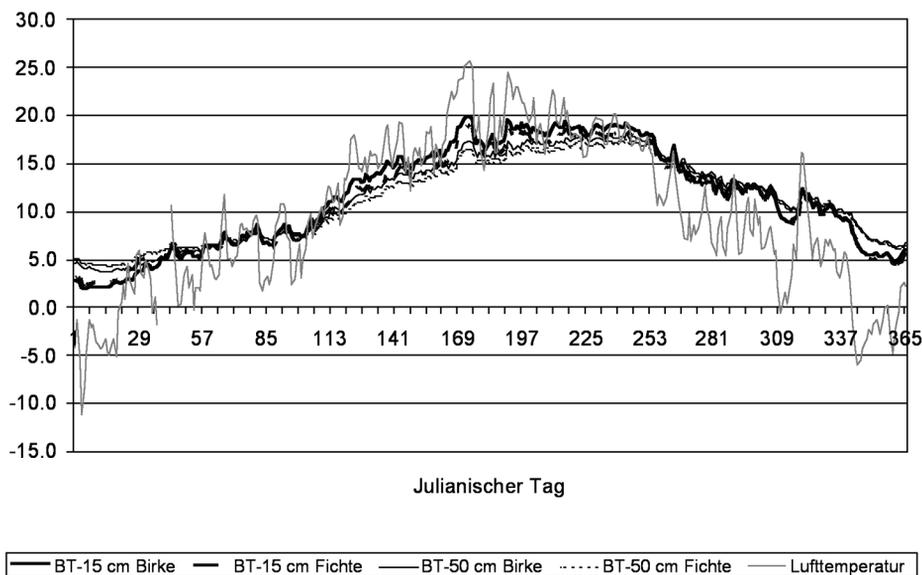


Abbildung 4.

Tagesmittelwerte der Bodentemperaturen (bezeichnet mit BT) unter Birke und Fichte in 15 und 50 cm Tiefe im Vergleich zu den Tageswerten der Lufttemperatur im Commendewald bei Fürstenfeld.

erreicht. Diese wärmste Periode des Jahres 2002 manifestiert sich auch in den höchsten Bodentemperaturen in 15 cm Tiefe. Die Bodentemperatur unter den Birken erreicht in diesem Zeitraum etwa 20°C. Dieser Wert wird in weiterer Folge in dieser Bodentiefe nur mehr annähernd erreicht. Dagegen reicht diese etwas mehr als 10 Tage andauernde Hitzewelle nicht aus, um den Boden in 50 cm so stark zu erwärmen, dass auch hier schon die höchsten Werte des Jahres verzeichnet werden. Erst in der zweiten Augushälfte wird hier das Jahresmaximum erreicht.

Das Niveau der Bodentemperatur beginnt erst wieder Mitte September 2002 deutlich zu sinken, wo es zu ersten markanten Kaltlufteinbrüchen kommt. Die Unterschiede zwischen den Bodentemperaturen unter den Birken und den Fichten beginnen sich damit wieder allmählich auszugleichen.

Das Ende des Jahres 2002 ist wieder recht kalt, doch sinken die Bodentemperaturen noch nicht auf das Niveau zu Jahresbeginn. Trotz des Fehlens einer Schneedecke ist während dieser Zeit die Bodentemperatur unter den Birken höher als unter den Fichten.

Die hier für das Jahr 2002 exemplarisch gezeigten Bodentemperaturunterschiede unter Birke und Fichte treffen auch für die übrigen untersuchten Jahre in etwa zu. Dies gilt sowohl für den Betrag (bis zu 1,5 °C bei den Tagesmittelwerten) als auch für das im Jahresverlauf unterschiedliche Vorzeichen der Differenz.

4. Schlussfolgerungen

Die Hauptfaktoren, welche die Bodentemperatur bestimmen, lassen sich nach *Hanks & Ashcroft (1980)* in zwei Kategorien unterteilen: Faktoren, welche die verfügbare Wärmemenge an der Bodenoberfläche bestimmen und Faktoren, welche die Abfuhr dieser verfügbaren Wärme steuern.

Die Erwärmung der obersten Bodenschichten wird vor allem durch die Strahlungsbilanz bestimmt. Wesentliche Faktoren dieser Strahlungsbilanz sind die kurzwellige Einstrahlung, die langwellige Ausstrahlung sowie der Anteil der reflektierten Strahlung (Albedo).

Aufgrund der Kronenstruktur der Fichten gelangt im Verhältnis zu den Birken deutlich weniger direktes Sonnenlicht auf den Waldboden. Zwar wird mit der höheren Oberflächentemperatur die langwellige Ausstrahlung unter den Birken auch erhöht, doch wird dieser Verlust durch die deutlich höhere Einstrahlung mehr als wettgemacht. Somit steht für den Boden unter den Birken in Summe mehr Energie für eine Erwärmung zur Verfügung. Da die Strahlungsenergie naturgemäß in den Monaten Mai bis Juli am höchsten ist, treten in diesen Monaten auch die größten Temperaturunterschiede auf.

Im Winter mit einer negativen Strahlungsbilanz drehen sich die Verhältnisse um. Die geringfügig höhere Einstrahlung in den Birkenflächen kann die größere langwellige Ausstrahlung nicht wettmachen. Der Boden unter den Birken kühlt stärker aus als unter den Fichten.

Diese Situation wird durch das Vorhandensein einer Schneedecke modifiziert. Eine Schneedecke hat deutlich andere Strahlungseigenschaften als der Waldboden (vor allem höhere Albedowerte). Eventuell vorhandene Unterschiede in der Albedo des Waldbodens unter den Birken und unter den Fichten verschwinden und da Schnee ein guter Isolator ist, wird eine weitere Abkühlung des Bodens weitgehend verhindert. Dies kann dazu führen, dass es kaum Differenzen zwischen den Bodentemperaturen der beiden Baumarten gibt. Dies war z.B. im Jänner 2003 der Fall (Daten wurden hier nicht gezeigt), wo fast während des ganzen Monats eine Schneedecke vorhanden war.

Ein weiterer wesentlicher Faktor, welcher die verfügbare Wärmemenge an der Bodenoberfläche bestimmt, ist laut *Hanks & Ashcroft (1980)* die Pflanzendecke, bzw. auf den Wald bezogen die Bodenvegetation sowie die Auflage. Pflanzendecke als auch Auflage können als thermische Isolatoren für den darunter liegenden Mineralboden dienen.

Es wurden Unterschiede in der jeweiligen Bodenbedeckung zwischen Fichte und Birke festgestellt. So kommt unter den Fichten nur die Zittergras-Segge (*Carex brizoides*) etwas zahlreicher vor (Bedeckungsgrad höchstens 5 %). Dagegen bedeckt dieses Gras größere Flächen (bis zu 50%) unter den Birken und außerdem sind hier neben weiteren Gräsern, auch Farne und die Verjüngung der in der Baumschicht vorhandenen Baumarten zu finden. Mit dem vorhandenen Datenmaterial war es

allerdings nicht möglich, einen isolierenden Effekt der Pflanzendecke oder einer unterschiedlich starken Auflage nachzuweisen.

Als wesentliche Faktoren, welche die Wärmeleitung im Boden bestimmen, werden von den beiden zitierten Autoren der Bodenwassergehalt und die Bodendichte angegeben. Bei der Bodendichte kann man aufgrund der Bodenansprache davon ausgehen, dass sich die Dichten der untersuchten Böden kaum voneinander unterscheiden.

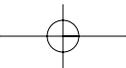
Das Wasser beeinflusst in zweierlei Hinsicht die Temperaturverhältnisse im Boden. Einerseits kann ein Großteil der absorbierten Energie für die Verdunstung von Wasser aufgewendet werden, wenn genug Wasser an der Bodenoberfläche vorhanden ist. Diese Energie ist dann für die Erwärmung des Bodens nicht mehr verfügbar. Andererseits beeinflusst das Bodenwasser den Wärmestrom im Boden durch seine thermische Leitfähigkeit, seine Wärmekapazität und seine thermische Diffusivität. Dies hat zur Folge, dass ein erhöhter Wassergehalt je nach Situation die Bodentemperatur senken oder aber auch erhöhen kann (*Hanks & Ashcroft (1980)*).

Die Temperaturunterschiede der Böden unter Fichten und Birken dürften somit auf Unterschiede im Strahlungshaushalt zurückzuführen sein. Weitere Modifikationen des Bodentemperaturregimes sind im Winter durch das Vorhandensein und Fehlen einer Schneedecke, sowie ganzjährig über die variierenden Feuchteverhältnisse im Boden gegeben.

Mit Hilfe weiterer, mehr ins Detail gehender Auswertungen des vorliegenden Datenmaterials (z.B. zusammen mit der parallel gemessenen Bodenfeuchte) sollte es gelingen, die hier nur grob skizzierten Zusammenhänge und Abhängigkeiten der Bodentemperaturverhältnisse dieses Standortes noch eingehender beschreiben zu können.

Literatur

- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F. (1984): Steiermark, Geologie der Österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. – Geologische Bundesanstalt, 127 Seiten.
- HANKS R.J. & ASHCROFT G.L. (1980): Applied Soil Physics. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- LARCHER W. (1984): Ökologie der Pflanzen. UTB für Wissenschaft: Uni-Taschenbücher ; Bd. 232, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- LEITGEB E., GARTNER K., NADEZHDINA N., ENGLISCH E., CERMAK J. (2003): Ökologische Wirkungen von Pionierbaumarten auf die Bodenfeuchteverhältnisse in einem frühen Sukzessionsstadium nach einem Windwurf eines Fichtenbestandes. Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, Heft 69, 2003.
- LEITGEB E., ZECHMEISTER-BOLTENSTERN S., GARTNER K. (2002): Effects of different tree species on microclimate and microbial processes on a natural regeneration site. Proceedings of the IUFRO Conference on Restoration of Boreal and Temperate Forests / Gardiner, Emile S.; Breland, Lyne J. [Comp.] Reports / Skov & Landskab, (11): 195-196.
- SCHINDLBACHER A., ZECHMEISTER-BOLTENSTERN S., BUTTERBACH-BAHL, K. (2004): Effects of soil moisture and temperature on NO, NO₂ and N₂O emissions from European forest soils. J. Geophys. Research, in Druck.
- WRABER, M. (1969): Über die Verbreitung, Ökologie und systematische Gliederung der Eichen-Hainbuchenwälder in Slowenien, Feddes Repertorium, Berlin, Bd. 79, 373-389.



Root Morphological Parameters and Uptake Modeling

Margarita L. HIMMELBAUER¹, Andrea SCHNEPF¹,
Willibald LOISKANDL¹ and Walter W. WENZEL²

¹ Department of Water, Atmosphere, and Environment, Institute of Hydraulics and Rural Water Management, BOKU - University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna, Muthgasse 18, A-1190 Vienna, Austria,

² Department of Forest and Soil Sciences, BOKU - University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Gregor Mendelstrasse 33, A-1180 Vienna, Austria

Summary

The aim of this study was to demonstrate the importance of an accurate estimation of the root parameters needed for parameterization of uptake models. Important root morphological parameters to which uptake is related are root radius or diameter, root surface area and length. Various methods for assessment of root parameters exist. Direct methods of measurement are often tricky and tedious. On the other hand the indirect methods such as equations can be prone to errors due to the simplifications included. Lately, image analyses systems were acknowledged as an advanced tool in root morphological studies. For uptake modeling parameters like the Michaelis-Menten constant K_m and the maximum influx rate I_{max} per unit area are needed. However, such data are usually obtained on a mass basis. Therefore, relations between mass and surface area or length of the root have to be determined for conversion. Differences between the measuring approaches and/or conversion methods can considerably affect estimated model input parameters and root uptake. Simulation of Ni uptake using Tinker-Nye-Barber approach is presented as an example. The resulting I_{max} values differed up to a factor of three, which can have an important effect on the uptake simulation.

Zusammenfassung

Hauptziel dieser Untersuchung war es, die Bedeutung der genauen Bestimmung von Wurzelparametern als Input für mathematische Stoffaufnahmemodelle zu demonstrieren. Wichtige Parameter sind Wurzelradius oder -durchmesser, Wurzellänge und Wurzeloberfläche. Verschiedene direkte und indirekte Methoden für die Bestimmung wurzelmorphologischer Parameter stehen zur Verfügung. Indirekte Methoden, die auf einer Beziehung zwischen einfach zu messenden Größen und der interessierenden Größe beruhen, können aufgrund von Simplifikationen fehlerbehaftet sein. Direkte Methoden hingegen sind meist sehr zeit- und arbeitsaufwendig. Bildanalyseprogramme haben sich in den letzten Jahren als eine gute Alternative erwiesen. Aufnahme-Modelle benötigen unter anderem Parameter wie die maximale Aufnahme- und Zeiteinheit, I_{max} , und die Michaelis-Menten Konstante, K_m . Solche Daten werden meist pro Wurzelmasse gemessen. Die Bestimmung des Verhältnisses zwischen Masse und Oberfläche oder Länge der Wurzel muss daher bestimmt werden. Die Unterschiede verschiedener Mess- und Konvertierungsmethoden wurden am Beispiel einer Simulation von Nickelaufnahme durch *Thlaspi goesingense* aufgezeigt. Die Ergebnisse für I_{max} unterschieden sich bis zu einem Faktor drei. Eine Sensitivitätsanalyse zeigte, dass eine solche Variation von I_{max} das Ergebnis der Simulation stark beeinflusst.

1. Introduction

Information about root morphological parameters is essential for modeling root uptake of water and solutes. Uptake models operate at different spatial scales: from a single root to a root system level (i.e. whole-plant scale) and up to a stand or regional level. Accordingly, different types of root information is needed for their parameterization. The scale of one single root of constant length is the classical approach for nutrient uptake modeling (Nye-Tinker-Barber model). Single root models are mainly written in cylindrical coordinates and require an average root radius as an input parameter (Fig. 1a). On the larger scale knowledge of root system architecture, length and density distribution through the soil is necessary. Important root parameters to which uptake is related are root surface area (RSA), root length (RL) and root diameter (RD).

Various methods for determining root parameters exist. In general, direct methods of measurement are labor- and time consuming. Determination of RL in earlier studies was carried out by means of the line intercept method introduced by Newman (1966) and modified by Tennant (1975). The accuracy of the measurements was rather sensitive to the random orientation of the roots on a plane. Root diameter (RD) is often evaluated using a microscope (e.g. Bouma et al., 2000), a difficult procedure as the diameter varies along root axes. On the other hand the indirect methods of estimation, i.e. equations, are prone to errors, since a number of simplifications is included. A widespread relation between the average root radius, length and root fresh mass was frequently used assuming an entire root cylindrical geometry and a constant specific tissue density of 1 g cm^{-3} (e.g. Claassen et al., 1986):

$$r_0 = \sqrt{\frac{RFM}{\rho \cdot \pi \cdot RL}} \quad (1)$$

where r_0 is the average root radius, RFM is the fresh root mass, ρ is the root tissue density and RL is the root length.

As reported by Van Noordwijk (1987), neglecting the variations of root radius along the root axes may result in an error in RL estimates by a factor of 2. Besides, root tissue density varies for different kinds of roots and plants. Recently, image analysis systems (e.g. WinRHIZO, ROOTEDGE, Delta-T Scan) were acknowledged as an advanced tool in root morphological studies.

For uptake modeling, the maximum influx rate per unit area, I_{\max} , and the Michaelis-Menten constant, K_m , of the Michaelis-Menten kinetic equation are required as input parameters. However, uptake rate data are mostly obtained on a mass basis. For conversion, relations between mass and surface area or length of the root have to be determined.

Differences between the root measuring approaches and/or conversion methods can significantly influence estimated model input parameters and subsequently the simulated root uptake.

2. Material and Methods

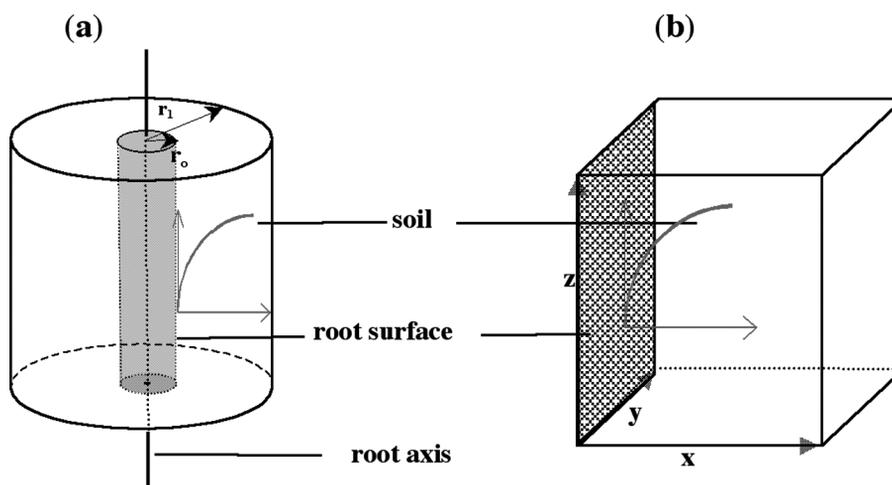
Simulation of Ni uptake by *Thlaspi goesingense* based on Nye-Tinker-Barber model (Schnepf et al., 2003) is used as an example. Plants were grown under rhizobox conditions (Puschenreiter et al., 2003). A root mono-layer formed behind the rhizobox membrane represented a root surface (Fig. 1b). An supplementary study on root morphology of *T. goesingense* was carried out to get values for RD, RSA, RL and related ratios RSA/RFM, RDM/RFM, etc. using WinRHIZO image analysis system (Himmelbauer et al., 2003).

The model considers root ion uptake following Michaelis-Menten kinetics:

$$I = \frac{I_{\max} C}{K_m + C} \quad (2)$$

Fig. 1.

Model domain in (a) cylindrical and in (b) planar coordinates under the assumption of homogeneity in y - and z direction (e.g. for rhizobox experiments).



where I is the influx into the root, C is the solution concentration, I_{\max} is the maximum influx and K_m is the Michaelis-Menten constant.

Ni uptake rate data were obtained on a fresh mass basis in a solution culture experiment (Puschenreiter et al., 2003). For converting them to influx on an area basis (per unit RSA) as required for the model, three different methods were tested:

Method 1: The rhizobox membrane was considered as absorbing surface. The membrane area was related to the mass of the root mono-layer. An additional correction for the 60 % coverage of the membrane by the roots was applied. The root dry mass was converted into fresh one (RDM/RFM) using the ratio of 1 to 5.

Method 2: Measured average root radius for the total root system of 0.088 mm was substituted in Eqn. 1 to estimate the overall root surface area (RSA).

Method 3: Directly measured ratio RSA/RFM of 105.7 cm² g⁻¹ using image analysis approach was applied.

To obtain the values of I_{\max} and K_m , Eqn. 2 was fitted to the converted data using the least square method.

3. Results and Discussion

Estimated Ni uptake rates on an area basis according to the Methods 1 to 3 and the fitting curves are presented in Fig. 2. Methods of conversion influenced greatly the resulting influx.

The resulting parameters I_{\max} and K_m are presented in Table 2. The values of I_{\max} varied up to a factor of three. Obviously, the conversion methods do not effect the value of K_m , since this parameter is not dependent of root mass or surface area.

	Method 1	Method 2	Method 3
K_m [µg L ⁻¹]	2.12	2.12	2.12
I_{\max} [µg dm ⁻² h ⁻¹]	11.74	16.92	36.39

In a sensitivity analysis, the I_{\max} value obtained by the third method was used as standard value (Fig. 3). Results showed that changing the value of I_{\max} influenced the total Ni uptake considerably: the lower I_{\max} , the less were the root uptake and the depletion in front of the root surface. Variations of I_{\max} in conducted sensitivity analyses approximately covered the results that would be obtained using Methods 2 and 1.

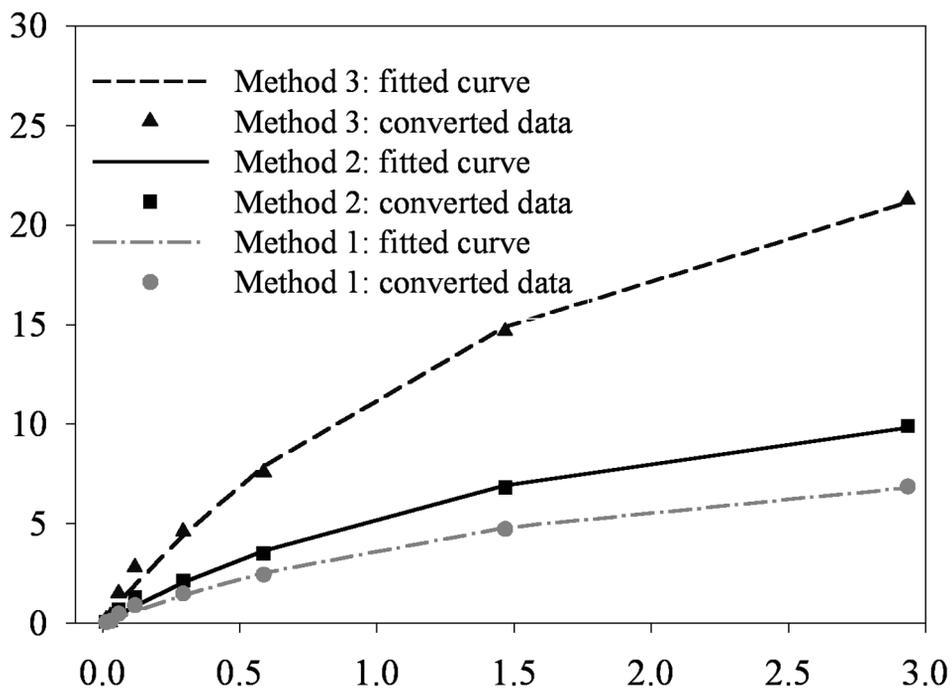
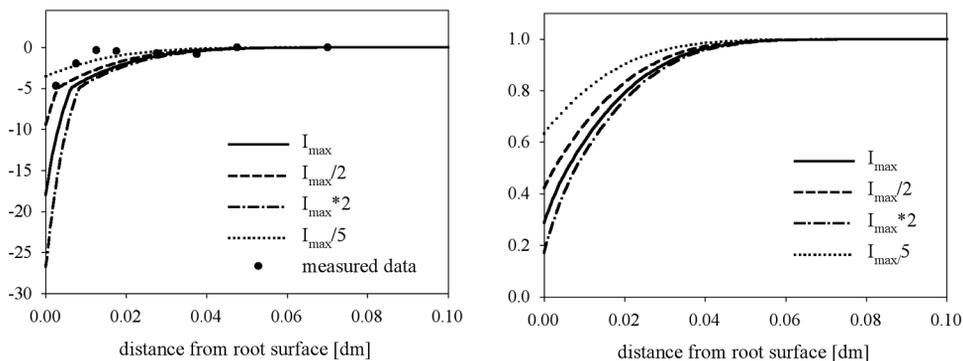


Fig. 2.
 Converted Ni uptake rates per unit root surface area— data points and fitting curves.

Fig. 3.
 Effect of variation in I_{max} on (a) labile Ni and (b) dissolved Ni (Schnepf et al., 2003).



4. Conclusions

The method of converting uptake rate data from mass to surface area basis influences greatly the estimated values of I_{\max} . If the values are to be used in model simulations, directly obtained uptake rate per unit root surface area is preferable so that no conversion is needed. If conversion has to be done, Method 3 is better than Methods 1 and 2 since it is completely based on direct evaluation of root morphology.

The accurate measurement of the root input parameters is essential for proper uptake simulation.

Acknowledgement

We acknowledge the Austrian Science Fund (FWF Project P15749) for financial support.

Literature

- BARBER, S.A. (1995): Soil Nutrient Bioavailability: a mechanistic approach. JohnWiley & sons, Inc. New York.
- BOUMA, T., K. NIELSEN AND B. KOUTSTAAL (2000): Sample preparation and scanning protocol for computerised analysis of root length and diameter. *Plant & Soil*, 218:185-196.
- CLAASSEN, N., K.M. SYRING AND A. JUNGK (1986): Verification of a mathematical model by simulating potassium uptake from soil. *Plant and Soil* 95: 209-220.
- HIMMELBAUER, M.L., M. PUSCHENREITER, A. SCHNEPE, W. LOISKANDL, AND W.W. WENZEL (2003): Root morphological characteristics of Nickel hyperaccumulator *Thlaspi goesingense*. In: G. Gobran and N. Lepp (Eds.), Proc. 7th ICOBTE SLU Service/Repro. Uppsala, Sweden, v.2, pp. 180-181.
- NEWMAN, E. I. (1966): A method of estimating the total length of root in a sample. *J. Appl. Ecology* 3:139-145.
- PUSCHENREITER, M., A. SCHNEPE, W. FITZ, O. HORAK, AND W.W. WENZEL (2003): Rhizosphere processes involved in Ni hyperaccumulation by *Thlaspi goesingense* Hálácsy. *Plant and Soil* (submitted).
- SCHNEPE, A., M.L. HIMMELBAUER, M. PUSCHENREITER, T. SCHREFL, E. LOMBI, W.J. FITZ, W. LOISKAND, AND W.W. WENZEL (2003): Simulating the bioavailability of Ni to the hyperaccumulator *Thlaspi goesingense*, in P.M Huang (ed.): The biogeochemistry of trace Elements in the rhizosphere, Elsevier (submitted).
- TENNANT, D. (1975): A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.*, 63:995-1001
- VAN NOORDWIJK, M. (1987): Methods of quantification of rot distribution pattern and root dynamics in the field. Proc. 20th Colloq. Intern. Potash. Inst., Boden, Wien, pp. 263-281.

Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf ausgewählte bodenphysikalische Parameter

Johanna HOFMANN und Andreas KLIK

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt,
Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft,
Muthgasse 18, 1190 Wien

Zusammenfassung

Im Rahmen eines langjährigen Feldversuches wird der Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungsmethoden auf ausgewählte Bodenqualitätsparameter untersucht. Die Versuche werden seit 1994 auf Flächen der Landwirtschaftlichen Fachschule in Mistelbach durchgeführt. Drei Bodenbearbeitungsvarianten wurden acht Jahre nach Versuchsbeginn beprobt:

- 1) Konventionelle Bodenbearbeitung ohne Zwischengründecke (KV),
- 2) Konservierende Bodenbearbeitung (Mulchsaat) mit Zwischengründecke (KS)
- 3) Direktsaat mit Zwischengründecke (DS)

Es wurden einige Bodenparameter ausgewählt anhand derer Unterschiede in den Bearbeitungsvarianten aufgezeigt werden. Bei den Parametern handelt es sich um den Wasserdurchlässigkeitsbeiwert, die Wasserspannungs- Wasseranteilsbeziehung, sowie die Wasserspeicherkapazität, die Porenverteilung und die Trockendichte. Diese Parameter wurden ausgewählt, da sie direkte, quantitative Aussagen über den Wasser- und Luftaushalt des Bodens liefern.

Signifikante Unterschiede konnten nur im Bearbeitungshorizont festgestellt werden.

Summary

The impact of conventional tillage, conservation tillage and no-till management systems on soil physical parameters was studied at an experimental field in Mistelbach, Lower Austria. Three different tillage practices (conventional tillage, conservation tillage and no-till with cover crop during winter period) were investigated. The objectives of the study were to compare and evaluate differences between the fields eight years after the start of the experiment. The soil in Mistelbach is loamy silt with 8 % sand, 67 % silt, 25 % loam und 1.3 % organic carbon. The hill slope lies at 13 %, the mean annual precipitation lies at 645 mm.

The following parameters were compared: saturated hydraulic conductivity, soil water tension - soil water content - curve, water holding capacity, pore distribution and bulk density. These parameters were selected because they provide direct, quantitative estimates of the ability of a soil to store water and air necessary for crop growth. Significant differences could only be found in the upper, tilled layer.

1. Einleitung

Versuche in verschiedenen Ländern haben gezeigt, dass Minimalbodenbearbeitung und reduzierte Bearbeitungsmethoden zu einer Verringerung des Bodenabtrags durch Erosion und einer Veränderung von physikalischen und chemischen Bodenparametern

tern führen können (BAKER, 1987; MANNERING et al., 1987). Diese Anbaumethoden sind in Österreich noch nicht sehr verbreitet. 1994 wurden an drei Standorten Versuchsflächen mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung angelegt.

Bei den Varianten handelt es sich um:

- Konventionelle Bodenbearbeitung ohne Zwischengründecke (KV)
- Konservierende Bodenbearbeitung (Mulchsaat) mit Zwischengründecke (KS)
- Direktsaat mit Zwischengründecke (DS).

Ziel dieser Studie ist es, die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf bodenhydrologische Kennwerte zu untersuchen.

Folgende Bodenparameter wurden ermittelt: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert, Wasserspannungs- Wasseranteilsbeziehung, sowie Wasserspeicherkapazität, Porenverteilung und Trockendichte. Diese Parameter wurden ausgewählt, da sie direkte, quantitative Aussagen über den Wasser- und Lufthaushalt des Bodens liefern, welcher für den Pflanzenbau ein entscheidender Faktor ist.

2. Material und Methoden

Als erster Standort wurde Mistelbach für die Untersuchungen ausgewählt. Die Versuchsfelder liegen in zwei Wiederholungen vor, welche sich an den gegenüberliegenden Hängen eines kleinen Einzugsgebietes befinden. Die Länge der Versuchsfelder beträgt 80 m, die Schürfgruben wurden ca. 30m unterhalb des Hangbeginns angelegt.

Der Boden in Mistelbach ist ein lehmiger Schluff mit 8 % Sand, 67 % Schluff, 25 % Ton und 1.3% organischem Kohlenstoff. Beim Bodentyp handelt es sich um einen kalkhaltigen Kulturrohboden. Die Hangneigung beträgt ca. 13 %, der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt bei 645 mm.

Acht Jahre nach Versuchsbeginn wurden im Herbst 2002 von jeder Variante gestörte und ungestörte Bodenproben entnommen und ausgewählte Bodenparameter untersucht. Die Proben wurden aus 0-5 cm, 10-15 cm, 20-25 cm, 50-55 cm und 70-75 cm Tiefe entnommen. Im Jahr der Probennahme war Mais angebaut.

Folgende Kennwerte wurden in mindestens vierfacher Wiederholung bestimmt: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (k-Wert; ÖNORM L 1065, 1988), Wasserspannungs- Wasseranteilsbeziehung (ÖNORM L 1063, 1988), Trockendichte (ÖNORM L 1068, 1988). Feldkapazität und permanenter Welkepunkt wurden aus der Wasserspannungs- Wasseranteilsbeziehung bei 300 hPa bzw. 15000 hPa abgeleitet. Dementsprechend erfolgt auch die Unterteilung des Porenraums in Grob- ($\phi > 10 \mu\text{m}$), Mittel- ($\phi 10\text{-}0,2 \mu\text{m}$) und Feinporen ($\phi < 0,2 \mu\text{m}$).

3. Ergebnisse

3.1. Trockendichte

Signifikante Trockendichteunterschiede lassen sich nur im Bearbeitungshorizont (0-5 cm und 10-15 cm) und im Tiefenbereich 70-75 cm feststellen und zwar zwischen KV und DS (Abbildung 1). DS weist stets höhere Werte auf als KV. Die konservierende Bodenbearbeitung liegt immer zwischen den beiden anderen Varianten.

Unterhalb des Bearbeitungshorizontes treten kaum Unterschiede auf. Daraus ist zu schließen, dass die Trockendichtezunahme DS auf fehlende bzw. reduzierte Bodenlockerung bzw. auf Verdichtung durch das Befahren zurückzuführen sind.

Studien haben ebenfalls einen Anstieg der Trockendichte bei der Umstellung von konventioneller auf bodenschonende Bearbeitung gezeigt (HILL, 1990; WU et al., 1992, GREGORICH et al.; 1993, MORAES, M.H., 2002).

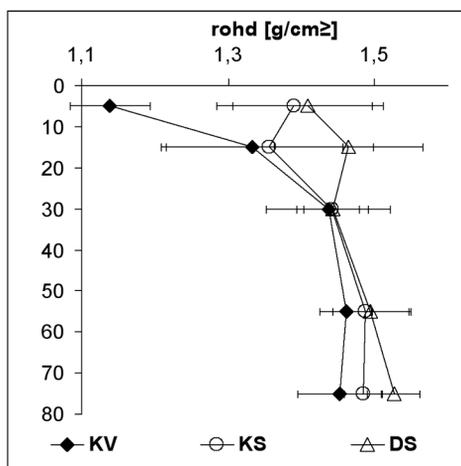


Abb. 1: Verteilung der Trockendichte in den unterschiedlichen Tiefen

Tab. 1: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert in m/d (gleiche Buchstaben bedeuten nicht signifikant unterschiedlich)

Tiefe [cm]	Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/d]		
	Bewirtschaftungssystem KV	KS	DS
0-5	91,83 a	26,49 ab	4,87 b
10-15	16,1 a	47,56 a	5,35 a
25-30	3,71 a	1,3 a	2,91 a
50-55	1,63 a	0,41 a	0,84 a
70-75	0,31 a	0,41 a	0,42 a

3.2. Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (k-Wert)

Die in Tabelle 1 angegebenen Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte zeigen, dass nur in der obersten Bodentiefe (0-5 cm) signifikante Unterschiede zwischen KV und DS festgestellt werden, KS ist von keinem signifikant unterschiedlich. Bereits ab 10-15 cm ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten mehr feststellbar. Ab 25-30 cm sind die Varianten auch numerisch annähernd gleich. Insgesamt kann gesagt werden, dass die k-Werte für alle Varianten im Bearbeitungshorizont als sehr hoch anzusehen sind und im Bereich darunter als mittel klassifiziert werden können.

Bei KV und KS nimmt der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert mit zunehmender Tiefe stärker ab als bei DS. Bei konventioneller Bearbeitung ist der Unterschied zwischen 0-5 cm und 10-15 cm signifikant, während bei der konservierenden Bearbeitung ein signifikanter Unterschied erst ab 25-30 cm festgestellt wurde. Für die Direktsaat können keine signifikanten Unterschiede zwischen den Tiefen vermerkt werden. Die Direktsaat zeigt in fast allen Tiefen die niedrigsten k-Werte. Die Verringerung gegenüber den beiden anderen Varianten kann auf die reduzierte Bearbeitung (Lockerung) und auf das Befahren zurückgeführt werden.

3.3. Wasserspannungs- Wasseranteilsbeziehung

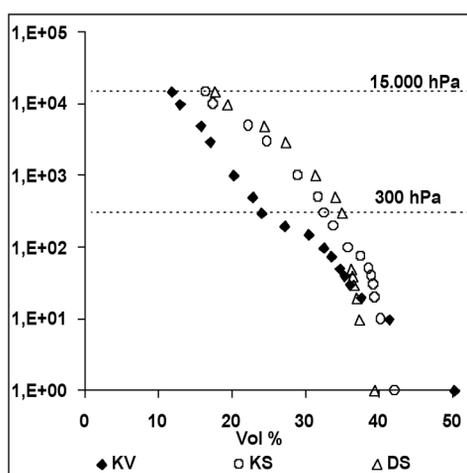


Abb.2: Wasserspannungs-Wasseranteilsbeziehung in 0-5 cm

In Abbildung 2 ist die Wasserspannungs- Wasseranteilsbeziehung der drei Bearbeitungsvarianten für die Tiefe 0-5 cm dargestellt.

Zwischen den Varianten konnten im Bearbeitungshorizont signifikante Unterschiede im Porenanteil und bei der Feldkapazität festgestellt werden. Für der Tiefe 0-5 cm hat KV mit 51,5% einen signifikant höheren Porenanteil als KS (45,2%) und DS (43,6%). Für die Feldkapazität (300 hPh) ergibt sich eine genau gegensätzliche Verteilung. KV liegt mit 22,9% signifikant unter KS (29,3%) und DS (31,2%). Dieser Unterschied ist signifikant.

Numerische, aber keine signifikanten Unterschiede wurden für den permanenten Welkepunkt gefunden (15.000 hPa). Bei KV ist der Welkepunkt allerdings im Bearbeitungshorizont (0-30 cm) immer am niedrigsten (11,4-15,8 %) während er bei DS (15,7-17,0 %) immer am höchsten ist.

3.4. Wasserspeicherkapazität und Porenverteilung

In Abbildung 3 sind die Mittelwerte der Porenverteilung aller analysierten Proben je Variante und Schicht wiedergegeben. Als Grobporen wurden solche mit einem Äquivalenzdurchmesser von $>10\ \mu\text{m}$ klassifiziert, als Mittelporen solche zwischen 10 und $0,2\ \mu\text{m}$ und als Feinporen solche $<0,2\ \mu\text{m}$. Die Grobporen sind bei terrestrischen Böden in der Regel luftgefüllt und ergeben sich als das Volumen zwischen Porenanteil und Feldkapazität. Die Mittelporen speichern das pflanzennutzbare Wasser und umfassen den Bereich zwischen Feldkapazität und permanentem Welkepunkt. In den Feinporen ist das Adsorptionswasser und zum Teil noch das Kapillarwasser

gebunden, welches jedoch nicht mehr für die Pflanzenwasserversorgung zur Verfügung steht.

KV erreicht bei allen Tiefen das größte Porenvolumen (51,5%-45,9%) wobei die Unterschiede zwischen KV und DS (45,5-41,6%) stets signifikant sind, zwischen KV und KS (46,8-42,6%) jedoch nur manchmal. Nahezu die selbe Aussage kann für den A-Horizont gemacht werden. KV hat einen signifikant höheren Grobporenanteil (18,4-28,6%) als KS (12,9-15,9%) und DS (11,6-12,5%). In 50 cm Tiefe ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten für die Grobporen feststellbar.

Für die Feinporen kann der umgekehrte Trend festgestellt werden. Hier ist allerdings in den obersten 30 cm Tiefe kein signifikanter Unterschied zu erkennen, während in 50-55 cm Tiefe KV mit 10,2% signifikant niedriger liegt als KS mit 11,8%. DS (10,9%) ist in dieser Tiefe von keinen von beiden signifikant unterschiedlich.

Für die Mittelporen sind höhere Werte bei KS und DS als bei KV zu vermerken. Signifikant ist die Differenz allerdings nur in 0-5cm, wo sowohl DS (15,4%) als auch KS (14,7%) deutlich über KV (11,1%) liegen.

Im Bearbeitungshorizont (0-30 cm) führt reduzierte Bodenbearbeitung mit geringer

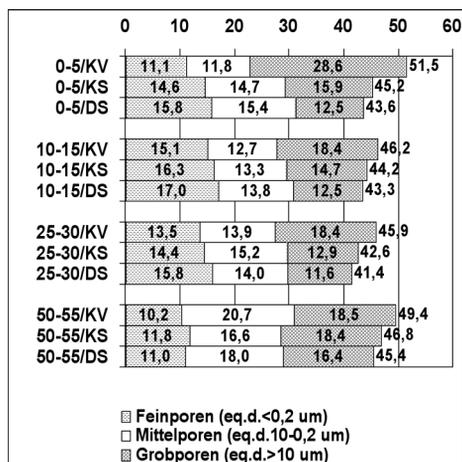


Abb. 3: Wasserspeicherkapazität und Porenverteilung in Vol. % der untersuchten Flächen in unterschiedlichen Tiefen

Regenfällen weniger rasch aus als die Grobporen. Dies ist speziell für dieses Untersuchungsgebiet von Bedeutung, da es sich in einer der trockensten Regionen Österreichs befindet. Unter diesen Bedingungen, wo die Grobporen und ein Teil der Mittelporen meist luftgefüllt sind, ist die Bodenbelüftung selten der begrenzende Faktor für das Pflanzenwachstum. Hier spielt die Größe des Speichers für pflanzenverfügbares Wasser die entscheidende Rolle. Eine Zunahme des Anteil an Mittelporen bedeuten bessere und längere Wasserversorgung der Pflanzen. Diese Bedingungen werden unter konservierender Bearbeitung und bei Minimalbodenbearbeitung geschaffen.

Bearbeitungstiefe und -intensität zu einer signifikanten Reduktion der für die Bodenbelüftung notwendigen Grobporen. ARSHAD et al. (1999) kommen zu vergleichbaren Ergebnissen. Sie beobachteten eine Zunahme von Poren <0,75 µm unter Minimalbearbeitung im Vergleich zu konventioneller Bearbeitung. Derselbe Trend kann für die Feinporen beobachtet werden.

Bei den Mittelporen, die für die Speicherung des pflanzenverfügbaren Wassers verantwortlich sind, wird durch konservierende und minimale Bodenbearbeitung ein leichter Anstieg festgestellt.

Mittelporen speichern mehr pflanzenverfügbares Wasser und trocknen nach

Zusammenfassend kann aus den Ergebnissen gefolgert werden, dass sich bodenschonende Bearbeitungsmethoden positiv auf das Wasserspeichervermögen eines Bodens auswirken. Dies ist für einen trockenen Standort als eine Verbesserung der Bodenqualität anzusehen.

4. Ausblick

In Rahmen des gleichen Forschungsprojektes werden noch zwei weitere Standorte in Niederösterreich untersucht. Die Experimente sind noch nicht abgeschlossen und sollen im Lauf des nächsten Jahres fertig gestellt werden.

Dank

Diese Studie ist durch den Fond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF - Projekt Nr. P-15329) finanziert.

Literatur

- ARSHAD M.A., FRANZLUEBBERS A.J. & AZOOZ R.H. (1999): Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in north-western Canada, *Soil & Tillage Research* 53, S. 41-47
- BAKER, J.L. (1987): Hydrologic effects of conservation tillage and their importance relative to water quality. In: LOGAN, T.J., J.M. DAVIDSON, J.L. BAKER, & M.R. OVERCASH (eds.). *Effects of conservation tillage on ground water quality: Nitrates and pesticides*. Lewis Publ., Chelsea, MI: 113-124
- GREGORICH, E.G.; REYNOLDS, W.D., CULLEY, J.L.B., MCGOVERN, M.A. & CURONE, W.E. (1993): Changes in soil physical properties with depth in a conventionally tilled soil after no-tillage. *Soil Tillage Res.* 26, S. 289-299
- HILL, R.L., 1990. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. *Soil Sic. Soc. Am. J.* 5, S. 161-166
- MANNERING, J.V., D.L. SCHERTZ, & B.A. JULIAN (1987): Overview of conservational tillage. In: LOGAN, T.J., J.M. DAVIDSON, J.L. BAKER, & M.R. OVERCASH (eds.). *Effects of conservation tillage on ground water quality: Nitrates and pesticides*. Lewis Publ., Chelsea, MI: 3-13
- MORAES, M.H., PEREZ GOMAR, E., BENEZ, S.H. & BARILLI, J. (2002): *Effects of Long-Term Management Systems on Soil Quality*, Proc. 12th ISCO Conference Beijing 2002
- ÖNORM L 1063 (1988). *Physikalische Bodenuntersuchungen- Bestimmung der Druckpotential-Wasseranteilsbeziehung von ungestörten Bodenproben* Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM L 1065 (1988). *Physikalische Bodenuntersuchungen- Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit in gesättigten Zylinderproben*. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM L 1068 (1988). *Physikalische Bodenuntersuchungen- Bestimmung Dichte von Böden*. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- WU, L., SWAN, J.B. PAULSON, W.H. RANDALL, G.W. (1992): Tillage effects on measured hydraulic properties. *Soil Tillage Res.* 25, S. 17-33

Einfluss von Oberflächenrauigkeit und Regenintensität auf Interrill-Erosionsprozesse

Werner JESTER und Andreas KLIK

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt,
Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft,
Muthgasse 18, 1190 Wien

Zusammenfassung

Zur Quantifizierung von Niederschlags- und Bodenrauigkeitseffekten auf Interrill-Erosionsprozesse wurde eine Reihe von Starkregensimulationen im Labor durchgeführt. Dabei wurden drei Anfangsrauigkeiten und vier Regenintensitätsabfolgen untersucht. Von der Versuchsfläche wurde der Bodenabtrag, die Spritzererosion (Splash) und der Oberflächenabfluss in 5-min-Intervallen gemessen. Zur Aufnahme der Bodenoberfläche in einem regelmäßigen 2 mm Raster wurde ein Laser-Scanner verwendet. Die Oberflächenrauigkeit wurde mit Hilfe verschiedener Indizes beschrieben. Vom Abtragsmaterial wurden Korngrößenanalysen durchgeführt.

Die Verringerung der Rauigkeit im Verlauf eines Niederschlages durch die kinetische Energie der Regentropfen konnte am besten mit dem Neigungsindex wiedergegeben werden. Der zeitliche Verlauf der untersuchten Rauigkeitsparameter konnte mit quadratischen Funktionen angenähert werden. Es zeigte sich, dass geringere Anfangsrauigkeiten zu höheren Abfluss- und Erosionswerten führten. Abfluss- und Erosionssummen korrelierten signifikant mit dem Regenmuster (Intensitätsabfolge). Die geringere Stabilität kleiner Bodenaggregate (feine Rauigkeit) und schnelles Befeuchten (hohe Regenintensitäten zu Beginn) begünstigten den Aggregatzerfall und die Verschlammung der Bodenoberfläche, was zu höheren Abflüssen und Bodenabträgen führte. Die Splasherosion war drei- bis viermal so hoch wie die Interrillerosion und sie war unabhängig von der Ausgangsrauigkeit, aber ebenfalls signifikant von der Niederschlagsverteilung beeinflusst. Im Mittel wies das Splashmaterial signifikant höhere Anteile an Grob- und Mittelsand auf als der Ausgangsboden, wogegen das Abtragsmaterial einen Anstieg im Tongehalt zeigte.

Abstract

The effect of rainfall intensity sequence and soil surface roughness on interrill erosion processes was examined during a lab rainfall simulation study. Three initial roughness conditions and four intensity sequences were compared. Soil loss, splash and surface runoff were measured in 5 min intervals. Soil relief was measured in a 2 mm grid by a laser-scanner device. Surface roughness was described by different roughness indices. Grain size distribution of eroded material was analyzed using the pipette method.

Roughness decay due to raindrop impact could be described best by slope index. Temporal change of roughness indices could be approximated by second order polynoms. Smaller initial surface roughness led to higher runoff and soil loss. Significant intensity effects were found for runoff and erosion. Lower stability of small soil aggregates (low roughness) as well as fast wetting (high initial rainfall intensity) enforced aggregate breakdown and surface sealing which led to higher runoff and soil loss. Splash erosion was three to four times higher than soil loss and was independent of roughness condition. Splash material showed significantly higher portions of coarse and middle sand than the soil, while soil loss material showed an increase of the clay fraction.

1. Einleitung und Ziele

Die Rauhigkeit der Bodenoberfläche stellt einen wichtigen Einflussfaktor für Abfluss- und Erosionsprozesse dar. Bodenbearbeitung und Umwelteinflüsse verändern das Mikrorelief in Abhängigkeit von der Bodenart. Die Intensität von Niederschlägen spielt eine entscheidende Rolle beim Mikroreliefabbau und bei der Bodenverschlammung und beeinflusst durch diese Oberflächenveränderungen Abfluss und Erosion.

Ziele dieser Labor-Regensimulationsstudie waren die Untersuchung

- 1) des Niederschlagseinflusses auf die Bodenrauheit und
- 2) des Einflusses der Rauheit sowie unterschiedlicher Muster von Regenverteilungen auf Abfluss- und Erosionsprozesse.

2. Material und Methoden

Die Methoden entsprechen jenen von KLIK et al. (2000). Für die Beregnungsversuche wurde ein lufttrockener Oberboden (sandiger Lehm) aus Pyhra, NÖ verwendet. Dieser wurde in einer 15 cm Schichte auf 5 cm Sand-Drainage in eine Erosionswanne (50x60 cm, 7,5 % Gefälle) eingebaut (Trockendichte ca. 1.3 g/cm³). Der Starkregensimulator verfügt über oszillierende V-Strahl Düsen (Veejet 80.100), die ein Tropfenspektrum ähnlich dem eines natürlichen Niederschlages erzeugen (FOSTER et al., 1982). Durch den Austrittsdruck von 0.4 bar an der Düsenöffnung ist auch die entsprechende kinetische Energie an der Bodenoberfläche gewährleistet. Es wurden drei Ausgangsrauheiten (Aggregate <20 mm ‚fein‘, <63 mm ‚mittel‘ und <150 mm ‚rauh‘) erzeugt (Abb. 1), welche unterschiedliche Bodenbearbeitungen repräsentieren.

Abb. 1:
Ausgangsrauheiten ‚fein‘, ‚mittel‘ und ‚rauh‘



Jede Bodenoberfläche wurde mit vier verschiedenen Intensitätssequenzen berechnet: Konstant (40 und 60 mm h⁻¹), steigend (20-40-60 mm h⁻¹) und fallend (60-40-20 mm h⁻¹). Die Niederschlagssumme betrug jeweils 90 mm.

Bodenabtrag, Spritzerosion (Splash) und Oberflächenabfluss wurden in 5-min-Intervallen gemessen. Das Mikrorelief wurde mit einem Laser Scanner (HUANG und BRADFORD, 1992) zu Beginn, am Ende und zu ausgewählten Zeitpunkten während der Regensimulation in einem 2 mm Raster gemessen und ein digitales Höhenmodell (DHM) erstellt. Aus den DHM's wurden verschiedene Rauigkeitsindizes berechnet: Random roughness RR (Standardabweichung der Höhenwerte; LUK, 1983), Profilindex PI (mittlere Profillänge bezogen auf Horizontalabstand; BOIFFIN, 1984), Neigungsindex NI (mittleres Gefälle zwischen benachbarten Höhenpunkten), Oberflächenindex OI (raue Oberfläche bezogen auf die projizierte Oberfläche). Kornverteilungsanalysen des Erosionsmaterials sowie des Ausgangsbodens wurden mit Nasssiebungen und der Pipetmethode nach Kubiena durchgeführt. Varianzanalysen wurden mit der Prozedur 'GLM' des Progammpaketes SAS (SAS Institute Inc., 1996) durchgeführt. Mittelwerte wurden mittels Tukey-Test auf dem 95 % Signifikanzniveau verglichen.

3. Ergebnisse

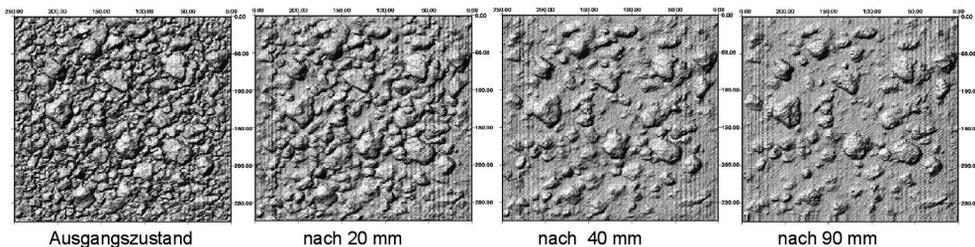
3.1. Rauigkeitsveränderungen

Eine Visualisierung der Veränderung der Oberflächenrauigkeit zeigt Abb. 2. Dabei ist die Aggregatzerstörung und Reliefeinebnung mit Fortdauer des Niederschlages deutlich erkennbar.

Als Quantifizierung dieses Prozesses zeigt Tab. 1 die prozentuelle Abnahme der Indizes nach 90 mm Niederschlag. Je geringer die Ausgangsrauigkeit war, desto

Abb. 2:

Rauigkeitsänderung während eines Regens mit konstanter Intensität von 60 mm h⁻¹, Ausgangsrauigkeit: <63 mm, Raster 2 mm



Tab. 1:
Prozentuelle Abnahme von Rauigkeitsindizes nach 90 mm Niederschlag für steigende und fallende Intensitätssequenz und für die 3 Ausgangsrauigkeiten

Rauigkeit	'fein'		'mittel'		'rauh'	
	Steig.	Fall.	Steig.	Fall.	Steig.	Fall.
RR	44.2	47.8	24.3	24.7	4.1	3.1
PI	28.2	28.2	22.9	25.1	16.7	18.0
NI	76.7	80.2	59.6	65.9	41.5	43.4
OI	39.6	39.9	32.1	35.0	23.0	24.4

größer war die Abnahme. Eine hohe Anfangsintensität führte ebenfalls zu numerisch - jedoch statistisch nicht signifikant - höheren Gesamtabnahmen. Die Verläufe des Neigungsindex (NI), der am sensitivsten reagierte, zeigt Abb. 3. Bei feinem und mittlerem Ausgangsrelief bewirkten bei gleicher Niederschlagsmenge hohe Anfangsintensitäten signifikant größere Relief-einebnung als niedrige. Für die feine

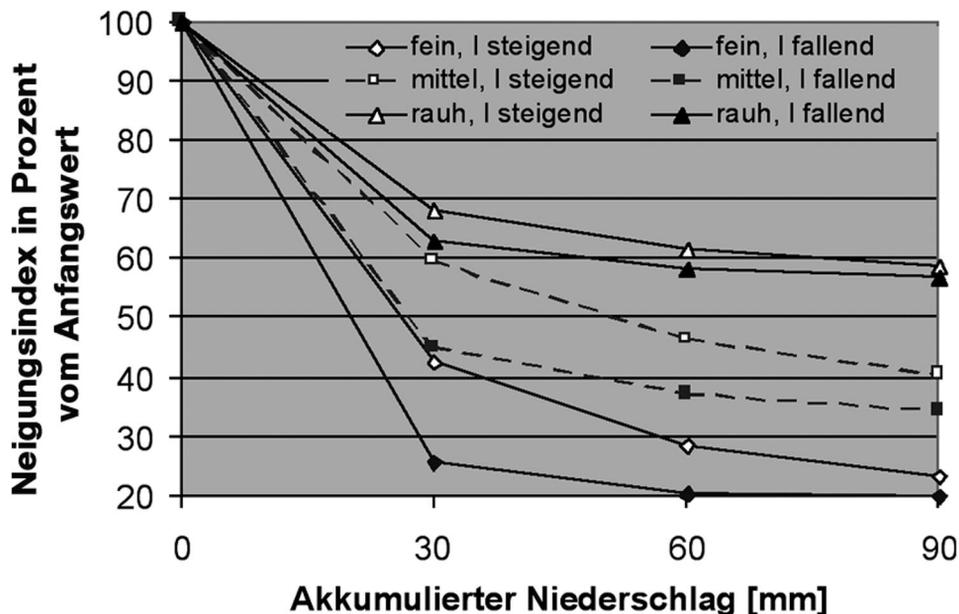


Abb. 3:
Verläufe des Neigungsindex für drei Anfangsrauigkeiten und für fallenden und steigenden Intensitätsverlauf

Rauigkeit betrug der NI bei geringer Intensität (20 mm h^{-1}) nach 30 mm Niederschlag 43 % vom Ausgangswert, bei hoher Intensität (60 mm h^{-1}) jedoch nur 26 %. Bei grobem Ausgangsrelief war der Intensitätseffekt geringer. Für alle Intensitäten konnten Polynome 2. Grades die Verläufe am besten annähern (R^2 zwischen 0.94 und 0.99).

3.2. Abfluss und Erosion

Varianzanalysen aller Varianten zeigten, dass der Verlauf der Niederschlagsintensität signifikanten Einfluss auf die Gesamtmengen von Abfluss, Bodenabtrag und Splasherosion hatte (Abb. 4). Die Anfangsrauhigkeit wirkte sich hingegen signifikant auf den Abfluss, nicht jedoch auf die Erosion aus. Signifikante kombinierte Effekte von Rauhhigkeit und Intensität konnten nicht gefunden werden.

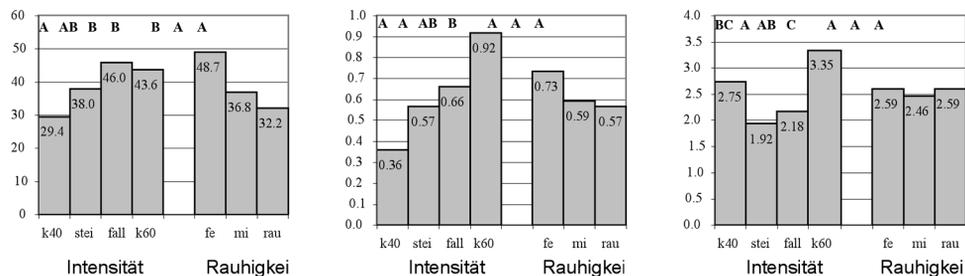


Abb. 4:

Summen von Abfluss, Bodenabtrag und Spritzerosion nach 90 mm Niederschlag bei den drei Ausgangsrauhigkeiten und den vier Intensitätsverläufen; gleiche Buchstaben über den Säulen zeigen an, dass sich die Werte nicht signifikant unterscheiden

Im Mittel war der Abfluss für die feine Rauhhigkeit signifikant höher als für die Varianten ‚mittel‘ und ‚rau‘. Der Bodenabtrag verhielt sich analog, jedoch konnte keine Signifikanz festgestellt werden. Auf die Splasherosion hatte die Rauhhigkeit keinen Einfluss. Hohe Anfangsintensitäten (konstant 60 mm h⁻¹ und fallende Intensität) führten bei gleicher Gesamtregensmenge zu signifikant höheren Abflüssen als geringere Anfangsintensitäten. Auch die Bodenabträge zeigten für die konstante Intensität mit 60 mm h⁻¹ signifikant höhere Werte.

Variable Intensitätssequenzen führten zu geringerer Splasherosion als konstante. Die Splashmengen waren 3-4 mal höher als die Abtragungsmengen – sehr viele Partikel wurden produziert, konnten vom seichten Oberflächenabfluss aber nicht abtransportiert werden (transport-limitierte Sedimentbewegung).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die geringere Stabilität kleiner Bodenaggregate (feine Rauhhigkeit) und schnelles Befeuchten (hohe Regenintensitäten zu Beginn) den Aggregatzerfall und die Verschlämmung der Bodenoberfläche begünstigten, was zu höheren Abflüssen und Bodenabträgen führte.

3.3. Infiltration

Die Infiltrationsrate (IR), welche die Oberflächenverschlämmung widerspiegelt, hing stark von der Anfangsrauhigkeit bzw. vom Anteil wenig stabiler Aggregate und von

der Niederschlagsintensität ab (Abb. 5). Hohe Intensitäten zu Beginn führten zu geringen Infiltrationsraten in der darauffolgenden Sequenz und umgekehrt. Bei anfangs hoher Intensität war auch die Endinfiltrationsrate geringer als bei anfangs niedriger Intensität.

Für die fallende Intensitätssequenz (Abb. 5, rechtes Bild) begann der Abfluss nach 10 mm Niederschlag. Die IR fiel danach steil ab, und zeigte bei den folgenden Sequenzen nur mehr geringe Abnahmen. Der Effekt der Anfangsrauigkeit war während des gesamten Experiments evident. Am stärksten war der Rauigkeitseinfluss am Ende der ersten Sequenz. Die IR der Variante ‚fein‘ betrug nur 50 % von der IR der Variante ‚grob‘.

Für die steigende Intensitätssequenz (Abb. 5, linkes Bild) begann der Abfluss erst nach etwa 17 mm Niederschlag. Auffallend sind die hohen Infiltrationsraten während der zweiten Sequenz (40 mm h^{-1}). Für die mittlere Rauigkeit traten verglichen mit der fallenden Intensitätssequenz (rechtes Bild) doppelt so hohe IR auf. Die Endinfiltrationsrate war bei der steigenden Sequenz ebenfalls höher (ca. 12 mm h^{-1} vs. ca. 5 mm h^{-1}).

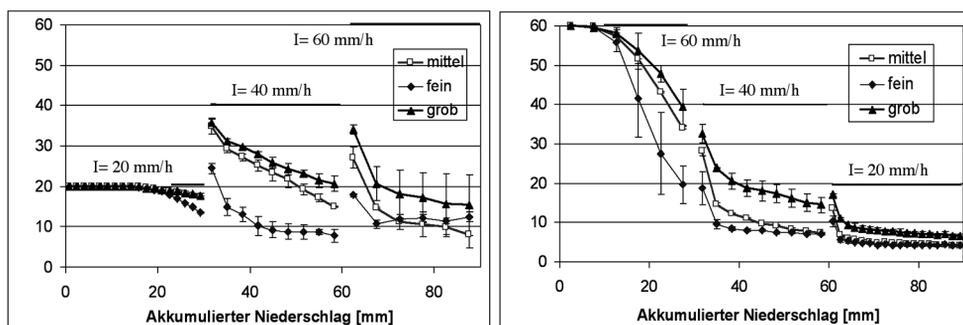


Abb. 5:

Verläufe der Infiltrationsraten für die steigende (links) und die fallende (rechts) Intensitätssequenz und für die drei Ausgangsrauigkeiten

3.4. Korngrößen des erodierten Bodens

Kornverteilungsuntersuchungen zeigten die Selektivität der Transportprozesse auf. Mittelwerte für die Kornfraktionen des Ausgangsbodens, sowie des Splash- und Abtragsmaterials zeigt Tab. 2. Im Vergleich zum Ausgangsboden wurde die Sandfraktion im Splashmaterial mit dem Faktor 1.3 (fS) und 1.9 (m-gS) angereichert, während Schluff (0.6) und Ton (0.9) in geringerem Ausmaß präsent waren. Im Abtragsmaterial reicherten sich Ton und Mittel-Grobsand je mit dem Faktor 1.2 an, der Anteil der Schlufffraktion (Faktor 0.85) war geringer als im Ausgangsboden.

Tab. 2:

Mittelwerte für die Kornfraktionen des Ausgangsbodens, des Splash- und Abtragsmaterials. (Fraktionen [mm]: Grob-/Mittelsand 2-0.2, Feinsand 0.2-0.063, Grobschluff 0.063-0.02, Mittelschluff 0.02-0.0063, Feinschluff 0.0063-0.002, Ton <0.002)

MW...Mittelwert S...Standardabweichung ER...enrichment ratio

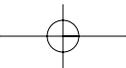
Fraktionen	Ausgangsboden		Bodenabtrag			Splash		
	MW (%)	S (%)	MW (%)	S (%)	ER (%)	MW (%)	S (%)	ER (%)
Grob-/Mittelsand	12.0	0.3	14.8	3.8	1.2	23.3	5.2	1.9
Feinsand	21.7	0.6	22.5	4.8	1.0	27.2	3.2	1.3
Grobschluff	23.8	0.7	17.4	2.8	0.7	17.6	3.2	0.7
Mittelschluff	15.4	0.1	14.5	1.9	0.9	10.2	1.8	0.7
Feinschluff	9.9	0.3	9.9	2.5	1.0	5.9	1.1	0.6
Ton	17.1	0.1	20.9	3.7	1.2	15.6	3.1	0.9

Danksagung

Diese Studie wurde durch den Fond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF - Projekt Nr.12296-BIO) finanziert.

Literatur

- BOIFFIN, J., 1984. La dégradation structurale des couches superficielles sous l'action des pluies. Thèse de Docteur-Ingenieur. Inst. Natl. Agr., Paris
- FOSTER, G.R, W.H. NEIBLING and R.A. NATTERMANN, 1982. A programmable rainfall simulator. ASAE, St. Joseph, MI, Paper no. 82-2570.
- HUANG, C.H. and J.M. BRADFORD, 1992. Applications of a laser scanner to quantify soil microtopography. Soil Science Society of America Journal 56, pp. 14-21.
- KLIK, A., A. ZARTL and C.C. TRUMAN, 2000. Investigating Processes Controlling Rainfall Partitioning and Sediment Delivery from Interrill Areas. In: Laflen, J.M., J. Tian and C. Huang (eds.). Soil Erosion and Dryland Farming. CRC Press, Boca Raton, FL: 539-556
- LUK, S.H., 1983. Effect of aggregate size and microtopography on rainwash and rainsplash erosion. Z Geomorph N F 27(3): 283-295
- SAS Institute, 1996. SAS/STAT Software Release 6.12, SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA



Ergebnisse langjähriger Erosionmessungen im Feld

Andreas KLIK, Johanna HOFMANN und Werner JESTER

Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Institut für Hydraulik und landeskulturelle
Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 18, 1190 Wien

Zusammenfassung

In einem langjährigen Feldversuch wurden an drei Standorten in Niederösterreich die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungen auf Oberflächenabfluss, Bodenabtrag, Nährstoff und Pestizidverluste untersucht. Bei den Bodenbearbeitungsvarianten handelte es sich um konventionelle Bearbeitung (KV), konservierende Bearbeitung mit Zwischengrünendecke (KS) und Direktsaat mit Zwischengrünendecke (DS).

Beim Oberflächenabfluss war kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten festzustellen. Reduzierte Bodenbearbeitung in Kombination mit Zwischenfruchtanbau erwies sich als geeignete Maßnahme zur Erosionsverminderung. Im Vergleich zu KV wurde der Bodenabtrag durch KS im Mittel um 68% vermindert und durch DS um 82%. Stickstoffausträge verringerten sich um 60 bzw. 71%, die Phosphorverluste um 71 bzw. 82%. Niedrigere Bodenabträge hatten auch geringere Verluste an organischem Kohlenstoff und niedrigere Austräge an Pflanzenschutzmittelrückständen zur Folge.

Aufgrund dieser Ergebnisse können für österreichische Ackerflächen sowohl bodenschonende Bearbeitung als auch Direktsaatverfahren in Kombination mit Zwischenfruchtanbau als erfolgreiche Schutzmaßnahmen gegen Bodenerosion empfohlen werden.

Abstract

Objective of this long-term field experiment is to investigate impacts of different tillage practices on runoff, soil erosion, nutrient and pesticide losses. At three locations in Lower Austria following tillage practices are compared: conventional tillage (KV), conservation tillage with cover crop (KS) and no-till with cover crop (DS).

The different soil management systems had no significant effect on surface runoff. Reduced tillage intensity in combination with a cover crop act as a good soil protection measure. Compared to conventional tillage conservation tillage and no-till reduced soil loss on average by 68 and 82%, respectively. Nitrogen and phosphorus losses were diminished by 60 and 71% with KS and by 71 and 82% with DS. Associated with a decrease in soil erosion a high reduction of losses of organic carbon and pesticides was determined.

Based on these results conservation tillage as well as direct seeding in combination with cover crops can be recommended as effective soil protection measures for Austrian crop land.

1. Einleitung

In Europa stellt die Bodendegradation durch Erosion das größte Problem dar. 157 Millionen Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche, das entspricht etwa 16% der

Gesamtfläche, sind dadurch stark beeinträchtigt (VAN LYNDEN, 1995). Neben den negativen Auswirkungen direkt auf den betroffenen Flächen, kommt es auch off-site etwa durch Sediment- und Schadstoffeinträge in aquatische Ökosysteme, durch Schäden an Infrastruktureinrichtungen etc. zu massiven Beeinträchtigungen. Wenn On- und Off-Site Schäden der Erosion von landwirtschaftlichen Nutzflächen summiert werden, ergeben sich nach PIMENTEL et al. (1995) jährliche Kosten von rd. 85,5 Euro pro Hektar Ackerland. Aus diesem Grund ist eine umweltgerechte, ressourcenschonende Landbewirtschaftung nicht nur aus ökologischer Sicht, sondern auch aus ökonomischer Sicht unbedingt notwendig.

Im Jahr 1994 wurde im Auftrag der NÖ Landesregierung ein Forschungsvorhaben begonnen mit dem Ziel, die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsmethoden auf Oberflächenabfluss, Bodenabtrag, Nährstoff- und Pestizidverluste zu untersuchen.

2. Material und Methoden

Die Versuche werden auf Ackerflächen der landwirtschaftlichen Fachschulen in Mistelbach, Pixendorf bei Tulln und Pyhra bei St. Pölten durchgeführt und zwar seit 1994 in Mistelbach und Pyhra und seit 1997 in Pixendorf.

Die mittleren Jahresniederschläge im Versuchszeitraum liegen für die untersuchten Standorte zwischen 645 und 945 mm (Tabelle 1). Die maximalen und minimalen Jahresniederschläge betragen in Mistelbach 794 mm (1996) und 390 mm (2003), in Pyhra 1161 mm (2002) und 736 mm (2003) und in Pixendorf 926 mm (2002) und 461 mm (2003).

<i>Tabelle 1: Mittlere Jahresniederschläge (in mm) für den Untersuchungszeitraum (Mistelbach, Pyhra: 1994-2003; Pixendorf: 1997-2003)</i>													
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Σ
Mistelbach	25	19	36	38	65	86	95	60	78	48	55	40	645
Pyhra	35	40	68	61	99	103	123	118	108	64	70	58	947
Pixendorf	25	24	41	33	59	95	113	75	73	54	50	45	687

Folgende drei Bodenbewirtschaftungsvarianten werden im Feldversuch verglichen:

- Konventionelle Bodenbearbeitung ohne Zwischengründecke (KV)
- Konservierende Bodenbearbeitung mit Zwischengründecke (KS) und
- Direktsaat mit Zwischengründecke (DS).

Bei bodenschonender Bearbeitung, welche sowohl Mulch- als auch Direktsaatmethoden beinhalten, wird auf bodenwendende Vorgänge (Pflug) verzichtet, die Bearbeitungsintensität weitestgehend reduziert, nur eine geringe Bodentiefe mechanisch bearbeitet und die Ernterückstände auf der Bodenoberfläche belassen. Nach der Ernte wird im Herbst eine Winterzwischenfrucht angebaut, um bis zur Vegetationsruhe eine ausreichende Bodenbedeckung zu erreichen. Im darauffolgenden Frühjahr wird die Kultur in die abgefrostete oder mittels Totalherbizid totgespritzte Zwischenfrückerde durch Mulch- oder Direktsaat angebaut. Als Fruchtfolge war eine Körnermais-Getreide-Rotation vorgesehen, die in Mistelbach und Pixendorf ein wenig abgeändert wurde.

An jedem Standort wurde pro Variante eine 4 m breite und 15 m lange Erosionsmessstelle zur Erfassung von Oberflächenabfluss und Bodenabtrag eingerichtet. Die Hangneigungen betragen 12% in Mistelbach, 16% in Pyhra und 5% in Pixendorf. Der Boden in Mistelbach ist von der Textur ein lehmiger Schluff, jener in Pyhra ein sandiger Lehm und jener in Pixendorf ein sandiger Schluff. Die wesentlichen physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften der Böden sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

*Tabelle 2:
Zusammenstellung der wesentlichen physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften der Versuchsflächen*

Boden	Sand (%)	Schluff (%)	Ton (%)	OC (%)	pH	KAK (cmol kg ⁻¹)	CaCO ₃ (%)	N _{tot} (g kg ⁻¹)	P _{tot} (g kg ⁻¹)
Mistelbach	12,8	64,2	23,0	1,3	8,1	15	9,2	1,6	0,8
Pyhra	32,2	42,6	25,2	1,4	7,1	8	0	1,6	0,8
Pixendorf	27,6	62,1	10,3	1,2	8,1	8	21,2	1,5	0,6

Der gesamte Oberflächenabfluss von den Erosionsflächen wird mit einer speziell konstruierten Rotationsmessenrichtung bei einer Auflösung von weniger als 0,1 mm kontinuierlich mengenmäßig erfasst und mittels einer Teilungseinrichtung eine Teilprobe von rd. 3% entnommen und gesammelt (KLIK et al., 2004). Diese Teilprobe wird für die Ermittlung der Sedimentfracht sowie für qualitative Wasser- und Sedimentuntersuchungen (Nährstoffe, Pestizide) herangezogen.

3. Ergebnisse

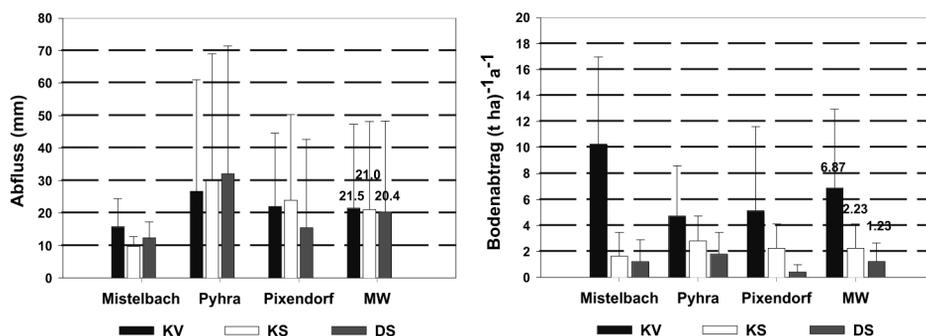
3.1 Oberflächenabfluss und Bodenabtrag

Seit Beginn der Feldversuche wurden insgesamt 109 Abflussereignisse verzeichnet, wobei an den drei Standorten unterschiedlich viele erosive Niederschläge auftraten. Je nach Bearbeitungsvariante lag die Anzahl der Ereignisse in Mistelbach zwischen 17 (KS und DS) und 27 (KV), in Pyhra zwischen 20 (DS) und 29 (KV) und in Pixendorf zwischen 37 (DS) und 55 (KV). Rund 55-68% aller Ereignisse erreichten weniger als 1 mm, etwa 80% waren kleiner oder gleich 5 mm. Insgesamt wurden nur zwei Ereignisse mit mehr als 50 mm Abflusshöhe registriert, was einem Anteil von weniger als 2% entspricht (KLIK, 2003).

Die langjährige mittlere Abflusshöhe beträgt für KV 21,5 mm, für KS 21,0 mm und für DS 20,4 mm (Abb. 1). In Mistelbach und Pixendorf liefert die Direktsaat-Variante im Mittel den niedrigsten Wert. In Pyhra ergeben sich durch KS und DS numerisch etwas höhere Abflüsse als bei KV. An allen drei Standorten, sowie im Gesamtmittel sind diese Unterschiede zwischen den Varianten jedoch nicht signifikant ($p > 0,05$), sodass sich zwar standortbezogene Unterschiede, jedoch keine bearbeitungsbezogenen Unterschiede aus den Ereignissen ableiten lassen. Dies würde bedeuten, dass die verminderte Bearbeitungsintensität und die vermehrte Zufuhr an organischer Substanz nach sieben bzw. zehn Jahren noch zu keiner Erhöhung der Infiltrationskapazität geführt haben. Erosionsuntersuchungen mit einem Regensimulator, die im Sommer 2000 auf den Versuchsflächen in Pyhra und im Sommer 2001 in Pixendorf durchgeführt wurden, zeigten dagegen deutliche eine Erhöhung der Infiltration bei konservierender Bearbeitung und Direktsaat und damit eine Verminderung des Oberflächenabflusses (ZARTL & KLIK, 2001).

Abbildung 1:

Mittlere jährliche Abflusshöhen (links) und Bodenabträge (rechts) an den drei Standorten sowie im Mittel (MW) für den gesamten Untersuchungszeitraum



Nicht alle Abflussereignisse erzeugten auch Bodenabtrag. Bei konventioneller Bearbeitung waren 21% der Ereignisse erosionsfrei, bei konservierender 28% und bei Direktsaat 38%. Die restlichen Abflüsse hatten meist nur geringe Bodenabträge zur Folge: Zwischen 69 und 77% waren kleiner als 1 Tonne pro Hektar, 8-13% erreichten Werte über 5 Tonnen pro Hektar. Im Gegensatz dazu waren 2-5% der Bodenabträge größer als 50 t ha⁻¹. Ein Abtrag von 50 Tonnen pro Hektar entspricht einem irreversiblen Bodenverlust von etwa 4 mm. Diese extremen Ereignisse sind es auch, die für den Großteil des Bodenabtrages verantwortlich sind.

An allen drei Standorten führt reduzierte Bearbeitungsintensität in Verbindung mit einer Zwischengründecke zu einer signifikanten Verringerung des Bodenabtrages. Liegt der jährliche Bodenverlust bei konventioneller Bearbeitung im Mittel aller Messstellen bei 6,87 Tonnen pro Hektar, so verringert er sich durch konservierende Bearbeitung auf 2,23 t ha⁻¹ und durch Direktsaat auf 1,23 t ha⁻¹ (Abb. 1). An allen Standorten kommt es bei Direktsaat zu den niedrigsten Bodenabträgen. Da die Höhe des Abflusses zwischen den Varianten nicht signifikant unterschiedlich ist, können diese Erosionsvermindierungen nur auf geringere erosive Kräfte des Abflusses zurückgeführt werden. Einerseits bedecken die Pflanzenrückstände der vorjährigen Kultur und der Zwischenfrucht bei KS und DS die Bodenoberfläche und schützen sie so gegen die kinetische Energie der aufprallenden Regentropfen, und andererseits verringern sie die kinetische Energie des Abflusses, indem sie zu einer Verlängerung des Abflussweges und somit zu einer Verringerung der Fließgeschwindigkeit (und Schleppspannung) führen.

3.2 Verluste an Nährstoffen und organischer Substanz

Die oberflächlichen Nährstoffausträge setzen sich aus im Abfluss gelösten und an Sedimenten und in organischer Substanz gebundenen Anteilen zusammen. Die Verluste werden hauptsächlich durch die Höhe des Bodenabtrages bestimmt, da sich die Varianten in den Abflusshöhen nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die mittleren Stickstoffverluste (Abb. 2) liegen bei konventioneller Bearbeitung zwischen 4,7 und 16,2 kg ha⁻¹, bei konservierender Bearbeitung zwischen 2,0 und 6,2 kg ha⁻¹ und bei Direktsaat zwischen 0,8 und 4,2 kg ha⁻¹. Die entsprechenden jährlichen Phosphorverluste liegen bei KV zwischen 2,7 und 8,4 kg ha⁻¹, bei KS zwischen 1,2 und 2,0 kg ha⁻¹ und bei DS zwischen 0,2 und 1,3 kg ha⁻¹ (Abb. 2). Im Mittel ergeben sich bei konventioneller Bearbeitung Austräge von 9,89 kg N pro Hektar und von 5,16 kg P pro Hektar. Bodenschonende Bearbeitung verringert die jährlichen Austräge an Stickstoff um 60% auf 3,95 kg ha⁻¹ und an Phosphor um 71% auf 1,52 kg ha⁻¹. Die Reduktionen durch Direktsaat betragen bei N sogar 71% (auf 2,83 kg ha⁻¹) und bei P 82% (0,92 kg ha⁻¹).

Neben den Hauptnährstoffen Stickstoff und Phosphor gehen auch andere wertvolle Inhaltsstoffe, wie etwa organische Substanz, mit dem abgetragenen Boden verloren. Neben der Bodenfruchtbarkeit kommt dem organischen Kohlenstoff (Humus) auch ein wesentlicher Beitrag bei der Filter-, Puffer- und Transformatorfunktion des

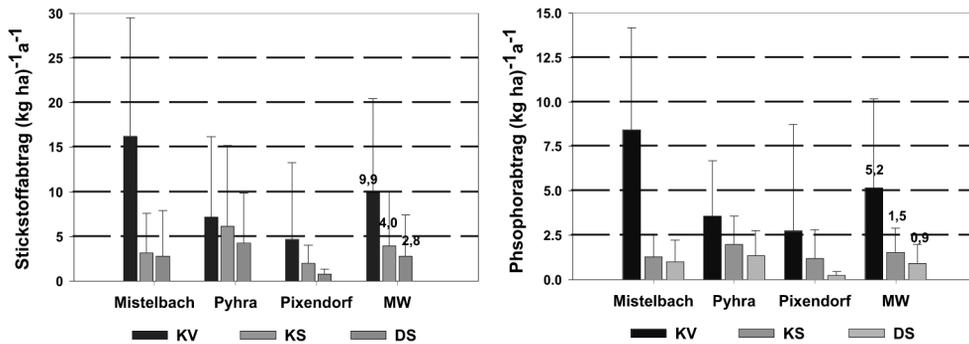


Abbildung 3:

Mittlere jährliche Stickstoff- (links) und Phosphorausträge (rechts) (und Standardabweichungen) an den drei Standorten sowie im Mittel (MW) für den gesamten Untersuchungszeitraum

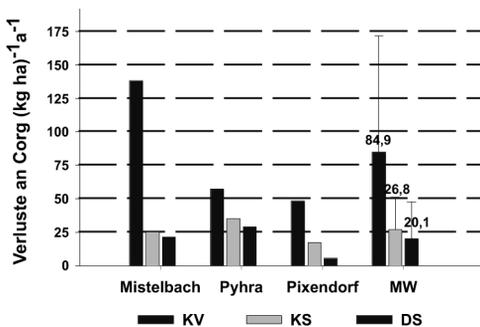


Abbildung 4:

Mittlere jährliche Verluste an organischem Kohlenstoff (und Standardabweichungen) an den drei Standorten sowie im Mittel (MW) für den gesamten Untersuchungszeitraum

Bodens zu. Aus diesem Grund ist jedweder Verlust an organischer Substanz zu vermeiden. Wie die Nährstoffverluste korrelieren auch die Austräge an organischem Kohlenstoff eng mit dem Bodenabtrag. Sowohl bearbeitungsbedingte als auch standortsbedingte Unterschiede sind erkennbar. Im Mittel betragen die langjährigen Austräge bei KV 84,9 kg Corg pro Hektar und Jahr und werden durch KS und DS auf 26,8 bzw. 20,1 kg ha⁻¹ a⁻¹ reduziert (Abb. 3). Bodenbiologische Untersuchungen haben gezeigt, dass durch reduzierte Bearbeitungsintensität und durch Zufuhr von organischer Substanz durch eine Zwischengründecke z.T. signifikante Verbesserungen der biologischen Aktivität erreicht werden können (KLIK et al., 2002; HOLLAUS & KLIK, 2004).

3.3 Austrag an Pflanzenschutzmitteln

Die Höhe des Austrages von Pflanzenschutzmittelrückständen (PSM) aus landwirtschaftlichen Flächen bei einem erosiven Ereignis hängt einerseits von den PSM-Eigenschaften und andererseits von der Art und dem Zeitpunkt des Niederschlages ab. Wirkstoffe mit hoher Adsorption werden vorwiegend an Bodenteilchen gebunden verlagert, wogegen solche mit hoher Löslichkeit eher im Abfluss gelöst ausgetragen werden. Eine lange Halbwertszeit erhöht die potenzielle Austragsgefährdung. Neben

*Tabelle 3:
Jährliche Pflanzenschutzmittelausträge an
den drei Standorten sowie im Mittel (MW)
(in % der aufgetragenen Wirkstoffmenge)*

Standort	KV	KS	DS
Mistelbach	3,16	0,54	0,73
Pyhra	2,07	2,70	0,72
Pixendorf	0,47	0,01	0
Mittelwert	2,26	1,02	0,57

diesen Eigenschaften bestimmt jedoch der Zeitpunkt des erosiven Regenereignisses entscheidend die Höhe der PSM-Verluste.

Die Messungen zeigen, dass im langjährigen Schnitt bei konventioneller Bearbeitung 2,3% der applizierten PSM-Menge ausgetragen werden, bei konservierender Bearbeitung nur 1,0% und bei Direktsaat überhaupt nur 0,6% (Tab.3).

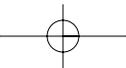
Der Großteil der Verluste erfolgt über sedimentgebundene Austräge. In Mistelbach und Pixendorf wurden die höchsten Werte bei KV gemessen, in Pyhra dagegen bei KS. Der Grund dafür konnte noch nicht eruiert werden.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wird seit 1994 vom der LAKO Tulln und seit 2002 vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF Projekt P15329) gefördert.

Literaturverzeichnis

- HOLLAUS, K. & KLIK, A. (2004): Auswirkung bodenschonender Bewirtschaftungsmaßnahmen auf bodenbiologische Parameter an unterschiedlichen Standorten in Niederösterreich. Mitteilungen der Österr. Bodenkdl. Ges., Heft 70. S. 45-49.
- KLIK, A. (2003): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Oberflächenabfluss, Bodenabtrag sowie auf Nährstoff- und Pestizidausträge. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft. 55. Jg., H. 5/6, S.89-96.
- KLIK, A., FRAUENFELD, B. & HOLLAUS, K. (2002). Experiences with conservation tillage and no-till in Austria. Proc.of the 25th Annual Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture. Auburn, AL. Special Report No. 1, Alabama Agric. Expt. Stn. and Auburn University, USA: S. 62-68.
- KLIK, A., SOKOL, W. & STEINDL, F. (2004): Automated erosion wheel: A new measuring device for field erosion plots. Journal of Soil and Water Conservation. 59(3), S. 116-121.
- PIMENTEL, D., HARVEY, C., RESOSUDARRMO, P., SINCLAIR, K., KURZ, D., McNAIR, M., CRIST, S., SHPRITZ, L., FITTON, L., SAFFOURI, R. & BLAIR, R. (1995): Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science 267, S. 1117-1123.
- VAN LYNDEN, G.W.J. (1995): The European soil resource: current status of soil degradation in Europe: causes, impacts and need for action. ISRIC, Wageningen. Council of Europe, Nature and Environment No. 71. Strasbourg, France.
- ZARTL, A. & KLIK, A., (2001): Regensimulationen zur Ermittlung des Einflusses unterschiedlicher Bodenbearbeitungen auf Oberflächenabfluss und Bodenabtrag aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft. 53. Jg., H. 1/2, S.27-34.



Bodenwasserbewegung an unterschiedlichen Hangpositionen – ein Bilanzierungsmodell

Andreas KLIK, Werner JESTER, Gerhard KAMMERER und
Ferdinand KASTANEK

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt,
Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft,
Muthgasse 18, 1190 Wien

Zusammenfassung

Im Oktober 2001 wurden an einem 100 m langen, 12 % geneigten Hangtransekt drei Profile mit Sonden zur Messung des Bodenwasseranteiles und der Wasserspannung ausgerüstet. Es zeigte sich, dass zwischen dem Hangbeginn und der Hangmitte kaum Unterschiede in der Bodenhydrologie auftraten, am Hangfuß jedoch stets höhere Bodenwassergehalte vorlagen. Aus den wenigen zur Verfügung stehenden Bodenkennwerten wurden über Pedotransfer-funktionen die notwendigen Parameter für die Wasserbewegung im ungesättigten Bodenbereich abgeschätzt. Anhand der wöchentlichen Messwerte des Bodenwassergehaltes und der Wasserspannungen, des erfassten Niederschlages und Oberflächenabflusses wurden die vertikalen Wasserflüsse wie Evapotranspiration und Versickerung und die hangparallelen Flüsse berechnet. Die Ergebnisse liefern plausible Werte.

Abstract

In October 2001 a hillslope transect was equipped at three positions with soil moisture sensors and tensiometers. It could be shown, that between upslope and midslope positions differences in soil hydrology were small, but at foot of slope always highest values for soil water storage were observed. With limited available soil information necessary parameters for water transport in the vadose zone were assessed by using pedotransfer functions. Measurements of precipitation and runoff together with weekly data of soil moisture and soil water tension were used to calculate vertical flows like evapotranspiration and percolation, and lateral flow. Feasible results could be obtained.

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Ziel der Studie ist es, mit Hilfe von wöchentlichen Messungen des Bodenwasseranteiles und der Wasserspannung im Boden an drei Profilen entlang eines Hangtransektes, die Wasserbewegung zu berechnen und anhand einer Bilanzierung die Evapotranspiration abzuschätzen.

2. Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an einem 12 % geneigten Hang am Hangbeginn, in der Hangmitte und am Hangfuß durchführt. Die Abstände zwischen den untersuchten Profilen betragen jeweils 30 m. Bei dem vorliegenden Boden handelt es sich um einem lehmigen Schluff (Tabelle 1). An jeder Messstelle wurden die Bodenwassergerhalte und die Wasserspannungen in zweifacher Wiederholung gemessen. Die Wasseranteilmessung erfolgte mittels Sentek Diviner Sonde in 10 cm-Tiefenabschnitten bis in 150 cm Bodentiefe; die Wasserspannung wurde mit Tensiometern in 50 cm und 100 cm Tiefe gemessen. Die Werte werden einmal wöchentlich abgelesen. Zusätzlich werden der Niederschlag gemessen und der an jeder Hangposition auftretende Oberflächenabfluss durch 2 m breite und 3 m lange Erosionsmessflächen erfasst. Während der Vegetationsperiode 2002 war Raps angebaut, der Anfang Juli 2002 geerntet wurde. Für jeden der sechs Messorte standen daher jeweils 60 Messwertpaare (1. 10. 2001 – 21. 11. 2002) zur Verfügung. Unter Zugrundelegung der Niederschlagsituation während des Untersuchungszeitraumes wurden Ent- und Bewässerungsphasen ausgewiesen, zusätzlich wurden die Werte in der Frostperiode ausgeschieden, sodass schließlich nur Werte verwendet wurden, die einer mittleren Wasseranteils-Wasserspannungsbeziehung des Standortes entsprechen.

Aus der ermittelten Kornverteilung, dem Gehalt an organischer Substanz und der Kationenaustauschkapazität (KAK) wurden nach BAUMER (1992) Werte für den Wasseranteil bei Sättigung (W_s), für die Feldkapazität (FK), den permanenten Welkepunkt (WP), der Restwasseranteil (W_r) und die Trockendichte (ρ_d) berechnet (Tabelle 1).

Da keine anderen Angaben zur Verfügung standen, wurden diese Werte für den gesamten Hang als konstant angenommen. Mit Hilfe dieser berechneten Werte und unter Berücksichtigung der Messwertpaare Wasseranteil-Wasserspannung für die unterschiedlichen Hangpositionen bzw. Bodentiefen wurden nach VAN GENUCHTEN (1980) die zur Beschreibung der Wasseranteil-Wasserspannungsbeziehung notwendigen Modellparameter α und n berechnet und das kapillare Leitvermögen abgeschätzt (SCHAAP et al., 2000; Tab. 2).

Das Bodenprofil wurde in zwei Kompartimente (0-75 cm und 75-150 cm) unterteilt und ein Wasserbilanzmodell erstellt (Abb. 1). Das obere und untere Kompartiment wurden dabei getrennt bilanziert, wobei als Ergebnisglied die Verdunstung errechnet wurde.

Tabelle 1:
Gemessene und berechnete Bodenkennwerte

Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	KAK (mmol/100 g)	Org. C (%)	W_s (%)	FK (%)	WP (%)	W_r (%)	ρ_d (g cm ⁻³)
14.1	66.4	19.5	15,4	1.4	42.35	34.7	13.24	6.2	1.55

Tabelle 2:
van Genuchten Parameter (α , n) und van Genuchten-Mualem Parameter (K_0 , L)

Parameter	Hangbeginn		Hangmitte		Hangfuß	
	50 cm	100 cm	50 cm	100 cm	50 cm	100 cm
α (1/cm)	0.0038	0.0059	0.0045	0.009	0.0013	0.0027
n (-)	1.3918	13,679	1.3657	1.3631	1.5411	1.4289
K_0 (cm/d)	1.0433	1.6626	1.2226	2.758	0.4576	0.766
L (-)	0.5132	0.1524	0.3679	-0.2248	1.0859	0.7468

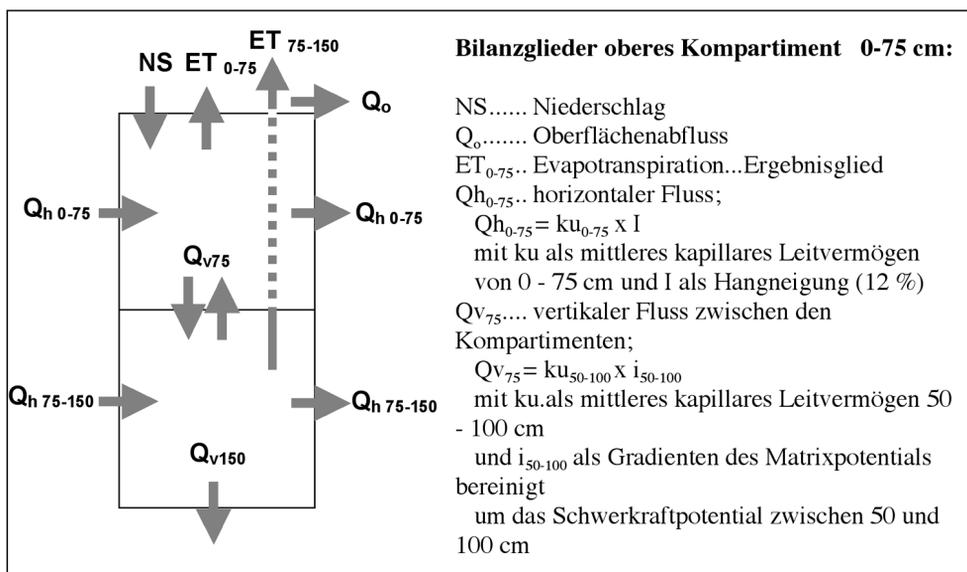


Abbildung 1:

Bilanzmodell für die drei Standorte Hangbeginn, Hangmitte, Hangfuß (für den Hangbeginn wurden die horizontalen Zuflüsse mit Null angesetzt)

3. Ergebnisse

In den Abbildungen 2a und 2b sind die zeitlichen Verläufe der Wasserspannung an den drei untersuchten Hangpositionen für beide Tiefen grafisch dargestellt. Die Werte für die Tiefe 50 cm (Abb. 2a) unterliegen stärkeren Schwankungen infolge Niederschlag und Verdunstung als jene in 100 cm Tiefe (Abb. 2b). Am Hangfuß wurden in

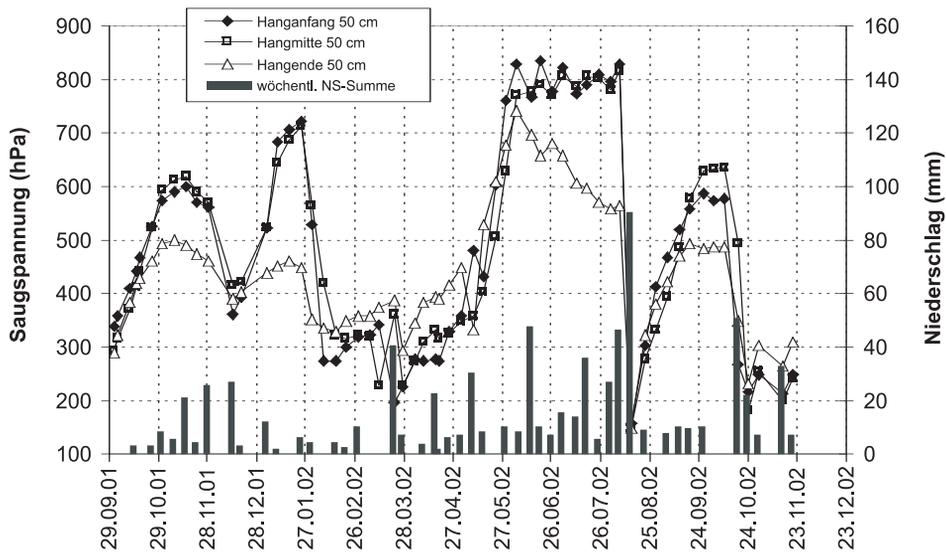
100 cm Tiefe stets geringere Saugspannungen gemessen als an den anderen Positionen. Auch die Werte in 50 cm Tiefe waren am Hangfuß zumeist am niedrigsten. Abbildung 3 zeigt den Verlauf des mittleren sowie des maximalen und minimalen Bodenwassergehaltes in den drei Profilen. Aus den Abbildungen ist zu erkennen, dass sowohl bei der Wasserspannung als auch beim Wasseranteil zwischen dem Profil am Hangbeginn und in der Hangmitte kaum Unterschiede auftreten. In allen drei Hangprofilen tritt der höchste Wasseranteil in einer Tiefe von rd. 50 cm auf. In den beiden oberen Profilen nimmt er bis in eine Tiefe von etwa 90 cm um rd. 8-10% ab und bleibt dann annähernd konstant. Im Hangfußprofil dagegen bleibt der Wasseranteil unterhalb von 50 cm Tiefe annähernd gleich hoch.

Die zeitlichen Verläufe der Evapotranspiration (ET_c), des Lateralflusses Q_h und der Tiefenperkolation (Q_{V150}) sind für die drei Hangprofile in Abbildung 4 und in Tabelle 3 dargestellt. Bei der Verdunstung wurden sowohl die Anteile aus dem oberen (0-75 cm) und aus dem unteren Bodenkompartment (75-150 cm) getrennt berechnet als auch die gesamte Evapotranspiration aus den beiden Anteilen aufsummiert.

Für die Profile ‚Hangbeginn‘ und ‚Hangmitte‘ ergeben sich über den Untersuchungszeitraum (1.1. – 21.11.2002) Verdunstungswerte von rd. 530 mm (Tab. 3). Betrachtet man nur den Zeitraum mit Pflanzenbestand (Zeitraum Jänner bis Juli) so beträgt die ET_c zwischen 260 und 269 mm. Der Großteil wird davon aus der Bodentiefe 0-75 cm entnommen; bis zum Juni steigt auch der Wasserentzug durch Pflanzenwurzeln aus größerer Tiefe (75-150 cm) an und erreicht im Mai sein Maximum,

Abbildung 2a:

Zeitlicher Verlauf der Wasserspannungen im Boden an den drei Hangpositionen in 50 cm Bodentiefe



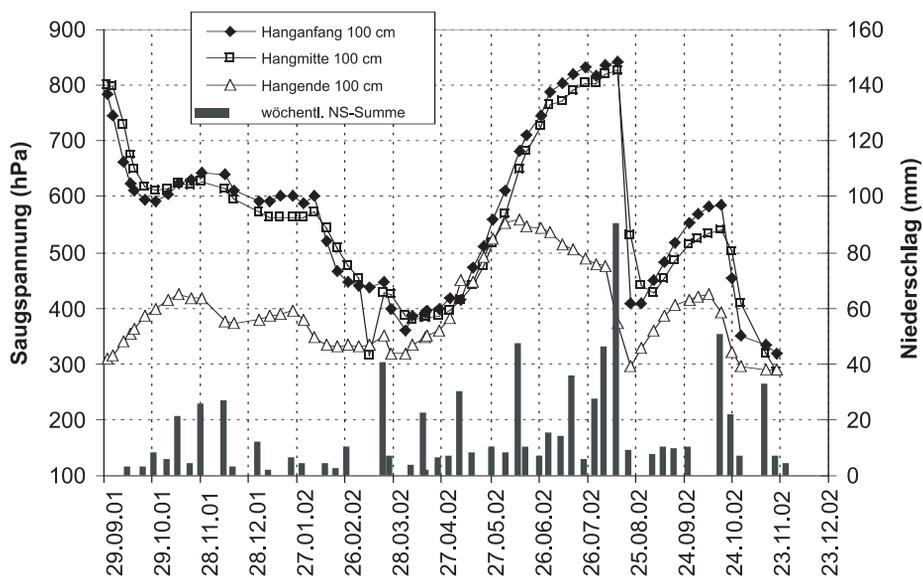


Abbildung 2b:
Zeitlicher Verlauf der Wasserspannungen im Boden an den drei Hangpositionen in 100 cm Bodentiefe

Abbildung 3:
Mediane, Maxima und Minima des Wasseranteiles über die Profiltiefe (0-150 cm) während des Untersuchungszeitraumes

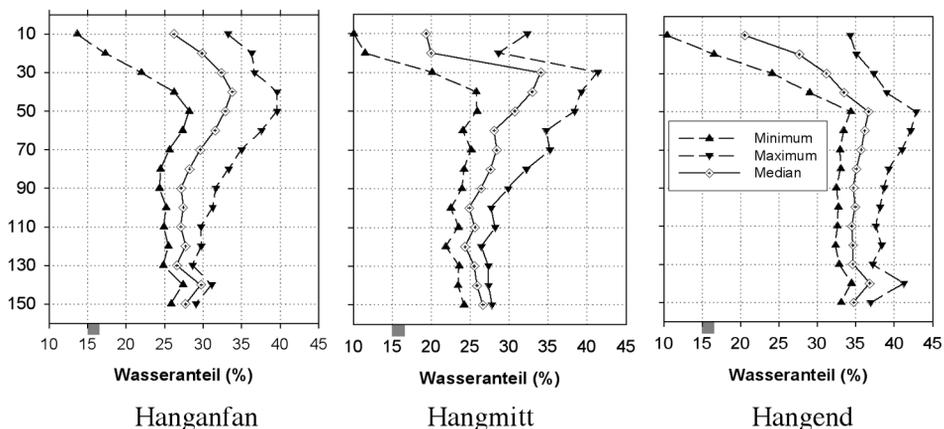


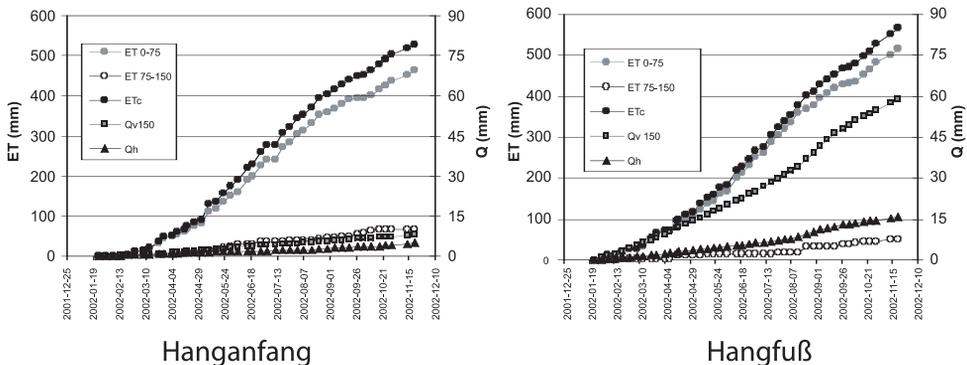
Tabelle 3:

Monatssummen des Niederschlages sowie der Evapotranspiration (ETc), des lateralen Flusses (Qh) und der vertikalen Wasserbewegung (Qv75, Qv150); negative Werte ... Fluß nach oben

Monat	NS	Hangbeginn				Hangmitte				Hangfuß			
		ETc	Qh	Qv 75	Qv 150	ETc	Qh	Qv 75	Qv 150	ETc	Qh	Qv 75	Qv 150
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jän	3.50	0.00	0.03	0.04	0.10	0.00	0.02	-0.04	0.10	0.00	0.17	0.70	0.77
Feb	17.50	13.21	0.35	6.99	0.43	18.57	0.31	3.13	0.50	27.61	0.85	4.50	3.52
Mär	45.60	33.91	0.43	7.13	0.52	41.55	0.36	3.22	0.70	39.48	0.91	2.06	3.81
Apr	28.90	38.63	0.54	8.79	0.79	34.30	0.36	4.83	0.80	45.26	1.26	2.31	4.92
Mai	50.60	89.22	0.45	2.14	1.26	97.40	0.30	2.66	1.28	65.10	1.47	1.45	5.94
Jun	68.20	85.74	0.18	-1.26	0.81	77.37	0.13	-0.99	1.05	68.81	1.17	-12.44	5.19
Jul	66.40	62.18	0.16	0.72	0.67	57.24	0.12	0.34	0.97	76.37	1.28	-7.57	5.64
Aug	183.50	80.01	0.80	25.63	0.93	65.74	0.67	23.26	1.38	88.75	3.29	33.41	9.44
Sep	32.90	45.99	0.54	1.52	1.07	68.32	0.38	2.24	1.59	57.84	2.44	-7.05	9.10
Okt	75.80	54.12	0.63	12.00	0.83	47.64	0.38	2.82	1.26	58.33	1.71	8.91	6.47
Nov	37.30	25.44	0.66	10.25	0.61	24.17	0.46	5.67	0.77	38.32	1.22	8.24	4.12
Σ	610.20	528.45	4.77	73.95	8.01	532.30	3.51	47.14	10.39	565.87	15.78	34.54	58.92

Abbildung 4:

Zeitlicher Verlauf der Evapotranspiration (ETc), des Lateralfusses (Qh) und der Versickerung (Qv150)



wobei dann rd. 15 % des Pflanzenwasserbedarfes aus diesem Tiefenbereich gedeckt werden. Am Hangfuß ergab sich insgesamt eine etwas höhere Evapotranspiration (rd. 565 mm), was auf höhere Wasserspeicherung bzw. bessere Wasserverfügbarkeit während der gesamten Periode zurückzuführen ist.

Vertikale Flüsse zwischen den Kompartimenten (d.h. zwischen den Tiefen 50 cm und 100 cm) waren für die Profile ‚Hangbeginn‘ und ‚Hangmitte‘ bis auf den Monat Juni stets nach unten gerichtet (Tab. 3). Am Hangfuß konnten im Juni, Juli und September nach oben gerichtete vertikale Flüsse ermittelt werden. Der höhere Juni-Wert am Hangfuß ergab sich nicht aufgrund von Unterschieden im Gradienten, sondern aufgrund höherem kapillaren Leitvermögens (Wassergehalt 50-100 cm für Hangmitte ca.

27 %, für Hangfuß ca. 37 %). Im Allgemeinen entsprachen die Flüsse am Hangfuß dem Gradienten, während in Hangmitte und am Hangbeginn das kapillare Leitvermögen bzw. der Wassergehalt ausschlaggebend waren. Die höchsten Flüsse nach unten wurden in allen Profilen für August, den niederschlagsreichsten Monat, ermittelt.

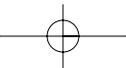
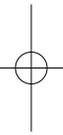
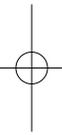
Die Tiefenversickerung (Q_{V150}) betrug von Jänner bis November zwischen 8,0 und 58,9 mm, wobei die oberen beiden Hangprofile wiederum sehr ähnliche Werte aufwiesen und am Hangfuß die Tiefenversickerung und damit die Grundwasseranreicherung deutlich höher war (Tab. 3). Die hangparallelen Abflüsse (Q_h) lagen am Hanganfang und in der Hangmitte nur bei 3,5 bis 4,7 mm, am Hangfuß bei 15,8 mm.

Danksagung

Die vorliegende Studie wurde von der BOKU-Forschungsinitiative 2001 gefördert.

Literatur

- BAUMER, O.W., 1992. Predicting Unsaturated Hydraulic Parameters. In: van Genuchten, M. Th., F.J. Leij, and E.J. Lund (eds.). Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils. Proc. of the Int. Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils, Riverside, California, October 11-13, 1989.
- SCHAAP, M.G., E.J. LEIJ, and M. TH. VAN GENUCHTEN, 2000. Rosetta: a program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. U.S. Salinity Laboratory, Riverside, CA.
- VAN GENUCHTEN, M.TH, 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 892-898.



Bewusstseinsbildung für das Schutzgut Boden – vom Boden unter den Füßen in die Köpfe der Menschen

Renate LEITINGER¹, Friederike STREBL² und
Monika TULIPAN³

¹ Amt der OÖ Landesregierung, Abteilung Umwelt- u. Anlagentechnik

² ARC Seibersdorf Research GmbH, Abteilung Umweltforschung

³ Umweltbundesamt GmbH, Abteilung Terrestrische Ökologie

Zusammenfassung

Bodenbewusstsein umfasst sowohl das Wissen um den Boden, die Einstellung zum Boden als auch den Umgang mit der Ressource Boden. Leider ist die Bedeutung des Bodenschutzes außerhalb von Fachkreisen nur wenig bekannt und im Vergleich zu Wasser oder Luft kaum im Bewusstsein der Gesellschaft. Daher ist Bewusstseinsbildung dringend nötig, da sonst auch die praktische Umsetzung von Bodenschutzzielen schwer möglich ist. Die Gesellschaft wird Ressourcen (Geld, Personal usw.) nur für Dinge zur Verfügung stellen, die ihr wichtig erscheinen.

Einige Bundesländer bzw. Kommunen haben im Rahmen des Beitritts zu bodenrelevanten Abkommen (Bodenschutzprotokolle der Alpenkonvention, Mitgliedschaft beim Bodenbündnis) bereits begonnen, Aktivitäten zur Bodenbewusstseinsbildung zu setzen. Beispiele aus Oberösterreich, Salzburg und einige aktuelle Initiativen wie die nationale Bodenplattform im Internet oder das transnationale Projekt TUSEC-IP werden vorgestellt.

Eine Internet-Recherche zeigt die vielfältigen Möglichkeiten anhand ausgewählter Beispiele auf, die andere Länder anwenden, um den Boden und seine Schutzbedürftigkeit ins Bewusstsein der Gesellschaft zu rücken. Diese können zur Anregung für zukünftige Projekte in Österreich und zur Ableitung genereller Handlungsempfehlungen dienen.

Summary

The concept „soil awareness“ includes the knowledge about soil, the personal attitude to soil, and the practical treatment of soil. Up to now, outside of expert circles soil protection is not yet seen as a topic of prime importance. Therefore, to support the development of soil awareness in our society seems urgently important, especially for empowering the practical implementation of soil protection measures.

Some of Austria's federal countries have joined the Soil and Land Alliance or the Alpine Convention Soil Protection protocol, which includes commitment to enforce regional soil awareness activities. Some examples for current and future projects from Upper Austria, Salzburg and some national activities are described.

Examples from other countries, revealed by an internet recherche, illustrate the wide variety of possible measures to support public soil awareness. This can serve as a source of inspiration to develop further activities in Austria and to derive good practice recommendations for the planning of such projects.

1. Einleitung - Notwendigkeit des Boden-Bewusstseins

Bodenbewusstsein umfasst das Wissen um den Boden, die Einstellung zum Boden und den Umgang mit der Ressource Boden (LAZAR et al., 2003).

Boden ist ein lebendes System mit wichtigen Funktionen und eine knappe Ressource. Wir leben, bauen und erzeugen unsere Lebensmittel darauf, er reinigt unser Trinkwasser und speichert Kohlendioxid sowie Wasser. Die Bedeutung des Bodens für unsere Gesellschaft, die Umwelt und damit die Notwendigkeit von Bodenschutz ist im Vergleich zu Wasser oder Luft, außerhalb der Fachkreise kaum bekannt. Somit ist Bewusstseinsbildung dringend nötig, um der Gesellschaft und Entscheidungsträgern die Bedeutung des Bodens klar zu machen. Sonst ist auch die praktische Umsetzung des Bodenschutzes schwer möglich.

Der Mensch und die Gesellschaft schützen letztlich nur jene Dinge, die als wertvoll und „nützlich“ (im realen oder ideellen Sinn) gelten. Dafür werden finanzielle Mittel und Ressourcen zur Verfügung gestellt. Der Boden sollte für breite Bevölkerungsschichten in jedem Sinne begreifbar, fühlbar, riechbar, erlebbar - eben bewusst werden. Mögliche Ursachen für die schlechte Verankerung der Schutzwürdigkeit des Bodens im öffentlichen Bewusstsein sind:

- Boden ist Privatbesitz und wird gehandelt
- die Komplexität des Systems Boden
- Boden ist nicht sichtbar, riechbar, schmeckbar (Zwei-Dimensionalität – Boden wird in der Regel als Fläche erlebt)
- Boden ist langsam in seiner Reaktion auf Veränderungen und Belastungen
- Boden ist oft einfach nur „Gatsch an den Füßen“...

2. Aktuelle Initiativen in Österreich

Durch die Alpenkonvention, Protokoll Bodenschutz (Artikel 22), besteht für die betroffenen Bundesländer eine Verpflichtung zur Bodenbewusstseinsbildung. Auch das Bodenbündnis europäischer Städte und Gemeinden beinhaltet in seinen Leitsätzen und Maßnahmen die Bewusstseinsbildung. Derzeit sind die Bundesländer Oberösterreich und Niederösterreich Mitglieder im Bodenbündnis.

2.1 Initiativen aus Oberösterreich

In den nächsten Jahren sind in Oberösterreich folgende Aktivitäten vorgesehen:

- mit dem Thema Bodenschutz auch auf die Landeshomepage zu gehen,
- Bodenaktionstage für alle Bevölkerungsgruppen in Gemeinden durchzuführen (Vorerst 4 Gemeinden im Oktober 2004),
- eine Ausbildungsreihe für die Gemeinden anzubieten (UmweltexpertInnen in der

Gemeinde, Boden und Landschaft. 1. Termin Oktober 2004)

- für landwirtschaftliche Schulen einen Bodenworkshop durchzuführen (gemeinsam mit Niederösterreich.).

Um auf das Thema Erosion aufmerksam zu machen wurde ein kurzer Film „Vom Acker in den Bach“, erstellt. Die DVD bzw. das Video mit Begleittext zeigt die Vorgänge bei Erosion und Bodenverdichtung, die Auswirkungen auf Boden und Gewässer sowie einige Maßnahmen.



2.2 Initiativen aus Salzburg

Ziel der Ende 2003 an der Salzburger Landwirtschaftskammer eingerichtete **Bodenschutzberatung** ist die Etablierung des Bodens als Schutzgut sowie die Sensibilisierung der Landwirte für die Thematik Boden. Die Aufgaben umfassen Beratung, Information und Öffentlichkeitsarbeit (Aktionsprogramm 2003 EU-Nitratrichtlinie, Bodenverdichtung, Nachsaatförderung bezüglich Dürre-/Engerlingschäden zur Wiederherstellung einer bodendeckenden Grünlandnarbe, etc.; NEUDORFER, 2004).

2.3 Weitere Initiativen

Ein aktuelles Beispiel aus Österreich ist die **Bodenplattform** im Internet (www.bodeninfo.net, Kooperation Umweltbundesamt & ÖBG), die Inhalte zum Bodenschutz, nationale Ansprechpartner und Informationsquellen zum Thema Boden bereitstellt. Sie fördert Kommunikation zwischen den an Boden Interessierten und Fachleuten ungeachtet räumlicher und zeitlicher Distanz:

- Informationen für die interessierte Öffentlichkeit erleichtern den Einstieg ins Thema Boden (Themenseiten, Linklisten, Ansprechpartner...)
- Bodenfachleute erhalten durch Veranstaltungskalender, Linksammlungen, Newsletter und Diskussionsforen Unterstützung bei ihren Aufgaben

Digitaler Exkursionsführer: Die CD-ROM kombiniert anschaulich Fotos von Bodenprofilen und Landschaftsräumen mit ausführlichen Beschreibungen und Analy-



senwerten. Die CD umfasst die Exkursionen der ÖBG im Rahmen des Kongresses „Bodenschutz in einem vereinten Europa“ (ÖBG & Umweltbundesamt, 2001).

TUSEC-IP: Im Rahmen des transnationalen (Alpenraum) Projektes TUSEC-IP wird ein anwendungsorientiertes, wissenschaftlich fundiertes Bewertungsverfahren für Böden in Stadtregionen entwickelt. Ein weiteres Ziel ist die Erarbeitung von Strategien zur Umsetzung in kommunalen und regionalen Planungsverfahren. Als wichtiger Teilaspekt gilt auch die Sensibilisierung von Entscheidungsträgern für die Schutzbedürftigkeit des Bodens in der Planung. Projektpartner sind die Städte München (Lead Partner), Reutlingen, Maribor und Zürich, die Autonome Provinz Bozen, das Umweltbundesamt Wien, das Magistrat Linz, und die Universitäten Innsbruck, Hohenheim und Turin. (Information unter: www.tusec-ip.org)

3. Internationale Beispiele - Möglichkeiten für die Förderung von Boden-Bewusstseinsbildung

In unseren Nachbarländern (v.a. Deutschland, Schweiz) finden sich bereits zahlreiche, sehr gute Initiativen, um den Boden und seine Bedeutung ins Bewusstsein der Gesellschaft zu rücken. Diese Beispiele können Anregungen für zukünftige Projekte in Österreich sein:

3.1 Ausstellungen

Im Rahmen der Oberländischen Herbstausstellung 2002 in Thun (Schweiz) wurde eine Sonderschau „**Erlebnis Boden**“ organisiert mit dem Ziel, den vorsorgenden Umgang mit Boden in unterschiedlichen Bereichen zu zeigen und Bewusstsein zu schaffen (ANONYMUS 2004a). Gestaltet wurde sie von Praktikern, Firmen/Fachstellen aus Land- und Bauwirtschaft, Kiesabbau, Gartenbau, der Kompostierung und der Umwelt. Die Ausstellung erreichte etwa 80.000 BesucherInnen, sie kann nun als Wanderausstellung gemietet oder gekauft werden. Dafür gibt es eine Vielfalt von Informationsmaterialien (Informationsfahnen, Poster, Bodensäulen, Broschüren, T-Shirts mit dem Ausstellungslogo etc.) die individuell zusammengestellt werden können.

Die Ausstellung illustriert Themengruppen wie „Lebensgrundlage Boden“, „Garten und Hobby“, „Landwirtschaft und Boden“, „Bauen und Boden“ und wird u.a. von Gemeinden genutzt, um auf das Thema aufmerksam zu machen.

3.2 Wanderausstellungen

Beispiel 1) „Der Boden lebt“: 24 Poster und Exponate veranschaulichen die Funktionen des Bodens, besonders Boden als Lebensraum. Dabei wird u.a. die Gefährdung des Lebensraumes Boden aufgezeigt und Ansätze für Maßnahmen vorgestellt. Die Ausstellung richtet sich an ein breites Zielpublikum. Kommunen, öffentliche Einrichtungen, Vereine und Schulen können die Ausstellung kostenlos bei der NUA entleihen. Sie wird dann vor Ort von Fachpersonal aufgebaut. Eine virtuelle Version der Ausstellung und spezielle Angebote für Kinder (Quiz, Boden-Spiel) sind im Internet zugänglich (<http://www.nua.nrw.de/boden/default.htm>).

Beispiel 2) „Regenwurm“: 20 Tafeln und Objekte berichten aus dem Alltag eines Regenwurmes, seiner Leistung für das Ökosystem, der Biologie, Ernährung u.a. (VETTER 2003). Die Ausstellung ist für ein junges Zielpublikum konzipiert. Sie ist seit 1996 in der Schweiz auf Tournee, war aber auch in anderen Ländern, z.B. auf der EXPO 2000 (Osnabrück: Faszination Boden) zu sehen.

3.3 Bodenmuseum

Die „**UnterWelten**“ in Osnabrück (STADT OSNABRÜCK, 2003) bieten eine Entdeckungsreise 1-2 m tiefer als üblich in einer faszinierenden Welt. Der Erlebnispark Boden am Südhang des Schölerberges stellt den Kosmos Boden in einem zwei Hektar großen Landschaftspark in den Mittelpunkt der Wahrnehmung. In der Ausstellung werden die Lebensräume von Bodentieren veranschaulicht und Bodenfunktionen bei verschiedenen Landnutzungstypen erklärt.

Die wichtigsten Stationen (virtueller Rundgang) der Ausstellung und Informationen zum Konzept sind im Internet verfügbar: <http://www.osnabrueck.de/unterwelten/21236.htm>

3.4 Bodenlehrpfade

Einige deutsche Bundesländer haben Bodenlehrpfade eingerichtet. So wurde z.B. in Nordrhein-Westfalen der erste Bodenlehrpfad in der Gemeinde Hürtgenwald errichtet (GEMEINDE HÜRTGENWALD, 2003). Sechs repräsentative Böden wurden von Bodenkundlern ausgewählt und durch Aufgrabungen aufgeschlossen. Der Lehrpfad vermittelt die Bedeutung des Bodens als Lebensraum, Pflanzenstandort, Schadstofffilter, und Produktionsfaktor. Eine Begleitbroschüre enthält bodenkundliche Fachinformationen zu den Exponaten.

Bei der Anlage und dem Betrieb der Lehrpfade sollte eine dem Menschen gerechte Vermittlungsmethode gewählt werden. Für die Planung bedeutet dies, nicht informationsüberfrachtete Tafeln, sondern BodenERLEBNISpfade zu gestalten. Dort können Besucher Boden mit Erlebnis und Spaß und mit allen Sinnen entdecken. (KRÜGER, 2003).

3.5 Spiele

Ein schönes Beispiel für die spielerische Vermittlung von bodenkundlichen Lerninhalten ist das **Bodenquartett**. Die Herausgeber dieses Kartenspiels beschreiben es so:

„...Das Lernspiel vermittelt klar strukturiert die wichtigsten Lerninhalte der Bodenkunde. Die Karten zeigen Abbildungen der verschiedenen Bodentypen, erläutert durch eine kurze Beschreibung. Die Kleine Bodentypologie, ein 48seitiges Begleitheft, enthält eine kurze Charakterisierung der Bodentypen sowie ein Glossar mit den wichtigsten bodenkundlichen Begriffen.

Das Lernspiel eignet sich hervorragend für Ausbildung und Studium aller Fachrichtungen, die bodenkundliche Kenntnisse voraussetzen. Mit diesem Quartett lässt sich das Fach Bodenkunde aber auch im schulischen Bereich (Sekundarstufe II) vermitteln. Boden und Wasser sind eng miteinander verbunden - nur wer den Boden kennt, kann Ansatzpunkte für einen wirksamen Bodenschutz entwickeln und damit auch zum Schutz des Wassers beitragen.“
(VDG, 2003)

4. Empfehlungen und Schlussfolgerungen

4.1 Wichtige Faktoren zur Bewusstseinsbildung

- Miteinbeziehung von Zielgruppen, (z.B. Lehrer als Multiplikatoren)
- anschauliche Aufbereitung der Bodenfunktionen durch Verknüpfung mit Bedürfnissen im Alltag: gesunde Ernährung, sauberes Trinkwasser, Hochwasserschutz, Klimaschutz, Schönheit der Landschaft, Erholung und Gärtnern

4.2 Potentielle Zielgruppen in Österreich

KleingärtnerInnen, Gartenbesitzer, Landwirte, BäuerInnen, Bauwirtschaft, LehrerInnen & SchülerInnen, PolitikerInnen, Bürgerinitiativen, Lebensmittelproduktion...

4.3 Vorschläge zur Umsetzung von boden-bewusstseinsbildenden Maßnahmen

- Ausstellungen und Seminare organisieren
- Gemeinden mobilisieren, z.B. im Rahmen der Aktivitäten zum „Internationalen Tag des Bodens“ (5. Dezember!) oder Bodenaktionstage für alle Gruppen organisieren (nach Schweizer Vorbild, Bodenuntersuchungen für Gartenbesitzer, Basteln und Malen mit Lehm für Kinder, umweltfreundliches Gärtnern, allgemeinverständliche Bodenexkursionen, Bodentiere beobachten usw.)

- bestehende Wanderausstellungen (z.B. Regenwurmausstellung, „Der Boden lebt“) nach Österreich einladen
- Aktionen mit Kleingärtnern (z.B. Bodenuntersuchung und Beurteilung gratis für 1 Tag, Informations-Tag zu bodengerechtem Gärtnern
- Informationstage zu Spezialthemen für Landwirte z.B. Spatenprobe zur Beurteilung der Boden, Krümelstabilitätstest, Erosionsschutz ...
- Informationsveranstaltungen für Gemeinden (Mitarbeiter, Gemeinderäte etc.) z.B. zum Thema Flächenverbrauch
- Kooperationen mit Schulen besonders auch Landwirtschaftliche Fachschulen, z.B. im Rahmen von Projekten, Workshops, Ausstellungen, Exkursionen...
- Öffentlichkeitsarbeit mit Medien – Informationsvermittlung via Internet, Zeitungs-beilagen, Broschüren, Beiträge im Lokalradio
- Einrichten von Bodenlehrpfaden in Österreich
- Ansprechen und Einbinden von Meinungsbildnern (Politiker, Lehrer, Bürgerinitiativen)

Literatur

- AMT DER OÖ. LANDESREGIERUNG, AUFGABENGRUPPE GEWÄSSERSCHUTZ (Herausgeber) (2003): DVD „Vom Acker in den Bach“ Bodeneintrag und Nährstoffauswaschung in Fließgewässern.
- ANONYMUS (2004a): „Erlebnis Boden“ ist eine nationale Aktion für den Boden mit einer umfassenden Wanderausstellung. (Initiatoren: BM für Umwelt, Wald und Landschaft, BM für Landwirtschaft, BM für Gesundheit, Migros Kulturprozent, Kantonen, Gemeinden und Verbänden der Schweiz), <http://www.erlebnisdoden.ch> (letzter Zugriff: 24.04.2004)
- GEMEINDE HYRTGENWALD (2003): BODENLEHRPFAD machen den Boden erlebbar! Erster Bodenlehrpfad in Nordrhein-Westfalen. Internet-Quelle: <http://www.huertgenwald.de/bodenlehrpfad.html> (letzter Zugriff: 04.05.2004)
- KRÜGER K. (2003) Bodenlehr- und -erlebnispfade – Möglichkeiten und Grenzen ihres Einsatzes. in: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg): Unter den Füßen aus dem Sinn. Umwelt und Geologie, Böden und Bodenschutz in Hessen, Heft 5, p. 43-48. online verfügbar: <http://www.hlug.de/medien/boden/publikationen/g5/heft5.pdf> (letzter Zugriff: 04.05.2004)
- LAZAR, S., HUCK, S., MIEHLICH, G. (2003): Initiativen zum Bodenbewusstsein. Zeitschrift Bodenschutz 2, 2003, S. 36.
- NEUDORFER E. (2004): persönliche Mitteilung. Kontakt: DI Elisabeth Neudorfer, Landwirtschaftskammer Salzburg, Schwarzstr. 19, 5024 Salzburg, Tel: 0662/870571-245, Email: elisabeth.neudorfer@lk-salzburg.at
- NUA (2000) Ausstellung „Der Boden lebt“: Umweltschutz-Akademie NRW (NUA), Postfach101051, 45610 Recklinghausen, Internetquelle: <http://www.nua.nrw.de/boden/default.htm> (letzter Zugriff: 04.05.2004)
- ÖBG und Umweltbundesamt (2001): Digitaler Exkursionsführer zum bodenkundlichen Kongress der Deutschen und der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft Wien 2001. Vertrieb: Umweltbundesamt (www.umweltbundesamt.at).

- ÖBG (2001) (Herausgeber): Exkursionsführer zum bodenkundlichen Kongress der Deutschen und der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft Wien 2001. Mitteilungen der Österr. Bodenkundlichen Gesellschaft, Heft 63, 321 pp.
- STADT OSNABRÜCK (2003): Bodenmuseum Unter-Welten in Osnabrück: <http://www.osnabrueck.de/unterwelten/> (letzter Zugriff: 03.05.2004)
- VDG (2003) (Verein Deutscher Gewässerschutz e.V.) Bodenquartett. Internetquelle: <http://www.vdg-online.de/shop/pd1864678801.htm?categoryId=0> (letzter Zugriff: 04.05.2004)
- VETTER F. (2003): Regenwurm-Ausstellung: Konzipiert und erstellt vom Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid und dem Grafikatelier Ruth Schürmann im Auftrag und unter Mitwirkung des Natur-Museums Luzern. Internetquelle: <http://www.regenwurm.ch> (letzter Zugriff: 04.05.2004)

Impacts of Gaps on Humus Forms in Dinaric Silver Fir-Beech Forest (Omphalodo-Fagetum) and Soil Solution Quality

MIHEJ URBANCIC, PRIMOZ SIMONCIC and
MATJAZ CATER

Slovenian Forestry Institute, Vecna pot 2, Ljubljana, Slovenia

Abstract

In a sustainably managed forest of Dinaric silver fir-beech and in a virgin forest remnant in south eastern Slovenia humus forms were studied on transects throughout gaps using soil solution measurements. Folic Histosols, Lithic, Eutric and Rendzic Leptosols, Eutric Cambisols and Haplic Luvisols were found in the virgin forest and newly formed gaps of the managed forest. In comparison with identical soil units under the slightly open to closed canopy, soils of the open area in the managed forest had noticeably thinner surface organic layers and greater shares of humus forms with faster decomposition rates. The soil solution was sampled on identical locations as humus studies, 40 cm below soil surface, during the vegetation periods in the years 2001 and 2002. The highest NO_3 concentrations in soil solutions were found on the open area subplots ($\text{max}_{\text{managed forest}} = 189,7 \text{ mg/l}$; $\text{max}_{\text{virgin forest}} = 39,3 \text{ mg/l}$) in the managed beech forest gaps in the first year when gaps were established in September; after a dry summer period a rewetting process of soils was documented. The differences in the ion concentrations in the soil solution were larger for subplots in gaps in managed forests than in the virgin forest.

1. Introduction

In a sustainable managed Dinaric silver fir-beech forest and in a virgin forest remnant in south eastern Slovenia, forest edge and stand humus forms and soil solution quality were studied on four transects through forest gaps. In the virgin forest and newly formed gaps in the managed forest (winter 2000/2001) and in the surroundings with slightly open to closed canopy soil conditions six soil units were found (Folic Histosols, Lithic, Eutric and Rendzic Leptosols, Eutric Cambisols and Haplic Luvisols (FAO 1989, WRB 1998)) on limestone. The soil solution was sampled 40 cm below the soil surface with ceramic suction lysimeters on 24 subplots during the vegetation periods in the years 2001 and 2002. Subplots were located on transects over the gaps in the managed fir-beech and virgin forest (stand - gap - stand).

2. Methods

Studies were performed in a sustainable managed Dinaric silver fir-beech forest (location Snezna jama) and in a virgin forest remnant (location Rajhenavski Rog) in the south eastern part of Slovenia in years 2001-2002. Two gaps of different sizes were selected in each location with a gap diameter of approx. 20 m and 40 m: in the virgin forest, in already existing gaps and in two newly formed gaps in the managed forest in autumn 2001.

Soil conditions were examined with a gauge soil probe and representative soil profiles were described (FAO, 1989, WRB 1998) with particular attention to the humus types. After the description of 184 soil probes in the virgin stand and 216 soil probes in the managed forest stand in the period 2002/03, soil samples were taken and analysed in the pedological lab and morphological, physical and chemical soil properties were studied.

Only on the limited subplots, 11 in the virgin forest and 13 in the managed forest, soil solutions were also sampled. The soil solution was captured monthly at a 40 cm depth with three ceramic suction lysimeters (0.6 bar) on 24 subplots; the soil solution was

*Table 1:
Site factors ISF, TSF and DSF (calculated from fish-eye-photographs) and crown closure (closed - C, broken - B and open crown closures - O) for subplots for RAJHENAV and SNEJNA JAMA.*

RAJHENAV, virgin forest					SNEJNA JAMA, managed forest				
Small gap	ISF	TSF	DSF	c. closure	Small gap	ISF	TSF	DSF	c. closure
PM-1	16,59	9,87	8,86	C	GM-1	13,06	4,76	3,51	C
PM-2	17,94	12,19	11,32	C	GM-2	31,88	42,81	44,45	O
PM-3	20,57	21,73	21,90	B	GM-3	22,34	44,16	47,43	O
PM-4	17,39	23,30	24,10	B	GM-4	12,93	9,89	9,43	C
Big gap					Big gap				
PV-1	14,00	11,57	11,21	C	GV-1	13,51	10,08	9,65	C
PV-2	22,22	9,58	7,69	B/O	GV-2	32,51	15,18	12,58	C/O
PV-3	19,95	29,24	30,63	O/B	GV-3	56,77	56,96	56,99	O
PV-4	14,93	16,84	17,13	B	GV-4	54,97	67,24	69,08	O
PV-5	17,64	18,97	19,16	B	GV-5	41,72	66,17	69,84	O
PV-6	16,05	18,64	19,03	B	GV-6	16,01	27,01	28,75	B/O
PV-7	15,33	9,12	8,18	C	GV-7	13,39	10,35	9,89	C
					GV-8	43,46	35,66	34,49	O
					GV-9	50,29	51,73	51,94	O

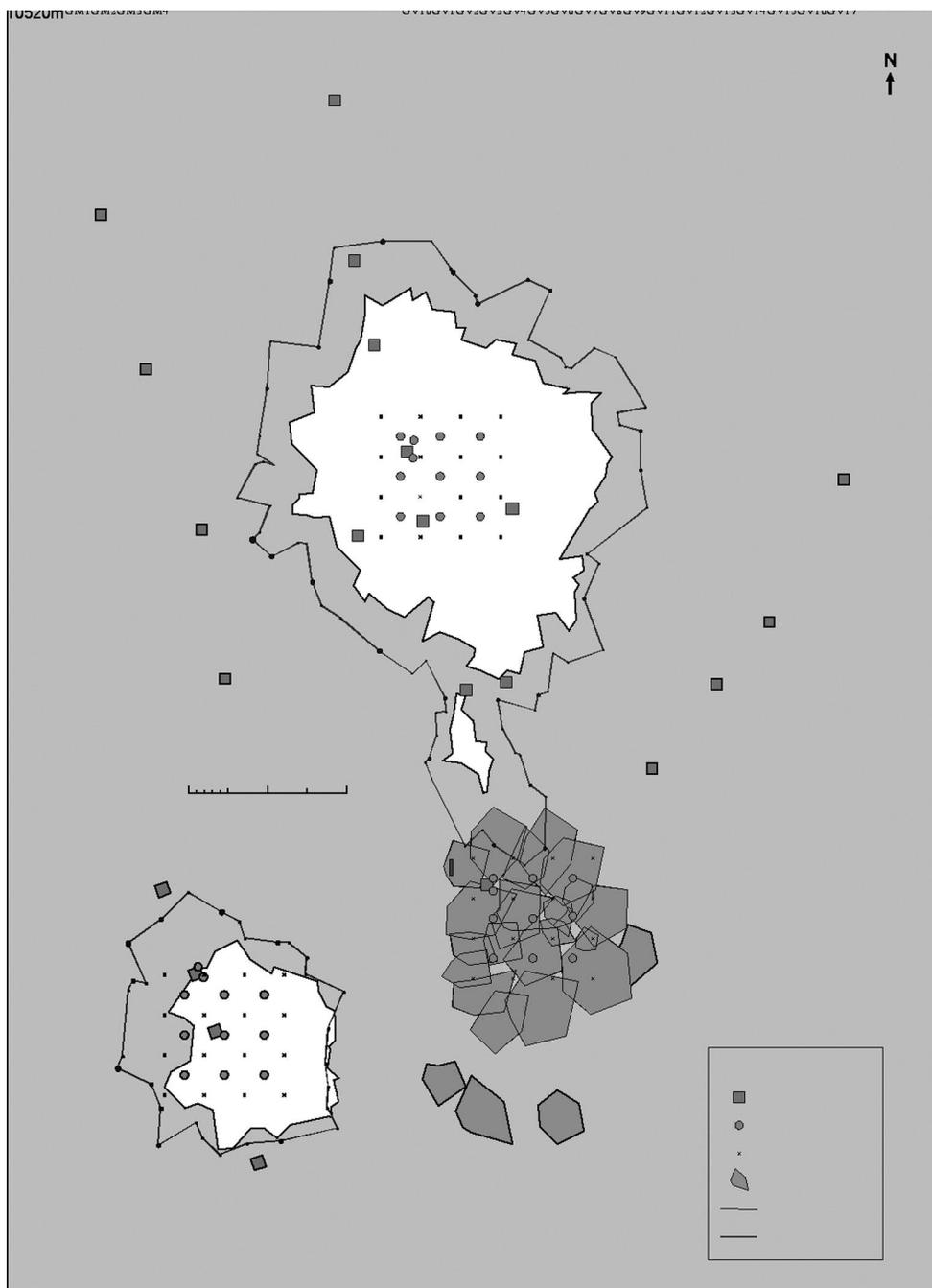


Figure 1:
Design of the plot "SNEĀNA JAMA" (forest edge, subplots situation, setting up of samplers).

mixed from all three lysimeters into one single sample. In the soil solution, samples of pH, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻, NH₄⁺-N, NO₃⁻ and Cl⁻ were determined (IC, AAS).

Light conditions on the subplots have been defined with fish-eye photographs taken systematically on a pre-defined grid and the use of WinScanopy 2003d software. For the defining factor the Indirect Site Factor (ISF) has been used (additional TSF and DSF were calculated), calculated from fish-eye-photographs, describing the percentage of diffuse radiation under a tree canopy in proportion to the diffuse radiation received in open areas. According to the literature, ISF should be interpreted as an integrating parameter for resources depending on stand structure (Regent Instruments Inc., 2003). According to the light conditions and measured light parameters corresponding crowns of trees above gaps have been ranged into three classes: closed (C), broken (B) and open crown closures (O; table 1).

The average thickness of the mineral part of soil M on sampling sites reached 31 cm for Rajhenavski Rog and 28 cm for Snezna jama. The average thickness of the organic part of soil (O) on sampling sites was 4,9 cm on both objects and on the Snezna jama site (open area of studied gaps) from 2 on Eutric Cambisols to 4,5 times (on Lithic Leptosols) smaller than under the closed crown closure of fir-beech stand (table 4).

*Table 2:
Structure and characteristics of the humus forms groups (arranged according to ENGLISCH 2003).*

Group of humus form	Structure of soil horizons	Characteristics
Eumull	L - A _h	A _h ≥ 8 cm
Oligomull	L _n - L _v - F - A _h	L _v > 0,5 cm; F ≥ 0,5 - 2 cm; A _h ≥ 5 cm
Xeromjull	L - F - A _h	Thick organic part of soil, A _h < 5 cm
Moder-like Mull	L - F - (H) - A _h	A discontinuous (H)- horizon is developed
Mull-like Moder	L - F - H - A _h	A _h ≥ 2 cm; F + H < 3 cm
Typical Moder	L - F - H - A	A _{eh} or A _{he} or A _h
Alpenmoder	L - F - H - A _{h,ca} L - F - H/C _{ca}	organic part of soil > 10 cm; H > L + F ; on limestones, dolomites
Charcoal Moder	L - F/C _c - H /C _c - A/C _c	In horizons is admixed charcoal C _c of former pile
Xeromor	L - F - H - A _e	H ≤ 0,1 × (L + F); organic part of soil ≤ 5cm

Table 3:
Number of humus forms regarding to the crown closure for all soil samples for Rajhenav and SNEĀNA JAMA.

Research location	RAJHENAVSKI ROG					SNEĀNA JAMA				
Humus forms ¹	o	b	c	Tot.	%	o	b	c	Tot.	%
Eumull	-	5	9	14	7,6	39	6	12	57	26,4
Oligomull	3	23	52	78	42,4	24	4	48	76	35,2
Xeromull	8	10	28	46	25,0	17	1	11	29	13,4
Moder-like Mull	-	2	4	6	3,3	-	-	-	-	-
Mull-like Moder	2	-	9	9	4,6	1	-	8	9	4,2
Typical Moder	3	4	13	20	10,9	1	1	20	22	10,2
Alpenmoder	-	1	10	11	6,0	-	-	14	14	6,5
Charcoal Moder	-	-	-	-	-	-	-	8	8	3,7
Xeromor	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,5
Total	16	45	123	184	100	82	12	122	216	100
%	8,7	24,5	66,8	100	%	38,0	5,5	56,5	100	%

Legend: ¹ Types of crown closure: **o** = open area; **b** = broken closure; **c** = closed closure

Table 4:
Thickness (cm) of organic (O) and mineral soil layers (M) according to soil units and types of crown closure for all soil samples for RAJHENAV and SNEĀNA JAMA.

location Soil unit	Crown closure	RAJHENAVSKI ROG					SNEĀNA JAMA				
		No.	O	M	O+M	O/M	No.	O	M	O+M	O/M
All soil units	open	16	4,3	24,1	28,4	0,18	82	1,9	33,4	35,3	0,06
All soil units	break	45	3,9	25,4	29,3	0,15	12	2,3	29,3	31,7	0,08
All soil units	close	123	5,3	33,3	38,6	0,16	122	7,2	23,8	31,0	0,30
All soil units	All	184	4,9	30,6	35,5	0,16	216	4,9	27,7	32,6	0,18

Table 5:
LSD-test for thickness of organic soil layers (O) according to types of crown closure for Rendzic Leptosols on the research location SNEĀNA JAMA.

Layer - closure	O - open	O - closed	O - broken
O - open		0,008141*	0,645141
O - closed	0,008141*		0,252556
O - broken	0,645141	0,252556	

Legend:* Marked differences are significant at $p < 0,05000$

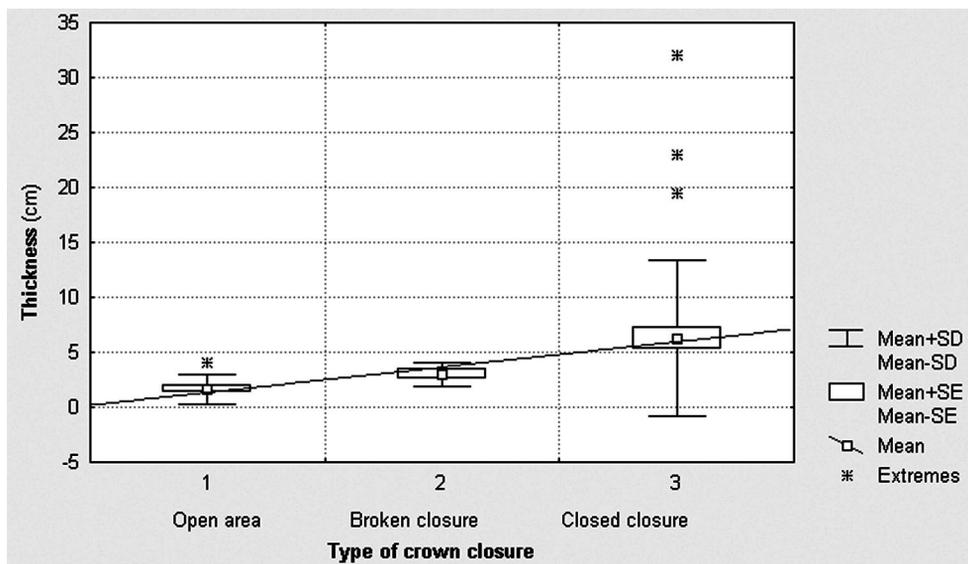


Figure 2:
Thickness of organic soil layers (O) for Rendzic Leptosols according to types of crown closure for all soil samples on SNEĽNA JAMA plot.

Figure 3:
Average monthly NO_3 (mg/l) concentrations in soil solution (40 cm depth) on the SneĽna jama big gap subplots (GV1-GV9, see Figure 1; managed beech-fir forest) for vegetation periods in the 2001 and 2002.

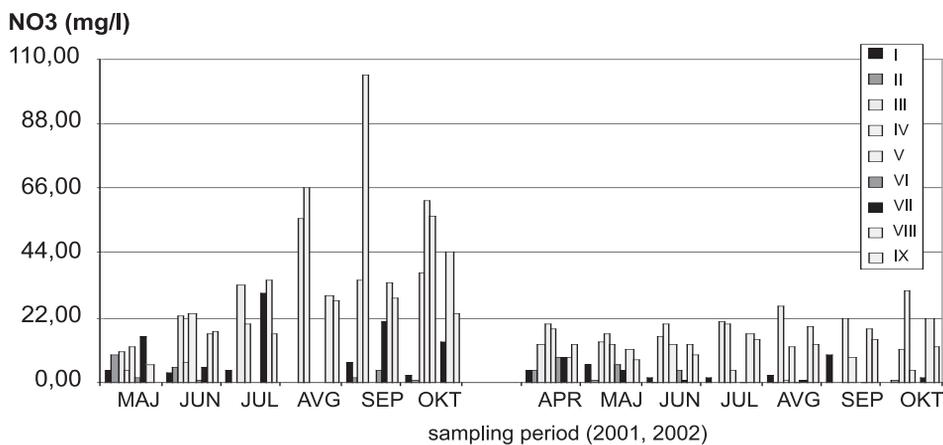


Table 6:
Average, minimum and maximum ion concentrations (mg/l) for soil solution for all subplots for the Rajhenav (virgin forest) and SNEŽNA JAMA (managed beech-fir forests) locations for vegetation periods in the years 2001 and 2002.

		pH	K [mg/l]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	NH₄-N [mg/l]	NO₃ [mg/l]	NO₂ [mg/l]	SO₄ [mg/l]	Cl [mg/l]
MANAGED FOREST SNEŽNA JAMA - BIG GAP ()										
2001	ave	7,84	0,11	35,04	8,78	0,33	22,71	0,26	3,75	1,36
	<i>min-max</i>	5,60-8,59	0,00-0,57	3,38-70,56	1,07-24,67	0,00-4,53	1,32- 104,88	0,00-0,86	1,93-12,70	0,54-5,47
2002	ave	7,71	0,16	35,23	8,02	0,39	9,67	0,04	4,81	0,72
	<i>min-max</i>	6,29-8,27	0,00-1,23	1,48-70,75	0,12-23,26	0,00-12,76	0,00-31,59	0,00-0,93	1,39-8,90	0,15-2,39
VIRGIN FOREST RAJHENAVSKI ROG - BIG GAP										
2001	ave	7,37	0,27	32,32	0,63	0,27	2,21	0,05	4,09	0,91
	<i>min-max</i>	0,76-8,29	0,00-3,76	1,79-66,42	0,23-1,15	0,00-0,92	0,00-12,15	0,00-0,60	2,66-9,65	0,25-2,36
2002	ave	7,14	0,33	37,63	0,68	0,24	6,06	0,01	4,78	0,75
	<i>min-max</i>	5,22-8,26	0,00-4,10	1,69-93,39	0,21-1,45	0,02-0,81	0,32-39,28	0,00-0,35	2,83-14,02	0,12-1,36
MANAGED FOREST SNEŽNA JAMA - SMALL GAP										
2001	ave	8,02	0,42	51,61	8,82	0,75	36,92	0,78	4,89	2,94
	<i>min-max</i>	7,69-8,50	0,00-2,99	22,49-108,3	1,18-36,34	0,00-8,42	0,68-189,71	0,00-7,45	2,74-11,49	1,04-10,97
2002	ave	7,80	0,13	44,04	6,78	0,26	12,67	0,04	5,71	0,66
	<i>min-max</i>	7,13-8,33	0,01-0,74	24,33-72,18	1,16-20,37	0,07-0,73	0,23-37,47	0,00-0,46	3,71-7,98	0,18-1,22
VIRGIN FOREST RAJHENAVSKI ROG - SMALL GAP										
2001	ave	7,99	0,14	63,29	1,12	0,39	9,26	0,24	5,25	1,76
	<i>min-max</i>	6,77-8,42	0,02-0,54	16,08-101,8	0,35-2,02	0,06-1,15	0,00-30,75	0,00-0,64	2,12-7,33	0,44-11,58
2002	ave	7,75	0,22	65,90	1,10	0,35	8,83	0,00	6,42	0,75
	<i>min-max</i>	6,14-8,29	0,03-1,01	1,43-109,80	0,23-1,95	0,05-0,90	1,71-33,40	0,00	2,08-10,78	0,29-1,89

3.2 Soil solution properties

Ion concentrations of the soil solution sampled at 24 subplots on the four gap transects in the virgin and in the managed beech-fir forest were higher in the year 2001, which had lower precipitation than in the year 2002. Average concentrations of NO₃, NO₂ and Cl for transects were lower (NO₃: 22,71_ 9,67 mg/l) in the managed forest in the second year after formation of bigger (Ø≈40m) and smaller (Ø≈20m) gaps (Table 6).

In Figure 3 NO₃ concentrations are presented for subplots (9) at the bigger gap in the Snezna Jama managed forest. Lighter bars indicate subplots with open crown closure, grey ones with broken and black with closed crown closure. The peak of nitrate concen-

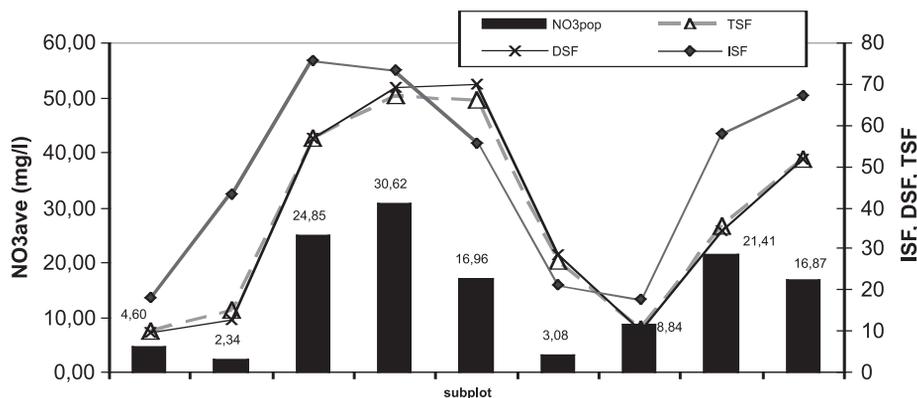


Figure 4:

Average monthly NO_3 (mg/l) concentrations in soil solution (40 cm depth) on Snežna jama big gap subplots (I-IX) for vegetation periods in the 2001 and 2002 and the site factors calculated from fish-eye-photographs (ISF, TSF and DSF).

tration appeared in second half of the year after rainless period, after the formation of the gap. For the second year we could not confirm differences between months, but only differences in NO_3 concentrations between open and closed crown closures.

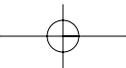
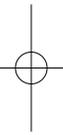
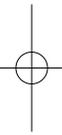
4. Conclusions

Soil conditions of the researched fir-beech forests are heterogeneous. Six soil units and nine groups of humus forms were determined. In the gaps of the managed forest, made by clear cutting in the winter 2000/01, thickness of organic horizons for identical soil units was, as a rule, smaller and shares of humus form groups with faster decomposition (as eumull, xeromull) greater than in the stand with close crown closure. In the gaps of natural origin and succession with rich scrub layer and broken crown closure in the virgin forest such differences were not noticed.

NO_3 soil solution concentrations indicate intensive processes of mineralization and leaching, especially on subplots situated on areas with open crown closure on the same subplots where thinner humus layers and typical forms occur. In the first year after gap formation a longer dry period was followed by a rewetting process in September 2001, which caused high peaks of nitrate in the soil solution. The NO_3 concentrations and ISF, TSF and DSF site factors (figure 4) indicated link-up of light conditions, humus properties, nitrate concentrations and mineralization process. The differences of the ion concentrations between subplots in the gaps in managed and Rajhenav virgin forest also indicated higher buffer capacity of silver fir-beech virgin forest remnant as managed forest on comparable sites.

Literature

- BRUNNER, A., 1999. Hemispherical photography and image analysis with hemI
MAGE and Adobe® Photoshop®. <http://omnibus.uni-freiburg.de/~brunnera>.
- ENGLISCH, M., 2002: Manual for assessment of biometric data, soil sampling, site and soil description.
Project SUSTMAN - introduction of broadleaf species for sustainable forest management. 5th
framework programme Quality of life and management of living resources. Department of Forest
Ecology, BFW, Vienna, 46 p.
- FAO, 1989: FAO/UNESCO Soil Map of the World. Revised Legend. World Resources Report 60, FAO
Rome. Reprinted as Technical Paper 20, ISRIC, Wageningen.
- FAO, 1990: Guidelines for Soil Description (3rd Edition, revised), 70 p.
- Regent Instruments Inc., 2003: WinScanopy 2003d for canopy analysis, manual, 102 p.



Die Österreichische Bodenschätzung

Josef WAGNER

Bundesministerium für Finanzen, Bodenschätzung, A – 1015 Wien

Aufgaben und Zweck der Bodenschätzung

In den letzten Jahrzehnten hat die österreichische Finanzbodenschätzung in Vollziehung des Bodenschätzungsgesetzes 1970 (BGBl. Nr. 233/1970 igF) die landwirtschaftliche Nutzfläche Österreichs (ohne Alpflächen) zur Schaffung objektiver Bewertungsgrundlagen einer Schätzung unterzogen und hiebei Abermillionen von Daten erhoben (PEHAMBERGER, 2004).

Die Bodenschätzung umfasst die feldbodenkundliche Untersuchung des Bodens auf seine Beschaffenheit und die Darstellung der Bodenverhältnisse in Schätzungskarten und Schätzungsbüchern sowie die Feststellung der Ertragsfähigkeit auf Grund der natürlichen Ertragsbedingungen, das sind Bodenbeschaffenheit, Geländegestaltung, klimatische Verhältnisse und Wasserverhältnisse. Die Ergebnisse der Bodenschätzung stellen die einzige flächendeckende Darstellung und Beschreibung der natürlichen Ertragsverhältnisse der landwirtschaftlichen Böden Österreichs im Katastermaßstab dar. Im Rahmen des Bodenschätzungsverfahrens werden somit Boden-, Klima- und Geländedaten, Daten über Wasserverhältnisse und Besonderheiten sowie graphische Daten erhoben; weiters wird eine Einschätzung der Ertragsfähigkeit mittels Verhältniszahlen zwischen 1 und 100 vorgenommen.

Die Bodenschätzung bedient sich dabei teilweise spezieller Abkürzungen und Fachausdrücke. Eine umfassende Darstellung derselben sowie die Beschreibung des Systems der Bodenschätzung (WAGNER, 2001) findet sich im Band 62 dieser ÖBG-Publikationsreihe.

Posterdarstellungen: Aufgaben der Bodenschätzung, Erläuterungen über Bodenarten und Texturdreieck, Entstehungsarten, Wasserstufen, Bodentypen

Verwendung von Bodenschätzungsdaten

Die Ergebnisse der amtlichen Bodenschätzung enthalten neben den steuerlich relevanten Daten auch umfangreiche, feldbodenkundliche Basisinformationen über die landwirtschaftlich genutzten Böden Österreichs.

Die analogen Ergebnisse der Bodenschätzung dienen daher zunehmend als Informationsquelle oder als Grundlage in Bodenreformverfahren, in Fragen des Umwelt-, Boden- und Grundwasserschutzes, für wissenschaftliche Arbeiten, für Zwecke einer standortsangepassten Bodenbewirtschaftung, für diverse landwirtschaftliche Förderungen (zB neuer Berghöfekataster) uam.

Die Bodenschätzungsergebnisse sind einer periodischen Überprüfung zu unterziehen.

Bundesweit liegen für etwa 68% der landwirtschaftlichen Flächen Schätzungen nach 1974 vor (Überprüfungsschätzungen). Die übrigen Schätzungsergebnisse stammen aus dem Zeitraum 1950 bis 1973 (Erstschätzung). Dieser Umstand ist bei der Verwendung derartiger Karten für nichtsteuerliche Zwecke zu beachten, da die Schätzungsergebnisse die Boden- und Nutzungsverhältnisse im Aufnahmejahr beinhalten.

Digitale Bodenschätzungsergebnisse

Derzeit werden gemeinsam mit dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen und den Vermessungsämtern die Bodenschätzungsergebnisse digital erfasst. Der Erfassungsgrad beträgt bundesweit ca. 25%. Eine Abgabe dieser Datenbestände ist zurzeit nicht vorgesehen. Es sind jedoch standardisierte Web-Services und spezifische ASP-Lösungen geplant.

Posterdarstellung: Ausschnitt einer digital erstellten Schätzungsreinkarte aus dem Waldviertel.

Auswertungen von Bodenschätzungskarten/-ergebnissen für nichtsteuerliche Zwecke

Posterdarstellungen:

Auswertung nach Wertzahlenspannen

Diese Auswertung ermöglicht ua die „grundstücksscharfe“ Darstellung von landwirtschaftlich wertvollen Flächen. Die Erhaltung derartiger Flächen ist grundsätzlich in den Raumordnungsgesetzen der Länder vorgesehen.

Auswertung nach Wasserstufen im Grünland

Diese Auswertung ermöglicht eine gezielte Unterstützung von Vegetationskartierungen, da die Wasserstufen auch die vorherrschende Grünlandvegetation charakterisieren: zB zur Feststellung wertvoller Feucht- und Nasswiesen - Wasserstufe 4. Diese Wasserstufe

charakterisiert sehr feuchte Grünlandlagen mit beginnender stauer Nässe und überwiegendem Bestand an Sauergräsern, zB Quellstellen, Kleinseggenmoore. Zeigerpflanzen für Wasserstufe 4 sind: Kleinseggen, Sumpf-Dotterblume (auch 3), Wollgräser, Sumpfdistel (auch 3), Waldsimse, Binsen ua.

Zusammenführung von Bodenkartierungskarte und Bodenschätzungskarte

Im Rahmen seiner Dissertation hat JABOREK (2003) die Grundlagen zum Aufbau einer Standort-Güte-Karte für den österreichischen Weinbau untersucht und für die Pilotgemeinde -Katastralgemeinde Retz-Altstadt - eine sogenannte „Integrierte Bodenkarte“ (IBK) mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) erstellt. In der IBK wurden die überprüften Bodenschätzungsergebnisse und die Bodenkartierungsergebnisse auf Basis einer Expertenzuweisung zusammengeführt. Die Kombination beider Aufnahmesysteme ergab eine umfassende lagegenaue bodenkundliche Information über die weinbaulich genutzten Flächen im untersuchten Pilotgebiet.

Literatur

- JABOREK, Ch. (2003): Grundlagen zum Aufbau einer Standort-Güte-Karte für den österreichischen Weinbau. Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien.
- KNEES, G., PEHAMBERGER, A. et al.: Posterdarstellungen - Erläuterungen der Aufgaben der Bodenschätzung, Bodenarten und Texturdreieck, Entstehungsarten, Wasserstufen, Bodentypen. nicht veröffentlicht.
- PEHAMBERGER, A. (2004): Die Österreichische Bodenschätzung. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., H. 71, Wien.
- WAGNER, J. (2001): Bodenschätzung in Österreich. Bodenkundl. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., H. 62, Wien.

Original-Artikel und Bericht

Auswirkungen von Bewirtschaftungsänderungen auf die Blaikenbildung im Gebirge

Erich TASSER¹, Mirijam MADER² und Ulrike TAPPEINER^{1,2}

¹ Europäische Akademie Bozen, Drususallee 1, I-39100 Bozen

² Institut für Botanik der Universität Innsbruck, Sternwartestr. 15, A-6020 Innsbruck

Zusammenfassung

Translationsbodenrutschungen, allgemein unter dem Begriff „Blaiken“ zusammengefasst, werden wie alle Erosionsformen von einem Ursachenkomplex ausgelöst. Neben der Geologie, der Geländemorphologie, dem Klima und dem Wasserhaushalt trägt in der alpinen Kulturlandschaft die Bewirtschaftung dazu bei, die Veränderungen in der Geomorphologie, der Vegetation und im Boden mit sich bringt. Im Rahmen des EU-Projektes INTEGRALP (INTERREG II) wurden die Auswirkungen von Bewirtschaftungsänderungen auf das Erosionsrisiko in den subalpin-alpinen Untersuchungsgebieten Passeiertal (Südtirol, Italien) und Stubaital (Nordtirol, Österreich) untersucht. Für die Bestimmung der Zusammenhänge wurden in erosionsgefährdeten und nicht erosionsgefährdeten Bereichen 42 mögliche Einflussgrößen erhoben. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Verfahren der logistischen Regression.

Für das Entstehen von Translationsbodenrutschungen ist nach den Ergebnissen dieser Arbeit neben der Exposition, der Hangneigung und der Bodenmächtigkeit hauptsächlich die Bewirtschaftung ausschlaggebend. Extensiv genutzte Mähwiesen wie auch Weideflächen sind deutlich weniger erosionsgefährdet als Brachflächen. Ursache für eine Veränderung der Erosionsanfälligkeit sind jedoch nicht die Nutzungsaktivitäten an sich, sondern vielmehr die damit direkt oder indirekt verbundenen Vegetations- bzw. Bodenveränderungen.

Abstract

Landslides in top soils, locally known as „Blaiken“, are, like all erosion forms, caused by a set of factors, which determines the effect of such slides to a great extent. Apart from geology, land morphology, climate and water regime, the geomorphological changes in connection with land-use, as well as vegetation and soil changes mainly influence landslides in alpine cultural landscapes. Within the framework of the EU project INTEGRALP (INTERREG II), the modification of the risk of erosion due to land-use changes in subalpine-alpine study sites in the Passeier Valley (Southern Tyrol, Italy) and Stubai Valley (Northern Tyrol, Austria) was investigated. For the determination of connections a total of 42 possible impact factors were analysed in erodable and also in non-erodable areas. The statistical evaluation of these data was carried out via logistical regression.

The results showed that apart from exposition, slope inclination and soil depth, land-use is mainly decisive for landslides in top soils. Lightly used hay meadows as well as pastures are significantly less erodable than abandoned areas. However, not the land-use activities as such lead to changes of erosion risks, but much more the directly or indirectly connected vegetation and soil changes.

1. Einleitung und Problemstellung

In der Berglandwirtschaft sind die letzten Jahrzehnte gekennzeichnet durch starke Bewirtschaftungsänderungen (BÄTZING 1996, TAPPEINER et al. 2003). Im Bereich der Almflächen brachte die Strukturänderung häufig eine Extensivierung der Nutzung bzw. sogar eine Brachlegung mit sich. Gerade die Bewirtschaftungsänderungen im subalpin-alpinen Bereich führen zu einer ganzen Reihe von ökologischen Folgeerscheinungen. Bekannt sind zum einen Auswirkungen vor Ort, wie z. B. auf die Vegetationszusammensetzung, den Boden und Bodenwasserhaushalt, die Produktivität, aber auch auf das Mikroklima (CERNUSCA et al. 1999). Zum anderen gibt es Aspekte mit regionalem Charakter, die sich auch ökonomisch auswirken, so z. B. die Verringerung der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche, der Verlust von jahrhundertealten Kulturlandschaften und die Veränderung des typischen alpinen Landschaftsbildes (BÄTZING 1996) oder die Verringerung des nutzbaren Wasservorrates (KÖRNER et al. 1989). Daneben sind auch Auswirkungen auf das Erosionspotential bekannt (SCHAUER 1975, RICKLI et al. 2001). Eine Erhöhung der Erosionsbereitschaft kann neben lokalen, ökologischen Effekten auch sozio-ökonomische und politische Folgen mit sich bringen, da sich das Gefahrenpotential auf darunter liegende Siedlungen im Tal erhöhen kann (FRANZ 1979, STAHR und DOMMERMUTH 1993).

Der Ursachenkomplex, der zu einer Veränderung des Risikopotentials führt, ist sehr vielschichtig (MITCHELL 1990, BUNZA et al. 1996). Dazu zählen großräumige Geofaktoren wie Geologie, Tektonik und Makroklima. Diese Faktoren spielen meist für kleinere Erosionsformen, etwa Translationsbodenrutschungen, nur eine untergeordnete Rolle. Das Mikroklima, die Topographie und der Bodenwasserhaushalt als kleinskalige Geofaktoren sind weitere Einflussgrößen (BUNZA et al. 1996, ANDRECS et al. 2002). Weiters hängt das Erosionsrisiko entscheidend von den Biofaktoren Vegetation und Boden ab. Beide werden ursprünglich von den Standortfaktoren (z.B. Geologie und Klima) aber auch durch die anthropogene Nutzung beeinflusst. So wirkt sich besonders die landwirtschaftliche Nutzung gravierend auf die Vegetationszusammensetzung aus (TASSER und TAPPEINER 2002). Die Modifikation der Vegetation führt in der Folge zu Veränderungen in der Durchwurzelung (JACKSON et al. 1997, TASSER 2000) und im Boden (REID et al. 1990, GAMPER und TASSER 2002, RICKLI und BUCHER 2003). Gerade die bodenchemischen und bodenphysikalischen Veränderungen (z.B. Lagerungsdichte, Korngrößenverteilung, Aggregatstabilität, organischer Substanzgehalt) bewirken auch Veränderungen im Bodenwasserhaushalt (z.B. Infiltration, Wasserleitfähigkeit, Oberflächenabfluss) (DIETL 1998). All diese Abwandlungen führen schlussendlich zu einer Veränderung der Bodenstabilität und des Erosionspotentials (SUMMER 1989). Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Auswirkungen der Bewirtschaftungsänderung auf einen besonderen Typ von Erosionsereignissen, die Translationsbodenrutschungen (häufig auch als „Blaiken“ bezeichnet), untersucht. Den Untersuchungen lagen eine Reihe von Hypothesen

zugrunde, welche durch eine angepasste Untersuchungsmethodik verifiziert werden sollten:

- Grundvoraussetzung für das Entstehen von Translationsbodenrutschungen sind bestimmte Standortvoraussetzungen wie z.B. der geologische Untergrund, topographische Bedingungen und der Bodenwasserhaushalt.
- Neben den natürlichen Standortfaktoren spielen der Bewirtschaftungstyp und Bewirtschaftungsintensität eine entscheidende Rolle. Sie führen zu Veränderung im Erosionspotential durch Modifikationen in der Vegetationszusammensetzung und im Bodenaufbau.
- Traditionell bewirtschaftete Bergmäher, also nicht gedüngte, halb- bis einschnittige Mähwiesen, sind am wenigsten erosionsgefährdet. Sowohl Intensivierungsmaßnahmen als auch Extensivierungsmaßnahmen führen zu einer Erhöhung des Erosionsrisikos.

Für die Verifizierung der Hypothesen wurde ein eigenes Verfahren entwickelt, welches auf der Verwendung der schrittweisen logistischen Regression in Kombination mit einem Geographischen Informationssystem beruht. Ähnliche Ansätze finden sich auch bei VAN WESTEN et al. (1997), CARRARA et al. (1999) und FERNÁNDEZ-STEGER und CZURDA (2002). Als Inputdaten fanden sowohl Daten von punktuellen und flächigen Freilanderhebungen, als auch modellierte Daten Eingang.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgegenstand

Bei den untersuchten Erosionsphänomenen handelt es sich um Translationsbodenrutschungen (Abb. 1). Gekennzeichnet ist diese Art von Rutschungen durch ein flächenhaftes Abgleiten des Rutschkörpers auf einer präformierten Gleitfläche, die sich entweder im Boden selbst oder an der Grenzfläche Boden - anstehendes Gestein befindet. Die Gleitflächen verlaufen relativ geradlinig und etwa hangparallel. Der Rutschkörper selbst besteht dabei meist aus einer Boden- Rasen- Scholle. Die in dieser Arbeit untersuchten 66 Translationsbodenrutschungen sind im allgemeinen klein. Die Grundfläche ihres Rutschkörpers hat eine durchschnittliche Größe von 13.2 m², eine Breite von 3.8 m und eine durchschnittliche Länge von 4.6 m. Die Mächtigkeit der abgeglittenen Bodenscholle beträgt 25-32 cm.

2.2 Untersuchungsgebiete

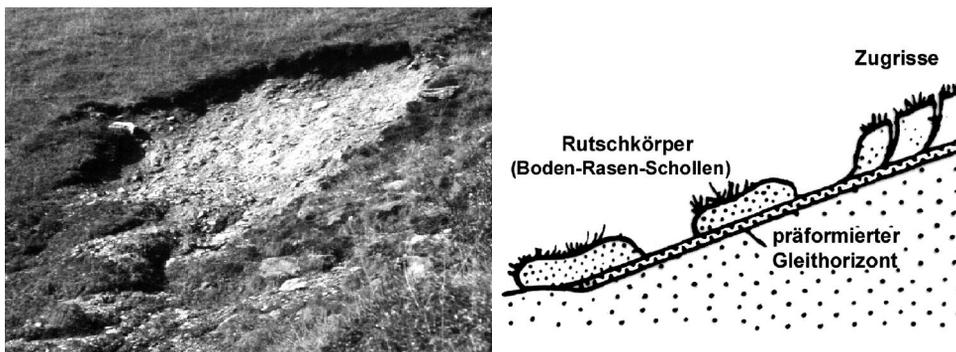
Die Untersuchungen wurden in zwei Projektgebieten durchgeführt, nämlich im Bereich der Kaserstattalm im Stubaital und auf den Waltner Mähdern im Passeiertal.

Beide Gebiete sind – abgesehen vom Schutzwald zwischen den Almflächen und dem Talbereich - durch ihre ehemals flächendeckende landwirtschaftliche Nutzung stark beeinflusst. In den letzten Jahrzehnten wurden jedoch die Nutzung vieler Flächen aufgelassen. Heute liegen verschieden stark genutzte Weiden und Mähwiesen, sowie unterschiedlich lang aufgelassene Flächen in unmittelbarer Nachbarschaft. Durch dieses räumliche Nebeneinander können nun Rückschlüsse auf das zeitliche Nacheinander (indirekte Sukzessionsforschung; DIERSCHKE 1994) gezogen werden. Das Projektgebiet der Kaserstattalm ($11^{\circ}15'$ bis $11^{\circ}20'$ E, $47^{\circ}5'$ bis $47^{\circ}10'$ N) liegt im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital (Nordtirol, Österreich). Es nimmt eine Fläche von 5.1 km² ein und weist größtenteils mittel bis stark geneigte, süd- bis ostexponierte Hänge auf. Die Höhenverbreitung reicht von 980 - 2520 m ü. NN. Der geologische Untergrund besteht aus den Silikatgesteinen der Ötztaler Masse und, darauf aufliegend, den Karbonatgesteinen des Brennermesozoikums. Die Böden auf den silikatischen Gesteinen gehören der Entwicklungsreihe Silikatsyrosem – Ranker – Braunerde – Semipodsol – Podsol an (BITTERLICH 1998). So entwickelten sich auf den Mähwiesen und Weiden der Almfläche, sowie auf und den gemähten Lärchenwiesen eutrophe bis oligotrophe Braunerden. In den brachgelegten Bereichen treten je nach Dauer der Nutzungsauflassung großflächig oligotrophe Braunerden bis stark podsolierte Braunerden auf. Daneben kommen auf lange aufgelassenen, mit Zwergstrauchheide bewachsenen Flächen auch Eisenhumuspodsole vor. Im Wald findet man in tieferen Lagen Braunerden mit Moderauflage. Mit steigender Meereshöhe treten dort auch Eisenpodsole und Eisenhumuspodsole auf. Auf den Karbonatgesteinen des Brennermesozoikums kommen hingegen großflächig Rendzinen und kleinflächig auch carbonathaltige Braunerden vor.

Die Vegetationsverteilung im Untersuchungsgebiet wird stark von der Bewirtschaftung geprägt (TASSER et al. 1999). Auf den intensiv genutzten Mähwiesen (einschnittig, Düngung) treten hauptsächlich Goldhafer- (*Trisetum falvescentis*) und

Abbildung 1:

Schema der Translationsbodenrutschung (verändert nach HUTCHINSON 1968)

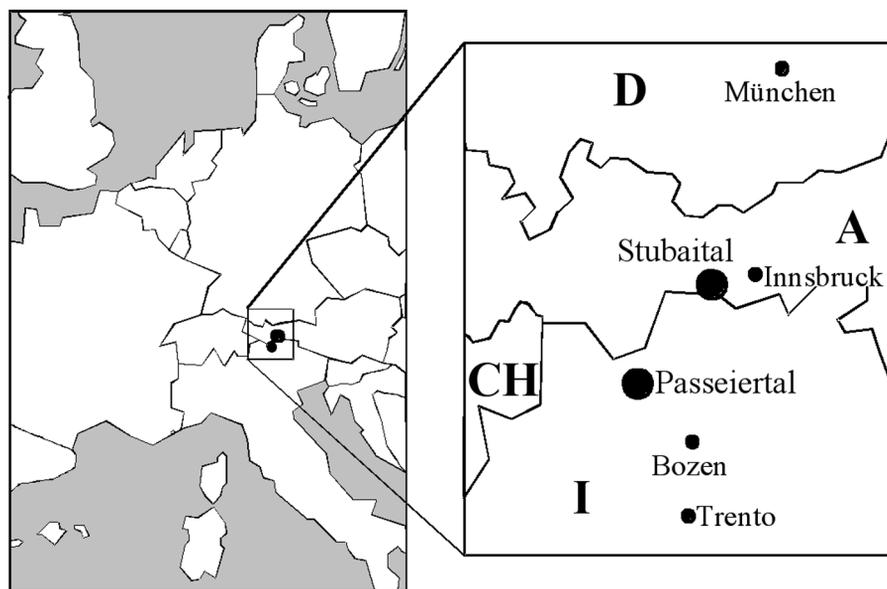


Rotschwengel-Straußgraswiesen (*Festuco-Agrostietum*) auf. Auf den extensiv genutzte Mähwiesen (Mahd alle 1-3 Jahre, keine Düngung) haben sich hauptsächlich Mähnardeten (*Hypochoero-Nardetum*, *Sieversio-Nardetum strictae*) etabliert. Auf den Weideflächen kommen auf den basischen Böden Blaugras-Horstseggenhalden (*Seslerio-Caricetum sempervirentis*) bzw. auf dem silikatischem Untergrund vorwiegend verschiedenen Varianten der Borstgrasrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*) vor. Die Brachflächen werden wiederum je nach geologischem Untergrund von Blaugras-Horstseggenhalden bzw. Borstgrasrasen, sowie von unterschiedlichen Zwergstrauchbeständen (*Junipero-Arctostaphyletum*, *Empetro-Vaccinietum*, *Rhododendretum ferruginei*, *Rhodothamno-Rhododendretum hirsuti*). bedeckt Nach unten hin schließt der subalpine Silikat-Fichtenwald (*Larici-Piceetum*) an.

Die Waltner Mähder ($11^{\circ} 15' - 19' \text{ N}$, $46^{\circ} 49' - 51' \text{ E}$) liegen im Gemeindegebiet von St. Leonhard in Passeiertal (Südtirol, Italien). Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich auf der orographisch rechten Talflanke (Südhang) in einer Höhenlage von 1400 - 2400 m ü. NN und umfasst eine Gesamtgröße von etwa 9 km². Die Böden auf dem durchwegs silikatischen Ausgangsgestein sind durchaus vergleichbar mit den Böden auf silikatischem Ausgangsgestein im Projektgebiet Stubaital. Auf den waldfreien Flächen haben sich Ranker und Braunerden, im Waldbereich hingegen Podsole entwickelt (siehe auch TAPPEINER et al. 1999).

Abbildung 2:

Geographische Lage der für die Untersuchungen herangezogenen Projekt-gebiete im Stubaital (Kaserstattalm) und im Passeiertal (Waltner Mähder).



Auch auf den Waltner Mähdern wird die Vegetationsverteilung maßgeblich von der Bewirtschaftung gesteuert (TASSER und TAPPEINER 2002). Die Vegetation auf den intensiv genutzten Mähwiesen besteht größtenteils aus Rotschwingel-Straußgraswiesen (Festuco-Agrostietum), mäßig genutzten Mähwiesen werden von Ferkelkraut-Borstgraswiesen (Hypochoero-Nardetum) eingenommen. Noch gering genutzte Mähwiesen werden von verstrauchten Ferkelkraut-Borstgraswiesen und von Silikat-Horstseggenhalden (Caricetum sempervirentis) bewachsen. Auf den großflächigen Weidearealen kommen aufgrund des extensiven Weideganges neben den typischen Borstgrasweiden Silikat-Horstseggenhalden, Alpenrosengebüsche (Rhododendretum ferruginei) und weitere kleinflächig verteilte Zwergstrauchbestände und Fettweiden vor. Die Brachflächen werden hauptsächlich von verstrauchten Silikat-Horstseggenhalden, sowie von unterschiedlichen Zwergstrauchbeständen (Junipero-Arcostophyllum, Empetro-Vaccinietum, Rhododendretum ferruginei) bedeckt. Nach unten hin schließt ein subalpiner Silikat-Fichtenwald (Larici-Piceetum) an.

2.3 Methodik

Der methodische Ansatz zur Bestimmung der auslösenden Faktoren für Translationsbodenrutschungen beruht auf der statistischen Auswertung von Freilandmessungen (Abb. 3). Im Rahmen der Freilanduntersuchungen wurden an erodierten und nicht erodierten Bereichen eine Vielzahl von geomorphologischen, bodenkundlichen und vegetationskundlichen Faktoren erhoben. Zusätzlich wurde auch die Bewirtschaftungsart aufgenommen. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Verfahren der logistischen Regression.

Datenerhebung

Der Datenerhebung lag folgende Annahme zugrunde: Der Umkreis von 10 m um eine rezente Translationsbodenrutschung ist derzeit erosionsgefährdet. Die Abgrenzung stützt sich dabei auf Untersuchungen verschiedenster Autoren, welche die Bedingungen in der unmittelbaren Umgebung als Mitauslöser von Rutschungen betrachten (BUNZA et al. 1996, BURTON et al. 1998, RICKLI 2001, RICKLI und BUCHER 2003). Der 10 m Radius ist eher eng gewählt. Damit sollte garantiert werden, dass vorwiegend die tatsächlich erosionsgefährdeten Bedingungen in der unmittelbaren Umgebung erhoben wurden. Alle Flächen außerhalb dieses Radius galten hingegen als nicht erosionsgefährdet und wurden für die Erhebung von Referenzdaten verwendet. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt also auf den Material- und Umwelteigenschaften und weniger auf den meteorologischen Faktoren wie Starkregenereignissen oder Dauerregen. Die Niederschlagsverhältnisse spielen nach Untersuchungen von CAINE und MOOL (1982) nur eine bescheidene Rolle, vor allem dann, wenn – wie in den in dieser Arbeit untersuchten Kleinststeinszugsgebiet – die räumlichen Unterschiede nur gering sind (TASSER et al. 2001).

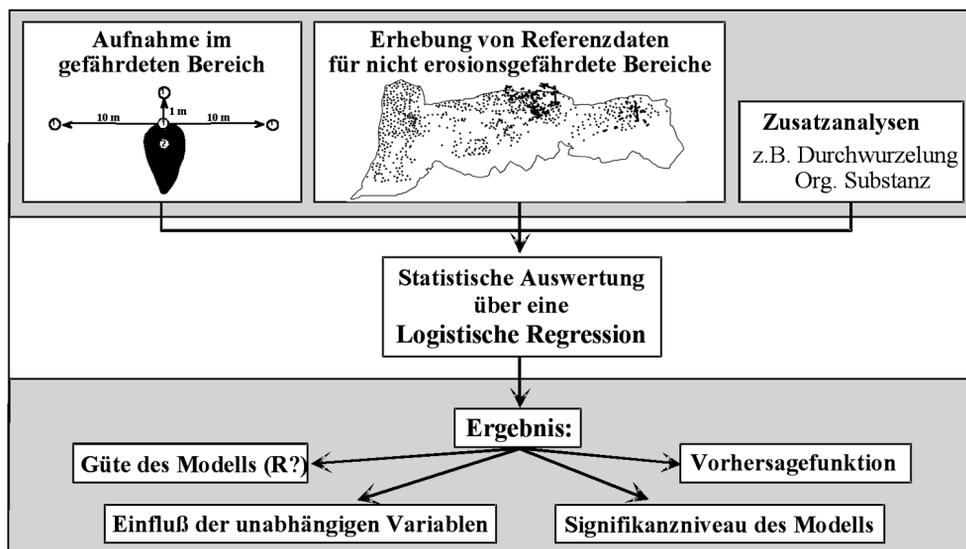


Abbildung 3:
Verfahrensablauf für die Bestimmung der auslösenden Faktoren von Translationsbodenrutschungen.

Die Erhebungen selbst fanden im erosionsgefährdeten Bereich nach einem fix vorgegebenen Muster statt (Abb. 4). Außerhalb desselben wurden die Probepunkte hingegen zufällig im Freiland ausgewählt (Abb. 5). Nur für die Bestimmung spezieller Zusammenhänge, etwa zur Definition der Veränderung der Bodenmächtigkeit mit ansteigender Hangneigung oder zur Bestimmung der Zusammenhänge zwischen Vegetation und Boden, wurden speziell dafür ausgewählte Transekte untersucht (siehe Abb. 5, Mitte, oben).

Erhoben wurden geländemorphologische, bodenkundliche und vegetationskundliche Faktoren mit Hilfe eines eigens dafür ausgearbeiteten Aufnahmeblattes, wobei einige wichtige Beispiele in Tab. 1 angeführt sind (Gesamtauflistung im Anhang). Als erstes wurden in Anlehnung an die deutsche Bodenkundliche Kartieranleitung der AG BODEN (1996) allgemeine Angaben zum Standort aufgenommen (Lage, Meereshöhe, Exposition, Hangneigung, Relief, geologisches Ausgangsmaterial, Bodenwasserverhältnisse). Mit Hilfe eines Pürckhauer Bohrstocks erfolgte anschließend die Erhebung weiterer bodenkundlicher Kenngrößen, wie die Bodenmächtigkeit und die Bodenart. Die bodenkundlichen Beschreibungen berücksichtigten die österreichische Klassifikationen nach der ÖSTERREICHISCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT (1969, 1986) und nach den Empfehlungen von BLUM et al. (1996) zur Bodenzustandsinventur. Danach folgte eine Bestimmung der vorhandenen Vegetation nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) und eine Abschätzung der Prozentanteil der einzelnen Vegeta-

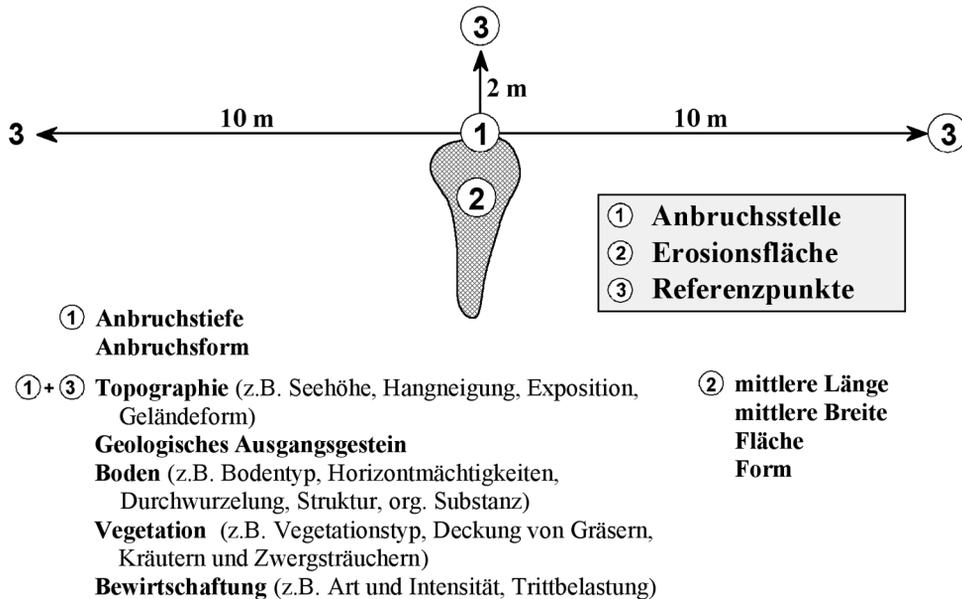


Abbildung 4:

Aufnahmemuster und aufgenommene Faktoren rund um die 66 untersuchten Translationsbodenerosionen.

tionsgesellschaften im direkten Umfeld (Radius = ca. 5 m) der Aufnahmepunkte. Zusätzlich wurden einzelne Bewirtschaftungsfaktoren bestimmt, wobei die Bewirtschaftungsart und -intensität durch Gespräch mit den Grundbesitzern und direkten Beobachtungen im Feld ermittelt wurden (mehr Details dazu bei TAPPEINER et al. 1999 und BITTERLICH 1998). Die Prozentanteil der einzelnen Bewirtschaftungsformen um die Aufnahmepunkte wurde wiederum geschätzt.

An den Aufnahmestellen wurden weiters stichprobenartig Beprobungen für spätere Laboranalysen durchgeführt. So wurden etwa in der mittleren Anbruchstiefe (25-35 cm) Bodenproben zur Bestimmung der organischer Substanz nach der Glühverlustmethode (ÖNORM L 1079, SCHLICHTING et al. 1995) entnommen. Weiters wurde die Durchwurzelung der unterschiedlichen Vegetationsgesellschaften bestimmt. Mit einem Bohrkerngerät (Länge: 1.2 m, Durchmesser: 7.7 cm) wurden dafür Bodenkerne gewonnen, aus denen im Labor schichtweise (O-Horizont, 0-3 cm, 3-8 cm, 8-13 cm, 13-23 cm, 23-38 cm, 38-53 cm, > 53 cm) die Wurzeln nach der Methode von SCHURMAN und GOEDEWAAGEN (1965) extrahiert wurden (mehr Details dazu bei TASSER et al. 2001).

Insgesamt wurden für die bisherigen Analysen 229 Erhebungen im gefährdeten Bereich und 1448 Referenzuntersuchungen durchgeführt. Aus der Grundgesamtheit der Referenzwerte wurde zufällig eine Stichprobenmenge von 229 gezogen, um für die

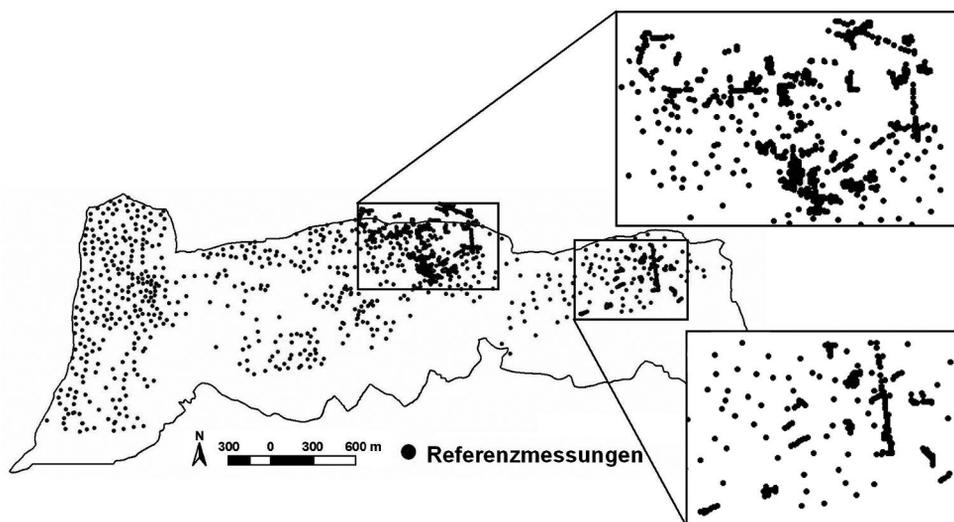


Abbildung 5:

Verteilung der Referenzpunkte im Untersuchungsgebiet Passiertal. Die Auswahl erfolgte im Gelände meist zufällig, nur in einigen wenigen Fällen wurden Transekte untersucht.

Tabelle 1:

Überblick über die aufgenommene und statistisch ausgewertete Faktoren mit Angaben zum Typ (S = Standortfaktor; B = Bewirtschaftungsfaktor) (Gesamtauflistung im Anhang)

Faktorengruppe	Anzahl	Typ	Wichtige Beispiele
Geographische Lage	1	S	Stubaital oder Passiertal
Topographie	3	S	Meereshöhe, Hangneigung, Exposition
Geologie	1	S	Silikatisches (Stubai und Ötztales Kristallin) oder carbonatisches Ausgangsgestein (Brennermesozoikum)
Boden	8	S/B	Bodentyp, Gehalt an organischer Substanz, Gleithorizontausbildung, Durchwurzelung
Vegetation	17	B/S	Vegetationstyp, Bestandeshöhe, Deckungsanteile, Baumanteil
Bewirtschaftung	12	B	Bewirtschaftungsform und -intensität, Folgerscheinungen (z.B. Viehtritt)

weitere statistische Auswertung ein symmetrisches Datendesign mit gleich großen Datenpools zu erhalten. An den jeweiligen Aufnahmepunkten wurden insgesamt 42 Faktoren (Gesamtauflistung im Anhang) erhoben, wobei viele der Faktoren einen dichotomen Charakter hatten. Dies bedeutet, dass die Variable (z.B. Mahd) nur den Wert 0 oder 1 annehmen kann.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Verfahren der schrittweisen logistischen Regression nach der bedingten Vorwärts-Methode. Dieses Verfahren untersucht die Abhängigkeit einer dichotomen Variable von anderen unabhängigen Variablen, wobei mit einer Variable begonnen wird und dann schrittweise jeweils eine weitere hinzugefügt wird. Als Einschlusskriterium wird die Toleranz herangezogen. Wie bei allen Regressionsanalysen musste auch in diesem Fall die unabhängigen Variablen vorher einer Multikollinearitatsanalyse unterzogen werden. Dadurch werden lineare Zusammenhänge zwischen den einzelnen Variablen erkannt und eliminiert. Aufgrund dieses Verfahrens wurden von den 42 Variablen 19 aus der weiteren Auswertung genommen. Insgesamt verblieben somit 23 unabhängige Variablen in der Auswertung.

In einem nächsten Schritt wurde eine Stichprobe von 25 % der Fälle aus der Grundgesamtheit von 458 Werten gezogen. Mit dieser Stichprobe wurde die Hypothese generiert, sowie die statistische Funktion und die signifikanten Faktoren bestimmt. Mit den restlichen 75 % der Fälle wurde das Modell validiert. Dazu wurden die vorhergesagten Werte mit den tatsächlich gemessenen Daten korreliert (Pearson-Korrelation). Außerdem wurden die Klassenzentroide mittels T-Test auf Unterschiede untersucht. Die Berechnungen erfolgten im Statistikpaket SPSS.

Nach der Hypothesengeneration und dem Ausschluss von Kollinearitäten zwischen den unabhängigen Variablen blieben nur mehr 12 der 23 Unabhängigen übrig. Diese erwiesen sich als signifikant ($p < 0.001$) für die Fragestellung. Der Anteil an richtig zugeordneten Flächen bei der Modelbildung lag bei 96.9 %. Die Überprüfung des Modells anhand der Validierungsdaten ergab hohe signifikante Korrelationen zwischen den vorhergesagten Werten aus der Logistischen Regression und den tatsächlich beobachteten Werten ($r = 0.737$, $p < 0.001$ beim zweiseitigen Test). Mit den ausgewählten Variablen konnten 86.8 % der Flächen richtig zugeordnet werden, wobei die Übereinstimmung bei den nicht erosionsgefährdeten Flächen 85 % und bei den gefährdeten Flächen 88.6 % betrug. Der hohe Anteil der richtig zugeordneten Stichproben und die höchst signifikante Verbesserung der Modellaussage durch diese Variablen bestätigen somit, dass ein erheblicher Anteil der entscheidenden Größen in das Modell integriert wurden.

3. Ergebnisse

Bei den 12 signifikanten Variablen handelt es sich um 3 reine Standortvariablen (Tab. 2). Alle anderen Variablen sind Bewirtschaftungsgrößen oder aber Größen, die stark durch die Bewirtschaftung beeinflusst werden.

Zu den reinen Standortvariablen zählen die Exposition, die mittlere Hangneigung und die Bodenmächtigkeit. Eine Gegenüberstellung dieser Faktoren mit dem Erosionspotential verdeutlicht dabei die Zusammenhänge (Abb. 6). In den untersuchten Gebieten Stubaital und Passeiertal sind Nordost-, Ost- und Südosthänge am stärksten erosionsgefährdet (Abb. 6a). Süd-, Südwest- und Westhänge sind hingegen weit weniger gefährdet. Es zeigt sich weiters, dass mit Zunahme der Hangneigung das

Tabelle 2:

Die in die logistische Regression eingehenden unabhängigen Variablen mit Angaben zum Variablentyp (S = Standortvariable; B = Nutzungsvariable) und zur Skala. Weiters sind einige statistische Kennzahlen für die nicht erosionsgefährdeten (n = 229) und die gefährdeten Stichproben (n = 229) und das Signifikanzniveau der Unterschiede (Independent Samples T-Test; p < 0.05) angegeben.

Variable	Typ	Skala	nicht gefährdet	gefährdet	Sig. (2-tailed)
			$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	
Exposition (°)	S	metrisch	178.9 ± 3.7	121.2 ± 3.2	***
Hangneigung (°)	S	metrisch	25.1 ± 1.0	34.9 ± 0.60	***
Bodenmächtigkeit (cm)	S	metrisch	43.2 ± 1.5	56.0 ± 1.4	***
Gesamtwurzlänge (km*m ⁻²)	B/S	metrisch	48.5 ± 1.1	42.6 ± 1.2	***
Wurzeldichte in 25 cm Tiefe (10 ³ m*m ⁻²)	B/S	metrisch	4.27 ± 0.2	2.90 ± 1.32	***
Alnetum viridis (%)	B/S	metrisch	0.1 ± 0.13	5.3 ± 0.86	***
Gesamtdeckung der Vegetation (%)	B/S	metrisch	83.4 ± 0.9	85.4 ± 0.8	
Deckung der Zwergsträucher (%)	B/S	metrisch	36.8 ± 1.9	48.8 ± 1.6	***
Deckung der Gräser (%)	B/S	metrisch	41.1 ± 1.6	30.7 ± 1.3	***
Deckung der Kräuter (%)	B/S	metrisch	13.0 ± 0.8	12.1 ± 1.0	
Extensive Weidenutzung (%)	B	dichotom	15.0 ± 2.3	0.07 ± 0.04	***
Brachlegung (%)	B	metrisch	23.9 ± 2.8	72.9 ± 2.02	***

Erosionsrisiko ansteigt (Abb. 6b). Am stärksten gefährdet sind Hänge mit einer Neigung von 30-40°. Vereinzelt konnten aber auch Rutschungen ab 25° und bis 50° beobachtet werden. Als letzte der reinen Standortvariablen hat sich die Bodenmächtigkeit als signifikant erwiesen. Demnach sind tiefgründige Böden (45-80 cm, Abb. 6c) häufiger von Rutschungen betroffen. Vereinzelt können aber auch flachgründigere Böden abbrechen. Weitere Standortfaktoren, wie etwa das geologische Ausgangsmaterial, der Bodenwasserhaushalt, die Meereshöhe oder das damit verbunden Klima spielen nach diesen Ergebnissen keine entscheidende Rolle.

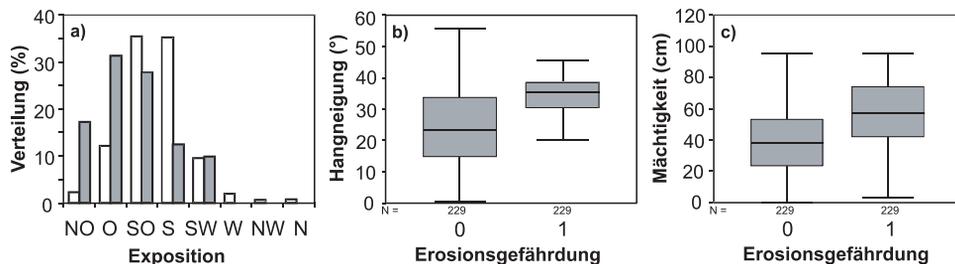


Abbildung 6:

Vergleich zwischen der tatsächlichen Expositionsverteilung (□) und der Exposition der erosionsgefährdeten Bereiche für Translationsboden-rutschungen (■) in den Untersuchungsgebieten (a), sowie der Zusammenhang zwischen der Erosionsgefährdung (0 = nicht gefährdet; 1 = gefährdet) und der Hangneigung (b) und der Bodenmächtigkeit.

Neben diesen drei Standortvariablen tragen 7 reine Bewirtschaftungsfaktoren und zusätzlich noch 4 weitere, stark von der Bewirtschaftung beeinflusste Faktoren zum Gesamt-erklärungsbeitrag bei. Durch die Bewirtschaftungsfaktoren können bereits 82.5 % der Stichproben richtig klassifiziert werden (insgesamt 96.7 %), wobei aber die richtige Zuordnung der gefährdeten Stichproben von 95.7 % auf 77.8 % abfällt. Der Anteil an richtig zugeordneten Flächen, die nicht gefährdet sind, fällt gleichzeitig von 98.4 % auf 87.3 % ab. Auf die gefundenen Zusammenhänge wird nun in den folgenden Kapitel eingegangen.

Nach dem Ergebnis dieser Arbeit führt die Brachlegung grundsätzlich zu einer Erhöhung der Erosionsgefährdung (Tab. 2). Besonders alte, bereits stark verstrauchte bzw. sogar verbuschte Brachen sind nach den Ergebnissen dieser Arbeit signifikant anfälliger auf Rutschungen. Vegetationskundlich gesehen handelt es sich um Flächen, die von *Caricetum sempervirentis*, *Caricetum sempervirentis* mit einer hohen Deckung von *Calluna vulgaris*, *Junipero-Arctostaphyletum* und teilweise mit *Alnetum viridis* (Fig. 4) bedeckt sind. Aus der Vielzahl an Nutzungsformen, die in den Untersuchungsgebieten sonst angetroffen wurden, verringert hingegen die Beweidung das Erosionsrisiko signifikant. Bei den Weideflächen in den Untersuchungsgebieten handelt es sich größtenteils um sehr alte Weideflächen, die bereits stabilisiert sind. In den

steileren Bereichen haben sich häufig Viehgängen ausgebildet. Nur auf den jungen Weideflächen kommt es zu starken Trittschäden an der Vegetation, wie es etwa im Bereich der Kaserstattalm im Versuchsgebiet Stubaital zu beobachten ist. Dort treten auch vermehrt Translationsbodenrutschungen auf.

Eine weitere Gruppe von Einflussgrößen, die zur korrekten Klassifizierung beitragen, sind Vegetations- bzw. Bodenfaktoren. Diese Faktoren werden stark durch die Bewirtschaftung beeinflusst, wie durch die Arbeiten von TASSER et al. (1999, 2002) für die Vegetation und BITTERLICH (1998) für den Boden der hier behandelten Versuchsgebiete nachgewiesen wurde. Nach den Ergebnissen der logistischen Regression führt die Zunahme der Deckung von Gräsern und Kräutern zu einer Abnahme der Erosionsgefahr (Abb. 7a, b). Gras- und krautreichen Beständen sind dabei vorwiegend auf intensiv bis extensiv genutzten Flächen zu finden. Zwergsträucher können sich auf diesen Flächen kaum etablieren. Nimmt hingegen die Deckung der Zwergsträucher zu, so kommt es zu einer Erhöhung der Erosionsbereitschaft (Abb. 7c). Besonders gefährdet scheinen dabei jene Flächen zu sein, die zu 40-65 % von Zwergsträuchern (vor allem *Calluna vulgaris* oder *Arctostaphylos uva-ursi*) bedeckt sind. Dies wiederum bedeutet, dass es sich dabei hauptsächlich um ältere Brachflächen handelt, da ein so hoher Deckungsgrad von Zwergsträuchern erst auf solchen Flächen vorkommt.

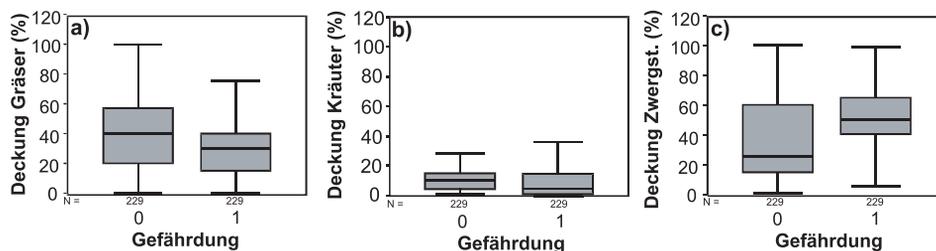


Abbildung 7:

Zusammenhang zwischen der Erosionsgefährdung für Translationsbodenrutschungen

(0 = nicht gefährdet; 1 = gefährdet) und (a) der Deckung von Gräsern, (b) der Deckung von Kräutern und (c) Deckung von Zwergsträuchern.

Schlussendlich üben noch zwei bewirtschaftungsbedingte Bodenfaktoren einen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis aus. Eine Erhöhung der Gesamtwurzellänge führt zu einer Verringerung der Erosionsbereitschaft (Abb. 8a). So sinkt die mittlere Wurzellänge von den nicht gefährdeten zu den gefährdeten Flächen von $49 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{m}^{-2}$ auf $43 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{m}^{-2}$. Noch deutlicher wirkt sich die Durchwurzelungsdichte im unmittelbaren Bereich der durchschnittlichen Anbruchstiefe (25-35 cm) aus (Abb. 8b). Eine Zunahme führt zu einer Verringerung des Erosionsrisikos. So weisen jene Stichproben, die nicht im gefährdeten Bereich liegen, im Durchschnitt eine Durchwurzelung von $4.3 \text{ m} \cdot \text{m}^{-3}$ auf, während die gefährdeten Stichproben nur eine Wurzeldichte von etwa $2.9 \text{ m} \cdot \text{m}^{-3}$ in der entsprechenden Tiefenstufe haben.

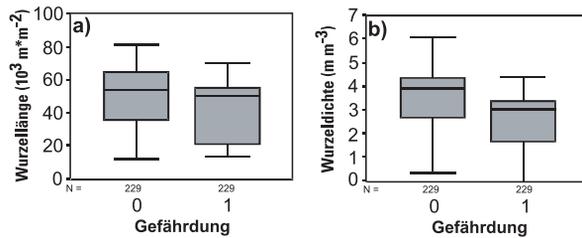


Abbildung 8:
Zusammenhang zwischen der Erosionsgefährdung für Translationsbodenrutschungen (0 = nicht gefährdet; 1 = gefährdet) und (a) Gesamtwurzellänge und (b) Durchwurzelungsdichte in 25 cm Bodentiefe.

4. Diskussion

Das Auftreten von Translationsbodenrutschungen wird sowohl von den sogenannten Geofaktoren (Geologie, Tektonik, Topographie und Klima) als auch von den Biofaktoren (Vegetation, Boden, Mensch) beeinflusst (BUNZA 1984). Je nach Kombination der einzelnen Faktoren kommt es zu einer Veränderung des Erosionspotentials. Eine Zunahme der Erosionsgefährdung bedeutet aber nicht, dass der Boden abrutschen muss. Das tatsächliche Abrutschen des Bodens wird vielmehr durch einen weiteren, nur kurzfristig einwirkenden Faktor ausgelöst, dem sogenannten „auslösenden Moment“. Bei diesen Impuls handelt es sich häufig um ein Starkregenereignis und der damit verbundenen überreichen Hangwasserzufuhr (ANDRECS et al. 2002).

4.1 Translationsbodenrutschungen und bewirtschaftungsunabhängige Faktoren

Die Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen verschiedenen Standortfaktoren und dem Auftreten von Translationsbodenrutschungen ergaben, dass in den Untersuchungsgebieten Stubaital und Passeiertal drei Standortgrößen einen signifikanten Einfluss aufweisen. Dabei handelt es sich um die Exposition, die Hangneigung und um die Bodenmächtigkeit. Nach den Ergebnissen dieser Arbeit sind besonders Nordost-, Ost- und Südosthänge gefährdet. Untersuchungen von ANDRECS et al. (2002) weisen auch auf eine hohe Rutschungsbereitschaft von Nordost-, Ost- und Südosthängen hin, wobei jedoch - im Unterschied zu dieser Arbeit - auch Süd- und Nordhänge besonders gefährdet sind. Die höhere Erosionsbereitschaft dürfte mit den ungünstigeren klimatischen Bedingungen der entsprechenden Expositionen zusammenhängen (GEIGER 1950, FRANZ 1979, BLECHSCHMIDT 1990). Aufgrund der geringeren Temperaturbilanz von Nord- und Osthängen trocknet der Boden weit weniger aus als auf Süd- oder Westhängen. Feuchte Bodenverhältnisse führen dabei nicht nur zu einer Erhöhung des Eigengewichtes, sondern auch zu einer Verringerung des Scherwiderstandes und damit zu einer verringerten Stabilität (BUNZA 1984). Möglicherweise hängt der höhere Gefährdungsgrad von Südosthängen im Vergleich

zu Süd- und Südwesthängen in dieser Arbeit mit dem Faktor Schneegleiten zusammen. Das Schneegleiten fördert nach SCHAUER (1975) das Entstehen von Translationsbodenrutschungen, wobei auf die genauen Mechanismen erst im Kapitel 4.2 eingegangen wird. Beim Schneegleiten handelt es sich um das langsame Abgleiten der gesamten Schneedecke entlang der Kontaktzone zwischen Boden bzw. Vegetation und Schnee. Damit es jedoch zu einer Bewegung der Schneedecke kommen kann, muss die Kontaktzone zwischen der Schneedecke und der Vegetation eine entsprechende Gleitfähigkeit besitzen, die nach LAATSCH und GROTTENTHALER (1973) am besten durch eine feuchte bis nasse Schneeschicht gewährleistet wird. Infolge von Schmelzwasserandrang aufgrund starker Sonneneinstrahlung tritt das Schneegleiten expositionsgebunden auf südost- bis südwestexponierten Hängen häufiger auf (STEHRER 1987). Dies konnte auch NEWESELY et al. (2000) für das Projektgebiet Passeiertal und Stubaital nachweisen. Damit könnte das in dieser Arbeit vermehrte Auftreten von Translationsbodenrutschungen auf Südosthängen erklärt werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen zudem eine deutliche Konzentration der Rutschungen in einem Hangbereich zwischen 30-40°. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei einer hohen Hangneigung zum einen die Schwerkraft verstärkt einwirkt (SCHAUER 1975) und zum anderen die Intensität des Schneegleitens zunimmt (STEHRER 1987, LEITINGER 2003). Der Zusammenhang zwischen der Hangneigung und dem Auftreten von Erosionen wird durch zahlreiche frühere Untersuchungen bestätigt. So fand MÖSSMER (1985) bei ihren Untersuchungen von Blaiken auf Almen einen statistisch gesicherten Anstieg der Blaikenhäufigkeit ab einem Neigungswinkel von 26°. HILGERS (1986), BLECHSCHMIDT (1990), DOMMERMUTH (1995), ANDRECS et al. (2002) und RICKLI und BUCHER (2003) fanden bei ihren Untersuchungen auch heraus, dass Hänge mit Neigungen zwischen 30° und 40° besonders erosionsgefährdet sind. Laut SCHAUER (1975) treten Ansätze zu Rutschungen um so häufiger auf, je steiler der Hang ist. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich ab einer bestimmten Hangneigung (ca. 60 bis 70°) keine Rutschungen mehr bilden, da nur mehr geringe Mengen von Bodenmaterial vorhanden sind.

Dieser Zusammenhang zwischen Bodenmächtigkeit und Häufigkeit von Rutschungen zeigt sich auch in dieser Arbeit. Böden mit einer Mächtigkeit von über 45 cm sind wesentlich stärker gefährdet als geringmächtigere Böden. Laut SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1998) führt eine große Profiltiefe zu einer hohen Wasserspeicherfähigkeit. Somit werden tiefgründige Böden bei der Aufnahme von Wasser schwerer als flachgründige. Dies führt zu einer statisch ungünstigen Situation. Auch die Untersuchungen von SCHAUER (1975) bestätigen, dass Translationsbodenrutschungen besonders häufig auf tiefgründigen Böden auftreten.

4.2 Translationsbodenrutschungen und Bewirtschaftung

Die Bewirtschaftungsart und ihre Intensität spielen nach den Ergebnissen dieser Arbeit den entscheidenden Einfluss auf das Erosionsgeschehen. Durch die Bewirtschaftung von Flächen in Form von Mahd und Beweidung wird das Erosionspotential stark herabgesetzt. Werden hingegen Flächen aus der Bewirtschaftung genommen, so nimmt das Erosionsrisiko mit zunehmenden Brachealter zu. Eine Reihe von Untersuchungen aus dem Alpenraum bestätigen dies. So haben etwa SCHAUER (1975) und STEHRER (1987) und RICKLI und BUCHER (2003) beobachtet, dass bei nachlassender Mähwirtschaft oder bei Aufgabe der Weidewirtschaft die Denudationsvorgänge stark zunehmen.

Die Bewirtschaftung bzw. die Brachlegung selbst können jedoch nur unwesentlich für die Ausbildung des Erosionspotentials verantwortlich sein. Vielmehr sind sie als Platzhalter für Größen da, die direkt bzw. indirekt durch sie hervorgerufen werden. Einige der bewirtschaftungsbedingten Folgen konnten im Rahmen dieser Arbeit auch bestimmt und verifiziert werden.

Bewirtschaftung, Vegetation und Schneegleiten

Die aktuelle Bewirtschaftung wirkt sich deutlich auf die Vegetationsverteilung der hier analysierten Versuchsgebiete aus (TASSER et al. 1998, 1999). So konnten den unterschiedlichen Bewirtschaftungstypen und -intensitäten (Mähwiesen, Weiden) ganz charakteristische Vegetationsgesellschaften zugeordnet werden. Eine Vegetationsveränderung führt natürlich auch zu Veränderung der Phytomassezusammensetzung, was insgesamt eine Umstellung der Bodenrauhigkeit mit sich bringt. Dies wirkt sich wiederum auf das Schneegleiten aus. Mehrere Autoren (LAATSCH und BAUM 1971, SCHAUER 1975, MÖSSMER 1985, HILGERS 1986, NEWSELY et al. 2000) weisen z.B. darauf hin, dass gerade langhalmige Gräser (z. B. mit *Carex sempervirens*, *Festuca rubra* agg. und *Agrostis capillaris*) bzw. leicht biegsame Zwergsträucher (z.B. *Calluna vulgaris*, *Arctostaphylos uva-ursi*) das Schneegleiten begünstigen. Diese Arten legen sich im Winter hangabwärts um und bilden so Gleitbahnen für die Schneedecke. Solche Arten kommen in den in dieser Arbeit untersuchten Gebieten hauptsächlich auf Mähwiesen und Brachflächen vor (TASSER et al. 1999). Das Schneegleiten selbst bewirkt jedoch noch kein Losbrechen von Translationsbodenrutschungen, sondern vielmehr zwei weitere Faktoren, die direkt damit zusammenhängen. Zum einen kann Schneegleiten durch den Transport von Steinen und Blöcken oder durch die Entwurzelung von Bäumen Schneeschurf zur Folge haben. Die vom Schneeschurf verursachten Bodenverletzungen bilden mögliche Anbruchsstellen für Rutschungen (vgl. LAATSCH und BAUM 1971). Zum anderen bieten horstbildende Gräser (z.B. *Nardus stricta*, *Dactylis glomerata*), viele hochwüchsige Kräuter und starre Zwergsträucher (*Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idea*) zumindest im eingefrorenen Zustand erheblichen Widerstand, und übertragen so die Scherkräfte der

Schneemasse auf die Vegetationsdecke (SCHAUER 1975). Gerade solche Arten sind im Untersuchungsgebiet auf den Brachflächen recht häufig vorhanden (TASSER et al. 1999). Durch den Zug auf die eingefrorenen Pflanzenteile können Zugrisse im Boden entstehen, die zunächst nur wenige Zentimeter breit sind, aber oft viele Meter Länge aufweisen. Diese Risse können in der Folge Ansatzstellen für Translationsbodenrutschungen bilden. Durch die Artenkombination der untersuchten Brachen lässt sich somit die auffallend hohe Anzahl von Rutschungen in den Brachflächen erklären. Auf den Mähwiesen treten hingegen weit weniger Rutschungen auf, obwohl auch dort eine Vielzahl von langhalmigen Gräsern vorzufinden sind und somit die Voraussetzung für eine hohe Schneegleitrate gegeben sein sollte. Im Gegensatz zu den Brachen wird jedoch auf den Mähwiesen der Bestand alljährlich abgemäht, wodurch ein Festfrieren des Bestandes in der Schneedecke und damit das Entstehen von Zugrisen nicht mehr möglich ist.

Translationsbodenrutschungen und Durchwurzelung

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen eine deutliche Zunahme der Abbruchgefahr von Translationsbodenrutschungen bei einer Abnahme der Durchwurzelung. In der mittleren Anbruchstiefe weisen die gefährdeten Bereiche eine um etwa 30 % verringerte Durchwurzelungsdichte auf. Mit der Abnahme der Wurzeldichte ist somit eine Abnahme der Bodenstabilität verbunden. Wie bereits MADER (1999), GAMPER und TASSER (2002) und TASSER et al. (2001) für die Untersuchungsgebiete Passeiertal und Stubaital feststellten, wird diese Abnahme vorwiegend durch die Bewirtschaftung bedingt. Demnach durchwurzeln extensiv genutzte Gesellschaften den Boden besonders gut, gefolgt von intensiv genutzten und brachgelegten bzw. sehr extensiv genutzten Grasslandtypen (Tab. 3). Alte Brachflächen, die vielfach von Zwergstrauchgesellschaften besiedelt sind, sowie manche Waldtypen weisen deutlich geringe Durchwurzelungsdichten auf. Die geringsten Intensitäten sind bei Grünerlenbeständen, Alpenazaleen-Windheiden und Zwergwacholderbeständen anzutreffen. Die Durchwurzelungsdichte ist jedoch nicht der einzige Faktor, sondern es muss auch die Wurzelausformung der Pflanzen berücksichtigt werden, die laut PULLEN und LUCKWILL (1938) stark von den Standortbedingungen abhängt. Nach HARTGE (1994) kommt es bei einer zunehmenden Bodenversauerung zu einer Abnahme der Wurzeldichte. Eine deutliche Versauerung tritt in den untersuchten Gebieten durch die Brachlegung ein, wie die Untersuchungen von DIETL (1998) und GAMPER und TASSER (2002) gezeigt haben. Nach SYDES und GRIME (1984) befindet sich zudem bei einer guten Wasserversorgung, wie sie gehäuft in Südost- und Osthängen sowie in Leebereichen rund um die Erosionen herrscht, ein Großteil der Wurzeln in den oberen Bodenschichten. Trockene Böden sind hingegen deutlich tiefer durchwurzelt. Dementsprechend verläuft die Polwurzel nach Angaben von KUTSCHERA et al. (1997) bei *Calluna vulgaris* in dichten, oberbodenfeuchten Beständen meist seitwärts

Tabelle 3:

Gesamtdurchwurzelung ($10^3 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2}$) der häufig vorkommende Vegetations-gesellschaften (G = Grasland, nicht genutzt; G_{eg} = Grasland, extensiv genutzt; G_{ig} = Grasland, intensiv genutzt; Z = Zwergstrauchgesellschaft; W = Waldgesellschaft) (verändert nach TASSER et al. 2001).

Vegetationseinheiten	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	Gruppen
Grünerlenbestände (<i>Alnetum viridis</i>)	16.9	W
Alpenazaleen-Windheiden (<i>Loiseleurio-Cetrarietum</i>)	19.7 ± 5.2	Z
Zwergwacholder-Bestand (<i>Juniperion nanae</i>)	21.9 ± 2.3	Z
Krähenbeeren-Rauschbeerenheiden (<i>Empetro-Vaccinietum gaul.</i>)	35.9	Z
Subalpiner Silikat-Fichtenwald (<i>Larici-Piceetum</i>)	38.0 ± 1.4	W
Krummseggen-Bürstlingsrasen (<i>Carici curvulae-Nardetum</i>)	41.2 ±	G
Zwergwacholder-Bärentraubenheiden (<i>Junipero Arctostaphyletum</i>)	41.7 ±	Z
Bodensaure Alpenrosenheiden (<i>Rhododendretum ferruginei</i>)	52.0	Z
Subalpin-alpine Borstgrasweiden (<i>Sieversio Nardetum strictae</i>)	59.8 ± 2.9	G
Silikat-Horstseggenhalden (<i>Caricetum sempervirentis</i>), verstraucht	60.1 ± 2.7	G
Subalpine Milchkrautweiden (<i>Crepido-Festucetum commutatae</i>)	60.4 ± 0.8	G _{ig}
Goldhafer-Wiesen der Zentralalpen (<i>Trisetetum flavescens</i>)	65.2 ± 5.2	G _{ig}
Rotschwengel-Straußgraswiesen (<i>Festuco-Agrostietum</i>)	65.8 ± 3.1	G _{ig}
Silikat-Horstseggenhalden (<i>Caricetum sempervirentis</i>)	70.2 ± 3.3	G _{eg}
Ferkelkraut-Borstgraswiesen (<i>Hypochoero-Nardetum</i>)	74.0 ± 2.3	G _{eg}
Subalpiner Silikat-Fichtenwald (<i>Larici-Piceetum</i>), Lärchenvariante	74.3 ± 4.8	W
Rotschwengel-Straußgrasw. (<i>Festuco-Agrostietum</i>) mit Borstgras	91.7 ± 8.8	G _{eg}

oder fehlt, während sie in trockeneren Böden abwärts wächst. Ähnliches gilt auch für die subalpine Stufe: dort verläuft die Polwurzel ebenfalls häufig seitwärts, die sprossbürtigen Wurzeln häufen sich, und die Durchwurzelungstiefe sinkt. Auch bei *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea* reichen die Sprosswurzeln kaum tiefer als 20 cm (KUTSCHERA et al. 1997). Als Folge der sauren und feuchten Standortbedingungen entsteht somit in den Brachfläche der Untersuchungsgebiete ein relativ einheitlicher, flachgründiger Durchwurzelungshorizont, unter dem es leicht zu einem Abgleiten kommen kann (TASSER 2000).

Translationsbodenrutschungen und Beweidung

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Weiden nur sehr gering erosionsgefährdet sind. Bei den untersuchten Weideflächen handelt es sich großteils um alte Weideflächen, mit einer Vielzahl an Viehgangeln. Laut SCHAUER (1975), HILGERS (1986) und BLECHSCHMIDT (1990) haben Beweidung und Viehtritt positive und negative Auswirkungen auf die Hangstabilität. So können die Viehgangeln, die bei

geregeltem, meist beaufsichtigtem Weidebetrieb entstehen, positiv wirken. Sie bremsen das Schneegleiten und die Wirkung des Schneeschurfs, da die Kleinterrassen keine geeignete Gleitfläche für den Schnee bilden. Die Zerstückelung der zusammenhängenden Vegetationsdecke durch den Viehtritt lässt nur kleine Rasenflächen abbrechen oder abgleiten. In der Folge entstehen meist nur kleine Anbrüche, die relativ schnell wieder zuwachsen können. Sind bereits Zugrisse am Hang vorhanden, so bevorzugt sie das Weidevieh als Pfade und tritt damit Spalten und Risse zu (HILGERS 1986). Negative Auswirkungen auf die Hangstabilität hat hingegen ein unregelmäßiger Weidebetrieb auf großflächigen, unterbestockten Almen (SCHAUER 1975), die Gewichtszunahme der Weidetiere (BLECHSCHMIDT 1990) und besonders die Umwandlung von Mähwiesen in Weideflächen, wie LEITINGER 2002 für das Untersuchungsgebiet Kaserstattalm nachweisen konnte. Der Viehtritt führt dabei laut DOMMERMUTH (1995) vor allem zu Zeiten feuchter Witterungsverhältnisse zu Erosionsansatzstellen in Form von Narbenversatzschäden und zum gleichzeitigen Kneten der oberen Mineralbodenhorizonte.

5. Zusammenfassende Schlussfolgerung

Die Arbeit zeigt, dass für das Entstehen von Translationsbodenrutschungen neben der Exposition, der Hangneigung und der Bodenmächtigkeit hauptsächlich die Bewirtschaftung ausschlaggebend ist. Traditionell bewirtschaftete Flächen sind deutlich weniger erosionsgefährdet als Brachflächen. Es sind jedoch nicht die Nutzungsaktivitäten an sich, die zu einer Veränderung des Erosionsrisikos führen, sondern vielmehr die damit direkt oder indirekt verbundenen Vegetations- bzw. Bodenveränderungen. Einige der ausschlaggebenden Größen konnten in dieser Arbeit bestimmt und nach ihrer Wirkung eingestuft werden. Dazu zählen die Gras- bzw. Zwergstrauchdeckung, die Durchwurzelung des Bodens sowie die Beweidung. Es dürften darüber hinaus noch weitere Faktoren existieren, denen im Laufe einer nächsten Arbeit genauer nachgegangen werden sollte. Aus den Ergebnissen stellt sich weiters die Frage, ob Brachflächen immer gleich stark gefährdet sind, oder ob sich das Risikopotential mit der einsetzenden Sukzession solcher Flächen verändert. Möglicherweise kann einer solchen Fragestellung beantwortet werden, indem, basierend auf den bestehenden Ergebnissen, eine räumliche Modellierung durchgeführt wird.

Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei C. Hackhofer, R. Gufler, B. Mittendrein und R. Stern ganz herzlich für die Mithilfe im Freiland und bei den Laboranalysen bedanken. Ein besonderer Dank gilt auch den beiden anonymen Gutachter für die sehr wertvollen Kommentare zu dieser Publikation.

Die vorliegende Untersuchung wurde im Rahmen des EU- Projektes INTEGRALP (INTERREG-II) durchgeführt.

Literatur

- AG BODEN, 1996: Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Auflage, berichtigter Nachdruck. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover: 392.
- ANDRECS, P., MARKKART, G., LANG, E., HAGEN, K. und B. KOHL, 2002: Untersuchungen der Rutschungsprozesse vom Mai 1999 im Laternsertal (Vorarlberg). BFW Bericht 127: 55-87.
- BÄTZING, W., 1996: Landwirtschaft im Alpenraum - Ansätze für eine Synthesedarstellung. In: Europäische Akademie Bozen (Hrsg.): Landwirtschaft im Alpenraum - unverzichtbar, aber zukunftslos. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin: 229-242.
- BITTERLICH, W., 1998: Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftung auf Boden und Vegetation am Beispiel der Kaserstattalm / Neustift im Stubaital. Diss., Univ. Innsbruck: 235.
- BLECHSCHMIDT, G., 1990: Die Blaikenbildung im Karwendel. Verein zum Schutz der Bergwelt, Jahrbuch: 31-45.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1964: Pflanzensoziologie. Springer, Wien: 865.
- BUNZA, G., 1984: Oberflächenabfluß und Bodenabtrag in alpinen Graslandökosystemen. Ver. Ges. Ökol., 12: 101-109.
- BUNZA, G., JÜRGING, P., LÖHMANNSRÖBEN, R., SCHAUER, TH. und R. ZIEGLER, 1996: Abfluß- und Abtragsprozesse in Wildbacheinzugsgebieten. Schriftreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 27, München: 90.
- BURTON, A., ARKELL, T.J. und J.C. BATHURST, 1998: Field variability of landslide model parameters. Environmental Geology 35: 100-114.
- CAINE N. und P.K. MOOL, 1982: Landslides in the Kolpu Khola Drainage, Middle Mountains, Nepal. Mountain Research and Development 2(2): 157-173.
- CARRARA, A., GUZZETTI, E., CADINALI, M. und P. REICHENBACH, 1999: Use of GIS Technology in the Prediction and Monitoring of Landslide Hazard. Natural Hazards 20: 117-135.
- CERNUSCA, A., TAPPEINER, U. und N. BAYFIELD (Hrsg.), 1999: Land-Use Changes in European Mountain Ecosystems. Ecomont – Concept and Results. Blackwell Wissenschaftsverlag Berlin: 380
- DIERSCHKE, H., 1994: Pflanzensoziologie. Eugen Ulmer, Stuttgart: 683.
- DIETL, S. (1998) Wasserhaushalt unterschiedlich bewirtschafteter Bergmähder im Passeiertal. Dipl., Univ. Innsbruck: 192.
- DOMMERMUTH, C., 1995: Beschleunigte Bodenabtragungsvorgänge in der Kulturlandschaft des Nationalparks Berchtesgaden. Ursachen und Auswirkungen aufgezeigt am Beispiel des Jennergebietes. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 114: 285-292.

- EIDT, M. und R. LÖHMANNSRÖBEN, 1996: Zusammenhänge zwischen bodenkundlichen Standortfaktoren und verschiedenen Abtragsformen. Internationales Symposium Interpraevent 1996 – Garmisch-Partenkirchen. Tagespublikation, 1: 247-261.
- FERNÁNDEZ-STEGER, T. M. und K. CZURDA, 2002: Erkennung von Rutschungsgebieten mit Neuronalen Netzen. In: Tetzlaff, G., Trautmann, T. und K.S. Radtke (Hrsg.) Extreme Naturereignisse – Folgen, Vorsorge, Werkzeuge. Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e.V., Bonn, Leipzig: 226-233.
- FRANZ, H., 1979: Ökologie der Hochgebirge. Ulmer Verlag, Stuttgart: 495.
- GAMPER, S. und E. TASSER, 2002: Soil development depending on land use and vegetation changes in sub-alpine areas. In: Bottarin, R. und U. Tappeiner (Hrsg.): Interdisciplinary Mountain Research. Blackwell, Berlin: 180-191.
- GEIGER, R., 1950: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Verlag Vieweg, Braunschweig: 460.
- HARTGE, K.H., 1994: Soil structure, its development and its implications for properties and processes in soils – a synopsis based on recent research in Germany. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 157: 159-164.
- HILGERS, P., 1986: Almwirtschaft und Formen der Bodenabtragung, dargestellt am Beispiel des Gössnitztales (Schobergruppe, Nationalpark Hohe Tauern). Dipl., Rheinische Friedrich Wilhelms – Universität, Bonn: 132.
- HUTCHINSON, T., 1968: The Physics of engineering solids. Wiley, New York: 504.
- JACKSON, R.B., MOONEY, H.A. und E.-D. SCHULZE, 1997: A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94: 7362-7366.
- KÖRNER, C., WIESER, G. und A. CERNUSCA, 1989: Der Bodenwasserhaushalt waldfreier Gebiete in den österreichischen Alpen zwischen 600 und 2600 m Höhe. In: Cernusca, A. (Hrsg.): Struktur und Funktion von Graslandökosystemen im Nationalpark Hohe Tauern. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck: 119-153.
- KUTSCHERA, L., SOBOTIK, M. und E. LICHTENEGGER, 1997: Bewurzelung von Pflanzen in verschiedenen Lebensräumen. Staphia 49, Druckerei Gutenberg, Linz: 331.
- LAATSCH, W. und U. BAUM, 1971: Faktoren der Wald- und Bodenzerstörung durch Schnee in den Alpen. Geoderma, 20: 324-333.
- LEITINGER, G., 2003: Modellierung von Schneegleitprozessen (Passeiertal, Stubaital) Dipl., Universität Innsbruck: 134.
- MADER, M., 1999: Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftung auf die Verteilung der Bodentypen und Auflagehumusformen sowie die Erosionsanfälligkeit (Kaserstattalm / Neustift im Stubaital). Dipl., Univ. Innsbruck: 132.
- MITCHELL, D.J., 1990: The use of vegetation and land use parameters in modelling catchment sediment yields. In: Thornes, J.B. (Hrsg.): Vegetation and Erosion - Processes and Environments. John Wiley and Sons Ltd, London: 289-316.
- MÖSSMER, E.M., 1985: Einflussfaktoren für die Blaikenerosion auf beweideten und aufgelassenen Almflächen im kalkalpinen Bereich der Landkreise Miesbach und Rosenheim. Forstliche Forschungsberichte München 63, Frank: 137.
- NEWESELY, C., TASSER, E., SPADINGER, P. und A. CERNUSCA, 2000: Effects of land-use changes on snow gliding processes in alm ecosystems. Basic and Applied Ecology 1: 61-67.

- ÖSTERREICHISCHE BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT, 1969: Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft. Heft 13, Wien: 95.
- ÖSTERREICHISCHE BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT, Arbeitsgruppe Waldbodenuntersuchung, 1986: Waldbodenuntersuchung, Geländeaufnahme, Probennahme, Analyse. Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Wien: 68.
- PULLEN, O. und L. LUCKWILL, 1938: The rooting systems of heath plants. *Journal of Ecology*, 26: 331-352.
- REID, I., PARKINSON, R., TWOMLOW, S. und A. CLARK, 1990: The impact of agricultural land-use changes on soil conditions and drainage. In: Thornes J.B. (Hrsg.): *Vegetation and Erosion - Processes and Environments*. John Wiley and Sons Ltd, London: 199-215.
- RICKLI, C., ZIMMERLI, P. und A. BÖLL, 2001: Effects of vegetation on shallow landslides: an analysis of the events of August 1997 in Sachseln, Switzerland. - In: Kühne, M., Einstein, H.H., Krauter, E., Klapperich, H. und R. Pöttler (Hrsg.) *International Conference on Landslides. Causes, Impacts and Countermeasures*. Glückauf, Essen: 575-584.
- RICKLI, C. und H. BUCHER, 2003: Oberflächennahe Rutschungen, ausgelöst durch die Unwetter vom 15.-16.7.2002 im Napfgebiet und vom 31.8.-1.9.2002 im Gebiet Appenzell. WSL, BWG 2003. 78.
- SCHAUER, T., 1975: Die Blaikenbildung in den Alpen. Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft. Heft 1: 29.
- SCHEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL, 1998: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart: 494.
- SCHLICHTING, E., BLUME, H.P. und K. STAHR, 1995: Bodenkundliches Praktikum. 2. Neubearbeitete Auflage, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin-Wien: 295.
- SCHUURMAN, J.J. und M.A.J. GOEDEWAAGEN, 1965: Methods for the examination of root systems and roots. Centre for agricultural publications and Documentation, Wageningen: 86.
- STAHR, A. und C. DOMMERMUTH, 1993: Erosion in Hochgebirge und der strukturelle Wandel in der Almwirtschaft. *Spektrum der Wissenschaft*, 5/93: 16-18.
- STEHRER, J., 1987: Denudationsformen und ihre Beziehung zur Almwirtschaft im montan-subalpinen Raum des Ostteiles der Osterhorngruppe. In: Riedl, H. (Hrsg.): *Beiträge zur Landschaftsökologie der Salzburger Kalkalpen, mit besonderer Berücksichtigung der sozioökonomischen Prozeßsteuerung*. Österreichisches MaB-Programm, Bd.12, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck: 291-354.
- SUMMER, W., 1989: Umfassende Betrachtung der Erosions- und Sedimentationsproblematik. *Wiener Mitteilungen Wasser - Abwasser - Gewässer*: 86.
- SYDES, C. und J. GRIME 1984: A comparative study of root development using a simulated rock crevice. *Journal of Ecology*, 72: 837-946.
- TAPPEINER, U., TASSER, E., MAYR, V. und B. OSTENDORF, 1999: ‚Passeier Valley‘ composite landscape, Italy. In: Cernusca, A., Tappeiner, U. und N. Bayfield (Hrsg.): *Land-Use Changes in European Mountain Ecosystems. ECOMONT – Concept and Results*. Blackwell Wiss.-Ver., Berlin, Wien: 48-61.
- TAPPEINER, U., TAPPEINER, G., HILBERT, A. und E. MATTANOVICH (Hrsg.), 2003: *The EU Agricultural Policy and the Environment. Evaluation of the Alpine Region*. Blackwell, Berlin: 275.
- TASSER, E., 2000: *Landscape modelling in the alpine region with regard to the effects of Land-use Changes*. Diss., Univ. Innsbruck: 117.

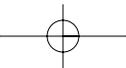
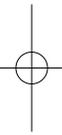
-
- TASSER, E., TAPPEINER, U., MULSER, J., OSTENDORE, B. und V. MAYR, 1998: Kausalanalyse von Vegetationsveränderungen im Gebirge in Abhängigkeit von Landnutzung und Standortfaktoren. *Ver. Ges. Ökol.*, 28: 107-115.
- TASSER, E., PROCK S. und J. MULSER, 1999: The impact of land use on vegetation along the Eastern Alpine transect. In: Cernusca, A., Tappeiner, U. und N. Bayfield (Hrsg.): *Land-Use Changes in European Mountain Ecosystems. ECOMONT – Concept and Results*. Blackwell, Berlin: 243-254.
- TASSER, E., TAPPEINER, U. und A. CERNUSCA, 2001: Südtirols Almen im Wandel. Die ökologischen Folgen von Landnutzungsänderungen. *Athesia, Bozen*: 279.
- TASSER, E. und U. TAPPEINER, 2002: The impact of land-use changes in time and space on vegetation distribution in mountain areas. *Applied Vegetation Science* 5: 173-184.
- VAN WESTEN, C. J., RENGERS, N., TERLIEN, M.T.J. und R. SOETERS, 1997: Prediction of the occurrence of slope instability phenomena through GIS-based hazard zonation. *Geologische Rundschau* 86: 404-414.

Anhang

Untersuchte Faktoren mit Angaben zum Variablentyp (S = Standortfaktor; B = Bewirtschaftungsfaktor) und zum Datentyp. Die Bewirtschaftungsformen und die Vegetationstypen sind in Flächenprozent (%) der umliegenden Fläche (Radius von ca. 10 m um den Aufnahmepunkt) angegeben. In die logistische Regression wurden nur jene Faktoren aufgenommen, welchen eine Toleranz > 0.1 und einen Variance inflation factor (VIF) > 1 bei der Kollinearitätsdiagnose im Zuge der linearen Regression aufwiesen.

Faktor	Typ	Skala	Faktor aufgenommen	Koll. diagnose	
				Toleranz	VIF
Geographische Lage (Waltner Mähder ja/nein)	S	dichotom			
Meereshöhe (m ü. NN)	S	metrisch	✓	.656	1.523
Exposition (°)	S	metrisch	✓	.583	1.716
Hangneigung (°)	S	metrisch	✓	.457	2.187
Geologischer Untergrund (Silikat ja/nein)	S	dichotom			
Bewirtschaftung (ja/nein)	B	dichotom			
Mahd (ja/nein)	B	dichotom			
Intensiv genutzte Mähwiese (%)	B	metrisch	✓	.635	1.574
Extensiv genutzte Mähwiese (%)	B	metrisch	✓	.497	2.012
Weide (ja/nein)	B	dichotom			
Stark bestockte Weide (%)	B	metrisch	✓	.173	5.782
Gering bestockte Weide (%)	B	metrisch	✓	.276	3.617
Viehtritt (ja/nein)	B	dichotom	✓	.611	1.637
Brachfläche (%)	B	metrisch	✓	.251	3.986
Brachfläche, verstraucht (%)	B	metrisch			
Brachfläche, verbuscht (%)	B	metrisch	✓	.511	1.958
Aufforstung (ja/nein)	B	dichotom	✓	.817	1.224
Gesamtdeckung der Vegetation (%)	B/S	metrisch	✓	.617	1.620
Deckung von Gräser (%)	B/S	metrisch	✓	.228	4.390
Deckung von Kräutern (%)	B/S	metrisch	✓	.306	3.271
Deckung von Zwergsträuchern (%)	B/S	metrisch	✓	.181	5.532
Deckung von Moosen (%)	B/S	metrisch			
Baumdeckung (%)	B/S	metrisch	✓	.880	1.136
Alnetum viridis (%)	B/S	metrisch	✓	.645	1.551
Caricetum sempervirentis (%)	B/S	metrisch			
Caricetum semp., hohe Deckung von Calluna vulgaris (%)	B/S	metrisch			

Faktor	Typ	Skala	Faktor aufgenommen	Koll. diagnose	
				Toleranz	VIF
Empetro-Vaccinietum gaultheroidis (%)	B/S	metrisch	✓	.587	1.704
Festuco-Agrostietum / Trisetum flavescens (%)	B/S	metrisch			
Junipero-Arctostaphyletum (%)	B/S	metrisch			
Loiseleurio-Cetrarietum (%)	B/S	metrisch			
Mugeto-Rhododendretum hirsuti (%)	B/S	metrisch			
Rhododendretum ferruginei (%)	B/S	metrisch	✓	.720	1.388
Seslerio-Caricetum sempervirentis (%)	B/S	metrisch			
Sieversio-Nardetum strictae / Hypochoero-Nardetum (%)	B/S	metrisch			
Bodenmächtigkeit (cm)	S	metrisch	✓	.758	1.320
Bodenpodsolierung (ja/nein)	S	dichotom			
Podsolierungsgrad	S	ordinal	✓	.682	1.467
Gesamtwurzellänge (10_ m*m ⁻²)	B/S	metrisch	✓	.348	2.863
Hauptwurzelhorizont (cm)	B/S	metrisch			
Durchwurzelungsdichte im Hauptwurzelhorizont (m*m ⁻²)	B/S	metrisch			
Max. Durchwurzelungstiefe (cm)	S	metrisch			
Durchwurzelungsdichte in 25 cm Bodentiefe (m*m ⁻³)	B/S	metrisch	✓	.578	1.731



Bericht über die Jahrestagung des Arbeitskreises Paläopedologie der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Pavlov, Tschechien

O. NESTROY

Das Studium interglazialer und interstadialer Paläoböden aus dem Pliozän, Ältest- und Altpleistozän sowie Mittel- und Jungpleistozän, ferner von früh- bis mittelholozänen fossilen semiterrestrischen Böden in der Thaya-Au in Südmähren bildete den Schwerpunkt dieser in der Zeit vom 20. bis 22. Mai 2004 in Pavlov, am Nordrand der Pollauer Berge in Südmähren gelegen, abgehaltenen Tagung. Diese Arbeitstagung lag organisatorisch wie fachlich in den Händen von Dr. Pavel Havlíček vom Tschechischen Geologischen Dienst in Prag sowie Univ.-Prof. Dr. Ludwig Zöller (Lehrstuhl Geomorphologie an der Universität Bayreuth) und dem Vorsitzenden dieser Arbeitsgruppe, Univ.-Prof. Dr. Peter Felix-Henningsen (Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung in Giessen). Als fachlicher Schwerpunkt zog sich wie ein roter Faden der Versuch einer absoluten Einzeitung von Lagen und Horizonten in Lössaufschlüssen aufgrund des Vergleichs von Pedokomplexen und Markern.

Nach einführenden Kurzvorträgen am ersten Abend waren die folgenden zwei Tage voll den Feldstudien gewidmet: Profil Roter Hügel (cervený kopec) in Brno/Brünn, aufgelassene Ziegelgrube und alte Holzfabrik bei Znojmo/Znaim sowie in Blick in den bodenkundlichen Aufbau der Alluvialebene der Thaya bei Valtovice. Der letzte Tag stand im Zeichen einer Besichtigung des weltberühmten Profils von Dolní Věstonice/Unterwisternitz und des dortigen Museums. Die Ziegelgrube wie auch der Mammutjägerplatz von Unterwisternitz sind Begriffe für die Fachwelt geworden. Durch Funde, wie Ziergegenstände, Tierfiguren und 32 Venusstatuetten, die uns Auskunft über die Entfaltung der materiellen Kultur wie auch gesellschaftliche Entwicklung vermitteln, ist Unterwisternitz ein erstrangiges archäologisches Denkmal einer selbständigen Entwicklungsgruppe des Gravettiens in Mitteleuropa – des Pavloviens. Darüber hinaus ist dieser Standort auch für die Paläopedologie seit langem von erstrangiger Bedeutung.

Die auf hohem fachlichem Niveau stehenden und oft lebhaft geführten Diskussionen an den nicht immer optimal präparierten Profilen ließen die Aktualität für Fragen der Landschaftsgenese wie das große Interesse der rund 35 Teilnehmer erkennen. So wurden auch neue Aspekte der Morphogenese der Pollauer Berge sowie über Ursachen der intensiv dunklen Färbung der A-Horizonte von Tschernosemen bei einem eher geringen Kohlenstoffgehalts angesprochen.

Trotz fundierter und neuester Untersuchungen ist auf diesem Spezialgebiet der Bodenkunde nach wie vor ein großer Forschungsbedarf zu erkennen.

Im Verlauf dieser Diskussionen wurde auch mehrmals der Name Julius Fink genannt – und dies sollte nicht nur die Erinnerung in uns wecken, sondern auch als Auftrag verstanden werden, der Quartärforschung in Österreich neue Impulse zu geben.

Inhalt sämtlicher Mitteilungen der ÖBG

Die Inhaltsverzeichnisse sämtlicher Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft finden Sie im Internet unter der Adresse

<http://www.boku.ac.at/oebg> unter Publikationen.

Die Hefte können über die Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft, Gregor Mendelstraße 33, A-1180 Wien, oder direkt via Internet bestellt werden.

Hinweis zur Einreichung für den Kubienapreis

Bis 31. August können Arbeiten für den Kubienapreis eingereicht werden. Weitere Informationen unter

<http://www.boku.ac.at/oebg> unter Kubienapreis

