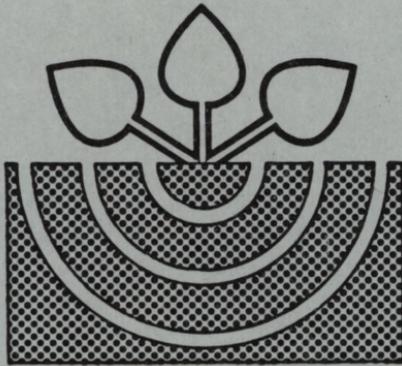


Z81/67

# MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN  
GESELLSCHAFT



Band 67

1992

ISSN-0343-107X

Schriftleitung: P. Hugenroth, Oldenburg

Unredigierte Mitgliederinformationsschrift

- Beiträge in ausschließlich wissenschaftlicher Verantwortung der jeweiligen Autoren -

**MITTEILUNGEN**  
**DER**  
**DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN**  
**GESELLSCHAFT**

**Referate und Posterbeiträge**

Sitzung der AG 4 - Informationssysteme in der Bodenkunde  
1. und 2. Oktober 1991  
HANNOVER

**Referate und Posterbeiträge**

Sitzung der Kommission I  
25. und 26. Mai 1992  
DRESDEN

**Referate und Posterbeiträge**

Sitzung der Kommission V  
14. und 15. Mai 1992  
HALLE/Saale

**Exkursionsführer**

zur Sitzung der Kommission V

**Band 67**

**1992**

I N H A L T

BAND 67

	Seite
<b>AG 4 - INFORMATIONSSYSTEME - HANNOVER</b>	
HEINEKE, H.J.:	Der Informationsbedarf für bodenkundliche Arbeiten im Rahmen von Planungen in Trinkwasserschutzgebieten und Altlastsanierungsgebieten 11
ASCH, Kristine:	Digitale Flächenverschneidung bei der Standortsuche für Siedlungsabfalldeponien 13
CORD-LANDWEHR, K., K.P.SALOMO/G. SCHWERDTFEGER/ H.SPONAGEL/B. URBAN	Auswertung von Daten eines Bodeninformationssystems für Planungen im Wasserschutzgebiet Stadensen unter Berücksichtigung der Altlastenproblematik 17
EBERLEIN, K.:	Aufbau eines Schwermetallkatasters und Bodeninformationssystems für die Stadt Bremen unter Einsatz DV-gestützter Verfahren 21
KNEIB, W.D.:	Bodenkundliche Aspekte der Altlastenerfassung und -bewertung - EDV-gestützte Lösungen - 25
KUES, J.:	Vorgehen zur Erstellung bodenkundlicher Gutachten in Wassereinzugsgebieten in Niedersachsen - Versuch einer Normierung - 29
SCHNEIDER, J.:	EDV-gestützte Dokumentation potentiell kontaminierter Standorte in Ballungsräumen 33
SCHULZ, H.:	Anforderungen und Nutzen von Bodeninformationssystemen aus Sicht der kommunalen Umweltüberwachung 37

KOMMISSION I - DRESDEN

AUGUSTIN, S. u. F.BEESE:	Änderungen der Stoffausträge aus Säulen definierter Bodenaggregate	43
BAUNGARTL, Th./ B.G.RICHARDS/ R.HORN:	Modellierung des Bodenwasserhaushaltes eines Lysimeterversuchs mit Hilfe der Finiten Elemente Methode	47
BECHER, H.H.:	Lagerungsdichten von Zylinder- und Aggregatproben verschiedener Böden	51
BOHNE, K./F.J.LEIJ/ M.Th.v.GENUCHTEN:	Eine Schnellmethode zur Bestimmung der ungesättigten hydraulischen Leitfähig- keit aus Infiltrationsmessungen	55
DEMUTH, N. u. P.GERMANN:	Dynamik transienter Fließ- und Trans- portvorgänge in strukturierten Böden II. Stofftransport	59
DURNER, W.:	Bestimmung hydraulischer Eigenschaften strukturierter Böden: Zur Problematik der Verwendung von Parameteridentifika- tionsverfahren	63
GERMANN, P. und N.DEMUTH:	Dynamik transienter Fließ- und Transport- vorgänge in strukturierten Böden	67
GLÄSER, Katrin u. W.UHLMANN:	Eignung von Reaktortests zur Zustandsbe- schreibung von Boden und Bodenwasser am Beispiel von Säure-Base-Prozessen	71
GUENTHER, D./ M.M.MOUKHAR/ M.K.H.MOUSTAFA/ J.MICHAELSEN & P.WIDMOSER	Behavior of Preferential Flow and Leaching under Different Mechanical Stresses - measurements on a structured Egyptian Vertisol -	75
HANTSCH, R./ F.BEESE und R.HOEVE:	Die Bedeutung von Steinen für den Wasser- transport - Ein idealisierter Laborver- such -	79
HORN, R.:	Die Bedeutung des Aggregierungsgrades für den Wasser- und Ionentransport	83 83
KEMMESIES, O.:	APSM-Software. Ermittlung bodenphysikali- scher Kennwerte aus Texturanalysen	87
LISCHEID, G.:	Kritische Anmerkungen zur Ermittlung von Stoffflüssen mittels Saugkerzen. Teil II: Elementgehalt in der Bodenlösung und im Vorfluter eines Einzugsgebietes	91

LUCKNER, L.:	Überwachung intensiver und extensiver Zustandsgrößen strukturierter Böden	95
LÜTKEMÖLLER, D./ S.GÄTZ/H.-G.FREDE	Auswirkung unterschiedlich strukturierter Porensysteme auf den Wasser- und Stofftransport	99
MONTENEGRO, H./ B.HERRLING:	Identifikation bodenhydraulischer Parameter in strukturierten Böden	103
NAGEL, R.F. u. F.BEESSE:	Veränderung des Transportverhaltens gelöster Stoffe durch Regenwurmgänge	107
NITSCHKE, C.:	Laborative Verfahren und Vorrichtungen zur Zustandsbewertung strukturierter Böden	111
PAGEL, R. und K.H.HARTGE:	Untersuchungen zur Auswirkung der Versiegelung auf den Wasser-, Wärme- und Stoffhaushalt von Stadtböden	115
PRIESACK, E. u. M.THOMA:	Ein Wassertransportmodell mit gekoppelter freier und poröser Strömung	119
v.d.PLOEG, R.R./ B.HUWE u. J.BACHMANN:	Ein analytisch-kinetisches Transportmodell für reaktionsfähige, gelöste Substanzen in strukturierten Böden	123
RICHTER, J. u. I.WILLENBOCKEL	Gastransport und Bodenstruktur	127
RICHTER, U. und T.HARRACH:	Stickstoffdynamik einer Parabraunerde unter Raps bei langjährig differenzierter Bodenbearbeitung	131
RÖSSNER, U.:	Einsatz von Batch-Tests zur Bewertung intensiver und extensiver biochemischer Zustandsgrößen strukturierter Böden	135
SALZMANN, Th. u. J.RICHTER:	Beschreibung der Stoffverlagerung im Feldmaßstab mittels effektiver Parameter	139
SCHMIDT, J.P.:	Kritische Anmerkungen zur Ermittlung von Stoffflüssen mittels Saugkerzen Teil I: Theoretische Aspekte der Bodenlösungsgewinnung	143
SCHMIDT, R. u. A.SKOWRONEK:	Bildanalytisch-mikromorphometrische Hohlraumquantifizierung zur Deutung des Wassertransportes in landwirtschaftlich rekultivierten Lößböden des rheinischen Braunkohlenreviers	147

SCHMIDT, S.:	Kritische Anmerkungen zur Ermittlung von Stoffflüssen mittels Saugkerzen. Teil III: Strukturanalyse von Konzentrationsverläufen in der Bodenlösung und im Gebietsabfluß	151
SOWA, E.:	Nutzung und Schutz von Rieselfeldern als Areale der naturräumlichen Grundwasseranreicherung	155
STRECK, Th. u. J.RICHTER:	Beschreibung der Schwermetallsorption in Abhängigkeit von räumlich variablen Zustandsgrößen	159
VIELHABER, B./ S.MELCHIOR u. G.MIEHLICH	Temperaturabhängige Wasserbewegung in Oberflächendichtungen von Deponien	163
WEYERS, M. und D.SCHRÖDER:	Untersuchungen zum Bodenwasserhaushalt schwächer strukturierter (ungelockerter) und stärker strukturierter (tiefgelockerter) Neulandböden aus Löß im Rheinischen Braunkohlenrevier	167
<b>Kommission V - HALLE/Saale</b>		
FINNERN, H.:	Bodenschätzung gestern - heute - morgen	173
ALTERMANN, M.:	Die Nutzung der Bodenschätzung zur Erarbeitung von Lokalbodenformenkarten und Betriebsstandortkarten für ausgewählte Gebiete Sachsen-Anhalts	175
ALTERMANN, M./ D.KÜHN und J.THIERE:	Standortkennzeichnung von Ackerschlägen durch Auswertung der Bodenschätzung und ergänzende Erhebungen	181
ALTERMANN, M. u. W.JÄGER:	Der Spitzenbetrieb der Bodenschätzung Haberhauffe/Jäger in Eickendorf	185
BAUMGARDT, H.-J.:	Situationsbericht über die Bodenschätzung in den neuen Bundesländern	191
BENNE, J./ J.-H.BENZLER u. A.CAPELLE:	Bodentypologische Profilsprache und ihre DV-gerechte Normung für das NIBIS - dargestellt an den Bodentypen Podsol, Plaggenesch und Gley	193
CORDSEN, E., H.-K.SIEM, K.KÜHL u.H.-J.WILLRODT	Bodenschätzung und Bodenschutz	197
ENGEL, E.:	Steuerliche und nichtsteuerliche Verwendung der Bodenschätzung	201

FETZER, K.D. u. P. SCHLICKEK:	Die Rolle der Bodenschätzung im saarländischen Bodeninformationssystem (SAAR-BIS)	205
FISCHER, G.:	Aufgaben und Auswertung der Bodenschätzung im ehemaligen Bezirk Erfurt von 1955-1989	209
FREUND, K.L.:	Grundlagen, Ziele und Durchführung der Bodenschätzung	213
HIEROLD, W.:	Erfahrungen bei der Nutzung von Bodenschätzungsdaten für Bodenkartierung und Bodenbewertung auf Standorten verschiedener Entstehungsarten	221
HOFFMANN, P.-G.:	Erweitertes Verfahren der Bodenschätzung zur Unterstützung des Aufbaus des NIBIS	225
HOLLANITZ, A. u. I. BENNE:	Die Bodenschätzung als Element der rechnergestützten Bodenkartierung	227
LOTHHAMMER, H./ H. BARK/P. KLÖPPEL/ J. DIESLER/S. GABRIEL/ U. REITZ u. D. WILL:	Bodenarten-/Bodengütekarte Rheinland-Pfalz 1 : 10 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung, der Weinbergsbodenkartierung des Geologischen Landesamtes und der Forstlichen Standortkartierung	229
ORTH, G.:	Die Bodenschätzung aus der Sicht der Vermessungs- und Katasterverwaltung(en)	231
PANTEL, J.:	Vorarbeiten zur Reichsbodenschätzung, Auswahl von Reichsmuster- und Landesmusterstücken	233
PEHAMBERGER, A.:	Die Bodenschätzung in Österreich	235
RATZKE, U. u. M. FRIELINGHAUS:	Berücksichtigung von Wassererosionsfolgen in der Bodenschätzung	241
RAU, D.:	Das Für und Wider zum Konzept der "Reichsbodenschätzung" vor deren Beginn am Anfang der 30er Jahre	245
REICHE, E.W. u. U. SCHLEUSS:	Untersuchungen zur Aussagegenauigkeit von Daten der Bodenschätzung anhand der Ergebnisse einer aktuell durchgeführten Bodenkartierung mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS)	249
SCHMIDT, M.W.:	Land-Evaluierung - Abschätzung des Landpotentials nach Richtlinien der FAO	253
SCHMIED, F./ R. SCHMIDT u.	Abschätzung der Schwermetallbelastbarkeit des Oberbodens auf der Grundlage der "Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung"	257

SCHRAPS, W.G.:	Die Bodenkarte im Maßstab 1 : 5 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung in Nordrhein-Westfalen	261
SCHRÖDER, D. u. 265 R. SCHNEIDER	Bodenschätzung von Neukulturen	
SIEM, H.-K. / E. CORDSEN u. H. FINNERN:	Die Musterstücke der Bodenschätzung als eine Informationsgrundlage für ein Bodenbelastungskataster	269
SPONAGEL, H. u. K.-H. OELKER:	Nutzung der Bodenschätzung für Maßnahmen zum Bodenschutz in Niedersachsen	273
STEINRÜCKEN, U.:	Methodik einer modellhaften Primärdatenerhebung im ruralen Raum mit SAAR-BIS	277
THIERE, J.:	Gewinnung und Nutzung schlagbezogener Standortinformationen für landwirtschaftliche Nutzflächen	281
UHLMANN, B.-P.:	Digitale Erfassung der Musterstücke der Bundesrepublik Deutschland	285
WALLBAUM, E.:	Die Übersetzung Bodenarten beschreibender Signa aus Gefügebeschrieben der Bodenschätzung in Boden- und Körnungsarten	287
WITTMANN, O.:	Entwicklung und Bedeutung der Auswertung der Bodenschätzung für nichtsteuerliche Zwecke	291
ZELLER, W.:	Zur Schätzung pseudovergleyter Löß-Parabraunerden	297

### Exkursionsführer

ALTERMANN, M. / P.G. HOFFMANN u. M. SCHRÖDTER:	Exkursionsführer (Auszug) für die Fachtagung der Kommission V "Bodenschätzung gestern - heute - morgen" in Halle und Eickendorf am 14. und 15. Mai 1992	303
--	---	-----

**Referate und Posterbeiträge**

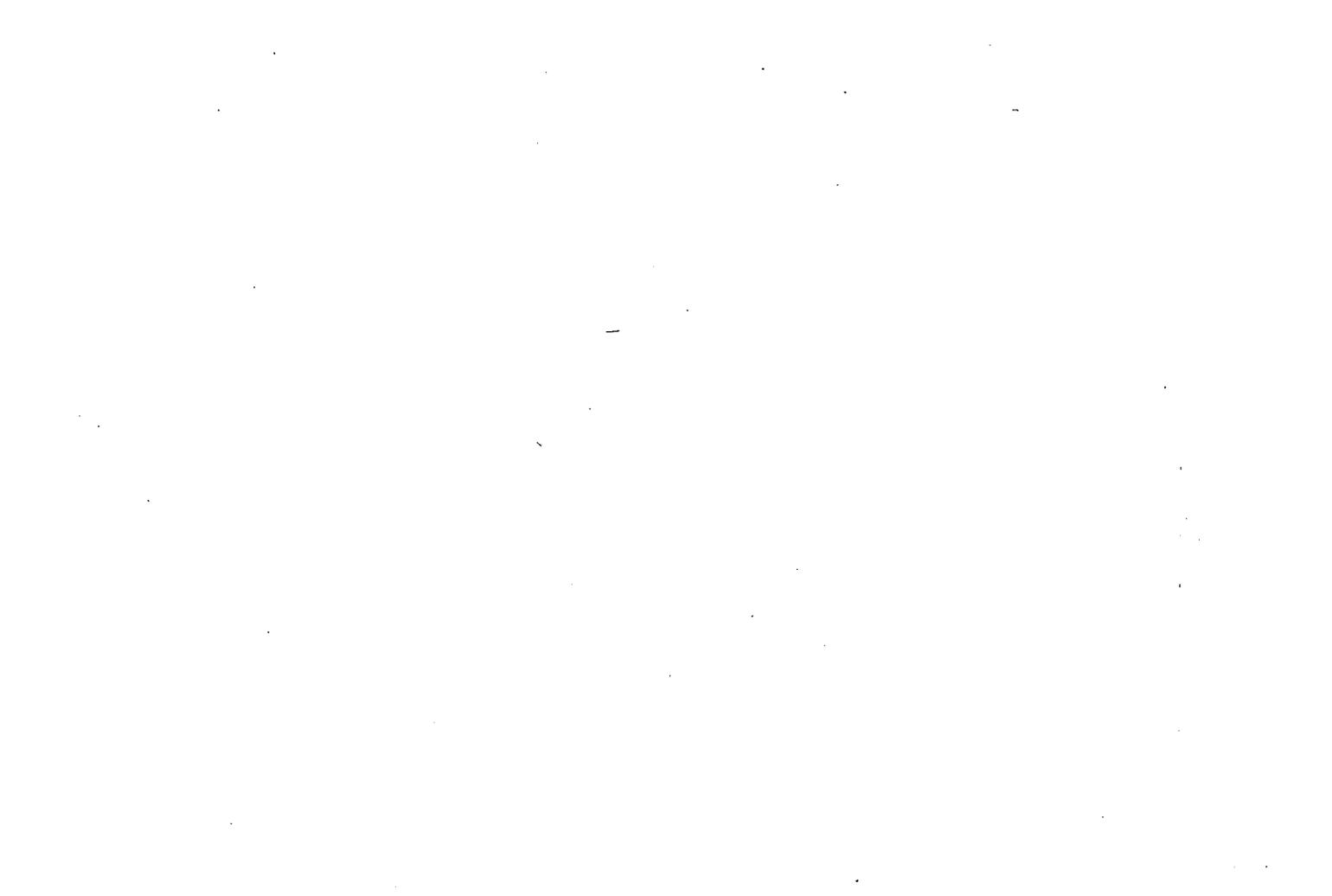
Sitzung der AG 4 - INFORMATIONSSYSTEME IN DER BODENKUNDE -

Der Informationsbedarf für bodenkundliche Arbeiten im Rahmen  
von Planungen in Trinkwasserschutzgebieten  
und Altlastensanierungsgebieten

am 1. und 2. Oktober 1991

in

HANNOVER



Der Informationsbedarf für bodenkundliche Arbeiten  
im Rahmen von Planungen in Trinkwasserschutzgebieten  
und Altlastensanierungsgebieten

von

H. J. Heineke <sup>\*)</sup>

Die Arbeitsgruppe 4 - Informationssysteme in der Bodenkunde - der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft hat auf ihrer Sitzung vom 01.10.91/02.10.91 versucht, die Anforderungen an Bodeninformationssysteme hinsichtlich der Verfügbarmachung von Daten und Methoden konkret darzulegen. Es erfolgte dies am Beispiel von bodenkundlichen Arbeiten im Rahmen von Planungen in Trinkwasserschutzgebieten und Altlastensanierungsgebieten, da aus diesen Problemfeldern sowohl gegenwärtig als auch in naher Zukunft sicher ein wesentlicher Teil der Aufgaben in der angewandten Bodenkunde erwachsen wird. Es ist heute ebenfalls unumstritten, daß ohne ein leistungsfähiges Instrument - Bodeninformationssystem - diese Aufgabe kaum zu erfüllen ist, setzt man den Anspruch einer umfassenden und seriösen Problemlösung voraus.

Die an konkreten Beispielen geführte Diskussion zeigte die Notwendigkeit, daß vor dem Hintergrund der zentralen Stellung der Böden als Durchdringungskomplex von Atmosphäre, Hydrosphäre, Lithosphäre, Biosphäre und Anthroposphäre stets ein sehr breites Merkmalsset zur Verfügung stehen muß. Da dies, insbesondere im großmaßstäbigen Bereich jedoch auch in Zukunft kaum zu realisieren ist, wird ein mehrstufiges Vorgehen notwendig. D. h., daß mindestens ein Informationsbestand bereitstehen muß, der geeignet ist, eine dem Problem angemessene übersichtsmäßige Bewertung eines Planungsraumes vorzunehmen; dies gilt für den großmaßstäbigen Bereich ebenso wie für den kleinmaßstäbigen. Ferner bedeutet dies, den Boden als Vielstoffgemisch und Durchdringungskomplex vieler Ebenen berücksichtigend, den Zugriff auf Informationen dieser Ebenen; d. h. Bodeninformationssysteme müssen auch für alle diese Bereiche gleichzeitig aufgebaut sein, um den Informationsfluß auch praxisnah verwirklichen zu können. Anschließend werden problem- und raumabhängige Detailuntersuchungen die Vorwertung ergänzen und erst so Ergebnisse ermöglichen.

---

<sup>\*)</sup> Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung,  
Stilleweg 2, D - 3000 Hannover

Vor diesem Hintergrund zeigt sich die Richtigkeit der Definitionen des im Auftrag der Sonderarbeitsgruppe 'Informationsgrundlagen Bodenschutz' der Umweltministerkonferenz erarbeiteten Vorschlages für die Einrichtung eines länderübergreifenden Bodeninformationssystems'. Die Diskussion ergab jedoch ferner, daß es ein klares Defizit hinsichtlich der Verfügbarkeit von Daten gibt, was insbesondere für die Landnutzung und den Klimabereich gilt. Hat die Be- und Verarbeitung von Parametern aus Bodenkunde und Geologie bereits eine längere Tradition und dort auch zur Entwicklung von Verfahrenswegen geführt, so steht die Bearbeitung von Landnutzungs- und Klimaparametern in Bodeninformationssystemen noch am Anfang. Dies ist vor dem Hintergrund der Anforderungen der Nutzer an diese Systeme zu sehen. Sie liegen im Bereich der Sicherstellung einer schnellen und vor allem sicheren Reaktionsmöglichkeit auf:

- sich ständig erweiternde, d. h. verändernde Datenbestände,
- neue Erkenntnisse hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen Umweltmedien,
- neue ökologische Fragestellungen und daraus u. a. ableitbarer Handlungsspielräume,
- Erstellung neuer Planungskonzeptionen.

D. h., daß neben der einfachen Bereitstellung von Informationen vor allem auch hohe Anforderungen an die problembezogenen Auswertungsmethoden/Modelle gestellt werden. In diesem Bereich ist ebenfalls noch ein großes Defizit auszumachen, da im Sinne der Produktion von fachlich und juristisch einwandfreien Ergebnissen, die neue Maßnahmen und Konzepte begründen, Verfahren entwickelt werden müssen, die im Forschungsbereich entwickelten Modelle in die Praxis zu überführen und unter Definition von Methoden- und Datenanwendungsbeschränkungen, Parametrisierungsverfahren etc. zum Einsatz bringen. Dies hat vor dem Hintergrund der Forderung zu geschehen, daß Bodeninformationssysteme erst dann ihre Aufgabe erfüllen können, wenn sie im Planungsvollzug einsetzbar sind. Weiterhin erfordern diese Rahmenbedingungen, daß die Normungsbestrebungen nicht auf Daten beschränkt bleiben dürfen; sie müssen auch für den Bereich der Auswertungsmethoden und -modelle gelten. Es ist hier ebenfalls festzustellen, daß diese Arbeiten erst am Anfang stehen.

Da für das Problemfeld der Einbindung von Landnutzungsdaten/Fernerkundungsdaten in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte zu verzeichnen sind, wird die Arbeitsgruppe zunächst versuchen, Verfahrenswege zu deren Berücksichtigung beim Aufbau von Bodeninformationssystemen aufzuzeigen; sicher wird aber auch die Modelldiskussion in der zukünftigen Arbeit eine verstärkte Rolle spielen müssen.

Digitale Flächenverschneidung bei der Standortsuche  
für Siedlungsabfalldeponien

von  
Asch, Kristine<sup>\*)</sup>

Die geologische Barriere gewinnt wegen der angestrebten Langzeitsicherheit von Deponien zunehmend an Bedeutung. Im Rahmen des "Multibarrierenkonzeptes" stellt die geologische Barriere nach den Barrieren "Abfall" und "Technische Barriere" das letzte und langfristig entscheidende Schutzpotential gegenüber dem Eintritt von Sickerwässern in den Untergrund dar.

In dem vom Niedersächsischen Umweltministerium in Auftrag gegebenen Projekt "Standortsuchräume für Siedlungsabfalldeponien in Niedersachsen" sind flächendeckend potentielle geologische Barrieregesteine (Positivflächen) auszuweisen. In der abgeschlossenen Projektphase I (DÖRHÖFER, ASCH & SIEBERT) ist dieses durch Erstellung (analoger) Karten auf der Basis der Geologischen Übersichtskarte geschehen. In der Phase II sollen diese Flächen sowie gesetzliche Ausschlußflächen (Negativflächen) digitalisiert, verschnitten und in thematischen Karten dargestellt werden.

Nach dem im Entwurf vorliegenden Standorterlaß des Niedersächsischen Umweltministeriums sollen geologische Barrieregesteine eine Mindestmächtigkeit von 5 m besitzen und einen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_t$  von  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s nicht überschreiten. Die Erfüllung dieser Anforderungen müssen durch die folgenden Detaillierungsarbeiten nachgewiesen werden.

---

<sup>\*)</sup> Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung,  
Stilleweg 2, D - 3000 Hannover

Die gesetzlichen Ausschlußflächen sind: Wasserschutzgebiete, Naturschutzgebiete, Siedlungsgebiete, Überschwemmungsgebiete sowie militärische Sperrgebiete.

Weiterhin sind aufgrund landesplanerischer und raumordnerischer Vorgaben Abwägungsflächen zu betrachten: Landschaftsschutzgebiete, Naturparke und - nach Raumordnungsgrundsätzen - Vorranggebiete sowie Gebiete mit besonderer Bedeutung für beispielsweise Rohstoffgewinnung und Erholung. Diese Gebiete werden jedoch vorerst nicht berücksichtigt.

Beispielhaft für den Ablauf digitaler Flächenverarbeitung (s. Abb.1) wurde die TK25 Neuenkirchen bearbeitet. Im Verlaufe mehrerer Arbeitsschritte müssen die Flächen digitalisiert und einem grafikverarbeitenden System bereitgestellt werden. Hier wurde das im NLFB entwickelte System GIROS-PK (Graphisch Interaktives Raster-Orientiertes System zur Planungskarten-Konstruktion). Es handelt sich um ein hybrides graphisches System, das die Vorteile der vektoriiellen und rasterorientierten Bildverarbeitung miteinander kombiniert. Flächen-, Linien-, und Punktobjekte können verarbeitet werden, so daß eine flexible thematische Kartenerstellung möglich ist.

Auf Beispielblatt Neuenkirchen waren die geologischen Flächeninformationen und damit auch die Flächen mit potentiellen geologischen Barrieregesteinen - hier sind es ausschließlich tertiäre Beckentone und Geschiebelehm der Drenthe-Kaltzeit - bereits digitalisiert worden. Auch die gesetzlichen Ausschlußflächen liegen im NLFB digitalisiert vor.

Die einzelnen thematischen Flächeninhalte wurden am Bildschirm überlagert und verschnitten. Als sinnvoll für die Vorgehensweise bei der Standortsuche für Deponien hat es sich erwiesen, Positiv- und Negativflächen additiv miteinander zu verschneiden, d.h. in Überlagerungsfällen werden neue Flächen mit den Verschneidungsinhalten gebildet und zusammen mit den unveränderten Restflächen dargestellt.

So entsteht ein Bild der subtraktiven Positivflächen, der restlichen Negativflächen und der Verschneidungsflächen, in denen sich gesetzliche Schutzgebiete mit Flächen potentieller geologischer Barrieregesteinen überlagern. Mit subtraktiven Positivflächen werden hier die Teilflächen geologischer Barrieregesteine bezeichnet, die nach Abzug der gesetzlichen Ausschlußflächen verblieben sind.

Die sinnvollste Darstellungsmöglichkeit ist eine Karte aller genannten Flächen. Um Suchräume für mögliche Deponiestandorte einzugrenzen, ist es unbedingt erforderlich, die Grenzen der Negativflächen in den Karten zu belassen. Damit ist sichergestellt, daß diese Flächen auch bei späteren Überlegungen nicht als potentielle Suchräume zur Verfügung stehen.

Das Programm GIROS wird im NLfB durch das Dokumentations- und Abfragesystem für Schicht- und Probendaten "DASP" ergänzt. Dieses Programmsystem ist u.a. ein Werkzeug zur Auswertung der Bohrendatenbank Niedersachsen auszuwerten, in der Schicht-, Titel- und Probendaten von Bohrungen gespeichert sind.

Mit Hilfe von DASP-Suchfragen werden die Schichtdaten nach folgenden für die Standortsuche notwendigen Kriterien klassifiziert und selektiert:

1. Die Gesteinseinheiten müssen schluffig-tonig sein und sollen den o.g. Durchlässigkeitsanforderungen entsprechen.
2. Die Mächtigkeit darf nicht geringer als 5 m sein.
3. Die Schichten dürfen nicht tiefer als 5 m unter Geländeoberkante (GOK) beginnen.

Das Ergebnis dieser Suche ist eine Datei, die die Schichtdaten enthält, die den o.g. Kriterien entsprechen. Bei ausreichender Bohrpunktdichte tragen diese Informationen, zur Bestätigung oder Modifizierung (Erweiterung oder Minderung) der subtraktiven Positivflächen bei.

Somit werden durch das DASP-Retrieval Schichtenverzeichnisse selektiert, die potentiell geeignete Standortsuchräume auch dort belegen, wo die Tiefenaussage der geologischen Karte nicht ausreicht.

Bei der digitalen Arbeit am Bildschirm ergeben sich wichtige Informationen darüber, wo zusätzliche Geländeuntersuchungen in Hinblick auf die Verbreitung und die Eigenschaften potentieller Barrieregesteine sinnvoll sind.

#### Literatur:

DÖRHÖFER, G., ASCH, K & SIEBERT, H. (1991): Verbreitung potentieller Barrieregesteine für die Anlage von Siedlungsabfalldeponien in Niedersachsen; Gutachten erstellt im Auftrag des Nds. Umweltministeriums, Hannover.

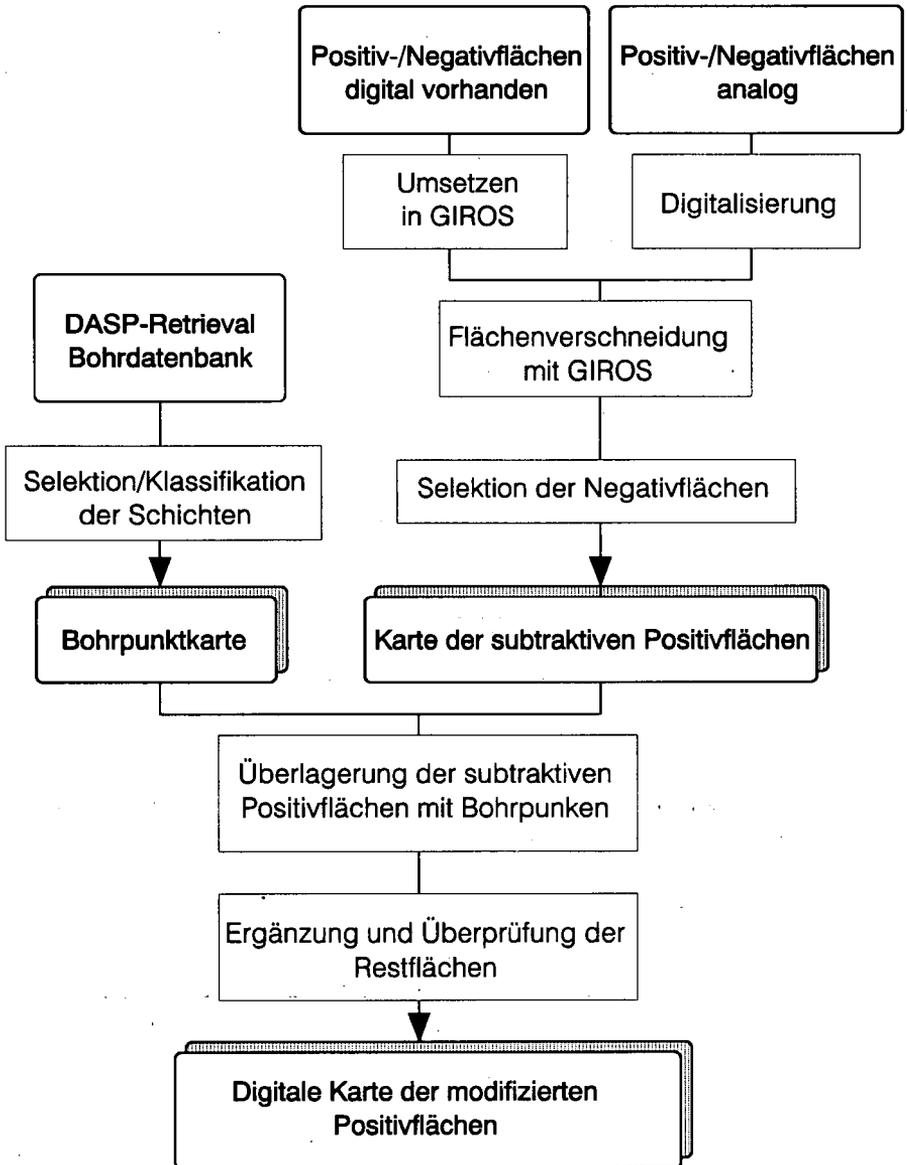


Abb. 1: Ablauf der digitalen Arbeitsschritte bei der Standortsuche für Siedlungsabfalldeponien

## Auswertung von Daten eines Bodeninformationssystems für Planungen im Wasserschutzgebiet Stadensen unter Berücksichtigung der Altlastenproblematik

von  
K.Cord-Landwehr \*), K.-P.Salomo \*), G.Schwerdtfeger \*),  
H.Sponagel \*\*) und B.Urban \*)

### 1. Einleitung

In einem Wasserschutzgebiet ist zur Charakterisierung des Transport-, Umsatz-, Filter- und Speichervermögens der anstehenden Böden je nach örtlichen Verhältnissen die Erfassung folgender, aus einer Bodenkartierung abgeleiteter Parameter erforderlich (CORD-LANDWEHR, K.u.G.SCHWERDTFEGER, 1990): Bodenarten, Grund- und Stauwasser, Humus- und Carbonatgehalt, pH- und C/N-Wert, Sorptionsvermögen, Lagerungsdichte, Feldkapazität, nutzbare Feldkapazität, gesättigte Wasserleitfähigkeit, kapillare Aufstiegshöhe, Grenzflurabstand, standortkundliche Feuchtestufe, potentielle und aktuelle Durchwurzelungstiefe, Neigung. In Verbindung mit der Jahresniederschlagsmenge und weiteren klimatischen Daten kann die Grundwasserneubildung ermittelt werden. Im nordwestdeutschen Flachland beträgt diese zwischen 50 und 300mm jährlich (SCHWERDTFEGER, G., 1985) u. (DAMRATH/CORD-LANDWEHR, 1992).

Der im Wasserschutzgebiet Stadensen zuständige Wasserversorgungszweckverband Landkreis Uelzen (WVU) hat bereits vor einigen Jahren von einem Ingenieurbüro eine Bodenkartierung durchführen lassen. 1991 ist vom NLFB die Kartierung auf dem Blatt Wieren (TK 3129) begonnen worden. Da das Wasserschutzgebiet Stadensen hierbei voll erfaßt wird, kann in Zukunft die Festsetzung des Ausgleichs für wirtschaftliche Nachteile auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Grundstücken mit Auswertung dieser Bodenkartierung erfolgen.

### 2. Rechtliche Grundlage für einen Ausgleich

Durch das 7. Gesetz zur Änderung des Niedersächsischen Wassergesetzes (NWG) wurde als landesrechtlicher Vollzug des § 19, Abs. 4 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) der § 51 a NWG eingefügt.

Diese Bestimmung sieht einen angemessenen Ausgleich für wirtschaftliche Nachteile auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Grundstücken vor, die durch Schutzbestimmungen für Wasserschutzgebiete verursacht worden sind. Hierbei stehen pflanzenschutzrechtliche Verbote und Beschränkungen solchen Schutzbestimmungen gleich. Als Stichtag für das Entstehen des Ausgleichsanspruchs hat der Gesetzgeber rückwirkend den 1.1.1987 bestimmt.

\*) Fachhochschule Nordostniedersachsen Fachbereich Bauingenieurwesen ( Wasserwirtschaft und Kulturtechnik), 3113 Suderburg

\*\*) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, 3000 Hannover 51, Stilleweg 2

Wesentliche Einschränkungen in allen Schutzgebietszonen des WVU sind jedoch erst seit Inkrafttreten der Pflanzenschutzmittelanwendungsverordnung vom 1.9.1988 gegeben, so daß wirtschaftliche Nachteile erstmalig zur Ernte 1989 auszugleichen sind.

### 3. Ausgleichsleistungen in Wasserschutzgebieten 1989 und 1990

Um für die Jahre 1989 und 1990 zu einem angemessenen Interessenausgleich zu gelangen, haben die beiden niedersächsischen Landwirtschaftskammern im April 1991 Berechnungsgrundlagen für Ausgleichsleistungen in Wasserschutzgebieten vorgelegt. Dieser Ausgleich bezieht sich nur auf die durch Verordnungen festgelegten Anwendungsverbote und -beschränkungen für Pflanzenbehandlungsmittel. Dabei werden als Nachteile für die landwirtschaftliche Nutzung Mehrkosten für die Verwendung von Alternativprodukten und -verfahren, Mindererträge und Qualitätsminderungen der Ernteprodukte der Ausgleichsberechnung zugrunde gelegt. Diese für ganz Niedersachsen erstellten Berechnungsgrundlagen berücksichtigen die örtlichen Bedingungen nicht für jeden Standort. Daher werden auch für diese erstmaligen Ausgleichszahlungen noch keine Bodenkarten herangezogen. Die in Tabelle 1 aufgeführten standort- und fruchtartenspezifischen Pauschalbeträge orientieren sich in erster Linie an durchschnittlichen Verhältnissen, wobei in wesentlichen Positionen eine Differenzierung nach Ertragsverhältnissen und innerbetrieblichen Anpassungsmöglichkeiten vorgenommen wurde.

Tabelle 1 Ausgleichsbeträge für wirtschaftliche Nachteile infolge des Anwendungsverbots von Pflanzenschutzmitteln mit W-Auflage in Wasserschutzgebieten in DM/ha

angebaute Frucht	1989	1990
Wintergerste	19,00	263,00 - 443,00
Winterroggen	17,00	236,00 - 416,00
Winterweizen	158,00	217,00 - 407,00
Sommergerste	-----	110,00 - 290,00
Hafer	-----	107,00 - 297,00
Zuckerrüben	477,00	364,00
Kartoffeln	728,00	797,00
Winterraps	235,00	281,00
Mais	83,00	108,00
Grünland	102,00	128,00

Für andere Früchte wie Spargel oder Feldgemüse wird 1989/90 vom WVU kein Ausgleich berechnet; hierfür kann ein Einzelfallausgleich gezahlt werden, bei dem der beantragende Landwirt den Ausgleich gemäß Einzelnachweis selbst belegt und errechnet.

Zu den in Tabelle 1 genannten Beträgen wurden von einer Arbeitsgemeinschaft im Landkreis Uelzen in wesentlichen Positionen Differenzierungen nach örtlichen Ertragsverhältnissen vorgenommen. Dadurch ergeben sich abweichende Ausgleichsbeträge, die jedem in einem Wasserschutzgebiet wirtschaftenden Landwirt vom WVU im Rahmen einer örtlichen Versammlung mitgeteilt wurden. Diese Beträge beantragt der Landwirt für seine Flächen im Wasserschutzgebiet auf einem einheitlichen Formular beim WVU. Mit seiner Unterschrift schließen der Antragsteller und der WVU einen Vertrag, mit dem weitere Ansprüche sowohl dem Grunde als auch der Höhe nach ausgeschlossen werden.

Für 1991 werden die Grundwerte nach gleichen Richtlinien von den beiden niedersächsischen Landwirtschaftskammern neu berechnet. Für die zukünftigen Jahre wurden vom Niedersächsischen Umweltministerium erweiterte Schutzbestimmungen angekündigt. Dabei ist auch mit Vorschriften für die Mineraldüngung zu rechnen. In den Berechnungsbetrieben des Landkreises Uelzen ist eine standortspezifische Aufgliederung erstrebenswert. Hierbei sind Bodenkarten für die Ermittlung der Standortunterschiede unerlässlich.

#### 4. Bodenkartierung auf dem Blatt Wieren

Eine bundesweit vergleichbare Bodenkartierung unter Berücksichtigung von Bodeninformationssystemen (GEHRT u. SPONAGEL, 1991) erfaßt alle bodenkundlich interpretationsfähigen Unterlagen digital und nutzt diese mit Hilfe räumlicher Vorhersagemodelle für die rechnergestützte Konstruktion von Bodenkarten (HENNINGS u. SPONAGEL, 1991).

Hierzu werden alle verfügbaren topographischen, vegetationskundlichen (auch aus Luftbild- und Satellitenaufnahmen), bodenkundlichen, geologischen, geomorphologischen und geohydrologischen, historischen, forstlichen und klimatischen Daten ausgewertet. Mit dieser Konzeptkarte wird die Arbeit im Gelände erleichtert, die auf dem Blatt Wieren im Spätsommer 1991 begonnen wurde.

Während der Tagung der Arbeitsgruppe Bodeninformationssysteme am 1.10.1991 wurden für die Bodenfeuchteverhältnisse im Bereich des Blattes Wieren Auswertungskarten vorgestellt. Über diese wird von SPONAGEL getrennt berichtet.

Die bei der Bodenkartierung erhobenen Daten sind digital erfaßt. Um eine anforderungsgerechte wasser- und landwirtschaftliche Nutzung in Trinkwasserschutzgebieten anzustreben, sind diese Daten in komplexen mathematischen Modellen zu verarbeiten (MEISSNER, 1991). In Lysimeteruntersuchungen auf der Forschungsstelle Falkenberg wurde für vier Böden ermittelt, daß eine Verringerung des N-Mineraldüngereinsatzes nicht gleichzeitig zu einer Reduktion der N-Auswaschung führt. Eine standortangepaßte landwirtschaftliche Nutzung auf der Grundlage einer umfassenden Bodenkartierung sichert optimierte Erträge, gewährleistet die weitgehende Nutzung des Nährstoffdargebots und schützt vor überhöhter Auswaschung (MEISSNER, 1991).

#### 5. Grundwassermeßprogramm

Für das Wasserwerk Stadensen werden vom WVU, auch im Rahmen von Diplomarbeiten der FH in Suderburg, die bestehenden Meßstellen des 1. und 2. Stockwerks beprobt und ausgewertet. Seit zwei Jahrzehnten werden für die Seitenräume des benachbarten Elbe-

Seitenkanals Grundwassermeßstellen zur Beweissicherung betrieben. Diese werden vom WVU für die Grundwassererkundung im benachbarten Wasserwerk Niendorf II herangezogen.

## 6. Altablagerungen im ländlichen Raum

Für diese ist im Gegensatz zu industriellen Ballungsgebieten die Untersuchung der Schadstoffausträge und -pfade unbeeinflusst durch Fremdeinwirkungen möglich. Im Rahmen mehrerer Diplomarbeiten werden bestehende, aber auch neu zu errichtende Grundwassermeßstellen hydrochemisch beprobt. Mit Hilfe eines Schadstofftransportmodells wird der Schadstoffpfad berechnet und mit den Messungen korreliert. Hiermit kann ausgeschlossen werden, daß in einem Wassergewinnungsgebiet des WVU eine Gefährdung durch derartige Schadstoffausträge möglich ist.

Bei der Kartierung des Blattes Wieren sind nur örtliche Hausmülldeponien zu erwarten, die seit etwa 20 Jahren stillgelegt sind. Sie werden bei der Geländearbeit nicht durch Bohrungen erkundet, um dadurch verursachte Grundwasserbelastungen zu vermeiden.

## 7. Auswertung

Neben der Auswertung der Kartierung im NLFb und anderen Forschungsstellen ist diese auch den örtlichen Stellen zugänglich zu machen. Soweit sie wie der WVU über leistungsfähige Hardware verfügen, sind ihnen mit der Kartierung auch Auswerteprogramme zur Verfügung zu stellen.

## 8. Zusammenfassung

Für das Wasserschutzgebiet Stadensen des WVU wird für 1989/90 über die Zahlung von Ausgleichsbeträgen berichtet, die ohne Bodenkartierung erfolgt. Für deren zukünftigen Einsatz mit Hilfe von Bodeninformationssystemen werden die erforderlichen Voraussetzungen diskutiert. Auch für Altablagerungen im ländlichen Raum ist bei Erstellung von Schadstofftransportmodellen eine Auswertung der Bodenkartierung von Nutzen.

## 9. Literatur

- CORD-LANDWEHR, K. u. G. SCHWERTFEGGER: Nitratbelastung im Grundwasser am Beispiel des Wasserwerks Holdorf. Wasser und Boden, 42, 216-220, 1990.
- DAMRATH, H. u. K. CORD-LANDWEHR (1992): Wasserversorgung, 10. Auflg. Verlag B.G. Teubner, Stuttgart.
- GEHRT, E. u. H. SPONAGEL: Forderungen an eine bundesweit vergleichbare Bodenkartierung unter Berücksichtigung von Bodeninformationssystemen. Mittlgn. d. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 65, 83-86, 1991.
- HENNINGS, V. u. H. SPONAGEL: Wege zur zukünftigen Bodenkartierung im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, Geol. Jb., A 126, 21-36, 1991.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN HANNOVER und WESER-EMS: Berechnungsgrundlagen für Ausgleichsleistungen in Wasserschutzgebieten, 1991.
- MEISSNER, R.: Quantifizierung des Stickstoffaustrages aus landwirtschaftlich genutzten Trinkwasserschutzgebieten auf der Grundlage v. Lysimeteruntersuchungen. Z.f. Kulturtechnik u. Landentwicklung, 32, 309-317, 1991.
- SCHWERTFEGGER, G.: Grundwasserneubildung im Uelzener Becken unter Berücksichtigung unterschiedlicher bodenphysikalischer Verhältnisse. Mittl. d. Dtsch. Bodenkdl.-Ges., 43, 287-293, 1985.

## Aufbau eines Schwermetallkatasters und Bodeninformationssystems für die Stadt Bremen unter Einsatz DV-gestützter Verfahren

von

Eberlein, K. <sup>+</sup>

### 1. Veranlassung und Ziel der Untersuchungen

Anfang der 80er Jahre hat der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung Bremen (SfUuS) in einigen Parkanlagen Bremens und Bremerhavens bodenkundliche Untersuchungen durchführen lassen (SCHEFFER & PLUQUET 1984; KUES & ORTLAMM & VOIGT 1985). Dabei hatte sich gezeigt, daß vor allem in den Oberböden örtlich deutlich erhöhte Schwermetallgehalte vorliegen.

Daraufhin hat der SfUuS beim Bodentechnologischen Institut des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (NLfB) ein Bodenuntersuchungsprogramm für das Land Bremen und Bremerhaven in Auftrag gegeben. Ziel der Untersuchungen war die flächendeckende Ermittlung des Belastungszustandes der Böden Bremens und Bremerhavens mit Schwermetallen. Die gewonnenen Daten sollten als Bodeninformationssystem (BIS) organisiert und in digitaler Form vorgehalten werden - und zwar in einer Struktur, die eine spätere Einlagerung in das Niedersächsische Bodeninformationssystem (NIBIS) (HEINEKE 1987) erlaubt.

Im folgenden werden die in diesem Projekt geleisteten Arbeiten kurz vorgestellt. Die Veröffentlichung konkreter Untersuchungsergebnisse obliegt dem SfUuS und erfolgt nach Abschluß des Projektes.

### 2. Flächenauswahl und Vorgehensweise

Zunächst wurden auf der Basis eines 500m-Rasters im ganzen Bundesland Bremen Bodenproben entnommen. Um einen Vergleich über das Ausmaß der Schwermetallbelastung im eigentlichen Stadtbereich anstellen zu können, sind zunächst die stadtfernen Landesteile, wo kaum Schadstoffeinträge zu erwarten waren, rasterorientiert beprobt worden. Daran anschließend verlagerten sich die Arbeiten in das eigentliche Stadtgebiet.

Neben dieser großflächigen Übersicht bestand aber auch ein Informationsbedarf über die Schadstoffbelastung von Flächen auf dem Sektor Freizeit, Erholung, Sport. Deshalb wurden nach Abschluß des Grobrasters noch folgende Arbeiten durchgeführt:

- Bodenkundliche Kartierung und Beprobung sämtlicher Kleingartenanlagen Bremens und Bremerhavens in einem engmaschigen Beprobungsnetz
- Beprobung sämtlicher Kinderspielplätze Bremens
- Kartierung und Beprobung einiger Park- und Grünflächen.

### 3. Geländearbeiten

Von einigen wenigen abgeschlossenen Projekten abgesehen (z.B. in Hannover, Kiel, Berlin, Hamburg) befindet sich die Untersuchung, insbesondere die Kartierung von urban, gewerblich und industriell genutzten Böden, noch in einem Anfangsstadium. Die Bodenkunde bewegt sich hier in einer neuen Umgebung. Neuartige, technologische Substrate, auch Altlasten, mit anderen Merkmalen und Eigenschaften rücken in das Blickfeld der Bodenkunde.

Dies führt vielfach dazu, daß die im Datenschlüssel Bodenkunde (OELKERS 1984) und in der KA3 (BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG 1982) aufgeführten Kürzel-Listen einiger Datenfelder, zur EDV-gerechten Beschreibung der Titel- oder Horizontdaten von Standorten in urbaner Lage nicht mehr ausreichen und des-

halb erweitert werden müssen.

Speziell gilt dies für die Begriffsliste, die für die Beschreibung der Flächennutzungsart (Datenfeld KULTUR) zur Verfügung steht.

Erste Vorschläge dahingehend sind vom AK Stadtböden (ARBEITSKREIS STATDBÖDEN 1989) in seinen Empfehlungen zur Erstellung einer Kartieranleitung für urban, gewerblich und industriell überformte Flächen (Stadtböden) bereits gemacht.

Gerade in urbanen Räumen kann nämlich für die Interpretation von Schwermetalluntersuchungen außer der aktuellen, auch die Kenntnis früherer Nutzungen von Bedeutung sein. Derartige Informationen müssen - soweit vorhanden - in einer einheitlichen Form erfaßt werden, um in der Endphase des Projektes eine saubere Auswertung über eine nutzungsbezogene Klassifizierung der Daten betreiben zu können.

Bis zum Vorliegen einer Kartieranleitung, die sich inhaltlich auch speziell mit der Bearbeitung von anthropogen überprägten Böden befaßt, muß der Kartierer einen eigenen, auf seine Bedürfnisse abgestimmten Datenschlüssel entwerfen. Im vorliegenden Falle wurde, aufbauend auf dem Datenschlüssel Bodenkunde, die Begriffsliste des Datenfeldes KULTUR um stadtspezifische Flächennutzungen erweitert (BENZLER & EBERLEIN 1990) und damit auch die Möglichkeit geschaffen, punkt-, flächen- und zeitbezogene Zusatzangaben EDV-gerecht mit in die Beschreibung einzubeziehen.

Die **Horizontbeschreibung** erfolgte nach der KA3 und dem Datenschlüssel Bodenkunde (OELKERS 1984). Die Geländearbeiten haben gezeigt, daß auf dieser Grundlage eine saubere bodenkundliche Horizontbeschreibung anthropogen überprägter Böden möglich und auch praktikabel ist. Lediglich eine freiere Kombierbarkeit der geogenetischen, pedogenetischen und anthropogenetischen Zusatzsymbole mit den Horizontsymbolen sollte noch legitimiert werden. Die **Bodenklassifikation** wurde nach einem speziell für Kartierzwecke des NlFB entworfenen Schema (MÜLLER, LÜDERS & BENZLER 1984) vorgenommen. Hinsichtlich der bodensystematischen Stellung der anthropogenen Böden deckt sich dieses Schema im wesentlichen mit den Vorstellungen des AK Bodensystematik. Auf dieser Basis war eine **Typisierung** der anthropogenen Böden, insbesondere der Auftragsböden, ohne Schwierigkeiten möglich. Je nach den beobachteten Merkmalen und Eigenschaften erfolgte eine Zuordnung in Form eines Übergangsbodentyps zu den entsprechenden Abteilungen.

Bodenkundliches Arbeiten in der Stadt heißt, sich überwiegend mit 'Aufträgen' (potentielle Altlasten), also dem Bodentyp Auftragsboden und den dazugehörigen Übergangstypen, zu beschäftigen. Die bodenkundlichen Besonderheiten von Auftragsböden sind in der Fachliteratur vielfach aufgeführt. Bei den Geländearbeiten beeindruckt dabei am meisten die extreme Variabilität in der Zusammensetzung der Substrate. Die Spannweite reicht dabei von erstaunlich homogen aufgebauten, auch großflächig verbreiteten, Auftragsbodenprofilen aus natürlichen Ausgangssubstraten bis hin zu Profilen mit einer regellosen Vergesellschaftung natürlicher und technogener Substrate verschiedener Komponenten-Gruppen. Die bodenkundliche Bearbeitung der letztgenannten Substrate, insbesondere das Auskartieren von Bodeneinheiten, bereitet im Vergleich zu natürlich gewachsenen Standorten vorwiegend kartiertechnische Probleme. Des öfteren sind auf solchen Standorten Kleingärten angelegt worden. Die bodenkundliche Kartierung gestaltete sich in solchen Fällen zum Teil sehr aufwendig, besonders wenn keine weiteren Vorinformationen zur Verfügung standen. Überdies können auf kleinen Eigentumsflächen (Einzelhausbebauung, Kleingartenparzellen) durch Individualeingriffe jeglicher Art in den Boden bereits auf Parzellenebene, je nach Neigungen und Gepflogenheiten des Besitzers, kleinräumig differenzierte Boden- und Belastungsmuster vorliegen. Die Ausprägungsintensität solcher Muster verstärkt sich wohl mit zunehmender Nutzungsdauer.

Nichtsdestoweniger können sich Profilaufbau und Ausgangssubstrat von Auftragsböden zum Teil flächenhaft als erstaunlich homogen erweisen, wie es oft innerhalb von Großsiedlungen der Fall ist. Die Gründe dafür sind darin zu sehen, daß es sich hier um einen einheitlichen Bebauungstyp handelt, bei dem eine Individualnutzung der Flächen nicht gestattet ist und daher Individual-eingriffe in das Solum unterbleiben.

#### 4. Probenahme und Analytik

Für die Analysen wurden an den 500-Meter-Rasterpunkten und in den Kleingärten Volumenproben aus dem Oberboden entnommen, und zwar bei Ackernutzung oder Grabeland bis 20 cm Tiefe, bei Grünland oder Rasen bis 10 cm Tiefe. An jedem Probeentnahmepunkt wurde eine bodenkundliche Profilaufnahme bis 2 Meter Tiefe vorgenommen. Die umfangreiche Analytik wurde beim Bodentechnologischen Institut in Bremen organisiert und betreut.

Folgende Parameter wurden ermittelt:

PH-Wert, Corg, CaCO<sub>3</sub>, N, PDL, KDL, sowie die Schwermetalle (als Gesamtgehalte aus dem Königswasseraufschluß) As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Tl und Zn.

#### 5. Datenbestand und Organisation

Das Stadtgebiet Bremens verteilt sich auf insgesamt 7 TK25. Bereits in den 70er Jahren sind diese Blätter im Rahmen der bodenkundlichen Landesaufnahme in den Bodenkarten von Niedersachsen 1:25000 kartiert worden. Das bedeutet, daß für die landwirtschaftlich genutzten Außenbereiche Bremens bereits hinreichend genaue bodenkundliche Unterlagen existieren.

Für die neu zu kartierenden Flächen konnte im Vorfeld der Geländearbeiten auf geowissenschaftliche Informationen aus der Reichsbodenschätzung, von geologischen Karten, der Baugrunderkarte Bremen sowie historischen Karten zurückgegriffen werden.

Nach der digitalen Aufbereitung der vorhandenen Unterlagen, der Geländeaufnahmen und der Analyseergebnisse ergibt eine zusammenfassende Betrachtung des digital vorliegenden Datenbestandes folgendes Bild:

##### FLÄCHENDATEN

1. **Flächendatenbank** - auf Basis der DGK5 (147 Karten) digitalisierte bodenkundliche Grenzen aus den vorliegenden BK25, der Parkkartierung und der Kleingartentkartierung; außerdem besondere Nutzungstypen, z. B. Spielplätze, Altstandorte (Bremerhaven), Spülfelder, Wasserflächen sowie die Landesgrenze.
2. **Datenbank mit Flächeninhalten** - eine BK25-übergreifende **Generallegende** für Bremen und Bremerhaven mit flächenrepräsentativen Leitprofilen, verknüpfbar mit der Flächendatenbank.

##### PUNKTDATEN

3. **Bohrdatenbank** - Punktuell erhobene Profilbeschreibungen (ca. 2000) an den Probenentnahmestellen, verknüpfbar mit der Labordatenbank.
4. **Labordatenbank** - Analyseergebnisse sämtlicher (ca. 2500) Bodenproben (Bodentechnologisches Institut Bremen).
5. **Bodenprobenbank** - Feldfrischer und getrockneter, homogenisierter Anteil von jeder Bodenprobe; (Bodentechnologisches Institut Bremen).

Mit der Einlagerung dieser Daten ins NIBIS finden die Arbeiten einen vorläufigen Abschluß. Vorläufig deshalb, weil sich jetzt erst die Möglichkeiten einer effektiven Nutzung der Datenbasis über die Methodenbank des NIBIS (MÜLLER 1990) eröffnen, jetzt kann erst von einem BIS gesprochen werden. Mittels eines Geographischen Informationssystems können dann rechnergestützt Auswertungskarten für unterschiedliche Planungs- und Umweltschutzaufgaben der Landesverwaltung erstellt werden, zum Beispiel für die Bereitstellung bodenkundlicher Fachbeiträge zur Raum- und Landschaftsplanung, zum Grundwasserschutz in Trinkwassergewinnungsgebieten und zur Erfassung und Bewertung kontaminierter Standorte.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

Für das Bundesland Bremen und Bremerhaven wurde im Auftrag des Umweltsenators ein landesweites Schwermetallkataster erstellt. Kinderspielplätze und Kleingartengebiete sind dabei schwerpunktmäßig untersucht worden. Die vom SflU/S getroffene Auswahl der auf ihre Schadstoffgehalte zu untersuchenden Objekte signalisiert einen vordringlichen Informationsbedarf für Flächen, die der Freizeit, Erholung und dem Sport gewidmet sind.

Auf der Grundlage vorliegender und v. a. im Rahmen des Projektes ermittelter bodenkundlicher Basisdaten erfolgte im gleichen Zuge der Aufbau eines BIS, durch dessen Einsatz eine effektive Bereitstellung bodenkundlicher Informationen für Raumplanung und Umweltschutz gewährleistet werden kann.

Fachlich gesehen präsentieren sich die Stadtböden in Form urban, gewerblich und industriell überformter Flächen in zunehmenden Maße als Untersuchungsgegenstand sowohl der wissenschaftlichen als auch der angewandten Bodenkunde. Für eine Optimierung und landesweite Normierung von Profil- oder Substratbeschreibungen urbaner Böden scheint deshalb eine umgehende und mit anderen Institutionen abgestimmte Erweiterung der Begriffslisten bestimmter Datenfelder des Datenschlüssels Bodenkunde (OELKERS 1984) bzw. der KA3 dringlich.

Was die Klassifizierung der 'Stadtböden' angeht, sollte geprüft werden, ob nicht auf der Basis des Bundesdeutschen Klassifikationssystems des AK Bodensystematik (MDBG Bd.44, 1985) aufgebaut werden kann.

Diese Arbeiten sind nötig, um eine landesweite Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, und es bleibt zu hoffen, daß sich kompetente Gremien - z.B. der AK Stadtböden - um eine abschließende Bearbeitung dieser Probleme bemühen.

### Literatur

- ARBEITSKREIS STADTBÖDEN (1989): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). - UBA-Texte 18/89; Berlin.
- ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 3. Auflage; Hannover.
- BENZLER, J.H. & EBERLEIN, K. (1990): Ein Vorschlag zur EDV-gerechten Erweiterung der Begriffsliste des Datenfeldes KULTUR (Nutzung) unter besonderer Berücksichtigung stadtspezifischer Nutzungstypen. - [Unveröff. Skript, NLFb Hannover]
- HEINEKE, H.J. (1987): Das Bodeninformationssystem Niedersachsen. - Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., 55: 757-763;
- MÜLLER, U. (1990): Niedersächsisches Bodeninformationssystem - Methodenbank -. - [Unveröff. vorläufige Dokumentation des NLFb Hannover zur Methodenbank]
- MÜLLER W., LÜDERS R. & BENZLER, J.H. (1984): Ein anwendungsorientiertes Klassifikationssystem für Bodentypen auf Grundlage der Quantifizierung von Bodenmerkmalen und Bodeneigenschaften. - Geol. Jb., A 75: 643-714; Hannover.
- SCHEFFER, B. & PLUQUET, E. (1984): Untersuchungen über den chemischen Zustand der Böden in der Stadtgemeinde Bremen. - [Unveröff. Gutachtentext des NLFb Hannover]
- KUES, J., ORTLAM, D. & VOIGT, H. (1985): Bodenkundliche Standortaufnahme in Parks der Freien und Hansestadt Bremen. - [Unveröff. Gutachtentext des NLFb Hannover]

Bodenkundliche Aspekte der Altlastenerfassung und -bewertung  
- EDV gestützte Lösungen -

von

Kneib, Wolfram D. †)

Die Ausgangssituation

Die Erfassung und Bewertung von Altlasten stand anfänglich ausschließlich unter der Zielsetzung der Gefährdungsabschätzung des Schutzgutes Grundwasser. Demzufolge hatten hydrogeologische Verfahren den Vorrang, bodenkundliche Ansätze und Methoden blieben ausgeblendet.

Mit einer mittlerweile erweiterten Begrifflichkeit, bei der unter Altlasten, Altablagerungen, Altstandorte, Ausbringungsflächen und sonstige Flächen ubiquitärer Belastung verstanden werden können, und einer Präzisierung bzw. Differenzierung der Erfassungs- und Bewertungsverfahren, nicht nur in mehrere Phasen unterschiedlicher Detaillierungsgrade und differierender Zielsetzung, sondern auch der Erweiterung des Gefährdungsbegriffs und der Schutzgüter, ist eine Einbeziehung des Bodens im bodenkundlichen Sinne, seiner Methoden und fachlichen Vertretung unumgänglich.

Mit dem mehrphasigen Verfahren und einer nicht nur durch die aktuelle Belastung des Stoffbestandes durch Problemstoffe bestimmten Vorgehensweise sondern auch einer Einschätzung davon ausgehender Gefährdungen von angrenzenden Medien (Substrat, Boden, Wasser, Luft) und Gefahren für Populationen (Pflanze, Tier, Mensch), wird der Boden auch in der Altlastenproblematik zum zentralen Objekt, dessen Eigenschaften für Festlegung und Mobilisierung, Transport und Abbau, Transfer und Toxizität von entscheidender Bedeutung sein können.

Ohne pedogenetische Betrachtung der Ablagerungssubstrate ist z.B. eine Gefährdungsprognose undenkbar, denn nur bei Kenntnis von Verwitterung und Verwesung, Humifizierung und mineralischer Neubildung ist das zukünftige Verhalten auch technogener Substrate überhaupt näherungsweise einschätzbar.

---

†) Bodenschutzdienst für Städte und Gemeinden, Kiel

Es ist erfreulich zu beobachten, daß in den mit der Altlastenerfassung und -bewertung befaßten Ämtern zunehmend interdisziplinäre Teams auch mit bodenkundlichem Sachverstand besetzt werden, um der Komplexität der Fragestellung ausreichend gerecht zu werden.

Im folgenden soll anhand weniger Beispiele demonstriert werden, in welchen Teilfragen bodenkundliche Verfahren eingebracht werden können, und welche EDV-gestützte Lösungen bereits existieren. Dabei soll auf der in der Praxis erarbeiteten und erprobten Vorgehensweise des BSD (Bodenschutzdienst für Städte und Gemeinden) ein besonderes Gewicht liegen.

### Erfassung des natürlichen Status, der Nutzungsentwicklung und des Belastungspotentials

In der Vorerkundung einer Altlastenverdachtsfläche geht es um die Lage der Fläche in ihrem ursprünglichen und derzeitigen natürlichen Umfeld, die möglichst präzise Dokumentation der Nutzungsgeschichte und eine Abschätzung der Belastungen und ihrer regionalen Ausbreitung.

Dazu werden im Rahmen unserer Arbeiten aus den vorhandenen Vorinformationen (Historische Karte, Topographische Karte, Luftbilder, geologische Karte, Bodenkarte, Nutzungskarte, hydrologische Unterlagen und Informationen zur Vegetationsdecke) interpretierend ausgewertet für den Entwurf von drei Basiskarten

- Karte der pedo- und substratgenetischen Gliederung der Bodendecke
- Karte der Typen des oberflächennahen Bodenwasserhaushaltes
- Karte der Nutzungswandeltypen

Die daraus zusammengefaßte Bodenökologische Konzeptkarte (BÖK) gestattet nicht nur die Ausgrenzung potentiell belasteter oder unbelasteter Flächen, sondern auch der möglichen Belastungsart sowie deren Verbleib auf den potentiellen Gefährdungspfaden.

Der BSD benutzt für die digitale Erfassung, Überlagerung, Klassifizierung und Verschneidung sowie die Flächenberechnung das PC-orientierte Kartographie-System PIA.

Eingabeinformation und Ausgabeart z.B. als schwarz-weiß- oder Farbplot sind unabhängig vom Maßstab; Fortschreibung, Ergänzung, Korrektur und Neubearbeitung der Karte sind direkt am Rechner möglich. Die BÖK ermöglicht eine gezielte Eingrenzung des Sondier- und gegebenenfalls auch Probenahmeaufwandes.

### Erfassung und Aufbereitung bodeneigener Merkmale

In der Regel werden Beschreibung und Darstellung der Sondierungen nach DIN 4021 und 4022 verlangt. Eine Standardisierung, die angesichts der komplexen Interpretationsansprüche an die Daten als überholt anzusehen ist. Während eine ausführliche Beschreibung nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung 3. Auflage (KA3) die Berechnung einer Vielzahl von Schätzgrößen zuläßt wie z.B. die gesättigte und ungesättigte Leitfähigkeit für Wasser, die Identifizierung von reduktomorphen Partien z.B. durch Deponiegasmigration oder die Immobilisierungsfähigkeit von Schadstoffen, ist dies durch eine Beschreibung nach der genannten DIN nicht möglich. Da die Körnungsklassen der KA3 zwar in die DIN 4021 übersetzt werden können, aber nicht umgekehrt und in der DIN wichtige Merkmale fehlen, sollte sich die bodenkundliche Datenerfassung an den Vorschlägen des Arbeitskreises Stadtböden orientieren.

Der BSD benutzt für die Erfassung ein 1986 entworfenes automatisch digitalisierbares Formblatt und eine hauseigene Auswertungssoftware mit den Kurznamen IAB (Interpretation und Analyse von Bodendaten) und DGA (DIN-gerechte Ausgabe von Bodendaten). Beide Programme zusammen gestatten es, die wichtigsten bodenbezogenen Schätzgrößen (nach KA3, DVWK u.a.) zu berechnen sowie Standort und Profilbeschreibungen, sowie Schichtenverzeichnisse nach eigener Wahl oder DIN 4022, inklusive Schichtendiagrammen als Einzel- oder Schnittfolge oder auch in einer Toposequenz darzustellen.

Mit Hilfe eines Statistik-Programms (z.B. SPSS-PC) besteht die Möglichkeit, die wichtigsten Kenngrößen probenahmebestimmender Eigenschaften zu ermitteln, z.B. Mittelwert, Median, Spannweite, Standardabweichung und Standardfehler, Häufigkeit und Verteilungsform, um hierüber die Repräsentativität der Proben und analytischen Parameter sicherzustellen. Auch eine regionalstatistisch begründete Schichtung der Stichprobe ist dann aus der Bodenökologischen Konzeptkarte ableitbar.

Dabei wird die auf der Grundlage von Stichproben arbeitende Bodenkunde ebenso wie alle vergleichbar arbeitenden Wissenschaften sich die Methoden der Stichprobenstatistik zueigen machen müssen, wenn sie in der Anwendung beachtet werden will. Mit einer statistisch ungesicherten Datenaufbereitung und Interpretation lassen sich z.B. Nutzungsbeschränkungen für Eigentümer oder Sanierungsauflagen für Zustandsstörer nicht ausreichend begründen oder gar gerichtlich durchsetzen.

### Abschließende Darstellung der Bewertung

Für eine zusammenfassende abschließende Darstellung der Bewertungsergebnisse der Altlastenuntersuchung bieten die genannten Programme alle Möglichkeiten der thematischen Kartographie für eine anwenderorientierte Präsentation für das jeweilige Fachamt oder vor der Selbstverwaltung.

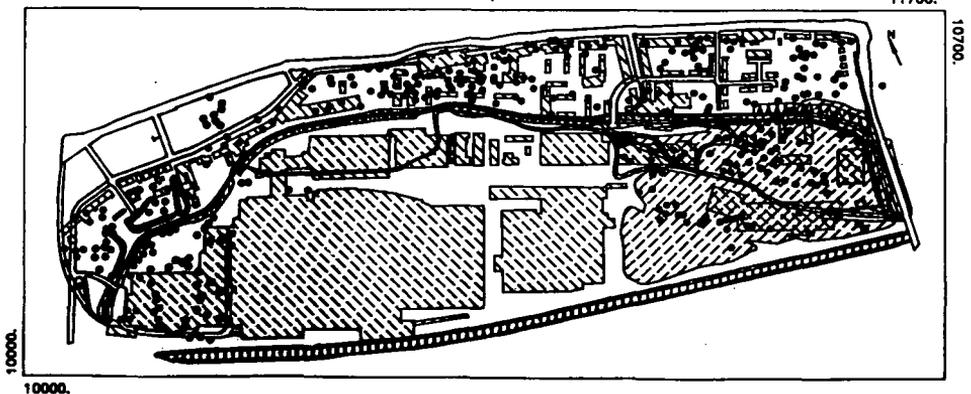
Die digitalen und thematischen Informationen können auch in vorhandene Pläne oder topographischen Karten eingeplottet werden, so daß nur der thematische Inhalt zu digitalisieren ist.

Die Bewertung der Analysenergebnisse anhand von Prüflisten kann mit entsprechender Signatur lagegerecht abgebildet werden und erlaubt damit einen schnellen Überblick über die Belastungssituation.

Bodenkundliche Untersuchungen im Altlastenbereich können einen wesentlichen Beitrag bei der Erfassung und Bewertung bieten. Die EDV-gestützte Arbeitsweise ermöglicht vor allem eine qualitative Aufwertung des Verfahrens, sowohl in der Sicherung der Daten, als auch in der Präsentation der Ergebnisse, und damit eine bessere Akzeptanz beim Benutzer.

Die folgende Karte stellt das Ergebnis einer Auswertung von Vorinformationen im Rahmen einer bodenkundlichen Erkundung eines Altstandortes dar. Dargestellt sind die insgesamt über eine Zeit von 150 Jahren abgelaufene Bebauung, Halden (schraffierte Flächen), Straßen und Vorfluter, sowie die Folgen der Bombardierung im 2. Weltkrieg (Kreise).

### **Nutzungswandel und Eingriffe von 1844 bis heute**



**Vorgehen zur Erstellung bodenkundlicher Gutachten in  
Wassereinzugsgebieten in Niedersachsen**  
**- Versuch einer Normierung -**

VON

KUES, J.\*)

**Problemstellung**

Das Land Niedersachsen beabsichtigt, sämtliche für die Trinkwasser versorgung des Landes vorgesehenen Wassereinzugsgebiete innerhalb der nächsten zehn Jahre unter Schutz zu stellen. Zur Erreichung dieser Zielsetzung sind ca. 570 Schutzgebietsverfahren für eine Gesamtfläche von rund 350 000 ha vorwiegend land- und forstwirtschaftlicher Nutzflächen durchzuführen. Die Gewährleistung eines prophylaktischen Grundwasserschutzes erfordert es, den land- und forstwirtschaftlichen Pflanzenbau im Hinblick auf Nutzungsartenverteilung, Fruchtfolgen, Düngung und Pflanzenschutzmitteleinsatz durch Auflagen im Schutzgebietskatalog so zu gestalten, daß die Stoffausträge aus dem Wurzelraum in das Grundwasser langfristig in einem Umfang verringert werden, daß die Qualität der Gebietsgrundwasserneubildung mindestens die Grenzwerte der Trinkwasserversorgung erfüllt.

Voraussetzung für eine standortgemäße Ausgestaltung der Schutzgebietskataloge und eine einzelbetrieblichen Beratung als Instrument zur Umsetzung der Auflagen des Schutzgebietskataloges ist die Erfassung und Charakterisierung des Wasserhaushaltes und des physikalisch-chemischen Umsetzungs- bzw. Rückhaltevermögens der Böden im Einzugsgebiet.

---

\*) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB), 3000 Hannover 51, Stilleweg 2

Nur hierüber kann optimaler Grundwasserschutz bei gleichzeitiger Minimierung der Kosten für Ausgleichszahlungen erreicht werden.

Aus dem Gesagten wird deutlich, daß selbst ohne Berücksichtigung der Bewilligungsverfahren der Bedarf an bodenkundlicher Gutachten und bodenkundlicher Beratung für Wassereinzugsgebiete enorm steigen wird.

### Lösungsmöglichkeiten

Zur Lösung dieser Aufgabe gibt es zwei Strategien: 1. Die Rationalisierung der Arbeiten bei der bodenkundlichen Fachbehörde und 2. die verstärkte Inanspruchnahme der Dienstleistungen bodenkundlicher Ingenieurbüros. Voraussetzung für die Einbindung von Ingenieurbüros ist jedoch eine weitgehende Normierung der Arbeiten, um eine landesweite Vergleichbarkeit der Verfahren zu gewährleisten. In Niedersachsen sollen beide Strategien verfolgt werden.

Das NLfB baut zur Steigerung der Effizienz aller bodenkundlichen Arbeiten ein **Fachinformationssystem Bodenkunde (FIS-Boden)** auf (OELKERS, 1991). Fachliche Grundlage dieses FIS-Boden sind für jeden Themenbereich eine Bedarfsanalyse zur Klärung der bestehenden Fragestellungen (KUES et al., 1991) und eine darauf aufbauende Methodenanalyse (MÜLLER, 1991). Eine wesentliche Randbedingung für die Durchführung der Methodenanalyse bestand darin, ausschließlich solche methodischen Ansätze (empirische und numerische Modelle zum Wasser- und Stoffhaushalt von Böden), in die Methodenbank zu integrieren, die landesweit einsetzbar sind, also den Stand der Technik (Datenverfügbarkeit und Validierung) widerspiegeln. Mit Hilfe des FIS-Boden soll eine schnelle kostengünstige Bereitstellung von bodenkundlichen Grundlagendaten und Auswertungen erreicht werden.

Zur Unterstützung der Auftragserteilung der Wasserversorgungsunternehmen an Ingenieurbüros und als Leitfaden für diese wurde vom NLfB daneben eine **Pflichtenheft** für bodenkundliche Arbeiten in Wassereinzugsgebieten erarbeitet (KUES & RAISSI, 1991). In diesem Pflichtenheft sind die Mindestanforderungen an die Arbeitsschritte 'Aufbau der Datenbasis' und 'Thematische Auswertung' zu Fragen der

Bewilligung/Beweissicherung und der Schutzgebietsausweisung aus bodenkundlicher Sicht dargelegt.

### Literatur

- MÜLLER, U. (1991): Niedersächsisches Bodeninformationssystem NIBIS. Dokumentation zur Methodenbank.- Archiv Nds. Landesamt f. Bodenforsch., 107670, 2. Auflage.; Hannover.
- KUES, J. & RAISSI, F. (1991): Pflichtenheft für die Erstellung bodenkundlicher Gutachten in Wasserschutzgebieten in Niedersachsen. - Archiv Nds. Landesamt f. Bodenforsch., 107193; Hannover.
- KUES, J., OELKERS, K.-H. & FIEBER, R. (1991): Konzept zur Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) für Einzelmaßnahmen zum Bodenschutz, Teil: Fachinformationssystem Bodenkunde (FIS Boden). - Archiv Nds. Landesamt f. Bodenforsch., 107448; Hannover.
- OELKERS, K.-H. (1991): Die Vorgehensweisen zum Aufbau des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS, Teil: Fachinformationssystem BODEN. - Geol. Jb., F ...; Hannover.



EDV-gestützte Dokumentation potentiell kontaminierter  
Standorte in Ballungsräumen

von  
J. Schneider <sup>+)</sup>

## 1. EINLEITUNG

Anforderungen an die Bodenkunde basieren in jüngster Zeit immer öfter auf gesetzlichen Forderungen und Regelungen. Beispiele hierfür liefern Forderungen der Wasserhaushaltsgesetze bzw. der Landeswassergesetze oder gesetzliche Regelungen in der Bauleitplanung. Probleme als Folge der Nichtbeachtung von Altlasten bei der Aufstellung von Bebauungsplänen (vgl. z.B. SCHREYER 1990) veranlassen die Kommunen die Ausweisung kontaminierter Standorte bzw. bodenkundliche Fachbeiträge hinsichtlich dieser Standorte einzufordern. Im Rahmen des vorsorgenden Umweltschutzes beauftragte das Umweltamt der Stadt Hannover das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung mit der Erfassung potentiell kontaminierter Standorte im Stadtgebiet von Hannover.

Die Vorgehensweise bei diesen Arbeiten orientierte sich inhaltlich am Konzept der branchentypischen Inventarisierung von Schadstoffen (vgl. z.B. NICLAUSS et al. 1989) und von DV-technischen Realisierung und Auswertung am Konzept des Niedersächsischen Fachinformationssystem Bodenkunde 'NIBIS' (vgl. HEINEKE 1991).

## 2. METHODISCHES VORGEHEN

Konzeptionen zur Beurteilung kontaminierter Standorte sehen grundsätzlich eine Aufteilung der Vorgehensweise in Vorerkundung und Haupterkundung vor, der sich eine Bewertung und unter Umständen eine Sanierung anschließt (vgl. BAVINCK et al 1988, HENNINGS 1990, KÖNIG 1990, I.W.S. 1989). Die Erfassung potentiell kontaminierter Standorte stellt dabei einen wesentlichen Teilaspekt der Vorerkundung dar.

### 2.1 Ermittlung potentiell kontaminierter Standorte

Aufbauend auf Vorarbeiten des Amtes für Umweltschutz wurden im Rahmen der Vorerkundung in einem ersten Schritt zur Ermittlung von Standortinformationen die Unterlagen der für die 'Abfallüberwachung' zuständigen Behörde gesichtet und erfasst. Dabei konnte eine Unterscheidung der Informationen hinsichtlich ihrer Zuordnung zu Altablagerungen und den vermeintlichen Verdachtsflächen vorgenommen werden, für die noch keine gesicherten Hinweise auf eine definitive Ablagerung oder Gefährdung vorlagen.

Ergebnis dieser Arbeiten waren erste Karten und Kataster der Altablagerungen und potentiell kontaminierter Betriebsstandorte.

<sup>+)</sup>  Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung,  
Stilleweg 2, D-3000 Hannover 51

Die bis hier erarbeiteten Informationen wurden in zwei weiteren Arbeitsschritten erweitert. Grundlage des zweiten Schrittes waren Überlegungen zur Entstehungsgeschichte von Industrie- und Gewerbebetrieben in Hannover. Informationen zur Entwicklung umweltrelevanter Industrie- und Gewerbebetriebe können mit Hilfe historischer Unterlagen erhoben werden. In Hannover stellten die Stadtadressbücher der Jahre 1900, 1920, 1940, 1960, 1980 und 1988 eine wesentliche Stütze dieser Recherche dar. Die Stadtadressbücher enthalten sowohl einen alphabetischen Firmenteil und Branchenteil, als auch die Adressenverzeichnisse (Straßen und Hausnummern) der ansässigen Betriebe in Hannover. Für die heute eingemeindeten Stadtteile liegen diese Informationen in den alten Stadtadressbüchern ebenfalls vor. Neben der Erfassung dieser Daten wurden Unterlagen des Stadtarchivs und der Stadt- und Landesbibliothek hinsichtlich der historischen Entwicklung der Industriegeschichte von Hannover gesichtet und ausgewertet. Zusätzliche Informationen über Produktionsart, Produktionszeitraum und Produktionsstätte ließen sich vereinzelt aus Firmen- und Jubiläumsschriften gewinnen. Weitere Quellen für Unterlagen, die einen historischen Abriss ermöglichen, stellten städtische Ämter wie beispielsweise das Stadtvermessungsamt dar. Hier waren Lagepläne zur Differenzierung von großen Produktionsstätten vorhanden. Diese Pläne gestatten es einem Betrieb nicht nur die Schadstoffe einer Branche zuzuordnen, sondern an dieser Stelle weitere Spezifizierungen vorzunehmen.

Ein dritter Schritt bei der Erfassung potentiell kontaminierter Standorte war der Versuch, aktuelle Ergänzungen vorzunehmen. Die Fortschreibung bzw. Überprüfung der Datenlage wurde u.a. mit Hilfe der Kommunalverwaltung (Gewerbeaufsichtsamt, Bauordnungsamt) und frei verfügbarer Unterlagen wie dem Branchenbuch der Post durchgeführt. Durch die Unterlagen des Gewerbeaufsichtsamtes und des Bauordnungsamtes konnten vorhandene Firmenlagepläne hinsichtlich einer Differenzierung der Produktionsstätten ergänzt werden. Außerdem wurden Begehungen einzelner Stadtteile durchgeführt, um Unsicherheiten bei der Adresszuweisung aktueller Betriebe auszuschließen.

## 2.2 Lokalisierung

Die Erhebung der potentiell kontaminierten Standorte in Hannover bedurfte neben der eigentlichen Erfassung auch einer räumlichen Lokalisierung. Dabei galt es insbesondere die Veränderung topographischer Grundlagen im zeitlichen Wandel zu berücksichtigen. Diesem Gesichtspunkt wurde dadurch Rechnung getragen, daß die Zuordnung der Standorte für die jeweiligen Erfassungszeiträume auf Karten durchgeführt wurde, welche eine aktuelle Topographie aufwiesen. Wichtige Hilfe lieferten hierfür die in Hannover vorliegenden Söldnerkarten. Nachdem die Standorte räumlich lokalisiert waren erfolgte eine Übertragung in die aktuell vorliegenden Topographischen Karten i. M. 1:1000. Mit dieser Vorgehensweise wurde sichergestellt, daß potentiell kontaminierte Standorte auch nach Nutzungsänderungen und Änderungen in den Baustrukturen eindeutig identifiziert und lokalisiert werden können.

## 2.3 Ermittlung von (Schad)Stoffinformationen

Neben den Standortinformationen wurden die betriebs- bzw. branchenspezifischen (Schad)Stoffinformationen (vgl. KINNER et al. und NICLAUSS et al.) UBA Texte 31/86 und 16/89 in einer relationalen Datenbank abgelegt. Sie ermöglichen die Zuordnung eines potentiellen Schadstoffspektrums zu ausgewählten Gewerbe-, Industrie- und Dienstleistungsbetrieben. Jedem Stoff wurden entsprechend eines Datenprofiles (vgl. KOCH 1989) wiederum die wesentli-

chen ökotoxikologisch relevanten Stoffeigenschaften zugeordnet soweit diese verfügbar waren. Die Informationen wurden in einer relationalen Datenbank in Form von Tabellen und zugehörigen Attributen abgespeichert.

## 2.4 Geogene Informationen

Ist im Konzept zur Erfassung potentiell kontaminierter Standorte eine geographische Komponente enthalten, wird es möglich standortspezifische Bewertungen unter Hinzuziehung geogener Standortinformationen vorzunehmen. Voraussetzung hierfür sind ebenfalls digital vorliegende Informationsebenen (z. Bsp. Bodenkarten, Bodenartenkarten, Geologische Karten oder Karten der Grundwasserflurabstände etc.), die mit den betriebsspezifischen Informationen überlagert werden können.

## 2.5 Einsatz der Datenverarbeitung

Die erarbeiteten Informationen wurden in einer Datenbank abgelegt, um eine effektive Verwaltung und Auswertung und Fortschreibung der Daten zu gewährleisten. Die geschaffene Datenbasis wurde in das Niedersächsische Fachinformationssystem Bodenkunde 'NIBIS' integriert. Durch Übernahme der DV-technischen Anforderungen des NIBIS ist der Datenbanktausch mit anderen Landesdienststellen problemlos gewährleistet, da die NIBIS-Strukturen sich an den Anforderungen des Niedersächsischen Umweltinformationssystems orientieren. Die Datenerfassung erfolgte getrennt nach graphischer und alphanumerischer Information. Die Erfassung der Alphanumerik erfolgte über Masken, sodaß eine standardisierte Aufbereitung der Daten gewährleistet war.

Die geometrischen Daten (Lage und Flächenausdehnung der Betriebe und Standorte) wurden digitalisiert. Dabei wurde eine Trennung in Geometrien und zugehörige Attribute (Zuordnung über Flächeninhaltepunkte) vorgenommen.

Das Ergebnis dieser Arbeiten stellte ein digitales Kataster potentiell kontaminierter Standorte dar.

## 3. AUSWERTUNGSMÖGLICHKEITEN

Mit Hilfe der Datenbank und der Zugriffsmöglichkeiten auf die Datenbank oder unter Hinzuziehung von Bewertungsmethoden (Methodenbanken) können sowohl räumliche wie auch inhaltliche Auswertungen für die kommunalen Aufgabenbereiche wie z.B. Umweltüberwachung, Umweltvorsorge und Bauleit- oder Flächennutzungsplanung durchgeführt werden.

Beispiele für Auswertungen sind:

### I. Auswahl potentiell kontaminierter Standorte

- in einem definierten Raum (z.B. Blattschnitt)
- nach Straßen
- nach Namen (Inhaber, Pächter)
- nach Branchen
- nach Stoffen bzw. Stoffgruppen
- zu festgelegten Produktionszeiträumen

### II. Gefährdungsabschätzungen

- Einschätzung des Gefährdungspotentials des Standortes im Hinblick auf verschiedene Schutzgüter aufgrund der physikochemischen Eigenschaften, der im Boden vermuteten Stoffe

- Einschätzung des Gefährdungspotentials des Standortes unter Einbeziehung bodenkundlich-geologischer Daten

### III. Einsatz von Bewertungsmodellen,

- Einschätzung der Grundwassergefährdung durch Schwermetalle oder durch vermutete organische Verbindungen.

Es kann für sämtliche erfaßten Standorte eine Abschätzung des Gefährdungspotentials mittels eines Bewertungsregelungswerkes erfolgen. Hierdurch erfolgt eine objektive Prioritätenfestlegung für die Durchführung der Haupterkundungsphasen für die erfaßten Standorte. Nicht zuletzt läßt sich das zu analysierende Stoffspektrum während der Haupterkundung ableiten.

#### 4. AUSBLICK

Über die Arbeiten der Erfassung und Vorerkundung hinaus ist das Datenmodell für die Arbeiten der Haupterkundung entwickelt. Prototypisch sind bereits für einzelne Standorte die Ergebnisse der Datenerhebung in die Datenbank integriert. Das System ist prinzipiell unter Einbeziehung von Expertensystemhandwerkzeugen um die Schritte 'Bewertung' und 'Sanierung' einschließlich 'Kontrolle' erweiterbar.

#### LITERATUR:

- BAVINCK, H.F., ROELS, J.M. & VEGTER, J.J. (1988):** The importance of measurement procedures in curative and preventive soil protection. - In: WOLF, K., VAN DEN BRINK, W.J. & COLON, F.J. (Eds.): Contaminated soil '88 - Kluwer Academic Publishers, 125-133
- HEINEKE, H.J. (1991):** Zur Systemarchitektur des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS, Teil: Fachinformationssystem Bodenkunde, Geologisches Jahrbuch, Reihe F (Publ. i. Vorb.)
- HENNINGS, V. (1990):** Richtlinie zur Beurteilung schadstoffkontaminierter Böden - NLFb Arch.-Nr. 107247, Technische Berichte zum NIBIS - Bodenkunde (Publ. i. Vorb.)
- I.W.S. (INSTITUT FÜR WASSERGEFÄHRDENDE STOFFE AN DER TU BERLIN (1989):** Konzept zur Ableitung von Sanierungswerten für kontaminierte Böden - Unveröffentl. Entwurf
- KINNER, H., KOETTER, C. & NICLAUSS, M. (1986):** Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen - ein erster Schritt zur Gefährdungsabschätzung für ehemalige Betriebsgelände - UBA 31/86
- KOCH, R. (1989):** Umweltchemikalien, VCH, Weinheim
- KÖNIG, W. (1990):** Untersuchung und Beurteilung von Kulturböden bei der Gefährdungsabschätzung von Altlasten. - In: ROSENKRANZ, D., EINSELE, G. & HARRESS, H.-M.: Bodenschutz
- NICLAUSS, M., WINKELSTÄTTER, J., HUNTING, K.-E. & HARDES, A. (1989):** Inventarisierung von Bodenkontaminationen auf Geländen mit ehemaliger Nutzung aus dem Dienstleistungsbereich - UBA 16/89
- SCHREYER, M. (1990):** Situationsdarstellung in Berlin. - In: Sanierung kontaminierter Standorte, Bd. 33

Anforderungen und Nutzen von Bodeninformationssystemen  
aus Sicht der kommunalen Umweltüberwachung

von  
Schulz, H. <sup>\*)</sup>

## 1 Einleitung

Menschen verschiedener Fachbereiche sprechen ihre jeweils eigene Fachsprache. Ich möchte nun versuchen, den gemeinsamen Nenner darzustellen, der Mitarbeiter einer Kommunalverwaltung, bestehend meistens aus Verwaltungskräften, Juristen und Ingenieuren, bodenkundlichen Spezialisten in Forschung und Fachverwaltung und Umweltinformationssysteme verknüpft. Verbindungsglied ist dabei das Informationssystem, das sehr unterschiedlichen, sich unter Umständen widersprechenden Anforderungen genügen muß. Ziel ist es dabei, Informationen so zu transferieren, daß Wesentliches nicht verloren geht und der eine den anderen auch tatsächlich versteht. Hierzu müssen Aufgaben und Anforderungen zunächst definiert werden.

## 2 Aufgaben der kommunalen Umweltüberwachung und Informationsbedarf

Das Amt für Umweltschutz der Landeshauptstadt Hannover gliedert sich im wesentlichen in die Bereiche "Vorsorgender Umweltschutz und Umweltforschung" sowie "Umweltüberwachung". Bei den weiteren Betrachtungen beschränke ich mich auf den zweiten Part, der im wesentlichen die Aufgaben einer "unteren" Umweltbehörde umfaßt.

Die Gewässerüberwachung betrachtet Grundwassermenge und -güte, Oberflächenwassermenge und -güte sowie jeweils deren Nutzung, Gewässerrandstreifen, den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, die Abfallüberwachung Deponien, sonstige Abfallentsorgungsanlagen und Altablagerungen, der Immissionsschutz Emissionen und Immissionen sowie flächenhafte Belastungen jeweils aus behördlicher und kommunaler Sicht. Als besonderer Bereich bildet sich dabei die Altlastenproblematik mit Altstandorten, Rüstungsaltslasten und Sonderfällen wie Kieselrot, Schwermetallbelastung u. ä. heraus.

---

<sup>\*)</sup> Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung,  
Stilleweg 2, D - 3000 Hannover

Die Aufgaben können nur wahrgenommen werden, wenn bestimmte Informationen vorliegen. Diese können betreiber- oder anlagenbezogen oder flächenhafter Natur sein. Letzteres trifft insbesondere bei der Betrachtung von tatsächlichen oder möglichen Auswirkungen auf das Bodensystem zu, Fragen, die sich bei den verschiedensten Genehmigungen, Zulassungen u. ä. stellen.

### 3 Systementeilung

Wenn ich im weiteren von Boden spreche, so meine ich damit das Gesamtsystem, das umgangssprachlich damit gemeint ist, also sowohl den belebten, durch Verwitterung und Humifizierung entstandenen Teil der Erdrinde, den anthropogen entstandenen Bereich wie auch das darunterliegende Ausgangsgestein in seiner unterschiedlichen Ausprägung.

Bezogen auf den Transport läßt sich folgende Systementeilung beschreiben:

Oberhalb des Bodens: Stoffquelle durch Eintrag von Staub, Wasser, Gas, sonstige Flüssigkeit

Belebter Boden: Schadstoffsенke und -quelle je nach Sorptionsmöglichkeiten

Zweiphasensystem

Boden-Luft: Schadstoffsенke, vertikaler Transport  
Aquifer: Schadstoffsенke, -quelle je nach Belastung und Sorptionsmöglichkeiten, Transport horizontal und vertikal

Diese Beschreibung ist grob vereinfachend und nicht abschließend. Sie zeigt jedoch, daß in verschiedenen Bereichen des Systems sehr unterschiedliche Vorgänge sich abspielen können, die noch dazu durch Veränderungen, z. B. des Chemismus, sich ins jeweilige Gegenteil verkehren können.

### 4 Informationsbedarf

Behördliche Aufgabe wie auch kommunale Forderung ist es, Auswirkungen auf die Umwelt durch Eingriffe wie Grundwasserentnahme, Errichtung einer Anlage etc. zu beurteilen und - soweit sie nicht vermeidbar sind - zu minimieren. Bezogen auf den Boden müssen daher fachliche Mindestinformationen vorliegen. Hierzu zählen Genese, anthropogene Veränderung, Stofftypisierung, Nutzung, Versiegelung, potentieller Stoffaustrag/-rückhalt, Stoffaustausch, physikalische Größen etc. Dieses sei nur beispielhaft angesprochen. Wichtiger erscheint mir, wie diese Daten vorliegen bzw. aufbereitet sind. Diese Anforderungen, so trivial sie klingen mögen, sind aus kommunaler Sicht unabdingbar.

Die Daten sollen:

- leicht verständlich, verallgemeinert, auf relevante Mindestanforderungen reduziert und Fachsprachen übergreifend
- gut zugänglich und selbsterklärend (Geschwindigkeit, Lesbarkeit, Optik)
- aktuell und aktualisierbar
- schnell abrufbar
- verlässlich und
- flexibel sein.

Dem stehen die Intensionen des Fachspezialisten entgegen, der die Unsicherheiten seiner Daten kennt, weiß, welche Probleme im Detail stecken, und der seine Aufgabe zwar in der Gewinnung und fachlichen Darstellung, nicht jedoch in der Vermittlung sieht.

Voraussetzung ist, daß der Anwender solcher Daten auch seine eigenen Grenzen erkennt und zur Lösung komplexer oder spezieller Probleme den jeweils richtigen Fachmann heranzieht. Dem Nutzer vor Ort muß eine breite Wissensbasis gegeben werden, so daß er Routinefälle auch mit der nötigen Tiefe selbständig lösen kann. Dieses entlastet den Spezialisten, der sich seinen eigentlichen Aufgaben besser und intensiver widmen kann.

## 5 Nutzen

Aus kommunaler Sicht ergeben sich zwei Ebenen des Nutzens. Die behördliche Entscheidung kann im Einzelfall schneller gefällt werden, da die erforderlichen Daten vorhanden und weitgehend aufbereitet oder aufbereitbar sind. Die Plausibilität kann durch Fakten erhöht und der Entscheidungsweg nachvollziehbar gestaltet werden. Dieses sind Forderungen, die auch heute bereits an behördliche Vorgänge gestellt, aber nur zum Teil erfüllt werden. Zusätzlich können bei Variationsmöglichkeiten Prioritäten gesetzt werden.

Die fachliche Komponente kann natürlich nicht unberücksichtigt bleiben. Erst eine gute Datenbasis kann zur fachlichen Auseinandersetzung und damit zu einer qualifizierten Lösung führen.

Bisher wurde der Stadt ein Informationsmodul zur Altlastensituation vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung erarbeitet. Bereits jetzt in einem sehr frühen Stadium läßt sich absehen, daß die Bearbeitungseffizienz erheblich gesteigert wird. Durch die abgestimmte Erarbeitung sind die beschriebenen Anforderungen auch im wesentlichen erfüllt. Die bisher sehr allgemein gehaltenen Aussagen der Umweltüberwachung, z. B. bei Bebauungsplänen oder Grundstücksverhandlungen können auf der Basis dieses Informationssystems schneller, besser und präziser bearbeitet werden.



**Referate und Posterbeiträge**

Sitzung der KOMMISSION I

Wasser-, Stoff- und Wärmetransport in strukturierten Böden

am 25. und 26. März 1992

in

DRESDEN



**Änderungen der Stoffausträge aus Säulen definierter Bodenaggregate**

von

Augustin, S.\* und F. Beese\*\*

**Einleitung:** Der mikrobielle Stoffabbau erfolgt in aggregierten Böden vorwiegend in der Aggregat-peripherie, in der die aktive mikrobielle Biomasse lokalisiert ist. Experimentelle Befunde von Einzelaggregatuntersuchungen und Langzeit-Inkubationen in Mikrokosmen (AUGUSTIN, 1992) stimmen überein mit den bisher entwickelten mathematischen Modellen zum mikrobiellen Stoffabbau in aggregierten Böden (NIETFELD et al., 1992). Mit zunehmendem Durchmesser der Aggregate und bei höherer mikrobieller Biomasse eines Bodens werden die Randpartien zum eigentlichen Ort des Stoffumsatzes.

Damit hat das räumliche Muster des Stoffumsatzes nicht nur Konsequenzen für den Komplex der biologischen Umsetzungen, sondern beeinflusst auch den Bodenchemismus, da die Umsatzprodukte am Ort ihrer Entstehung (Aggregatperipherie) gepuffert werden müssen oder ausgewaschen werden.

**Methodik:** In einem Modellversuch in Mikrokosmen wurden Aggregate unterschiedlicher Größe (5-8 mm: manuell sortiert; 1-2 mm und < 1 mm: gesiebt) mit und ohne Zugabe organischer Substanz (Ummantelung der Aggregate mit gemahlenem Buchenlaub, markiert mit 8.2 Atom% <sup>15</sup>N) bei 12°C in einer Klimakammer inkubiert. Es wurde nur Material der A-Horizonte einer Terra fusca-Rendzina (Wald), eines Pelosol (Wald) und einer Tschernosem-Parabraunerde (Ödland) verwendet. Während des Versuchszeitraumes von 7 Monaten wurde über die Analysen des Sickerwassers (Kationen, Anionen, gelöster C<sub>org</sub> und <sup>15</sup>N-Anteile der Stickstoff-Formen), der Bodenluft (CO<sub>2</sub>) und über die Kontrolle der Beregnung eine vollständige Input-/Output-Bilanz erstellt.

**Ergebnisse:** Über die Elementbilanz der Lösungsphase ist es möglich, Aussagen über die in der Zeit abgelaufenen Interaktionen des Perkolationswassers mit der Bodenfestphase zu treffen. Der durch die Säule perkolierende Wasserfaden kann bei 5-8 mm als PBL (Porenbodenlösung) unter weitgehend naturbelassenen Verhältnissen angesehen werden. Die aus Element-Input und -Output berechnete Salzbilanz ist hier exemplarisch für die Terra fusca-Rendzina, Kontrollvariante, dargestellt (Tab. 1 A).

**Tab. 1:** A) Salzbilanz und B) Säure-/Puffer-Bilanz einer Terra fusca-Rendzina in mol IÄ · m<sup>-2</sup>

A)	5-8 mm			1-2 mm		B)	
	Input	Output	Δ	Output	Δ	5-8 mm %	1-2 mm %
Ca <sup>2+</sup>	0.412	1.470	-1.058	1.707	-1.295		
Mg <sup>2+</sup>	0.084	0.113	-0.029	0.127	-0.043		
K <sup>+</sup>	0.166	0.059	0.107	0.063	0.103		
Na <sup>+</sup>	0.054	0.123	-0.069	0.130	-0.076	a)	0.001
H <sup>+</sup>	0.003	0.002	0.001	0.002	0.001	b)	1.229
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	-	0.186	-0.186	0.055	-0.055	c)	0.107
Al <sup>3+</sup>	-	0.015	-0.015	0.018	-0.018		
Fe <sup>2+</sup>	-	0.003	-0.003	0.004	-0.004		
Mn <sup>2+</sup>	-	0.000	0.000	0.000	0.000		
ΣKationen	0.719	1.971	-1.252	2.106	-1.387	ΣSäure	1.337
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	-	0.781	-0.781	0.937	-0.937		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -S	0.552	0.697	-0.145	0.731	-0.179	d)	0.024
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	0.025	0.001	0.024	0.001	0.024	e)	1.109
Cl <sup>-</sup>	0.092	0.139	-0.047	0.130	-0.038	f)	0.204
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00004	0.014	-0.014	0.013	-0.013		
ΣAnionen	0.669	1.632	-0.963	1.812	-1.143	ΣPuffer	1.337

\* Inst. f. Bodenk. und Waldernähr., Büsingenweg 2, 3400 Göttingen

\*\* GSF Inst. f. Bodenökologie, Ingolstädter Landstr. 1, 8042 Neuherberg

Durch sinnvolle Gruppierung der Elemente und unter Berücksichtigung von Zu- und Abnahmen der Elemente an der Bodenfestphase ( $+\Delta$  und  $-\Delta$ ) können die im Versuchszeitraum abgelaufenen Prozesse der Säure-Generierung und -Pufferung identifiziert werden. Im folgenden ist der von ULRICH (1991) beschriebene Ansatz dargestellt.

a) : *Akkumulation eingetragener Säuren* =  $\sum_{i \in A} +\Delta c_i$

A = {H<sup>+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>}

b) : *Ökosysteminterne Freisetzung von Protonsäuren* =  $\sum_{i \in A} -\Delta c_i$

A = {SO<sub>4</sub><sup>2+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> bzw. C<sub>org</sub> [- (GD - SO)  $\sum$  Kat -  $\sum$  An]}  
 Prozesse: Auflösung von Al-Sulfaten (---> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Nitrifikation (---> HNO<sub>3</sub>),  
 Dissoziation gelöster organischer Säuren bzw. Kohlensäure

c) : *Aufspeicherung von M<sub>b</sub>-Kationen* =  $\sum_{i \in A} +\Delta c_i$

A' = {Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>} (abzügl. evtl. Neutralsalzakkum., d.h. + $\Delta$  Cl)  
 Prozeß: Eingetragene M<sub>b</sub>-Kationen werden an saure Gruppen unter Freisetzung von M<sub>a</sub>-Kationen gebunden

d) : *Akkumulation eingetragener Protonenacceptoren als Säure* =  $\sum_{i \in A} +\Delta c_i$

A = {SO<sub>4</sub><sup>2+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> bzw. C<sub>org</sub>}  
 Prozesse: biogene Umwandlung von HNO<sub>3</sub> zu N<sub>org</sub>, Bildung von Al-Sulfaten,  
 Akkumulation organischer Säuren

e) : *Freisetzung von M<sub>b</sub>-Kationen aus dem Boden* =  $\sum_{i \in A} -\Delta c_i$

A = {Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>} (abzügl. evtl. Neutralsalzverluste, d.h. - $\Delta$  Cl)  
 Prozesse: Kationenaustausch, Silikatverwitterung, Mineralisierung

f) : *Freisetzung von M<sub>a</sub>-Kationen aus dem Boden* =  $\sum_{i \in A} -\Delta c_i$

A = {H<sup>+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>}  
 Prozesse: Auflösung von Oxiden, Silikaten, Sulfaten

Die Prozesse a) - c) entsprechen dem Säureeintrag bzw. der Säuregenerierung, d) - f) den zugehörigen Pufferreaktionen. Eine nach diesen Kriterien erstellte Säure-/Pufferbilanz ist in Tab. 1 B) dargestellt.

Bei annähernd gleicher Gesamt-Säurebelastung beider Aggregierungsgrade der unbehandelten Säulen zeigten sich große Unterschiede in den Pufferreaktionen. Während bei 1-2 mm die Säurepufferung überwiegend (93.2 %) durch Freisetzung von M<sub>b</sub>-Kationen erfolgte (Kationenaustausch, Silikatverwitterung, Mineralisierung), wurde bei 5-8 mm-Aggregaten ein großer Anteil der Säure durch Auflösung von Oxiden, Silikaten und Sulfaten (15.3 %) gepuffert, d.h. durch Vorgänge, die einen schon weiter verwitterten Zustand der Tonminerale voraussetzen. Da die Beregnung der Säulen mit einer Lösung erfolgte, die in ihrer Zusammensetzung der Kronentraufe des Göttinger Waldes (pH 5.9) entsprach, also im schwach sauren Bereich gearbeitet wurde, ist dieses Ungleichgewicht nicht auf Säureeintrag mit der Lösung zurückzuführen. Als Ursache dieses Phänomens ist zunächst die Perkolatation des Infiltrationswassers vorwiegend an der Außenschicht der Aggregate entlang zu sehen, was zur Entbasung der Aggregatperipherie führen kann (HORN, 1987), da innere Aggregatbereiche nur eingeschränkt an Austauschprozessen teilnehmen.

Neben diesem stets vorhandenen 'Leaching' kann es in Böden zu besonderen Streßsituationen kommen, in denen Säure im System gebildet wird. Eine solche Situation stellt die Nitrifikation dar, in deren Verlauf Protonen entstehen, die neutralisiert werden müssen. Da nun der biologische Abbau zugeführter organischer Substanzen in der Aggregatperipherie erfolgt, ist die äußere Hülle eines Aggregates auch der Ort der Nitrifikation und damit der Protonenproduktion. Die mit Buchenlaub behandelte Variante des Mikrokosmen-Versuches zeigte, daß 5-8 mm-Aggregate zwar weniger NO<sub>3</sub>-N bildeten als die 1-2 mm-Aggregate, im Sickerwasser aber eine höhere Protonenkonzentration aufwiesen (die Darstellung erfolgt an anderer Stelle). Das heißt, daß in Phasen erhöhter Säuregenerierung im System das eigentlich diesem Boden zuzuordnende Puffersystem

überlastet ist, trotz vorhandener, aber nicht erreichbarer austauschbarer Kationen im Innern größerer Aggregate: Es kommt zu räumlicher Entkopplung von Säureproduktion und -pufferung im Mikrobereich. Die Säureeinwirkung wird auf kleinstem Raum wirksam, so daß an den dadurch belasteten Stellen des Systems, den Aggregatwänden, vorgeschädigte, d.h. weiter verwitterte Tonminerale zurückbleiben. In der Folge sind in der Perkolationslösung aus Säulen mit größeren Aggregaten intensivere Aciditätsmerkmale festzustellen. Diese Ergebnisse stimmen überein mit denen KAUPENJOHANNs und HANTSCHELs (1987), die in Versuchen zur kurzfristigen pH-Pufferung an gestörten und ungestörten Waldbodenproben fanden, daß natürlich gelagerte Böden (intakte Aggregat- und Porenstruktur) ihre theoretisch mögliche maximale Pufferleistung bei hoher Protonenbelastung nicht erreichen.

Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse erfolgt an anderer Stelle.

#### **Literatur:**

- AUGUSTIN, S. (1992): Mikrobielle Stofftransformationen in Bodenaggregaten. Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 85
- HORN, R. (1987): Die Bedeutung der Aggregierung für die NährstoffSORPTION in Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 150, 13-16
- KAUPENJOHANN, M. und R. HANTSCHEL (1987): Die kurzfristige pH-Pufferung von gestörten und ungestörten Waldbodenproben. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 150, 156-160
- NIETFELD, H., E. PRIESACK und F. BEESE (1992): A model of solute transport and microbial growth in aggregates. Modeling Geo-Biosphere Processes 1, 1-12
- ULRICH, B. (1991): Rechenweg zur Schätzung der Flüsse in Waldökosystemen, Identifizierung der sie bedingenden Flüsse. In: Beiträge zur Methodik der Waldökosystemforschung, S. 204-210. Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe B, Bd. 24



Modellierung des Bodenwasserhaushaltes eines  
Lysimeterversuchs mit Hilfe der Finiten Elemente Methode

von

BAUMGARTL, Th. \* ), B.G. RICHARDS\*\* ), R. HORN

### 1. Einleitung

Zum Verständnis der Ökologie der Pflanze ist die Kenntnis des Wechselwirkungsgefüges Boden-Pflanze-Atmosphäre Voraussetzung. Sind die Randbedingungen, die den Boden- und Pflanzenwasserhaushalt beschreiben, definiert, lassen sich daraus Aussagen über die Interaktion Boden-Pflanze treffen. Die Modellierung des Bodenwasserhaushaltes ermöglicht die Vorhersage der Reaktion einer Pflanze auf unterschiedliche Wasserangebote.

### 2. Versuchsaufbau

In einem Lysimeterversuch wurden unter ariden Bedingungen (Negev-Wüste/ Israel) die Auswirkungen von Trockenstreß auf das Wachstum von Holzgewächsen (*Prunus dulcis*) untersucht. Die Lysimeter (Inhalt ca. 21 m<sup>3</sup>) wurden mit zuvor homogenisiertem Lößmaterial befüllt, zu Vegetationsbeginn einmalig bewässert und mit einem Mandelbaum bepflanzt.

Die Evaporation (Wechselwirkung Boden-Atmosphäre) wurde durch oberflächliches Aufhacken des Bodens unterbunden. Der Bodenwasserentzug wurde damit definiert gesteuert von der Transpirationsleistung der Pflanze (in Abhängigkeit von Sproß- und Wurzelwachstum) und der Strukturentwicklung (Aggregierung) des Bodens.

In hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung wurden im Boden Wassergehalte und Wasserspannungen, in der Pflanze Blattwasserpotentiale und stomatäre Leitfähigkeiten bestimmt. Die Ermittlung der Wurzelverteilung erfolgte am Ende der Vegetationsperiode durch schichtweisen parzellierten Abtrag des Lysimeters.

### 3. Ergebnis

Das predawn-Blattwasserpotential bezeichnet den von einer Pflanze während eines Tages minimal aufzubringenden Unterdruck (Ende der Respirations- bzw. Beginn der Transpirationsphase), der für die Wasseraufnahme notwendig ist. Es nimmt während der Vegetationsperiode mit zunehmender Austrocknung des Bodens und mit dem Pflanzenwachstum zu. (Abb. 1)

-----  
\* Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel, FRG

\*\* Div. of Soils, CSIRO, Urrbrae, Australia

Die Wurzelverteilung am Ende des 1. Vegetationsjahres ergab vergleichsweise hohe Wurzellängendichten (= Maß für die Durchwurzelungsintensität des Bodenvolumens und auftretende hydraulische Gradienten) im Zentrum des Lysimeters (Tiefe 0.5 m), die zur Seite und mit der Tiefe deutlich abnehmen (Abb. 2).

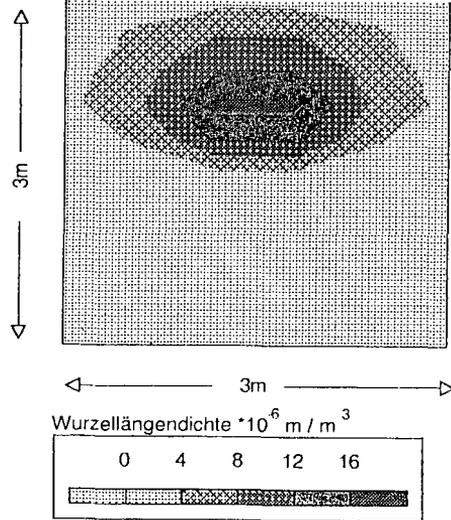
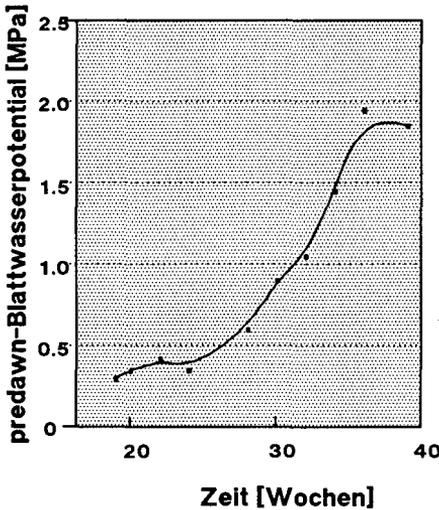


Abb.1: predawn-Blattwasserpotentiale während der Vegetationsperiode

Abb.2: Wurzelverteilung am Ende der Vegetationsperiode

#### 4. Modell

Zur Bestimmung des Wasserflusses vom Boden in die Pflanze im Lysimeterversuch wurde ein achs-symmetrisches Problem formuliert. Der Wasserentzug wird durch das (predawn-) Blattwasserpotential gesteuert und die daraus resultierenden Bodenwasserspannungen.

Als Materialeigenschaften gehen folgende Parameter ein:

- Wassergehalts-/ Wasserspannungsbeziehung
- Wasserleitfähigkeits-/ Wasserspannungsbeziehung (Anpassung nach Mualem)
- predawn-Blattwasserpotentiale
- eine in Abhängigkeit vom Endzustand angenommene Wurzelverteilung /-entwicklung zu verschiedenen Zeitpunkten

Die Abbildungen 3-5 geben die Wassergehaltssverteilung zu verschiedenen Zeitpunkten während der Vegetationsperiode wieder.

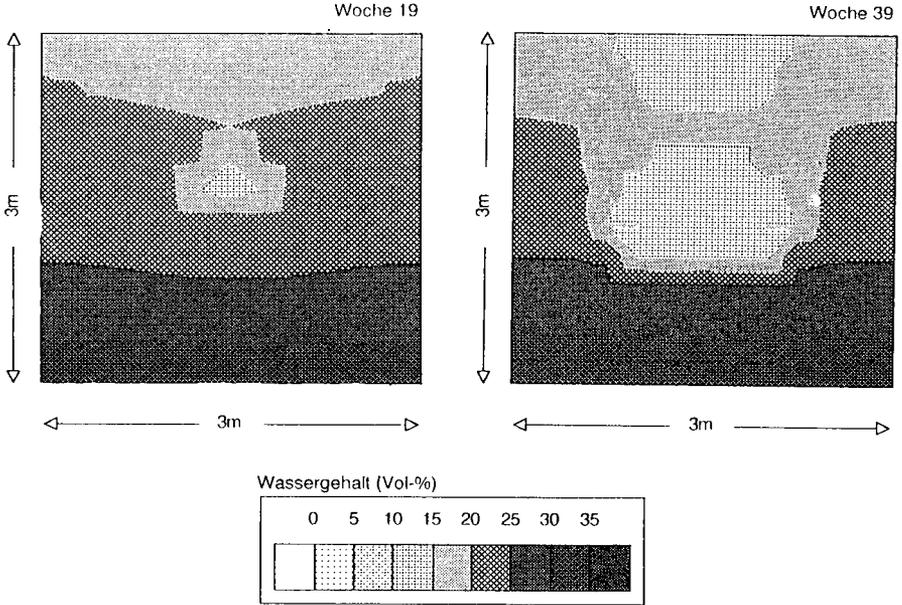
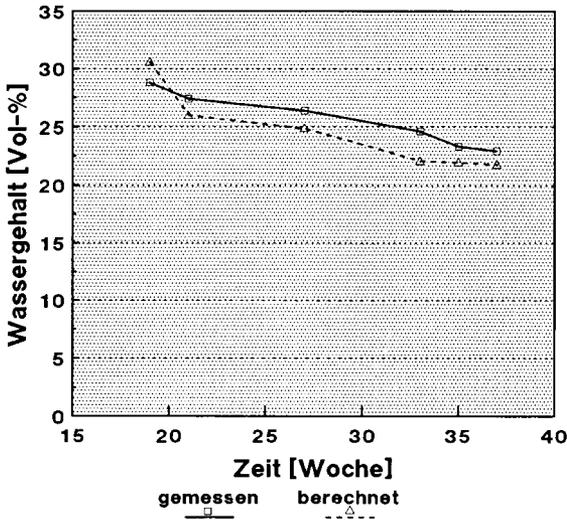


Abb. 3-5: modellierte Wassergehalte zu verschiedenen Zeitpunkten während der Vegetationsperiode



Der Vergleich der gemessenen mit den errechneten Wassergehalten zeigt eine gute Anpassung des Modells (Abb. 6).

Abb. 6: Vergleich gemessener und berechneter Gesamtwassergehalte im Lysimeter

## 5. Probleme

- Die Wurzelentwicklung kann nur für den Beginn und das Ende des Untersuchungszeitraumes bestimmt werden. Die Dynamik des Wurzelwachstums in Abhängigkeit von der hydrologischen Situation und den resultierenden pflanzenphysiologischen Steuermechanismen ist nicht erfassbar.
- Während einer nur einmaligen Austrocknung findet eine Aggregierung des Bodens statt. Diese führt zu einer Änderung der Wassergehalts-/ Wasserspannungsbeziehung und der Wasserleitfähigkeits-/ Wasserspannungsbeziehung (Abb. 7, 8). Die Dynamik der Änderung ist auch hier nicht erfassbar. Sie ist jedoch bei einer modellmäßigen Beschreibung und Quantifizierung des Wasserhaushaltes über längere Zeiträume unerlässlich.

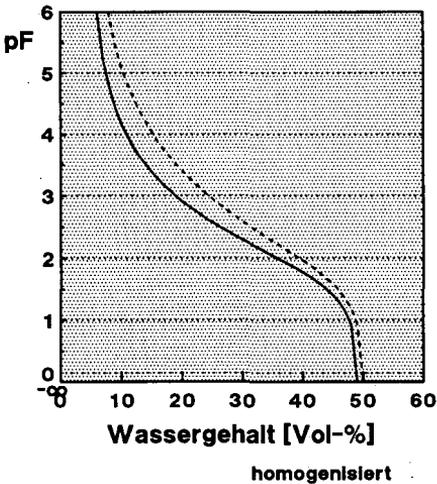


Abb. 7: Wassergehalts-/ Wasserspannungsbeziehung für einen homogenisierten und einmalig entwässerten Boden

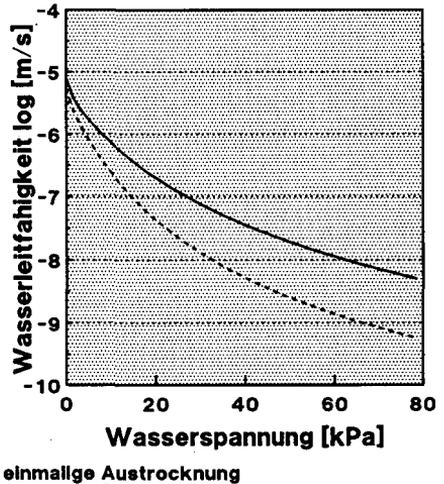


Abb. 8: Wasserleitfähigkeits-/ Wasserspannungsbeziehung für einen homogenisierten und einmalig entwässerten Boden

## 6. Fazit

Zu einer exakten Modellierung des Boden- und Pflanzenwasserhaushaltes über längere Zeiträume ist die zeitliche und räumliche Dynamik seitens der Pflanze durch Wachstum (Wurzelentwicklung/ -verteilung, Wurzelwasserpotentiale) als auch seitens des Bodens durch Strukturentwicklung (Änderung der Wassergehalts-/Wasserspannungsbeziehung und Wasserleitfähigkeits-/ Wasserspannungsbeziehung) zu erfassen.

Lagerungsdichten von Zylinder- und Aggregatproben  
verschiedener Böden

von

BECHER, H.H.\*<sup>1)</sup>

Vielfach wird zur Vereinfachung von Modellierungen angenommen, daß die Lagerungsdichte von Aggregaten identisch mit derjenigen von Zylinderproben ist, daß also die durch Zerfall entstandenen Aggregate genau so dicht sind wie die ursprünglichen. Besonders bei Anwendung der fraktalen Theorie auf die Modellierung des Stoff- oder Bodenlösungstransports wird diese Annahme gemacht, wie sie von dem von PERFECT & KAY (1991) gegebenen Bild abgeleitet werden kann. Dabei bleiben Makro- = Interaggregatporen unberücksichtigt. Hierzu werden 2 Hypothesen aufgestellt: a) Der durch die Annahme Zylinder- = Aggregatdichte entstehende Fehler ist groß. b) Mit zunehmender Tiefe wird die Dichtedifferenz kleiner.

Für die Überprüfung wurden die Werte der Lagerungsdichten von Zylinder- und Aggregatproben aus Parabraunerden und Pseudogleyen auf Löß und aus feuchten bis nassen Auenböden Südbayerns herangezogen. Die Zylinderdichte wurde nach HARTGE (1965) an 365cm<sup>3</sup> großen Zylindern, die Dichte der Aggregate (5-8mm, 8-10mm, 10-15mm) nach BECHER et al. (1990) durch Tauchwägung paraffinierter Einzelaggregate bestimmt. Durch Berechnung des Dichte-Quotienten ( $\frac{\rho_{b,agg} - \rho_{b,zyl}}{\rho_{b,agg}}$ ) wurden die Werte normalisiert.

Die Aggregate sind viel dichter als die Lagerungsdichte der Zylinderproben. Je kleiner der Dichte-Quotient ist, desto eher entspricht die Zylinderdichte der Aggregatdichte. Nur in tiefen (125-250cm) Profilen nähert sich mit zunehmender Tiefe die Zylinder- der Aggregatdichte. Es bestehen deutliche Substrat- und Bodentypenunterschiede, wie die mittleren Dichte-Quotienten für Parabraunerden und Pseudogleye einerseits mit 0,2 und für die nassen Auenböden andererseits mit 0,4 zeigen (Abb. 1). Dagegen beeinflussen unterschiedliche Stallmistzufuhren (Abb. 2) oder Rekultivierungsintensitäten kaum den Dichte-Quotienten, obwohl diese Maßnahmen auf andere Gefügeeigenschaften dieser Böden deutlich einwirkten (BECHER, 1985; BECHER & KAINZ, 1983).

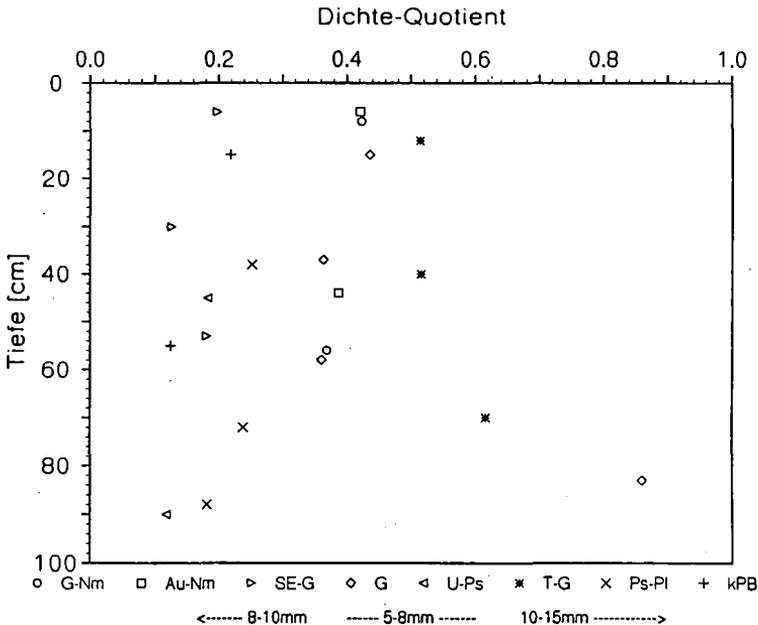
Somit bestätigt die Überprüfung die Hypothese a), so daß Stofftransporte in strukturierten Böden nur unter Berücksichtigung des Modells von WILLIAMS et al. (1967) und nicht des von PERFECT & KAY (1991) modelliert werden dürfen. Die Hypothese b) wird nur für

<sup>1)</sup> Lehrstuhl für Bodenkunde, TU München, 8050 Freising-Weihenstephan

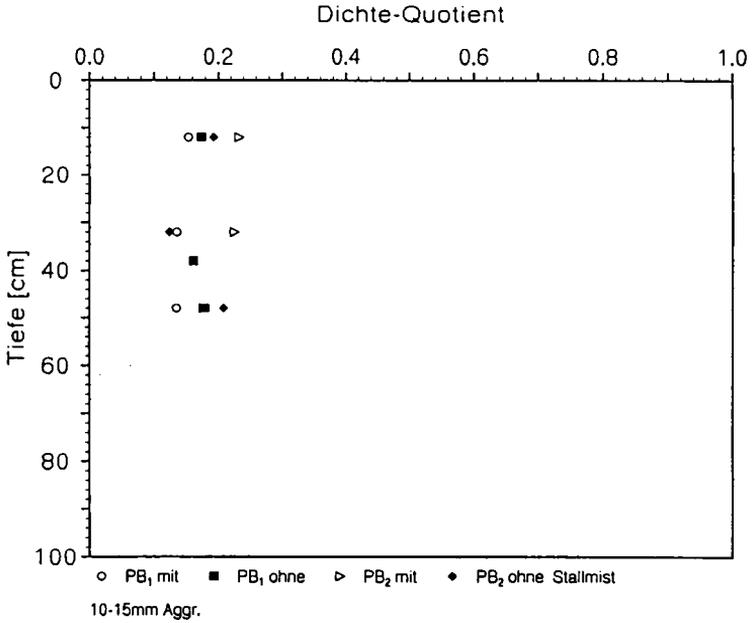
Tiefen  $\geq 50\text{cm}$  bestätigt.

Literatur:

- BECHER, H.H. (1985): Compaction of arable soils due to reclamation of off-road military traffic.- Reclam. Reveg. Res. 4,155-164
- BECHER, H.H., und KAINZ, M. (1983): Auswirkungen einer langjährigen Stallmistdüngung auf das Bodengefüge im Lößgebiet bei Straubing.- Z. Acker- u. Pfl.-bau 152,152-158
- BECHER, H.H., MÜLLER, K., und SCHNEIDER, E. (1990): Bestimmung der Dichte kleiner Einzelaggregate durch Tauchwägung nach Paraffin-Tränkung.- Z. Pfl.-Ern. u. Bodenkd. 153,369-371
- HARTGE, K.H. (1965): Die Bestimmung von Porenvolumen und Porengrößenverteilung.- Z. Kulturt. u. Flurber. 6,193-206
- PERFECT, E., und KAY, B.D. (1991): Fractal theory applied to soil aggregation.- J. Soil Sci. Soc. Am. 55,1552-1558
- WILLIAMS, B.G., GREENLAND, D.J., und QUIRK, J.P. (1967): The effect of polyvinyl alcohol on the nitrogen surface area and pore structure of soils.- Austral. J. Soil Res. 5,77-83



**Abb. 1:** Dichte-Quotient unterschiedlich hydromorpher Böden, nicht nur auf Löß entstanden



**Abb. 2:** Dichte-Quotient von Löß-Parabraunerden bei unterschiedlicher Stallmist-Düngung



## Eine Schnellmethode zur Bestimmung der ungesättigten hydraulischen Leitfähigkeit aus Infiltrationsmessungen

von

Bohne, K. +, F.J. Leij und M. Th. van Genuchten<sup>++</sup>

### 1. Einführung

Die Bestimmung der hydraulischen Bodeneigenschaften von Untersuchungsflächen wird durch die aus der räumlichen Variabilität erwachsenden Probleme sehr erschwert. Um die Anwendung von Simulationsmodellen auf standortbezogene Strömungs- und Migrationsprozesse in der ungesättigten Zone zu ermöglichen, werden schnelle und wenig aufwendige Methoden zur Messung der hydraulischen Bodeneigenschaften benötigt. Im folgenden wird eine entsprechende Methode beschrieben, bei der die hydraulischen Bodenparameter aus im Felde gemessenen Infiltrationsmengen und unabhängig davon gemessenen Retentionsdaten ermittelt werden. Die Methode besteht in einer Lösung des inversen Problems auf der Basis einer physikalisch begründeten Infiltrationsgleichung.

### 2. Methodenbeschreibung

HAVERKAMP et al.(1990) haben eine Infiltrationsgleichung vorgestellt, deren Parameter bodenphysikalische Eigenschaften darstellen und unabhängig von der Infiltrationszeit sind. Diese Gleichung wurde hier durch Beschränkung auf relativ trockene Anfangsbedingungen geringfügig vereinfacht ( $K_0 \ll K_s$ ,

$\delta=1$ ):

$$I(t) = (h_{su} - h_{str}) (\theta_s - \theta_0) \frac{K_s}{i(t) - K_s} + \frac{S^2 + 2h_{str} K_s (\theta_s - \theta_0)}{2 K_s} \ln \left( 1 + \frac{K_s}{i(t) - K_s} \right) \quad (1)$$

I kumulative Infiltrationsmenge

t Zeit

$i(t) = dI/dt$ , Infiltrationsrate

S Sorptivität

$K_s$  gesättigte hydraulische Leitfähigkeit

$h_{su}$  positive Druckhöhe an der Bodenoberfläche

$h_{str}$  kleinste Tensiometerdruckhöhe, bei der eine zusammenhängende nichtbenetzende Phase im Boden vorhanden ist ( Entwässerungsbedingungen)

$\theta_s$  volumetrischer Wassergehalt bei Feldsättigung

$\theta_0$  volumetrischer Anfangswassergehalt

Die Beziehung zwischen S und dem Matrixfluxpotential  $\Phi$  ist für Böden, in denen die hydraulische Leitfähigkeit in der Nähe der Benetzungsfrent den Infiltrationsvorgang steuert, durch

$$S = \sqrt{g (\theta_s - \theta_0) \Phi} \quad (2)$$

g empirischer Faktor, 1.8 ... 2.0

gegeben, wobei das Matrixfluxpotential durch

<sup>+</sup> Univ. Rostock, Fachber. Landeskultur u. Umweltschutz, FG Kultur techn. Bodenkunde, Postfach 27-13/14, 2500 Rostock 6

<sup>++</sup> U.S. Salinity Laboratory, 4500 Glenwood Drive, Riverside / 92501 CA.

$$\Phi = \int_{h_0}^0 K(h) dh \quad (3)$$

(REYNOLDS et al. 1985, SCOTTER et al. 1988) gegeben ist. Gl. (3) kann numerisch berechnet werden, wenn man die Leitfähigkeitsfunktion K(h) von VAN GENUCHTEN (1980)

$$K(h) = K_s \frac{(1-|\alpha h|^{n-1}(1+|\alpha h|^n)^{-m})^2}{(1+|\alpha h|^n)^{mc}} \quad (4)$$

- h Tensiometerdruckhöhe
- $\alpha, n$  Formparameter,  $m=1-1/n$
- c Porenkontinuitätsparameter, nach MUALEM (1976) im Mittel vieler Böden etwa gleich 0.5

in Gl.(3) einsetzt und Standardmethoden der numerischen Integration, z.B. die Methode von SIMPSON, benutzt. Die unbekanntenen Koeffizienten  $\alpha$ ,  $n$ ,  $c$  und  $K_s$  können aus den beobachteten Infiltrationsmengen bestimmt werden, wenn man diese mit den I(t)-Werten vergleicht, die sich aus Gl.(1) ergeben. Hierbei wird S in der Gl. (1) mit Hilfe der Gleichungen (2), (3) und (4) berechnet. Vor der Benutzung von Gl.(1) ist den beobachteten Infiltrationsmengen eine Regressionsgleichung, z.B.

$$I(t)=b_1 \sqrt{t} + b_2 t \quad (5)$$

anzupassen, deren erste Ableitung die in Gl.(1) benötigte Infiltrationsrate  $i(t)$  liefert. Zur Ermittlung der Parameterwerte wurde das nichtlineare Parameteroptimierungsverfahren RETC (LEIJ et al. 1989) modifiziert, so daß die gesuchten Parameter simultan sowohl an die Infiltrationsdaten als auch an die gemessenen Stützstellen der Wasserretentionskurve angepaßt werden. Für die Wasserretentionskurve wurde die Gleichung von VAN GENUCHTEN(1980)

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1+(-\alpha h)^n)^m} \quad (6)$$

verwendet. Es empfiehlt sich, auch  $\theta_r$  (Restwassergehalt) und  $\theta_s$  im Zuge des Parameteroptimierungsverfahrens zu bestimmen.

### 3. Methodenprüfung

Die beschriebene Methode wurde unter Verwendung der zweigliedrigen Infiltrationsgleichung von PHILIP auf Infiltrationsdaten angewandt, die ROTH et al. (1988) in Paraná/Brasilien auf stark aggregierten, tonigen Böden gemessen haben. Die ermittelten Parameter ergaben sowohl eine gute Anpassung der PHILIP-Gleichung an die gemessenen Infiltrationswerte als auch eine gute Anpassung von Gl.(6) an die gemessenen Wasserretentionsdaten. Bei Verwendung in Gl.(4) ermöglichten die ermittelten Parameter eine befriedigende Annäherung an Werte der hydraulischen Leitfähigkeit, die unabhängig von den Infiltrationsmessungen mit Hilfe der "Instantaneous Profile"-Methode ermittelt worden waren. In einem zweiten Experiment wurde die Methode in der hier beschriebenen Form auf Infiltrationsdaten angewandt, die auf der Basis angenommener Parameterwerte mit einem numerischen Modell erzeugt worden waren. Es gelang, die ursprünglichen Parameterwerte wiederherzustellen. Obwohl die Abweichungen zwischen den angenommenen und den wiedergefundenen Parametern 0.23 bis 17.3 % des Originalwertes betragen, werden sowohl die fehlerfreien Wasserspannungskurven ( 2 Böden ) als auch die empirischen Infiltrationskurven durch die gefundenen Parameterwerte sehr gut dargestellt. Das beobachtete Anpassungsverhalten läßt es empfehlenswert erscheinen, Daten aus einem möglichst großen Meßbereich ( Beispiel: Infiltrationszeiten 0.5 ... 60 Minuten, Tensiometerdruckhöhen -5000 bis -20 cm) zu verwenden. Fehlerbehaftete Daten können auf das Anpassungsverhalten und die ermittelten Parameterwerte einen erheblichen Einfluß ausüben. Diese Effekte wurden bereits von KOOL et al. (1985) untersucht.

**Literatur**

- HAVERKAMP, R.  
PARLANGE, J.-Y.  
STARR, J. L.  
SCHMITZ, G.  
FUENTES, C. Infiltration under ponded conditions:3. A predictive equation based on physical parameters  
Soil Science 149 (1990) 5, 292-300
- KOOL, J.B.  
PARKER, J.C.  
van GENUCHTEN, M.Th. Determining soil hydraulic properties from one-step outflow experiments by parameter estimation: 1. Theory and numerical studies 2.: Experimental studies  
Soil Science Soc. of America Journal 49 (1985), 6, 1348-1359
- LEIJ, F.  
van GENUCHTEN, M.  
YATES, S.R.  
RUSSEL, W.B.  
KAVEH, F. RETC. A computer program for describing and analysing soil water retention and hydraulic conductivity data  
Proc. Int. Workshop Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils, Riverside, California, Oct. 11-13, 1989
- MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media  
Water Resources Research 1976, 513-522
- REYNOLDS, W.D.  
ELRICK, D.E.  
CLOTHIER, B.E. The constant head well permeameter: Effect of unsaturated flow  
Soil Sci. 139(1985) 2, 172-180
- ROTH, C.H., MEYER, B.,  
FREDE, H.G.,  
DERPSCH, R. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltration and other soil physical properties of an Oxisol in Paraná/Brazil  
Soil Tillage Research 11(1988) 81-91
- SCOTTER, D.R.  
CLOTHIER, B.E.  
SAUER, I.J. A critical assessment of the role of measured hydraulic properties in the simulation of absorption, infiltration und redistribution of soil water  
Agric. Water Management 1988, 15, 73-86
- van GENUCHTEN, M.Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils  
Soil Science Society of America Journal 1980, 44, 892-898



## **Dynamik transienter Fließ- und Transportvorgänge in strukturierten Böden** **II. Stofftransport**

von  
Demuth, N. und P. Germann<sup>\*)</sup>

### **Einleitung**

Bei der Evaluation des Wasser- und Stofftransportes wird in der Regel von stationären Sickerbedingungen ausgegangen. Dies ist unter natürlichen Bedingungen nur der Idealfall. Infolge nichtstationärer Sickerbedingungen können aber zeitlich und örtliche variable Fließbedingungen den Stofftransport und die Mischungsprozesse erheblich modifizieren. Um dies unter reproduzierbaren Bedingungen experimentell zu erfassen, wurden instationäre Beregnungsexperimente durchgeführt. Erste Ergebnisse werden hier dargestellt.

### **Boden, Versuchsanordnung, Versuchsbedingungen**

Eine natürlich gelagerte Bodensäule (Durchmesser 40 (cm), Länge 50 (cm)) wurde auf der St. Petersinsel (Bieler See) möglichst ungestört gestochen. Es handelt sich dabei um einen aus Seeablagerungen entstandenen, karbonatreichen Fluviosol mit einem gut strukturierten Ah-Horizont.

Korngrößenverteilung: sandiger Lehm

Porosität: 0.45 - 0.50

Gesättigte Wasserleitfähigkeit nach Darcy:  $1.5 \cdot 10^{-3}$  (cm/s)

Zur Versuchsdurchführung wurde die Säule in unterschiedlichen zeitlichen Abständen jeweils während 10 (min) mit einer Kaliumbromid Lösung beregnet. Die Beregnungsrates betrug bei allen Versuchen  $2.7 \times 10^{-3}$  (cm/s) (insgesamt 16 (mm) oder 2.0 (l)). Die Kaliumbromidkonzentration im Beregnungswasser betrug bei allen Versuchen 600 (mg/l). Der Ausfluss am unteren Ende der Säule wurde mit hoher zeitlicher Auflösung aufgefangen und die Bromidkonzentrationen in den Fraktionsproben bestimmt.

### **Ergebnisse**

Mit einer zeitlichen Verschiebung von nur wenigen Minuten gegenüber der Beregnung setzt am unteren Ende der Bodensäule der Sickerwasserablauf ein. Er erreicht nach ca. 20 Minuten sein Maximum. Bei gleichen Versuchsbedingungen sind die Sickerwasserwellen sehr gut reproduzierbar. Bromid lässt sich erstmals am Ende der ersten Auslaufwelle nachweisen, erreicht aber erst nach der siebten Beregnung die Applikationskonzentration. Die Konzentrationen im Ausfluss zeigen einen vom zeitlichen Abstand der Versuche abhängigen Verlauf. Für einen Beregnungsabstand von mindestens einer Woche stellt Abbildung 1b (bis zum Beginn der 2. Beregnung) einen typischen

<sup>\*)</sup> Abteilung Bodenkunde, Geographisches Institut der Universität Bern  
Hallerstrasser 12, CH-3012 Bern (Schweiz)

Konzentrationsgang dar. Die hohe Konzentration zu Beginn wird als Aufkonzentration infolge Verdunstung am unteren Rand interpretiert. Die Konzentrationsminima liegen deutlich über der Endkonzentration des vorangegangenen Experimentes. Auch ohne weiteren Ausfluss findet also in der Zeit zwischen zwei Versuchen eine weitere Durchmischung statt. Ein anderer Konzentrationsverlauf wird bei den Versuchen beobachtet, die in einem zeitlichen Abstand von nur wenigen Stunden durchgeführt werden. Hier zeigt sich zu Beginn ein Konzentrationsabfall deutlich unter die Endkonzentration des vorangegangenen Versuchs (Abbildungen 1 und 2).

### **Interpretation der Ergebnisse**

Erwartet wurde bei den höheren Wassergehalten - entweder infolge von "preferential flow" oder auch allein wegen der grösseren hydraulischen Leitfähigkeit - dass der Austausch zwischen infiltrierendem Wasser und bereits vorhandener Bodenlösung wegen der "kinetischen Barriere" verzögert und beschränkt erfolgt und somit die Bromidkonzentration schneller ansteigt als bei geringeren Wassergehalten. Dies mag für Versuch 8 (vgl. Abbildung 2) mit dem geringsten zeitlichen Abstand der Beregnungen für das Ende der Sickerwasserwelle stimmen. Zunächst zeigt sich aber ein deutlicher Konzentrationsabfall. Die höhere Bodenfeuchte und die durch sie bestimmten hydraulischen Parameter erlauben demnach einer weiteren Infiltration eine schnelle Mobilisierung von "immobiler" vorher nicht oder nur wenig an den Fliess- und Mischungsvorgängen beteiligten Wassers. Selbst unter der Annahme, dass die den Konzentrationsabfall bewirkende Bodenlösung überhaupt kein Bromid enthält, entspricht bei Versuch 8 die Menge immerhin einer Wasserhöhe von 2 (mm) oder 12.5 (%) der Infiltrationsmenge.

Ähnliche Konzentrationsdepressionen wurden schon an anderen Stellen beobachtet und publiziert aber soweit bekannt, nicht weiter kommentiert (z.B. Levy und Germann (1988)). Es drängt sich auch ein Vergleich mit Beobachtungen in kleinen hydrologischen Einzugsgebieten auf. Hier führt ein starker Niederschlag häufig - v.a. bei hoher Bodenfeuchte - zu einem schnellen Anstieg des Abflusses, das Wasser zeigt jedoch die chemische Zusammensetzung von "altem" Wasser (Pearce et al (1986)).

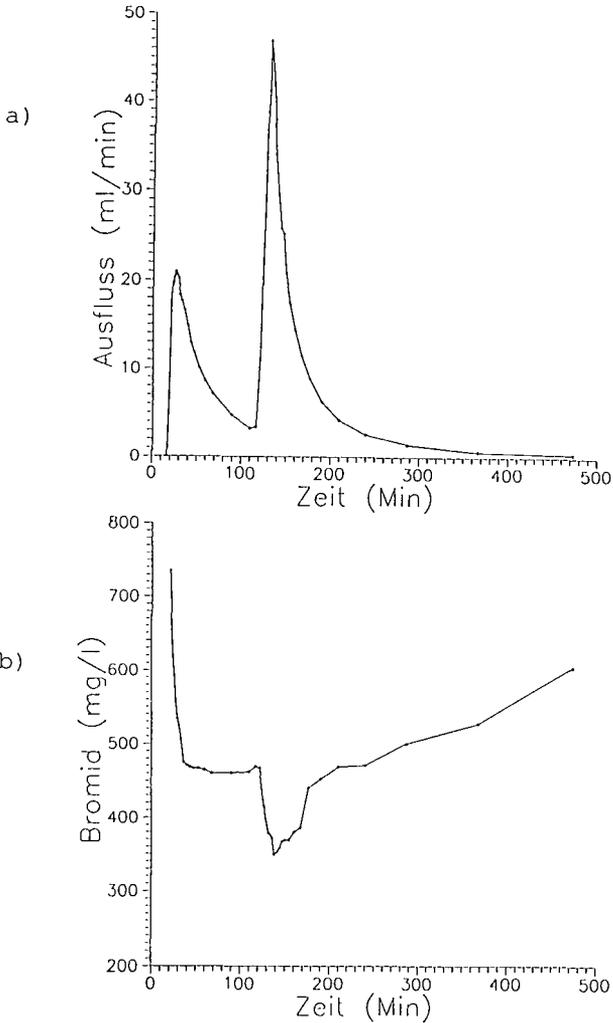
Weitere Beregnungsexperimente - bei denen zusätzlich Bodenfeuchte und Kapillarpotential mit hoher zeitlicher Auflösung in verschiedenen Tiefe gemessen werden - sind geplant. Die Ergebnisse werden die Bedingungen und Ursachen des hier dargestellten Effekts des "pushing out old water" charakterisieren.

### **Literatur**

Levy B.S. and P.F. Germann (1988): Kinematic wave approximation to solute transport along preferred paths in soils. In: P.F. Germann (eds), Rapid and Far-reaching Hydrologic Processes in Vadose Zone. J. Contam. Hydrol., 3: 263-276

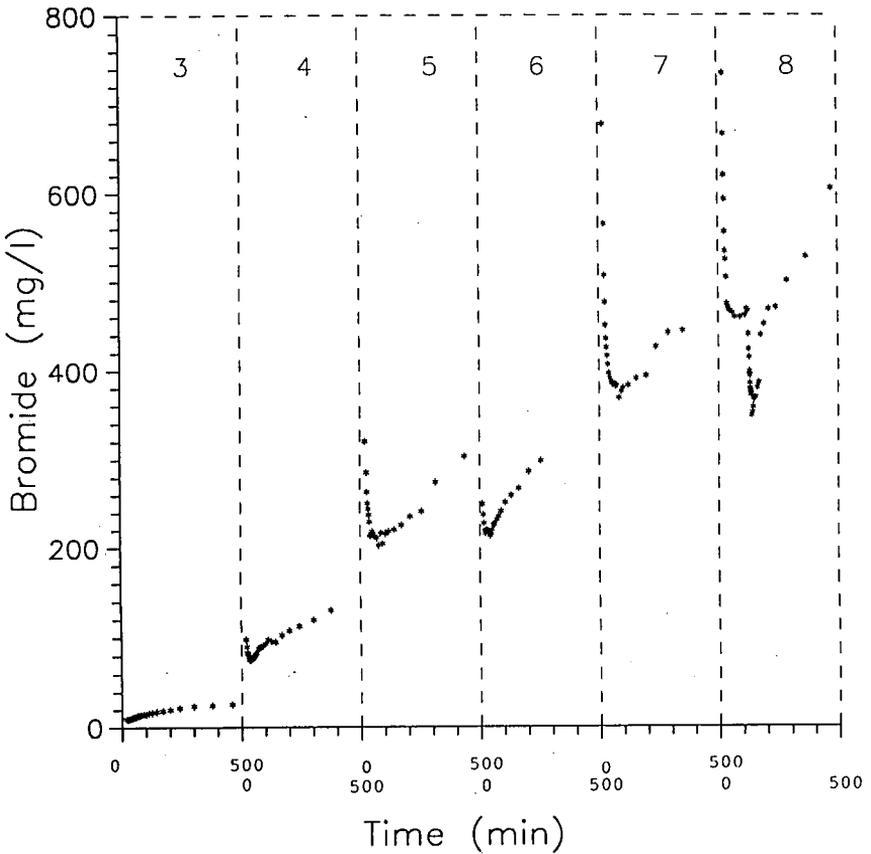
Pearce A.J, M.K. Stewart and M.G. Sklash (1986): Storm runoff generation in humid headwater catchments 1. Where does the water come from?. Water Resour. Res. 22(8): 1263-1272.

24. Oktober 1991



**Abbildung 1a:** Versuch 8. Zeitlicher Verlauf des Sickerwasserabflusses nach zwei Beregnungen (Minuten 0 bis 10 und 110 bis 120) mit jeweils 2000 ml Kaliumbromidlösung (600 mg KBr/l).

**Abbildung 1b:** Versuch 8. Zeitlicher Verlauf der Bromidkonzentration im Sickerwasser. Die hohe Konzentration zu Beginn wird als Aufkonzentration infolge Verdunstung am unteren Rand interpretiert. Deutlich der schnelle Konzentrationsabfall nach der zweiten Beregnung.



**Abbildung 2:** Zeitlicher Verlauf der Bromidkonzentrationen für die Versuche 3 bis 8. Versuch 6 wurde wenige Stunden nach Versuch 5 durchgeführt. Versuch 8 umfasst zwei Berechnungen (vgl. Abbildung 3). Die Berechnungsabstände zwischen den anderen Versuchen betragen jeweils mindestens eine Woche. Bei Versuch 6 und 8 liegen die Konzentrationsminima deutlich unter den Endkonzentrationen der vorangegangenen Versuche.

## Bestimmung hydraulischer Eigenschaften strukturierter Böden: Zur Problematik der Verwendung von Parameteridentifikationsverfahren

W. Durner<sup>1</sup>

*Parameter-Identifikations (PI-) Verfahren*, die auch als "inverse Simulation" oder "inverse Modellierung" bezeichnet werden, sind im Prinzip optimale Auswertungsverfahren für Meßexperimente zur Bestimmung hydraulischer Parameter. Bei diesen Verfahren wird das Fließproblem nicht invertiert, sondern - oft mit Hilfe numerischer Simulation - für vorgegebene Randbedingungen (die einen beliebigen Verlauf haben können) direkt gelöst. Im Gegensatz zur direkten Simulation sind die Koeffizienten der hydraulischen Funktionen jedoch nicht von vornherein festgelegt, sondern werden in wiederholten Simulationsläufen durch Minimierung der Abweichung zwischen beobachteten und simulierten Daten mit Hilfe einer Optimierungstechnik bestimmt.

PI-Verfahren haben jedoch zwei entscheidende Nachteile: (i) Die funktionale Form der hydraulischen Funktionen muß *a priori* festgesetzt werden, und (ii) das inverse Problem ist mathematisch schlecht konditioniert. Der erste Punkt bedeutet, daß die Resultate eines PI-Verfahrens dubios sind, wenn das gewählte parametrische Modell zur Beschreibung der wahren hydraulischen Eigenschaften nicht geeignet ist. Der zweite Punkt hat zur Konsequenz, daß angestrebt werden muß, möglichst wenige Parameter gleichzeitig über eine inverse Simulation zu optimieren. Aus diesem Grund ist die Kombination von PI-Verfahren mit Vorhersagemodellen für die hydraulische Leitfähigkeit  $K$  üblich. Im Bereich der Bodenkunde wird hierbei insbesondere das pF-WG-Modell von van Genuchten (1980) in Verbindung mit der  $K$ -Vorhersage von Mualem (1976) (im folgenden: VGM-Modell) verwendet.

In diesem Beitrag wird die Frage untersucht, welche Resultate PI-Verfahren liefern, wenn die hydraulischen Eigenschaften strukturierter Böden, die oft sekundäre Porensysteme besitzen, durch die vorgewählten Parameterfunktionen nicht adäquat repräsentiert werden können. Wie Durner (1991a) zeigte, kommen solche Porensysteme relativ häufig vor. Wenn klassisch gemessene pF-WG-Daten vorliegen, so können strukturierte Porensysteme anhand typischer Abweichungen der angepaßten van Genuchten-Funktion insbesondere nahe der Sättigung erkannt werden.

### *Simulation der Drainage eines strukturierten Bodens*

Abb. 1 zeigt die hydraulischen Eigenschaften von *Rideau Clay Loam*, eines strukturierten tonigen Lehms. Der Verlauf der ungesättigten Leitfähigkeit wurde unter Anwendung der Mualem-Theorie direkt aus dem Verlauf der angepaßten mehrmodalen pF-WG-Kurve vorhergesagt. Es ist deutlich zu erkennen, wie das sekundäre Grobporensystem zu einer

<sup>1</sup> ETHZ, Institut f. Terrestrische Ökologie, Bodenphysik, Grabenstr. 3, CH-8952 Schlieren, Schweiz.

rapiden Erhöhung der Leitfähigkeit nahe Sättigung führt. Die gepunkteten Kurven entsprechen dem Versuch, diesen Boden durch das unimodale VGM-Modell darzustellen. Die Beschreibung der verwendeten mehrmodalen Funktion und eine nähere Charakterisierung des Bodens wurden in Durner (1991b) vorgenommen.

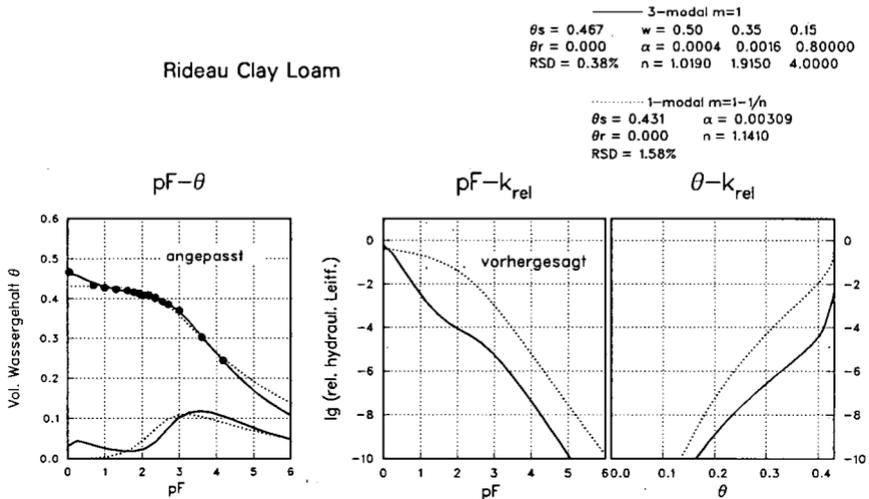


Abb. 1: Hydraulische Eigenschaften eines Lehms mit Grobporensystem. Die verwendeten mehrmodalen Funktionen und der Boden wurde in Durner (1991b) näher beschrieben (Daten: Topp, pers. Mitt.).

Unter Verwendung der mehrmodalen hydraulischen Funktionen wurde ein Drainageexperiment simuliert, wie es oft zur Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit im Freiland dient. Hierbei wird ein grundwasserfernes Bodenprofil durch Beregnung oder Überstau völlig aufgesättigt. Nach Beendigung der Infiltration wird die Oberfläche abgedeckt. Während das Profil draint, können verschiedene Größen in ihrer zeitlichen Entwicklung gemessen und zur Auswertung des Experiments verwendet werden. Abbildung 2 (durchgezogene Linie) zeigt als Ergebnis der Simulation den für den Stofftransport interessanten kumulativen Wasserfluß durch das Bodenprofil in 1 m Tiefe. Da die Fließraten zu Beginn des Experiments sehr hoch sind, wurde eine Auftragung gegen den Logarithmus der Zeit gewählt. Es ist erkennbar, daß die Drainage des Grobporensystems innerhalb der ersten Stunden erfolgt (3.5% Wasserverlust innerhalb des ersten Tages), der Boden dann entsprechend seiner Textur langsam und kontinuierlich weiter draint.

#### Ergebnis der Parameteridentifikation

Der mit dem mehrmodalen Modell simulierte Durchfluß in 1 m Tiefe diente als Datenbasis, um mit Hilfe des PI-Programms SFIT (Kool und Parker 1987), das von einer unimodalen VGM-Repräsentation der hydraulischen Eigenschaften des Bodens ausgeht, die hydraulischen Parameter  $\alpha$  und  $n$  zu optimieren. Die übrigen drei Parameter dieses Mo-

dells wurden vorgegeben: der gesättigte Wassergehalt wurde auf den höchsten gemessenen Wassergehalt (0.466) gesetzt, der Restwassergehalt auf 0% (dieser Wert entspricht dem Restwassergehalt der an Meßdaten angepaßten Funktion, vgl. Abb. 1). Als gesättigte Leitfähigkeit wurde der "gemessene" Wert von  $K_s = 100 \text{ cm d}^{-1}$  vorgegeben.

Zur Parameteroptimierung wurden drei Simulationläufe (A1-A3) durchgeführt, die Daten aus unterschiedlichen Phasen des Experiments verwendeten:

- (A1) alle Daten
- (A2) nur die Daten für  $0 < t < 2 \text{ [d]}$  (frühe Phase)
- (A3) nur die Daten für  $1 < t < 900 \text{ [d]}$  (späte Phase)

Die Ergebnisse der Optimierung sind in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt. Abbildung 2 verdeutlicht die Unfähigkeit des Optimierungsprogrammes, die vorgegebene Ausflußkurve zu modellieren: Während die frühe Ausflußphase mit den hohen vorgegebenen Leitfähigkeiten noch relativ gut nachvollzogen werden kann, ist die in der späten Phase langsam und sehr gleichmäßig nachlassende Draingeschwindigkeit durch die unimodale Approximation nicht nachvollziehbar. Entsprechend zeigen die optimierten hydraulischen Funktionen (Abb. 3) keine Ähnlichkeit zu den Meßdaten. Interessant ist, daß auch die Freigabe von  $K_s$  keine Verbesserung bringen kann (Durner 1991a).

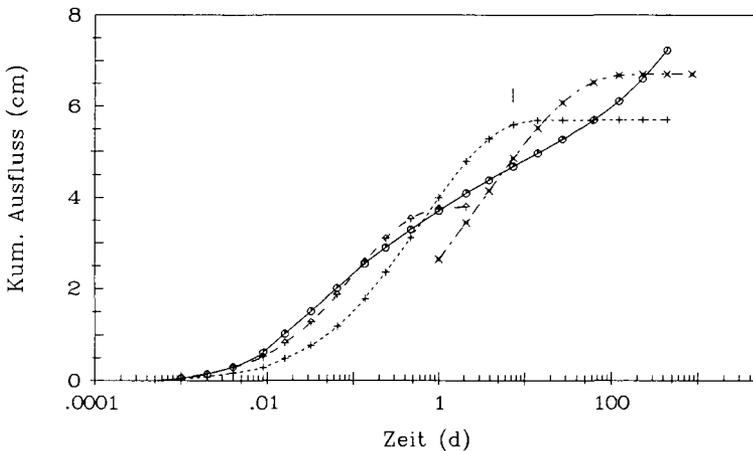


Abb. 2: Simulation eines Drainage-Experiments an Rideau Clay Loam. Die durchgezogene Kurve zeigt die mit einer mehrmodalen  $pF$ -WG-Funktion simulierte Ausflußkurve in einem Meter Tiefe. Die gestrichelten Linien zeigen die mit dem Programm SFIT optimierten Ausflüsse, die sich durch Simulationen mit dem VGM-Modell ergeben. Die Symbole markieren die Meßpunkte, die bei der SFIT-Auswertung berücksichtigt wurden.  
 ..... Exp. A1: Alle Daten wurden in der Optimierung verwendet.  
 - - - - - Exp. A2: Nur die frühe Phase wurde in der Optimierung berücksichtigt.  
 . . . . . Exp. A3: Nur die späte Phase wurde in der Optimierung berücksichtigt.  
 Während die frühe Phase bei negierung der späten Daten relativ gut nachvollzogen wird, ist die Anpassung an den späten Teil des Experiments systematisch falsch.

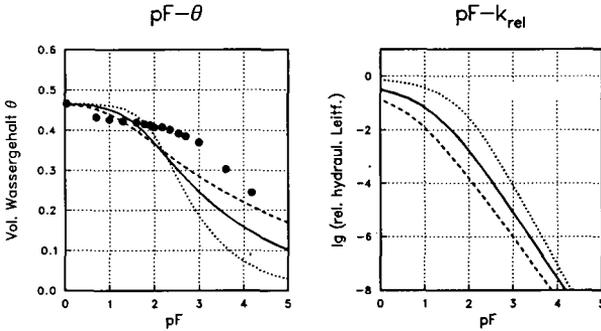


Abb. 3:  
Hydraulische Funktionen des Rideau Clay Loam als Ergebnis der SFIT-Optimierungen.  
— Lauf A1  
..... Lauf A2  
- - - - Lauf A3.

### Schlußfolgerung

In dem vorgestellten Fallbeispiel ist die Inadäquatheit des VGM-Modells zur Beschreibung der hydraulischen Funktionen durch die mangelhafte Übereinstimmung zwischen "Beobachtungen" und SFIT-simulierten Resultaten offenkundig. Eine sorglose Verwendung der so bestimmten hydraulischen Funktionen (Abb. 3) würde deshalb in weiteren Anwendungen sicher nicht stattfinden. Es ist jedoch keineswegs ausgeschlossen, daß in weniger offensichtlichen Fällen die Anwendung von PI-Methoden mit falschen funktionalen Vorgaben zu fatalen Fehleinschätzungen der hydraulischen Kennfunktionen führen kann. Dies ist besonders dann möglich, wenn Daten nur über einen begrenzten Feuchtebereich zur Verfügung stehen und über diesen Kalibrierungsbereich hinaus extrapoliert wird.

Strukturierte Porensysteme können anhand einer Ausflußmethode nur indirekt und deshalb schwer erkannt werden. Eine entscheidende Konsequenz des hier dargestellten Ergebnisses besteht deshalb darin, für strukturierte Böden auf die explizite Bestimmung der pF-WG-Kurve, die insbesondere nahe des Sättigungsbereichs gut aufgelöst sein muß, nicht zu verzichten (Scheibke et al. 1991). Sollte sich dann zeigen, daß eine flexible Funktion zur Beschreibung der Retentionsdaten nötig ist, so kann z.B. mit dem hier verwendeten Modell eine Vorhersage der zugehörigen mehrmodalen Leitfähigkeitsfunktion erfolgen und die empirischen Parameter der K-Vorhersage ( $K_s$  und der Tortuositätsfaktor  $\tau$ ) über inverse Simulation bestimmt werden.

### Literatur

- Durner W. (1991a): Vorhersage der hydraulischen Leitfähigkeit strukturierter Böden. Dissertation, Bayreuther Bodenkundliche Berichte 20, 1-186.
- Durner W. (1991b) Vorhersage der ungesättigten hydraulischen Leitfähigkeit von Böden mit mehrmodalen Porensystemen. Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch. 66, I, 127-130.
- Kool J.B. und J.C. Parker (1987): Estimating soil hydraulic properties from transient flow experiments. SFIT user's guide. Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA.
- Mualem Y. (1976): A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. Water Resour. Res. 12(3), 513-522.
- Scheibke R., T. Zurmühl und W. Durner (1991): Hochauflösende Datenerfassung zur Bestimmung der hydraulischen Eigenschaften ungestörter Bodensäulen. Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch. 66, I, 217-220.
- 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.

**Dynamik transienter Fliess- und Transportvorgänge in  
strukturierten Böden**  
**I. INFILTRATION**

von  
Germann, P., und Demuth, N.+)

**Einleitung**

Wenn die Existenz von preferentiellen, transienten Wasserflüssen in strukturierten Böden vorausgesetzt wird, dann muss auch angenommen werden, dass sich unter Umständen das Kapillarpotential unabhängig vom Wassergehalt verändern kann (Germann, 1991). Um diese Annahme zu überprüfen, wurden in verschiedenen Tiefen einer ungestörten Bodensäule die Wassergehalte und die Kapillarpotentiale automatisch und unabhängig voneinander in kurzer zeitlicher Auflösung gemessen.

**Boden, Versuchsanordnung, Versuchsbedingungen**

Ein ungestörter Monolith (Durchmesser 40 [cm], Länge 47 [cm]) wurde aus einem Waldboden gestochen. Es handelt sich dabei um eine aus Löss entstandene, stark saure, leicht pseudovergleyte Parabraunerde. Die scheinbare Dichte nimmt von oben nach unten von 1.0 auf 1.4 [Mg/m<sup>3</sup>] zu. Die Textur entspreche einem Staublehm (Germann, 1976).

Die ungestörte Bodensäule wurde in den Tiefen 7, 17, 27 und 37 [cm] mit je einem Druckaufnehmer-Tensiometer (Keramikkerze 20 [mm] lang, 6 [mm] Durchmesser) und einem Stabpaar der TDR-Sonde (250 [mm] lang, 6 [mm] im Durchmesser) ausgestattet. Der Cabletester Tektronix 1502B wurde über einen Campbell Multiplexer mit den insgesamt 4 Messsonden elektronisch verbunden. Gesteuert wurde die gesamte Messanlage mit 2 Campbell Microloggern 21X, die auch die Daten erfassen.

Zu Versuchsbeginn lagen die Bodenfeuchte bei 0.30 und die Kapillarpotentiale bei -580 [hPa]. Leitungswasser wurde mit einer Rate von  $2.7 \times 10^{-6}$  [m/s] mit einer Düse während 25 [min] aufgebracht (insgesamt 4 [mm] oder 0.5 [L] Wasser). Die Wassergehalte und die Kapillarpotentiale wurden an jeder der 4 Messtellen im Takt von 10 [min] gemessen.

**Ergebnisse**

1) Die Wassergehaltsveränderungen in den Tiefen 7 und 17 [cm] zeigen kurzfristige Schwankungen im Bereich von  $\pm 0.002$ , die zeitweise von solchen mit lediglich  $\pm 0.0003$  abwechseln. Der letztere Bereich wird als Rauschen des Messsignals aufgefasst, während der erstere als Rauschen plus reale Wassergehaltsschwankung

+) Abteilung für Bodenkunde, Geographisches Institut der Universität  
Bern, Hallerstrasse 12, CH-3012 Bern (Schweiz)

während und kurz nach einer Infiltration interpretiert wird. Die Schwankungen konnten in den Tiefen 27 und 37 [cm] nicht mehr derart ausgeprägt festgestellt werden. In Abb. 1 sind beispielhaft die Wassergehaltsschwankungen der Tiefen 7 und 37 [cm] dargestellt.

2) In Abbildung 2a ist ein Ausschnitt aus Abbildung 1a wieder gegeben, in Abb.2b zusätzlich die Veränderung des Kapillarpotentials während demselben Zeitabschnitt. Zunächst erscheinen die Wassergehaltsveränderungen als wenig korreliert mit den Veränderungen des Kapillarpotentials. Diese Feststellung deckt sich mit den Beobachtungen von Thomas und Phillips (1991) unter weit höheren Sättigungsgraden.

Im mittleren Zeitabschnitt hingegen erkennt man eine temporäre Beruhigung der Wassergehaltsschwankungen, die mit einer exponentiellen Abflachung der Abnahme des Kapillarpotentials gekoppelt ist. Derart miteinander korrelierte Veränderungen konnten auch während anderer Zeitabschnitte in den Messtiefen 7 und 17 [cm] beobachtet werden.

### **Vorläufige Interpretation der Ergebnisse**

Sollten sich diese ersten, jedoch wiederholt festgestellten kurzfristigen Schwankungen des Wassergehaltes und des Kapillarpotentials als real herausstellen, dann stellen sie ein Signal dar, das möglicherweise Ausdruck ist von bevorzugtem Fließen in strukturierten Böden. Überraschend dabei ist ihr Auftreten bei Kapillarpotentialen  $h < -500$  [hPa]. Angesichts der geringen Menge des aufgebrachten Wassers erstaunt weiter nicht, dass sich diese Signale nur in den beiden oberen Messtiefen zeigten.

Mit Hilfe der Spektralanalyse werden die zeitlichen Verläufe der Wassergehaltsschwankungen und der Kapillarpotentiale zunächst charakterisiert. Des weiteren sollen die räumlichen Korrelationen der Signale untereinander ermittelt werden. Insbesondere interessieren die räumlichen Korrelationen in Abhängigkeit der Anfangsbodenfeuchte und der Bedingungen am oberen Rande.

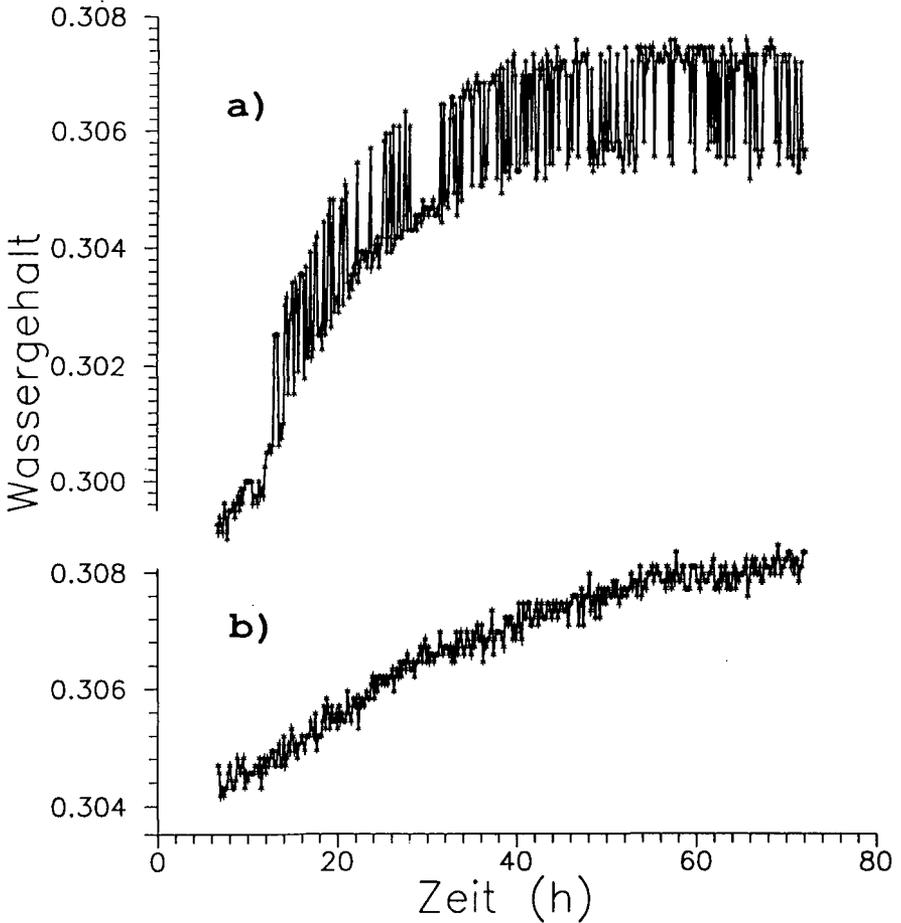
### **Literatur**

Germann, P.(1991): Erfassung der schnellen Flüsse im Boden und deren Bedeutung für den Transport von gelösten und partikulären Stoffen. *Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 66 I,135-138.

Germann, P.(1976): Wasserhaushalt und Elektrolytverlagerung in einem mit Wald und einem mit Wiese bestockten Boden in ebener Lage. *Mitt. eidg. Anst. forstl. Vers'wes.* 52(3):163-309.

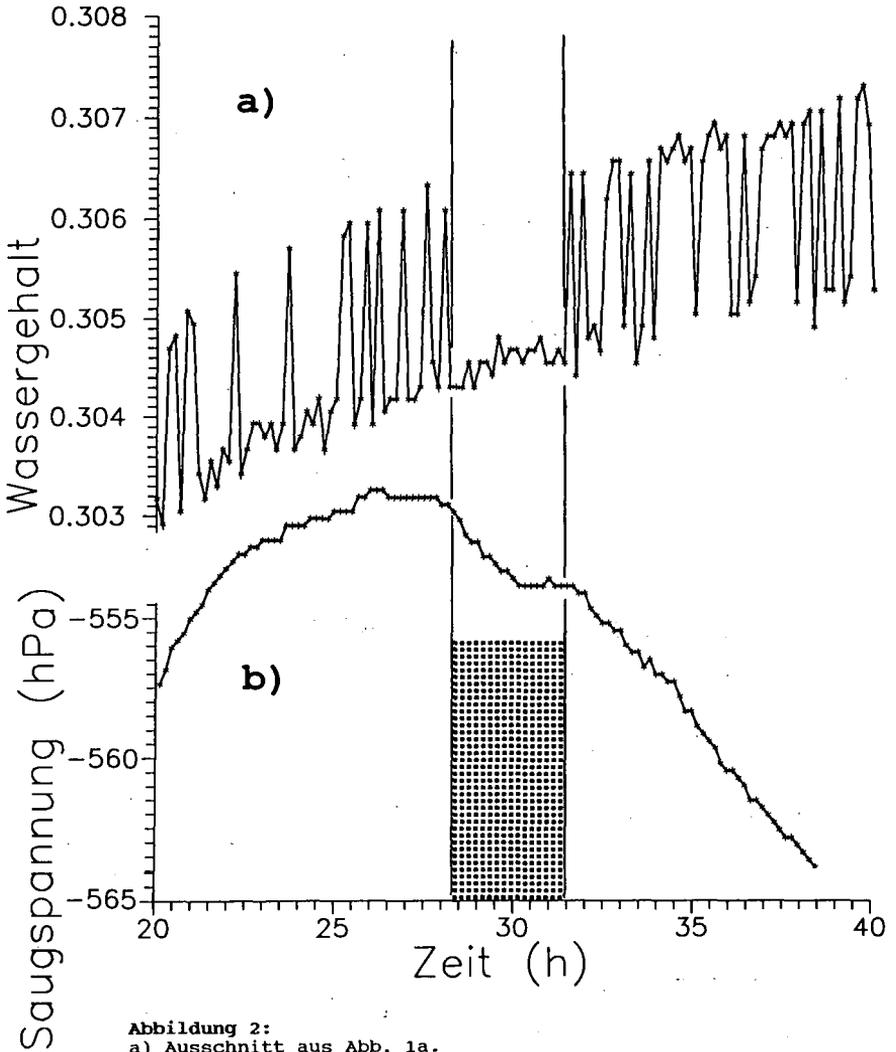
Thomas, G.W., and R. E.Phillips (1991): The transient instability of tensiometer readings during infiltration. *Soil Science* 152(3):231-235.

# Infiltrationsversuch vom 21. Februar 1992



**Abbildung 1:**  
Zeitlicher Verlauf des Wassergehaltes während einer Infiltration,  
a) in der Tiefe 7 [cm] mit ausgeprägten Schwankungen,  
b) in der Tiefe 37 [cm] ohne ausgeprägte Schwankungen.

# Infiltrationsversuch vom 21. Februar 1992



**Abbildung 2:**

a) Ausschnitt aus Abb. 1a.

b) Kapillarpotential während demselben Zeitabschnitt.

Man beachte die zeitliche Übereinstimmung zwischen der geringen Wassergehaltsschwankung und der exponentiellen Abnahme des Kapillarpotentials (28 [h] < t < 32 [h]).

**Eignung von Reaktortests zur Zustandsbeschreibung von Boden und Bodenwasser am Beispiel von Säure-Base-Prozessen**

von

GLÄSER, KATRIN u. UHLMANN, WILFRIED<sup>\*)</sup>

*Böden sind Mehrphasen- und Mehrkomponentensysteme. Säure-Base-Prozesse in solchen Systemen sind sehr komplexer Natur. Es wurde versucht, die Bodenversauerung bzw. -alkalisierung vereinfacht als thermodynamische Zustandsfunktion  $pH = f(Aci$  bzw.  $Alk)$  darzustellen und experimentell zu erfassen.*

Thermodynamische Zustandsfunktionen stellen einen Zusammenhang zwischen intensiven (nichtteilbaren) und extensiven (teilbaren) thermodynamischen Zustandsvariablen dar:

$$Z = f(T, p, n_i)$$

Die Darstellung thermodynamischer Zustandsfunktionen setzt voraus:

- (1) das lokale Gleichgewicht im REV bezüglich des untersuchten Prozesses;
- (2) die Stetigkeit der Zustandsfunktion, zumindest innerhalb bestimmter Grenzen;
- (3) die partielle Ableitung der konkreten Zustandsfunktion bei Konstanz aller anderen Zustandsvariablen.

Der Säure-Base-Zustand natürlicher aquatischer Systeme kann als thermodynamische Zustandsfunktion der intensiven Zustandsvariable pH-Wert und der extensiven Zustandsvariablen Acidität bzw. Alkalität dargestellt werden (Bild 1) (UHLMANN 1990, LUCKNER 1990):

$$pH = f(Aci)$$

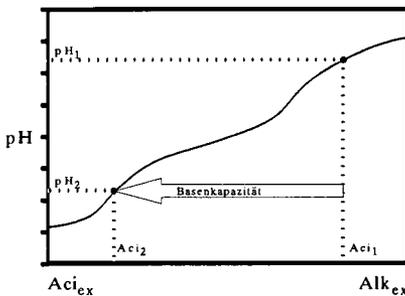


Bild 1: Säure-Base-Zustandsfunktion

Der pH-Wert ist der negative dekadische Logarithmus der Aktivität der Wasserstoffionen in wäßriger Lösung:

$$pH = -lg(H^+)$$

Die Acidität (Säurekapazität) entspricht dem Überschuß starker Säuren einer wäßrigen Lösung und kann aus der Bilanz der Anionen starker Säuren und der Kationen starker Basen errechnet werden (STUMM & MORGAN 1981):

$$Aci = \Sigma \text{ starke Säuren} - \Sigma \text{ starke Basen [eq/l]}$$

In natürlichen Böden finden Säure-Base-Reaktionen als phaseninterne sowie phasenwechselwirkende Reaktionen statt, die sowohl parallel als auch seriell ablaufen können (Bild 2).

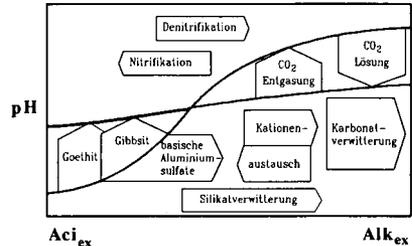


Bild 2: Säure-Base-Reaktionen im Boden

Die pH-Messungen in Mehrphasen- und Mehrkomponentensystemen führen mit konventionellen Methoden wegen nichtadäquater Widerspiegelung der natürlichen Phasenverhältnisse, der Prozeßkinetiken und der Konzentration der Elektrolyten häufig zu unscharfen Meßergebnissen. In einer Reihe von Vorversuchen mit Variationen der Titrationskonzentration, der Reaktionszeiten und des Wasser-Boden-Verhältnisses wurde die Repräsentanz von pH-Messungen eingeschätzt (Bild 3).

\*) Technische Universität Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft, Mommsenstr. 13, O-8027 Dresden

Die Voruntersuchungen ergaben unter anderem, daß das lokale Gleichgewicht für Säure-Base-Reaktionen in schwachgepufferten Böden erst nach ca. 20 bis 30 Tagen erreicht wird.

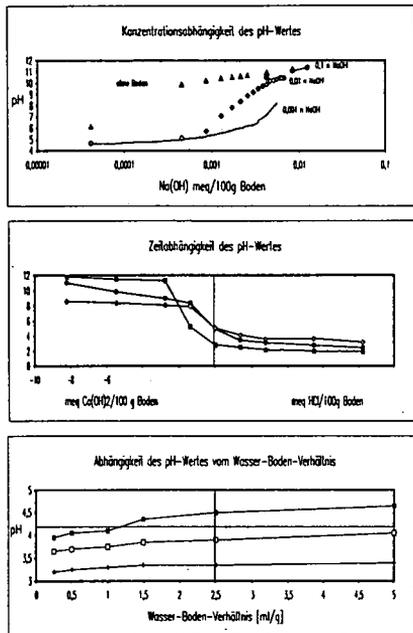


Bild 3: Unschärfen der pH-Messungen

Der experimentelle Nachweis der Zustandsfunktion  $\text{pH} = f(\text{Aci bzw. Alk.})$  erfolgte mittels Test am **REV-Reaktor**. Die REV-Tests sind derart gestaltet, daß in einem temporär geschlossenen System (lokales Element) die gesuchten partiellen Gleichgewichte erzeugt werden und das natürliche offene, evolutionierende System eines Bodens durch eine Folge solcher geschlossenen Systemzustände approximiert wird (Bild 4). Die Versuchsmethodik entspricht einem diskontinuierlich beschickten Mischreaktors mit fixierter Feststoffmatrix. Der Versuchsaufbau gestattet eine exakte Bilanzierung der Mengen- und Stoffströme.

Die **Untersuchungen** wurden an einem basenarmen Mineralboden aus dem IC-Horizont einer Sand-Braunerde (rigolt unter Waldnutzung) durchgeführt.

In den Versuchen wurden die originalen Phasenverhältnisse und Porenstrukturen sowie die chemische Beschaffenheit der Porenwasserlösung weitestgehend beibehalten. Der technische

Versuchsaufbau ist im **Bild 5** dargestellt (in Anlehnung an NITSCHKE 1991). Es wurden parallel fünf Zylindern mit den in **Tabelle 1** aufgelisteten Konzentrationsabstufungen titriert.

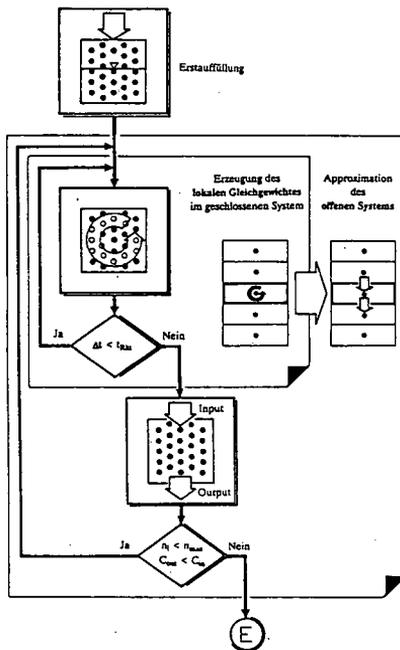


Bild 4: Versuchskonzept

Tabelle 1: Titrationskonzentrationen

	Schritt 1 bis 10	Schritt 11 bis 20
Zylinder 1	0,005 n NaOH	0,005 n HCl
Zylinder 2	0,001 n NaOH	0,001 n HCl
Zylinder 3	-	-
Zylinder 4	0,001 n HCl	0,001 n NaOH
Zylinder 5	0,005 n HCl	0,005 n NaOH

Die **Zustandsfunktionen** wurden aus den in der Gleichgewichtslösung gemessenen pH-Werten (intensive Zustandsvariable) und der dem System zugeführten Nettoalkalität bzw. -acidität (extensive Zustandsvariable) ermittelt.

Bei einer einfachen **Umkehrung des Titrationsprozesses** wird der Ausgangszustand des Systems gewöhnlich nicht wieder erreicht, so daß von einer einfachen Reversibilität der Säure-Base-Reaktionen nicht ausgegangen werden kann. Meßwertverdichtungen im sauren Bereich (Bild 6) sind auf eine weitestgehend ausgeschöpfte Säure-retardation (Aci-Import = Aci-Export) zurück-

zuföhren, wobei der pH-Wert im konkreten Fall durch den Aluminiumpuffer stabilisiert wird.

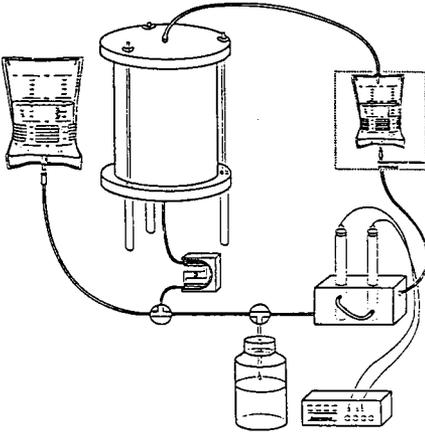


Bild 5: Technischer Versuchsaufbau

Im Bild 7 werden die gemessenen Konzentrationen der *Einzelkomponenten* und die berechneten *perseveranten* Konzentrationen dargestellt. Die *perseveranten* Konzentrationen berechnen sich bei Annahme fehlender Phasenwechselwirkung der Komponenten im System nach der Mischungsregel. Liegt die gemessene Stoffkonzentration über der errechneten *perseveranten*, so ist eine Stoffquelle für diese Komponente im Boden vorhanden. Ist dagegen die reale Konzentration niedriger als die *perseverante*, wirkt der Boden als *Stoffsenke* für diese Komponente.

Die *Kationen* werden bei Säuretitation in der Regel aus dem Boden ausgewaschen. Dabei ist die Gesamtmenge von der Säurekonzentration nahezu unabhängig. Auffallend ist ein Zeitverzug bei der Auswaschung einzelner Kationen (sogen. Chromatographieeffekt). Bei alkalischer Titration wird das Basendefizit des Bodens nicht nur durch die in sehr hohen Konzentrationen angebotenen Alkalien (Natrium), sondern ebenso durch die von der Modellösung angebotenen *geringerkonzentrierten Erdalkalien* ausgeglichen.

Die *Wasserstoffionen* lassen sich durch Bilanzbetrachtungen nicht sinnvoll erfassen. Das extrem nichtkonservative Verhalten der Wasserstoffionen bestätigt im Prinzip nur die Theorie.

*Chlorid* zeigt eine den Erfahrungen entsprechende sehr geringe Retardationsneigung.

*Sulfat* wird im sauren Milieu (Aluminiumpufferbereich) adsorbiert. Bei alkalischer Titration wird Sulfat wieder desorbiert. Die umgesetzten Stoffmengen sind unabhängig von den Titrationskonzentrationen.

#### SCHLUSSFOLGERUNGEN

In den verwendeten REV-Reaktoren wird eine echte Alternative zu herkömmlichen Methoden der Bodentitrationen gesehen. Die dargestellten Zustandsfunktionen integrieren das Verhalten der einzelnen Komponenten und Phasen. Die integrierende Form einer kompakten Zustandsfunktion scheint für die mathematische Simulation dieser Prozesse vorteilhaft zu sein. Für die Bewertung von ökologischen Folgen der Versauerung bzw. Alkalisierung (z.B. Nährstoff- und Basenaustrag, Mobilisierung toxischer Elemente) ist es jedoch unumgänglich, das Verhalten der Einzelkomponenten zu kennen.

#### QUELLENNACHWEIS:

- LUCKNER, L. (1990): Dresdner Konzept der mathematischen Modellierung von Mehrphasen-Mehrmigrantenprozessen im Untergrund. DFG-Kolloquium "Modellierung hydrochemischer Reaktions- und Transportprozesse im Grundwasserbereich", 21.-22.6.90 Karlsruhe
- NITSCHKE, C. (1991): Verfahren und Vorrichtungen zur Erfassung von Systemzuständen im Boden- und Grundwasserbereich auf der Grundlage von Bodenwasserproben. 31. Darmstädter Wasserbaukolloquium "Boden- und Grundwasserschutz", 17.-18.10.91 Darmstadt
- STUMM, W. & J.J. MORGAN (1981): Aquatic chemistry - an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. John Wiley & Sons Inc.
- UHLMANN, W. (1990): Die Wirkung saurer atmosphärischer Deposition auf Boden und Grundwasser - eine Abschätzung auf der Basis hydrogeochemischer Modelle. Dissertation, Techn. Univ. Dresden, S.1-115.

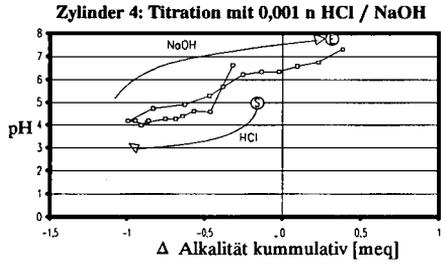
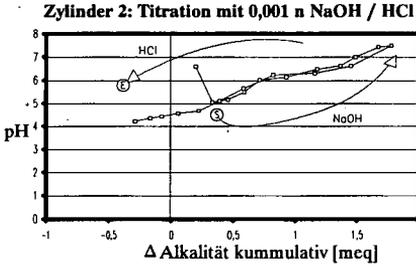
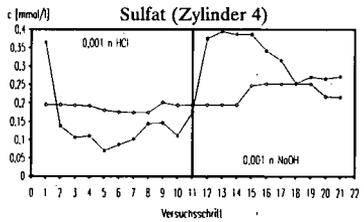
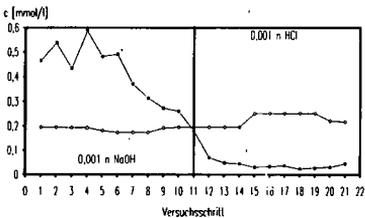
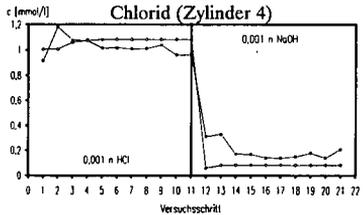
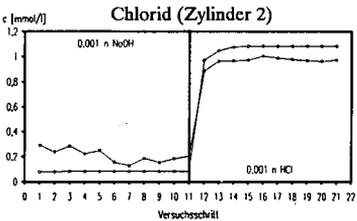
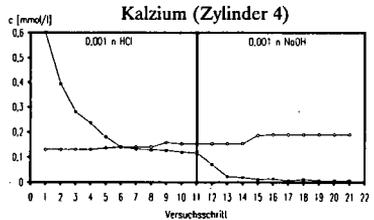
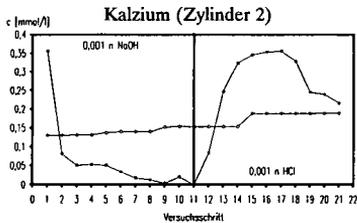
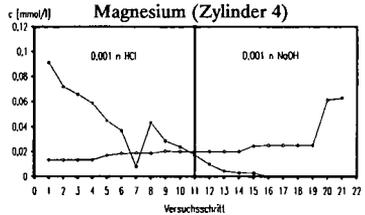
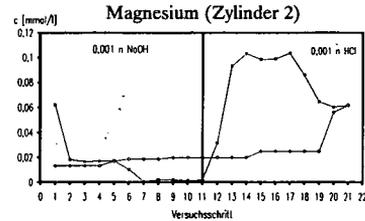


Bild 6: Zustandsfunktionen  $\text{Alk} = f(\text{pH})$



— gemessen — perseverant

— gemessen — perseverant

Bild 7: Verhalten der Einzelkomponenten.

**BEHAVIOR OF PREFERENTIAL FLOW AND LEACHING UNDER  
DIFFERENT MECHANICAL STRESSES  
-measurements on a structured Egyptian Vertisol-**

Guenther, D.<sup>1</sup>, M.M. Moukhtar<sup>2</sup>, M.K.H. Moustafa<sup>2</sup>, J. Michaelsen<sup>1</sup> and P. Widmoser<sup>1</sup>

**PROBLEM:**

Vertisols are distributed over many semiarid regions. If these soils are irrigated, problems of salinization or waterlogging may arise. In Egypt these phenomena can be observed especially in the northern Nile Delta (MOUKHTAR et al. 1990).

Vertisols are characterized by swelling and shrinking. Hence a distinct system of secondary pores ("planar voids") can be formed by the process of aggregation. These can serve as preferential flow paths (MOUSTAFA et al. 1990). Accordingly drainage can be accelerated (HÖRMANN 1988) and leaching effects can become less (THOMAS and PHILLIPS 1979).

The stability of these secondary pore systems depends mainly on the mechanical stability of aggregates. This again depends on the salt content and its composition in the soil matrix. Here also dispersion of clay minerals can become of importance. In this context a lot of research has been done already (BRESLER et al. 1982, FAO 1976).

In contrast researchers have concentrated up to now less on measurements of hydraulic conductivity and preferential flow in swelling clay soils. In their natural position soils are under stress conditions that are mainly influenced by the overlaying soil material. Measurements of hydraulic conductivity in laboratory are usually performed with soil samples in steel rings. In this case the stress conditions within the sample can be different between the laboratory and the actual field situation. Decompaction or swelling and shrinking can influence strain. Moreover the horizontal expansion of samples is restricted by side walls of rings. From the soil physical point of view stress conditions in such experiments are not well described.

The importance of mechanical stress on saturated hydraulic conductivity in Vertisols shall be demonstrated by the following observations.

**SOIL MATERIAL:**

Soil samples were taken from the topsoil (0-20 cm) of a Vertisol from the northeastern Nile Delta (EL-SERW RESEARCH FARM, Dakahlia Governorate, Egypt). The topsoil shows a clay content of 60-65% and a silt content of ~30%. The dominant clay mineral is Smectite, so it is a swelling clay soil (cole index: 0.16). Pore volume is about 53%. Salt content and exchangeable sodium percentage are fairly high ( $EC_{\text{sat, extract}} 7.8$  dS/m, ESP 25). Depth of ground water table is often just a few dm below soil surface. Electric conductivity of groundwater is high with about 37 dS/m (EL-HAKIM and MOUKHTAR 1990). Samples were taken at field capacity.

**METHOD:**

For the measurements undisturbed soil cores (950 cm<sup>3</sup>) were used. During the experiments the samples were mantled by a latex membrane and put into a pressure cell. A gravel layer (particle size 2-3 mm) was placed above and below the sample. A vertical water flow through the core (from bottom to top) was realized at a hydraulic gradient of 1 (GUENTHER 1991). In the horizontal direction the mechanical stress was applied to the core by a pneumatic pressure within the cell. It could be chosen between 10 and 200 hPa.

It should be pointed out that the mechanical stress which the samples experienced, was relatively low. 100 hPa is equal to the stress from the mass of a ~60 cm long soil column. During field traffic (tractors, etc.) much higher values (>3000 hPa) can be observed.

<sup>1</sup> Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie, Universität Kiel, Olshausenstr. 40-60, W-2300 Kiel, Germany

<sup>2</sup> Soils & Water Research Institute - Agricultural Research Centre, El-Gammaa St., Giza, Egypt

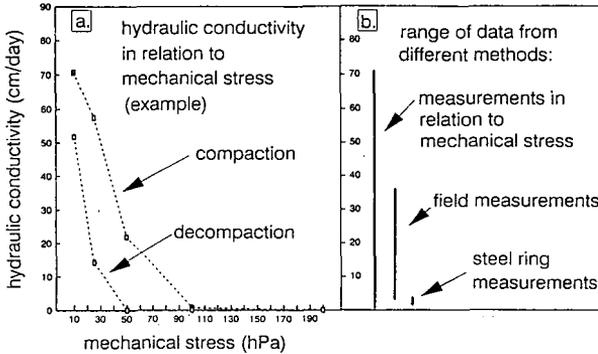


Figure 1: *Hydraulic conductivity, 1a: measurements in a pressure cell, 1b: comparison of different methods for measuring  $k_{sat}$*

Pressure was increased step by step (10, 25, 50, 100 to 200 hPa), hereafter cores were decompressed the opposite way. Over a period of at least 24 hours steady state conditions were allowed to develop after each change of pressure. Then a pulse (480-680 ml) of a conservative tracer (100 mg Br<sup>-</sup>/l) was injected. Percolate was sampled via fraction sampler.

Two parallel experiments were performed. Data of the hydraulic conductivity, the bromide breakthrough curves and concentration of leached salts were collected.

**RESULTS:**

The hydraulic conductivity ( $k_{sat}$ ) of the Vertisol behaved very sensitive to changes of stress (Fig. 1a). During compaction stress was increased from 10 to 50 to 100 to 200 hPa, as a result  $k_{sat}$ -values decreased from 70 to 20 to 2 to <1 cm/day. During decompaction  $k_{sat}$ -values increased again, but did not reach the initial values. So changes in pore space were partly not reversible.

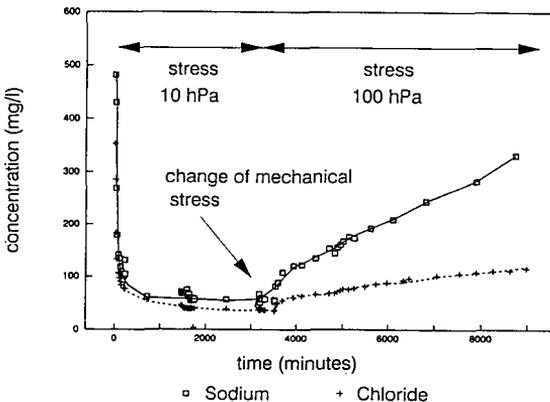


Figure 2: *Sodium and chloride concentrations in the percolate at different mechanical stresses*

Parallel soil samples were taken for measuring  $k_{sat}$  in steel rings (950 cm<sup>3</sup>) (Fig. 1b). Since cores were sampled at field capacity swelling could occur during saturation. As a consequence the  $k_{sat}$ -values were reduced to 2-4 cm/day.

In contrast field measurements (Auger hole method) at the same site showed  $k_{sat}$ -values between 4 and 36 cm/day (El-Hakim and Moukhtar 1990). The comparison of values obtained by these three methods shows that different methods can lead to very different  $k_{sat}$ -values. Especially the values from steel ring experiments (2-4 cm/day) were much smaller than those from Auger hole method (4-36 cm/day).

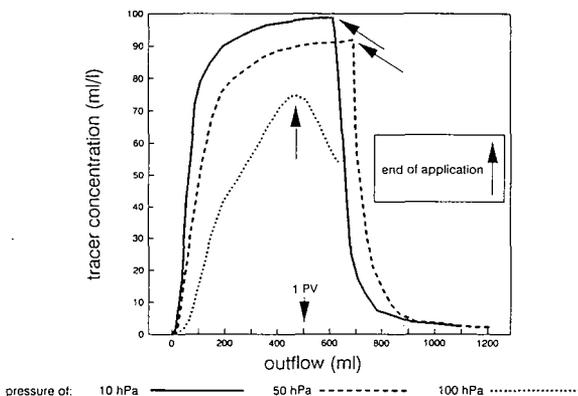


Figure 3: Break-through-curves at various mechanical stresses

Figure 2 shows the leaching behavior of  $Na^+$  and  $Cl^-$  from one soil core at two different stress conditions. At the beginning of the experiment, under low stress (10 hPa), concentrations dropped very rapidly and reached nearly constant values after 1000 minutes. By changing mechanical stress to 100 hPa the concentration of both sodium and chloride increased again. This observation was also valid for other ions ( $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $SO_4^{--}$ ).

Table 1: Reference values of water flow through columns of Vertisol at different mechanical stresses (ne: effective porosity)

mechanical stress (hPa)	experiment 1			experiment 2		
	$k_{sat}$ (cm/day)	PV <sub>50</sub> -value	ne	$k_{sat}$ (cm/day)	PV <sub>50</sub> -value	ne
10	72	0.16	0.08	86	0.16	0.09
50	22	0.20	0.11	48		
100	2	0.54	0.28	4	0.44	0.23

Tracer experiments proved that water flow through the samples changed as a function of mechanical stress (Fig. 3). Experiments under a mechanical stress of 10 hPa showed 50% of relative tracer concentration at 80 ml outflow. The pore volume of 53% was, for the sample size used, equal to 500 ml. So a PV<sub>50</sub>-value of 0.16 could be calculated. The corresponding effective porosity (calculated after SCHROTER 1984: effective porosity (ne) = filter velocity ( $v_f$ ) / average linear velocity ( $v_a$ )) was 0.08 - 0.09. Therefore, 8 - 9 % of core volume was "mobile water" and 44 - 45 % should be considered as "immobile water". The remaining 47 % were matrix. Table 1 shows that while mechanical stress was raised,  $k_{sat}$ -values decreased, whereas the effective porosity (ne) increased from 0.08 - 0.09 (at 10 hPa) to 0.23 - 0.28 (at stress of 100 hPa).

After decompaction no further tracer experiments were carried out.

## CONCLUSIONS:

From the texture and the reaction of hydraulic conductivity to stress the authors conclude that only part of the pore space is relevant for waterflow (mobile). As it is known, in the Vertisol these secondary pores mainly develop due to swelling and shrinking. This leads to a pore system of planar voids, which is caused by soil structure. It is dynamic, it reacts in size, form and continuity very sensitive to changes of mechanical stress.

The authors suppose that during small changes of stress (10 to 25 to 50 hPa) side walls of planar macro voids become narrower but do not close completely. This hypothesis explains the drastic reduction of hydraulic conductivity at stress between 10 and 50 hPa, while the effective pore space remains constant.

When stress is increased beyond a certain limit (between 50 and 100 hPa), the macro voids get nearly closed. Hence, water flow in these voids becomes very slow and the relative importance of water flow in meso voids rises. Consequently, the percentage of "mobile water" increases.

Changes in the concentration of leached salts can be explained as follows: On the one hand, due to lower  $k_{sat}$ -values, the relative importance of molecular diffusion increases. On the other hand, more sites of ion exchange become accessible, when the percentage of "mobile water" rises. The average linear velocity ( $v_a = v_i/ne$ ) dropped from 900 and 950 cm/day (at a mechanical stress of 10 hPa) to 7 and 17 cm/day (at a stress of 100 hPa). According to BERTSCH (1978), diffusion as a factor of ion transport becomes more important at flow velocities less than 40 cm/day.

It is thinkable that the described phenomena are remarkably pronounced because the experiments were carried out on samples of cultivated topsoil. As a result of soil genesis aggregates of subsoil can be more stable than those of topsoil. This is also true for planar voids. It is suggested that in the subsoil of an undisturbed Vertisol the reaction of hydraulic conductivity to mechanical stress may be less obvious than shown above.

In conclusion we proved that the situation of mechanical stress has to be taken into consideration when measuring hydraulic conductivity, preferential flow and leaching of swelling clay soils.

Acknowledgments: We like to thank the DAAD for financial support of Dr. M. Moukhtar's research stay in Kiel. Thanks to Monika Westphal and Sigrid Meyer-Windel for their analytical assistance. Thanks to Dr. J. Rambow for reviewing the manuscript.

## REFERENCES:

- Bertsch, W. 1978. Die Koeffizienten der longitudinalen und transversalen hydrodynamischen Dispersion. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Heft 2: 37-45
- Bresler, E., B.L. McNeal and D.L. Carter 1982. Saline and Sodic Soils, Berlin - Heidelberg - New York
- El-Hakim, M. and M. Moukhtar 1990. Hydropedological Studies of Deteriorated Clay Soils in El-Serw Farm, Ministry of Agriculture, Agricultural Research Centre, Soils & Water Research Institute, Land Drainage Department, NARP Activity No. 221, Giza
- FAO 1976. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper No. 29, U.N. Rome
- Guenther, D. 1991. Wasserleitvermögen und mechanische Spannungsverteilung - Messungen mit einem modifizierten Triaxialapparat, Schriftenreihe Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie, Heft 16. Kiel
- Hörmann, G. 1988. Der Einfluß von Schrumpfrissen auf die Dränung eines Tonbodens. Schriftenreihe Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie, Heft 9. Kiel
- Moukhtar, M.M., M.K.H. Moustafa, A.S.A. Abdel-Mawgoud and M.I. Ismail 1990. Field Testing for Water Table Control in Coastal North East Delta. Egypt. J. Appl. Sci. 5 (6): 132-139
- Moustafa, M.K.H., M.M. Moukhtar and A.A. El-Gayar 1990. Preferential Water Flow and Salt Leached in Salty Clay Soils. Egypt. J. Appl. Sci. 5 (6): 228-235
- Schröter, J. 1984. Mikro- und Makrodispersivität poröser Grundwasserleiter. Meyniana 36: 1-34
- Thomas, G.W. and R.E. Phillips 1979. Consequences of Water Movement in Macropores. J. Environ. Qual. 8: 149-152

## Die Bedeutung von Steinen für den Wassertransport - Ein idealisierter Laborversuch -

Hantschel, R., Beese, F. und R. Hoeve<sup>1</sup>

### 1. Fragestellung und Hypothesen

Ein bedeutender Anteil unserer Böden weist einen gewissen Anteil der Korngrößenfraktion > 2 mm auf (Skelettanteil). Dieser wird zwar bei der bodentypologischen Ansprache berücksichtigt, ein Großteil der bodenchemischen und -physikalischen Parameter bezieht sich jedoch auf die Bodenfeinsubstanz < 2 mm. In den letzten Jahren wurde die Bedeutung von Inhomogenitäten in Böden, die sich aufgrund der Bodenstruktur ergeben für den Stofftransport immer deutlicher. Steine aber wurden bei der Bestimmung von Transportparametern selten berücksichtigt (Schulin et al., 1987). Aus diesem Grund wurden in diesem Versuch folgende Fragestellungen verfolgt:

- Wie beeinflussen Steine den Transport gelöster Stoffe durch den Boden?
- Wirken sich unterschiedliche Relationen von Steinoberfläche/Steinvolumen auf den Transport aus?
- Welchen Einfluß hat die Verteilung der Steine auf den Transport?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde ein Laborversuch durchgeführt, in dem die Beeinflussung des Lösungstransportes durch idealisierte Steine das Thema war. Damit sollten drei Hypothesen überprüft werden:

1. Aufgrund des reduzierten Porenvolumens in steinigen Böden erfolgt der Transport gelöster Stoffe schneller als in steinfreien Böden.
2. Auf Steinoberflächen tritt gesättigtes Schichtfließen auf. Die Folge ist ein im Vergleich zum Effekt der Porenvolumenreduzierung noch früherer Durchbruch konservativer Tracer. Dieser erfolgt umso schneller, je kleiner das Verhältnis Steinoberfläche/Steinvolumen ist, da dann der Fluß pro  $\text{cm}^2$  Steinoberfläche höher ist.
3. Die hydrodynamische Dispersion nimmt in steinigen Böden mit zunehmendem Verhältnis Steinoberfläche/Steinvolumen zu.

### 2. Material und Methoden

Der Boden wurde aus dem  $A_p$ -Horizont eines lehmigen Sandes entnommen. Nach dem Homogenisieren des Substrates wurden vier Säulen mit einer Lagerungsdichte von  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$  gefüllt (Fläche  $162,8 \text{ cm}^2$ , Füllhöhe 25 cm). Dabei wurden ab einer Füllhöhe von 10 cm aus Kunststoff bestehende Steine in alle Säulen mit Ausnahme einer Kontrolle eingebaut. Das Volumen der Steine betrug in allen drei Varianten 10% des Bodenvolumens, die Form und damit die Oberfläche jedoch waren unterschiedlich (Tab.1). In Abbildung 1 ist die verschiedene Form der Steine sowie deren Lage in den Bodensäulen dargestellt. Die Staupfläche der Steine betrug in allen Varianten 34,6% der Säulenquerschnittsfläche. In diesem Vorversuch gab es keine Wiederholung der einzelnen Varianten.

<sup>1</sup> GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Bodenökologie  
Ingolstädter Landstr. 1, 8042 Neuherberg

Die Bodensäulen wurden in die Mikrokosmenanlage des Instituts eingebaut. Diese ermöglicht eine automatisierte Beregnung und Entwässerung der Bodensäulen. Die Möglichkeit der Messung der Gasfreisetzung aus den Bodenmonolithen wurde in diesem Versuch nicht genutzt. Die Beregnung der vier Säulen erfolgte mit einer 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-Lösung in Intervallen von 3 Stunden. Die Intensität betrug 4mm d<sup>-1</sup>. Am Unterboden der Mikrokosmen wurde die Bodenlösung mit einem Unterdruck von 0,1 bar über einen 0,45 µm Filter abgesaugt wurden.

Nachdem sich ein Fließgleichgewicht eingestellt hatte, wurden die vier Säulen mit einer Stoffmenge äquivalent 100 kg Br<sup>-</sup> ha<sup>-1</sup> beaufschlagt. Danach wurden im täglichen bis zweitägigen Rhythmus Sickerwasserproben entnommen und auf Br<sup>-</sup> analysiert.

Die modellmäßige Beschreibung der Durchbruchkurven und die Berechnung der Dispersionskoeffizienten erfolgte mit dem Computerprogramm CXTFIT von Parker und Van Genuchten (1984).

Tab. 1: Versuchsvarianten (Steinvolumen 422 cm<sup>3</sup>)

Bezeichnung	Variante	Steinoberfläche/Steinvolumen
V 1	Kontrolle	-
V 2	1 Würfel	0,80
V 3	3 Platten	1,33
V 4	27 Würfel	2,40

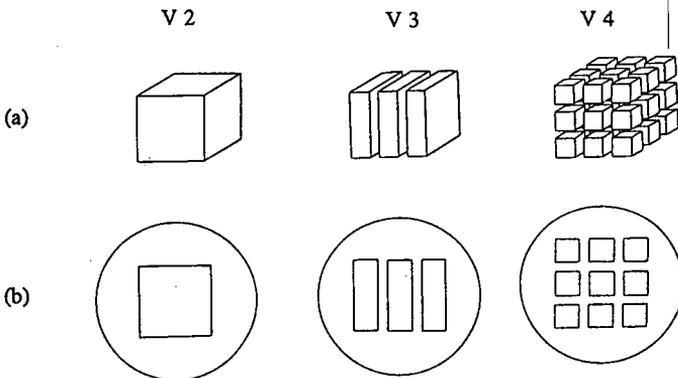


Abb. 1: Schematische Darstellung der Steine (a) sowie Aufsicht auf die Steine in der Bodensäule (b)

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Die gemessenen Br<sup>-</sup>-Durchbruchkurven (BTC) in Abbildung 3 belegen unterschiedliches Fließverhalten für die vier Versuchsvarianten. Die Br<sup>-</sup>-Konzentrationen erreichen bei der Kontrolle im Peak niedrigere Werte als bei den Steinvarianten, da ein größeres Bodenvolumen durchflossen wird. Zwischen den Steinvarianten tritt kein Konzentrationsunterschied auf, da die Volumenreduzierung des durchflossenen Bodenvolumens gleich ist.

Die Maximalwerte der BTCs werden für die Varianten V2 bis V4 früher erreicht als in der Kontrollsäule V1. Dies kann als Bestätigung der Hypothese 1 interpretiert werden. Bei einem

wasserführenden Porenvolumen von 30% sollte bei den Versuchsparametern der Austausch eines Porenvolumens knapp 2 Tage länger dauern als bei den 27% Porenvolumen der Steinvarianten. Die gemessenen BTCs der Steinsäulen erreichen ihr Maximum aber höchstens einen Tag vorher. Dieser Befund, für sich allein betrachtet, falsifiziert Hypothese 2, die ein gegenüber dem Fluß durch ein reduziertes Porenvolumen verfrühtes Durchbrechen der Front aufgrund des Schichtfließens postuliert hatte. Wahrscheinlich bewirkt der Staueffekt auf den senkrecht zur Fließrichtung angeordneten Steinen eine Verzögerung des Flusses.

Bei den drei Steinvarianten treten Unterschiede zwischen V2 und V3, V4 auf. Die Konzentrationen des  $\text{Br}^-$  steigen bei V2 schneller an. Dieses Ergebnis kann durch ein gesättigtes Schichtfließen auf dem großen Würfel erklärt werden und somit bestätigt es Hypothese 2 und Hypothese 3. Zwischen V3 und V4 treten kaum Unterschiede auf, da wahrscheinlich die zwischen die Würfelschichten der V4-Säule eingefüllte Bodenschicht von nur 0,5 cm für eine deutliche Differenzierung zur V3-Säule zu gering war.

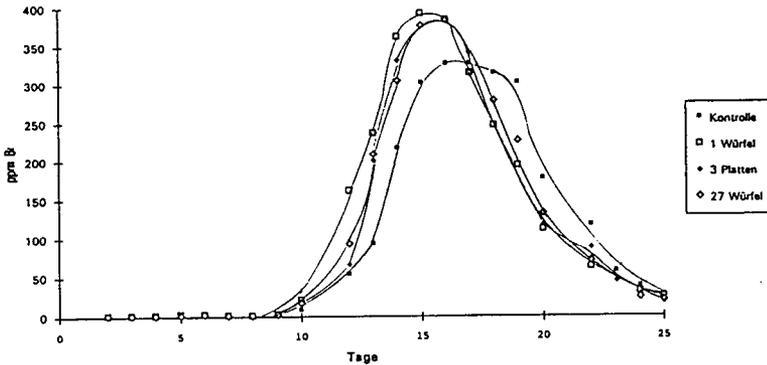


Abb. 2: Gemessene  $\text{Br}^-$ -Durchbruchkurven der Versuchsvarianten

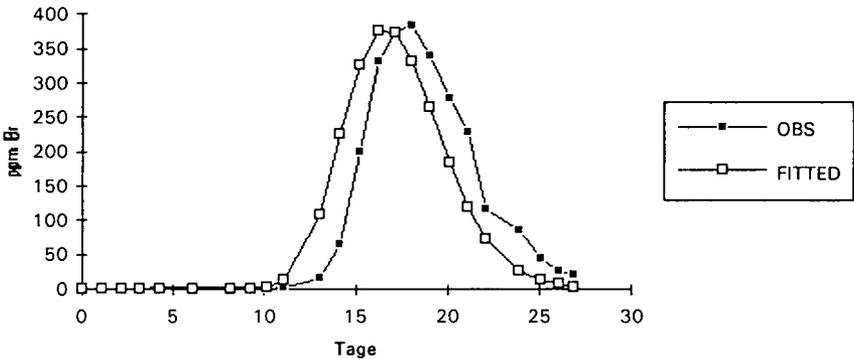


Abb. 3: Vergleich der gemessenen und der mit CXTFIT gefitteten Durchbruchkurve für V 3

Die mit CXTFIT gefitteten Dispersionskoeffizienten (Retardationsfaktor und Porenwassergeschwindigkeit wurden nicht gleichzeitig gefittet) zeigen zwar die nach Hypothese 3 geforderte Abstufung (Tab. 2), unterscheiden sich jedoch nur wenig. Deshalb unterscheiden sich die Formen der BTCs auch kaum. Die gefitteten Kurven der Steinvarianten zeigen jedoch wegen des Staueffekts alle dieselben systematischen Abweichungen von den Meßkurven wie die in Abbildung 4 beispielhaft dargestellte Kurve. Die Anpaßung der Kontrollvariante zeigte sehr gute Übereinstimmung.

Als interessantes Ergebnis ergab sich auch, daß bei der untersuchten Bodenart keine Auswirkung des zu erwartenden Strömungsschattens (Schulin et al., 1985) unterhalb der Steinunterkante auf das Fließverhalten zu erkennen ist. Dieser Strömungsschatten sollte zu einer zusätzlichen Reduzierung des durchflossenen Porenvolumens und damit zu einem noch früheren Durchbruch des Tracers führen.

Tab. 2: Gefittete Dispersionskoeffizienten  $D$  in  $\text{cm}^2 \text{d}^{-1}$

Parameter für CXTFIT:  $R=1$ ,  $v_p=1,33$  bzw.  $1,49 \text{ cm d}^{-1}$ ,  $c_0=5000 \text{ mg l}^{-1}$ ,  
Theta V1=0,3; Theta V2-V4=0,27)

Variante	D
V 1	0,39
V 2	0,44
V 3	0,47
V 4	0,50

#### 4. Schlußfolgerungen und Ausblick

Steine im Boden führen zumindest aufgrund der durch sie bedingten Reduzierung des durchflossenen Porenvolumens zu einem schnelleren Wassertransport. Eine zusätzliche Verfrühung des Durchbruchs deutet sich durch ein Schichtfließen auf glatten Steinoberflächen an. Dabei kann jedoch der Einfluß der Anordnung der Steinoberflächen zur Fließrichtung von größerer Bedeutung sein. Die in Hypothese 3 postulierte Beziehung zwischen Steinoberfläche und Steinvolumen konnte nicht klar nachgewiesen werden, aber es ergaben sich Hinweise für diesen Zusammenhang.

In künftigen idealisierten Laborversuchen sollen durch entsprechende Wiederholungen die Effekte in ihrer Variabilität beobachtet werden. Vor allem die einzelnen Steuergrößen (z.B. Bodenart, Steinanordnung, Steinform) sollen besser getrennt werden, damit z.B. Hypothese 2, die aufgrund der Überlagerung mehrerer Prozesse nicht eindeutig geprüft werden konnte, geklärt werden kann. Außerdem soll die Bedeutung des Strömungsschattens unter Steinen für den Wassertransport untersucht werden.

#### 5. Literatur

- Parker, J.C. and van Genuchten, M. Th. (1984): Determining transport parameters from laboratory and field tracer experiments, Virginia Agricultural Experimental Station, Blacksburg: Bulletin 84-3
- Schulin, R., Selim, H. M. und H. Flühler (1985): Bedeutung des Bodenskeletts für die Verlagerung und Verteilung von gelösten Stoffen in einer Rendzina, Z. dt. geol. Ges. 136, 397-405
- Schulin, R., Wierenga, P.J., Flühler, H. and J. Leuenberger (1987): Solute transport through a stony soil, Soil Sci. Soc. Am. J. 51, 36-42

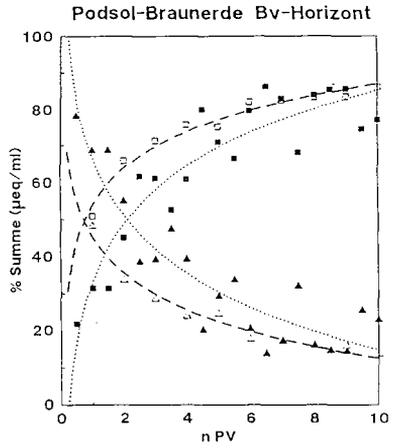
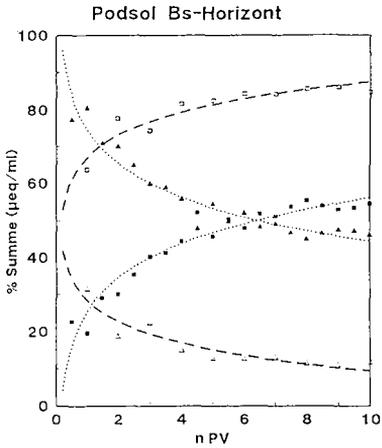


Abb. 3;

Zeitlicher Verlauf der prozentualen Zusammensetzung der Perkolate aus Kationensäuren im Aggregat  $\dots \blacksquare \dots$  Gesamtboden  $-\square-$  und Kationenbasen Aggregat  $\dots \blacktriangle \dots$  und Gesamtboden  $-\triangle-$

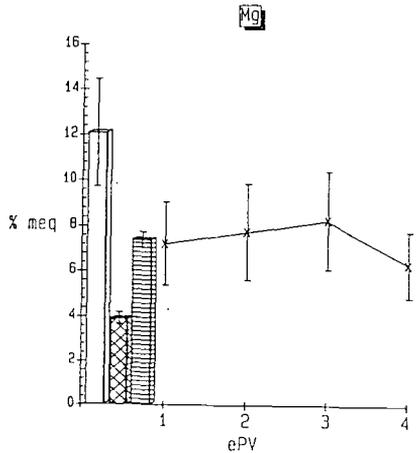
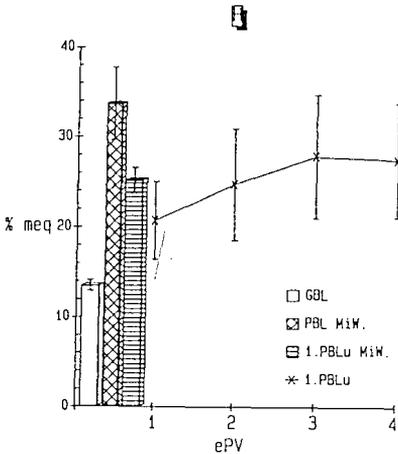


Abb. 4:

Kationenäquivalentanteile in den PBL u Fraktionen 1 - 4, im PBL u Mittelwert (PBLu MiW), (30 hPa Vorentwässerung), in der GBL, der PBL (GBL und PBL charakterisieren jeweils gesättigte Fließbedingungen)

6. Durch Zufuhr von gelösten organischen Säuren wird nicht nur die Mobilität der redoximorphen Elementen erhöht, sondern es findet durch die mikrobiell bedingte Sauerstoffzehrung auch eine verstärkte Denitrifikation statt.

Literatur:

Gunzelmann, M. 1989: Bayreuther Bodenkundliche Ber.120 S.  
Taubner, H. und R.Horn 1991: Mitt. Dtsche. Bdkde. Ges.66,237  
Türk, T. 1991: Bayreuther Bodenkde.Ber. Diss.  
Zausig, J. und R.Horn 1992: Z.f.lanzenern. u.Bodenkde. im Druck  
Zausig, J. W.Stepniowski und R.Horn 1992: Soil Sci.Soc. Amer.J. im Druck

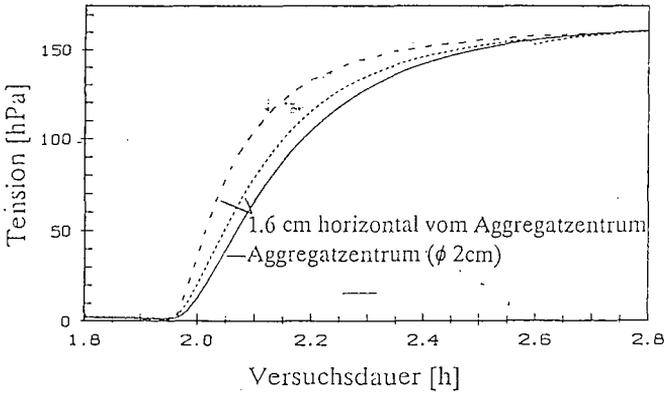


Abb.1  
Reaktion der Saugspannungen in einem Schluffaggregat (φ 2 cm) sowie im homogenen Schluff horizontal vom Aggregatzentrum beim Absenken einer hängenden Wassersäule (Versuch 2, Tab. 8).

aus: Türk 1991

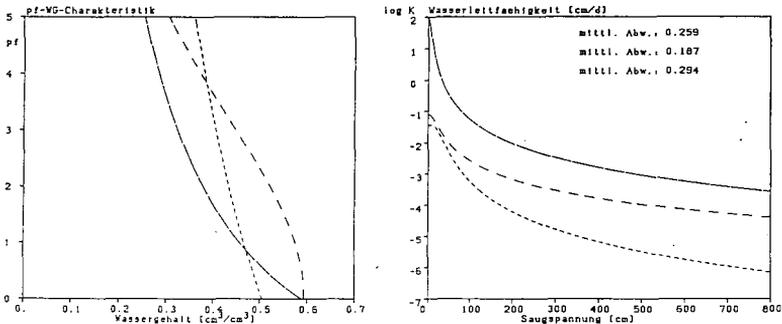


Abb.2: Einfluß des Aggregierungsgrades sowie der Austrocknung auf den Verlauf der Wasserspannungs-/Wassergehalts und der Wasserspannungs-/Wasserleitfähigkeitskurve Gesamtboden --- , Aggregat: gequollen - - -, ausgetrocknet ----

Unterschiede geringer ausfallen. Je höher die Lagerungsdichte des Aggregates im Vergleich zu demjenigen des Gesamtbodens ist, desto deutlicher sind ebenfalls die Meßwerte verschieden.

Außerdem sind statisch stabile Porengrößenverteilungen in natürlichen Systemen niemals vorhanden. Im gequollenen Zustand weisen Aggregate durchaus ein hohes Gesamtporenvolumen bei Feinporendominanz, im lufttrockenen Zustand hingegen ein deutlich kleineres Porenvolumen auf. Die entsprechende Kurve für den Gesamtboden stellt das volumenbezogene Integral der Porenverteilung dar. Diese Unterschiede sind ebenso wie die Auswirkungen für den Verlauf der Wasserspannungs-Wasserleitfähigkeitsbeziehung in Abb. 2. dargestellt.

Betrachtet man die durch Unterschiede in der Zugänglichkeit von Austauschflächen für perkolierende Bodenlösungen induzierten chemischen Ungleichgewichten, so erkennt man, daß im Gesamtboden mit zunehmender Perkulationsmenge der Anteil an Kationenbasen mit zunehmender Perkolation von  $H_2SO_4$  stärker reduziert wird, als in Einzelaggregaten und auch die Kationensäuren auf diese Zugänglichkeitsunterschiede hinweisen. (Abb.3) (aus:Taubner und Horn 1991)

Allerdings ist neben der Frage nach der Zugänglichkeit auch die Verweildauer des Wassers in der entsprechenden Bodentiefe zu berücksichtigen. Je langsamer die Lösung im Boden fließt, je größer die Wasserspannung und je geringer die ungesättigte Wasserleitfähigkeit ist, desto vollständig kann auch ein Austausch erfolgen. (Abb.4)

Im Vergleich zu den Äquivalentanteilen für H und Mg in der GBL verlaufen diejenigen in der PBL d.h. unter ungestörten aber vollständig gesättigten Bedingungen entsprechend komplementär. Mit einer weiteren Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit sinkt auch der Anteil an Protonen, derjenige an Kationenbasen steigt.

Je nach Wassersättigungsgrad des Bodens bzw. der Aggregate führt dies auch zu einem deutlichen Absinken des Sauerstoffpartialdruckes, geringeren Redoxpotentialwerten und verstärkter Mobilisierung von redoximorphen Elementen (z.B. Fe, Mn) (Zausig und Horn 1992), ebenso wie zu einer Zunahme der Denitrifikationsverluste. (Zausig et al. 1992)

#### ZUSAMMENFASSUNG

1. In strukturierten ungesättigten Böden findet ein eindimensionaler Wasser- und Stofftransport wohl nur in den seltensten Fällen statt.

2.Hierauf weist die deutliche Heterogenität der Tensionswerte im Einzelaggregaten und in dem Gesamtboden hin.

3.Die Porengrößenverteilung in den Aggregaten ist nicht als statische Größe zu betrachten, sondern unterliegt deutlichen jahreszeitlichen Änderungen selbst unter Waldbedingungen mit langfristige ungestörtem Gefügeverband.

4.Der Stofftransport (d.h. die Ad- und Desorption ebenso wie die Fällung) variiert je nach Maß der Gefügeentwicklung, (Art, Bodenart und Lagerungsdichte sowie Größe) Zugänglichkeit der Oberflächen und der Verweildauer deutlich.

5. Die Gehalte an Kationensäuren in der Perkulationslösung aus Aggregaten liegt bei vergleichbarer Lösungsmenge über denjenigen der strukturierten Gesamtböden.

## Die Bedeutung des Aggregierungsgrades für den Wasser- und Ionentransport

VON

HORN, R.<sup>1)</sup>

Ökosystembilanzen quantifizieren Prozesse, die unter Freilandbedingungen ablaufen, und von daher vor allem von physikalischen, chemischen und biologischen Kapazitäts- und Intensitätsparametern des Bodens in der entsprechenden Landschaft, den klimatischen und hydrologischen Bedingungen sowie Nutzungen abhängen.

Bilanzierungen des Wasser- und Gastransportes sowie der Nähr- und Schadstoffmengen lassen sich mit dem Darcy- und Fick'schen Gesetz relativ problemlos beschreiben, solange nicht durch Quellung und Schrumpfung ebenso wie durch biologische Aktivität die einzelnen Bodenpartikel zu größeren Einheiten d.h. Aggregaten zusammengezogen sind und damit sekundäre Grobporen einerseits zu einer Zunahme weniger luftführender Hohlräume beitragen und andererseits in den neu gebildeten Aggregaten der Anteil an feineren Poren je nach Intensität und Häufigkeit der Quellung und Schrumpfung erhöht wird. Dies wiederum hat eine Heterogenisierung auch des Wasser- und Stofftransportes zur Folge.

Für die Erstellung von Wasser- und Stoffbilanzen von Ackerflächen oder Wäldern ist die Messung u.a. der Tensionen in mehreren Tiefen räumlich verteilt dringend erforderlich. Hierbei zeigt sich, daß z.B. in Waldböden selbst innerhalb sehr kleiner Entfernungen vom Baum und in den verschiedenen Tiefen die Wasserspannungen aufgrund der Boden - Pflanze - Atmosphäre Kontinuität (SPAC) sehr deutlich schwanken. Dies führt zu keinen tiefen-, boden- und klimaspezifischen sowie entfernungsunabhängigen Werten für die hydraulischen Gradienten. Somit ergibt sich mikroskopisch eine ausgesprochene Anisotropie und damit auch ein mehrdimensionaler Wassertransport.

Die Heterogenität der Wasserspannung setzt sich auf der Ebene des Einzelaggregates weiter fort, denn es zeigt sich nicht nur eine Aggregierungsgrad- abhängige Variation des "Cross over suction values" bei dem Vergleich von Gesamtboden mit Einzelaggregat (Gunzelmann 1989), sondern mit dem räumlich variierendem Verlauf der hydraulischen Gradienten verbunden ist auch ein vor allem bei höheren Wasserspannungen verzögerter Anstieg der seinerseits ebenfalls zu einem mehrdimensionalen Fluß beiträgt. Selbst innerhalb eines einzelnen Aggregates läßt sich bei genauer Messung kein Gleichgewicht darstellen, was auch mit der Körnungsheterogenität innerhalb des Aggregates erklärt werden muß. (Abb.1)

Derartige Heterogenitäten sind zweifellos abhängig von der Intensität der Aggregation, sodaß mit deutlichen Unterschieden bei feinkörnigen Polyedern und Subpolyedern sowie Platten zu rechnen ist, während in Bodenhorizonten mit Prismen- und Kohärentstruktur, ebenso wie in Böden mit größerem Anteil an Sand und Grobschluff selbst bei vergleichbarem Aggregierungsgrad die

<sup>1</sup> Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Olshausenstr.40, 23 Kiel

APSM-Software

Ermittlung bodenphysikalischer Kennwerte aus Texturanalysen

Oliver Kemmesies\*)

Die Automatisierung bestimmter Laborabläufe tritt immer mehr in den Vordergrund. Analysengeräte sind heute oft mit Rechnern zur Datenerfassung und -auswertung gekoppelt. Diesem Trend folgend, wurde das hier vorgestellte Programm entwickelt.

Eingabedaten sind die Analyseergebnisse aus Texturuntersuchungen. Dabei können die Daten von Hand eingetragen, aber auch direkt von gekoppelten Geräten übernommen werden, z.Zt. sind Schnittstellen zum Fotosedimentometer LUMOSSED (Retsch) und zum Partikelanalysator PA88-1 (TU Dresden) implementiert.

Die eingegebenen Daten werden intern aufbereitet, es wird ein Plausibilitätstest durchgeführt, vereinbarte Siebschnitte (2 Dateien, z.B.: aus Siebung und LUMOSSED) werden zusammengefügt. Es wird nun versucht die entstehende Kornverteilungsfunktion mit verschiedenen Verteilungsfunktionen anzunähern. Dabei kommen die in der Partikelanalyse üblichen Netze, wie **RRSB-**, **Potenz-** und **LNV-Netz** zum Einsatz. Erweitert wird diese Auswahl durch die Annäherung der Summenfunktion mit Hilfe eines **Ausgleichspolynom 3. Grades** und die Darstellung der Kurve als aneinandergefügte **Geradenzüge**. In der praktischen Handhabung hat sich gezeigt, daß die Darstellung mit Hilfe mehrerer Geradenzüge völlig ausreichend ist. Bei entsprechender Anzahl der Stützstellen wirkt die Kurve optisch glatt, die mathematische Genauigkeit ist gegeben. Die Annäherung der Kornverteilungsfunktion durch die Netze ist meist nicht zufriedenstellend.

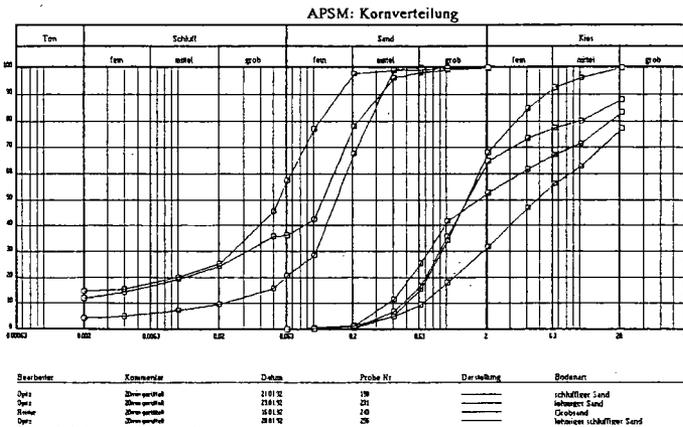


Bild 1: Vergleichende Darstellung mehrerer Kornsummenlinien

\*) Dresdner Grundwasserforschungszentrum an der Technischen Universität Dresden e.V.

Berechnet werden die Parameter aus Texturanalysen (**D<sub>10</sub>, ..., D<sub>90</sub>, U, C, Inhalte der Fraktionen, Bodenart**). Hier erfolgt auch eine Unterscheidung in bindige und nichtbindige Böden/Lockergesteine mit der jeweils entsprechenden Klassifikation (DIN 4220, USST u.a.). Über die Verteilungsfunktion lassen sich weitere Parameter (**Sauterdurchmesser, spezifische Oberfläche, Kornanzahlverteilung**) berechnen. Der Sauterdurchmesser ist der Durchmesser des monodispersen Ersatzsystems und wird in der Geohydraulik auch als wirksamer Korndurchmesser bezeichnet. Die berechnete volumenspezifische Oberfläche wird in m<sup>2</sup> je m<sup>3</sup> Feststoff angegeben, bei Kenntnis der Stoffdichte (im Programm als 2650 kg/m<sup>3</sup> angenommen) kann die massenbezogene spezifische Oberfläche je 100 g Boden bestimmt werden.

APSM: Auswertung		
Probe Nr.: 198	Datum: 21.01.92	Bearbeiter: Opatz
Kennzettel: 198en gerüstet	Bodenart: schluffiger Sand	
<u>Inhalte der Fraktionen:</u>	<u>Charakteristische Durchmesser:</u>	<u>Kornverteilung:</u>
Kies: 0,74 %	d <sub>10</sub> * 0,021 mm	Durchlässigkeitsbeiwert nach BEYER:
Sand: 79,44 %	d <sub>20</sub> * 0,103 mm	k <sub>f</sub> n <sub>0</sub> b
Schluff: 16,36 %	d <sub>50</sub> * 0,174 mm	Gruppenansatz n = 0,25
Ton: 4,2 %	d <sub>90</sub> * 0,375 mm	<u>Kennwerte für Phi-Grade:</u>
	Ungleichförmigkeit: U = 0,212	Mittlere Korngröße: $\bar{\phi} = 4,171$
	Kornabkantung: C = 2,056	Streuung: $\sigma = 210,366$
spez. Oberfläche:	größtes auflockerungsfähiges Korn:	Schiefheit: $\alpha = 0,191$
$\frac{A_{0,25}}{V} = \frac{22114,27 \text{ m}^2}{\text{m}^3}$	$d_{2,056} * A \cdot b$	Kurtosis: $\beta = 0,076$
$\frac{A_{0,25}}{m} = 0,24 \frac{\text{m}^2}{100 \text{ g}}$	wirksamer Korndurchmesser:	
	d <sub>wp</sub> * 0,027 mm	
Datensatz: 198.DAT	Stichzahl: 0 mm	Stichabgleich: 100 %
Verwendete Approximationsmethode: Geradenzüge		Streuabgleichung: $\sigma^2 = 0$

Bild 2: Protokoll der Datenauswertung

Als Parameter der Phi-Grade werden der mittlere Korndurchmesser, Streuung, Schiefe und Kurtosis der Kornverteilung berechnet.

Neben den aufgeführten mathematisch begründeten Parametern werden auch Parameterabschätzungen durchgeführt, die auf empirisch bzw. versuchstechnisch gefundenen Beziehungen beruhen. Solche Parameter sind

- der Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$ , der nach BEYER für Sande und Kiese nach folgender Formel berechnet werden kann

$$k_f = \left[ 55 + \frac{268}{U + 3.4} \right] \frac{d_{10}^2}{100} \quad [\text{m/s}]$$

- die Porosität

$$n = 0.21 \left[ 1 + \frac{1}{U^{2/3}} \right]$$

- das größte suffosionsgefährdete Korn.

Das größte suffosionsgefährdete Korn kann mit Hilfe der Porenengstellenverteilung berechnet werden. Die Porenengstellenverteilung wiederum wird mit Hilfe wahrscheinlichkeitstheoretischer Überlegungen gefunden. Das Prinzip beruht auf der wahlweisen Kombination der Partikeldurchmesser untereinander in Gruppen. Betrachtet man Gruppen mit je 3 Partikeln erhält man die Verteilung der Minima der Porenengstellen, betrachtet man dagegen Gruppen mit je 4 Partikeln erhält man die Verteilung der Maxima. Die Partikelgrenzen in der Fläche ein bestimmtes Gebiet ein. Der Porendurchmesser ist dann der Durchmesser des flächenäquivalenten Kreises zu diesem Gebiet. Den jeweiligen Durchmessern der Engstellen wird der kombinierte Häufigkeitswert der beteiligten Partikeldurchmesser aus der Kornanzahlverteilungsfunktion zugeordnet.

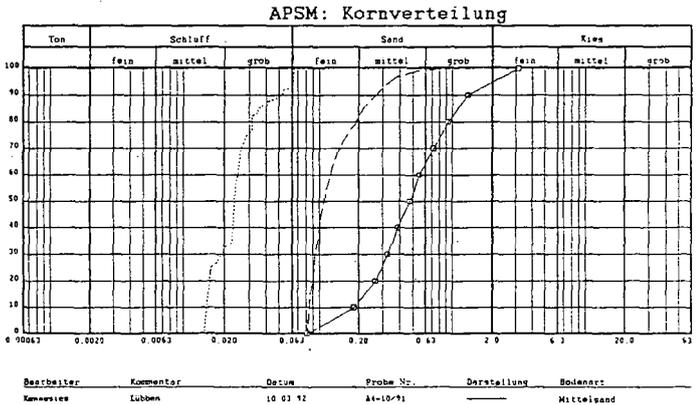


Bild 3: Pore-, Anzahl- und Massensummenlinie

Mit Hilfe der berechneten Porendurchmesser lassen sich erste Abschätzungen über das Saugspannungs-Sättigungsverhalten der Probe treffen. Der Kapillardruck wird mit Hilfe von

$$h_{c,i} = \frac{2 \sigma \cos \delta}{\rho_w g r_i}$$

bestimmt und der Porenwassergehalt in der Pore ergibt sich aus:

$$\Theta_{w,i} = \frac{4}{3} \pi r_i^3$$

Die AMHYP-SOFTWARE zur Abschätzung hystereseer Zustandsfunktionen (SSV) nutzt diese Daten zur ersten Abschätzung der van Genuchten-Parameter  $\alpha$  und  $n$ .

Die Datenausgabe umfaßt insgesamt 3 "Blätter" (Parameterliste, Texturdreieck und Kornsummenlinie). Die Ausgabe auf externe Geräte erfolgt maßstabsgerecht. Im "erweiterten Modus" (Bild 1) ist die Darstellung von bis zu 7 Dateien gleichzeitig im Texturdreieck und im Diagramm der Kornsummenlinie möglich.

Da die Software für MS-WINDOWS geschrieben wurde, stehen dem Nutzer alle MS-WINDOWS-typische Features (DDE, Datentransfer über Zwischenablage, u.v.a.m.) zur Verfügung. Die Ausgabeprotokolle können vom Bildschirm ausgeschnitten und in die Zwischenablage bzw. in andere Programme (MS-WINWORD, Zeichenprogramme) kopiert werden. Alle in diesem Text enthaltenen Grafiken wurden auf diese Art und Weise in den Text eingebunden.

#### Literaturnachweis:

- Anwenderinformation: Fotosedimentometer LUMOSSED. Firma Kurt Retsch GmbH & Co. KG. Haan. 1990.  
Autorenkollektiv: Bodenkunde. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin. 1989. 3., bearbeitete Auflage.  
Beyer, W.: Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilungskurve. Wasserwirtschaft 14/64, S.165-168  
Busch, Luckner: Geohydraulik. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig. 1973. 2. Auflage.  
Bronstein, Semendjajew: Taschenbuch der Mathematik. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig und Verlag Nauka, Moskau. 1987. 23. Auflage.  
DIN 66 141: Darstellungen von Korn-(Teilchen-)größenverteilungen. 1974  
DIN 66 143: Potenznetz. 1974  
DIN 66 144: Logarithmisches Normalverteilungsnetz. 1974  
DIN 66 145: RRSB-Netz. 1974  
DIN 66 160: Messen disperser Systeme. 1990  
DIN 66 161: Partikelgrößenanalyse. 1985  
Klute (Editor): Methods of Soil Analysis. Part 1 - Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy, Inc.; Soil Science of America, Inc., Madison, Wisconsin USA. 1986. Second Edition.  
MDZ, ZWGB: Beschreibung und Bedienungsanleitung zum Partikelanalysator PA 87/01 und PA 88/01  
Muckenthaler: Hydraulische Sicherheit von Staudämmen. Dissertation. TU München. Lehrstuhl für Wasserbau und Wasseringenieurwirtschaft im Institut für Bauingenieurwesen IV. Dissertations- und Fotodruck Frank GmbH. München. 1989.  
Scheffer: Lehrbuch der Bodenkunde/Scheffer, Schachtschnabel. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. 1989. 12. Auflage.

---

#### Kontaktadresse:

Oliver Kemmesies  
Dresdner Grundwasserforschungszentrum an der TU Dresden e.V.  
Karcherallee 8 O-8020 Dresden Telefon/-fax (DD) 23 26 118

## Kritische Anmerkungen zur Ermittlung von Stoffflüssen mittels Saugkerzen

### Teil II: Elementgehalt in der Bodenlösung und im Vorfluter eines Einzugsgebietes

von

G. Lischeid\*

#### Einleitung

Das Konzept der Quantifizierung des Stoffaustrags mit dem Sickerwasser wurde in dem Einzugsgebiet der Langen Bramke (Harz) überprüft. Das Gebiet hat eine Ausdehnung von 76 ha und umfaßt das Tal der Langen Bramke von der Quelle bis zu einem 1 km unterhalb gelegenen Wehr. Der Aquitard wird vom Kahleberg-Sandstein des Unterdevons gebildet. Darüber lagern ca. 3 - 4 m mächtige Fließerd. Bei den Böden handelt es sich um Braunerden bis Podsole, auf dem ca. 45 Jahre alte Fichten stocken (Hauhs 1989).

Seit 1969 wird der Bach an verschiedenen Stellen mehrmals jährlich beprobt. Auf dem nach Norden exponierten Hang des Einzugsgebietes (Nordhang), sowie an dem nach Süden exponierten Hang (Südhang) wird seit 1977 an verschiedenen Stellen regelmäßig mittels Saugkerzen Bodenlösung entnommen und analysiert. Dabei handelt es sich jeweils um 3 x 2 bzw. 3 Kerzen in 80 cm Tiefe, die in einem Meßfeld am Hangfuß installiert und einzeln beprobt wurden. 1989 wurden an diesen Stellen zusätzlich jeweils eine Saugkerze in 300 cm Tiefe installiert und beprobt.

#### Methode

Wenn der Bach ausschließlich von den Sickerwässern des Nord- und des Südhanges gespeist wird, muß sich dessen Wasser aus dem der Sickerwasser mischen lassen. Oberflächlicher Abfluß wurde im gesamten Untersuchungszeitraum nicht beobachtet. Dabei muß sich für alle untersuchten Ionen das gleiche Mischungsverhältnis ergeben. Dieses läßt sich errechnen wie folgt:

$$a \times CN_i + (1-a) \times CS_i = CB_i$$

a = Anteil der Sickerwassermenge des Nordhangs am Gesamtabfluß des Baches

CN<sub>i</sub> = Konzentration des Ions i im Sickerwasser des Nordhangs

CS<sub>i</sub> = Konzentration des Ions i im Sickerwasser des Südhangs.

CB<sub>i</sub> = Konzentration des Ions i im Bachwasser

Diese Gleichung läßt sich umformen zu:

\* Institut für Bodenkunde und Waldernährung, Büsgenweg 2, 3400 Göttingen

$$a = (CB_i - CS_i) / (CN_i - CS_i)$$

Dieser Faktor wurde für die Durchschnittskonzentrationen verschiedener Ionen für verschiedene Jahre berechnet.

### Ergebnisse

Tab.1 zeigt exemplarisch das Ergebnis der Berechnungen für das Jahr 1991 für die Saugkerzen-Tiefe 80 cm. Aus Gründen der Vergleichbarkeit verschiedener Ionen untereinander ist die Konzentration jeweils in Mikromol(Ionenäquivalent)/l angegeben. Bei Aluminium wurde dabei unterstellt, daß es ausschließlich als dreiwertiges Kation vorliegt.

Für die meisten untersuchten Ionen läßt sich kein Mischungsfaktor berechnen, da die Bachkonzentration jeweils außerhalb des von den Saugkerzen-Konzentrationen aufgespannten Rahmens liegt. Für  $Na^+$  und  $Cl^-$  ergibt sich für a ein Wert von 0,77 bzw. 0,71. Der Mischungsfaktor für  $Cl^-$  liegt auch in anderen Jahren bei ca. 0,8. Für  $Na^+$  schwankt der a-Wert viel stärker, in einzelnen Jahren läßt er sich überhaupt nicht berechnen. Für  $NO_3^-$  beträgt der Mischungsfaktor 1981 0,17. 1989 und 1990 lag er ebenfalls in diesem Bereich. Für andere Jahre erreicht er allerdings Werte bis ca. 0,9.

Für das Jahr 1987 lagen Analysen weiterer 8 Saugkerzen pro Hang in der Tiefe 80 cm vor. Für dieses Jahr errechnet sich ein Mischungsfaktor von 0,81 für  $SO_4^{2-}$  und von 0,61 für  $NO_3^-$ . Für alle anderen untersuchten Ionen läßt sich kein Mischungsfaktor berechnen.

In Tab.2 ist das gleiche für die Tiefe 300 cm dargestellt, wiederum für das Jahr 1991. Für  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$  und  $Cl^-$  liegt der Mischungsfaktor bei ca. 0,8. Dies gilt auch für die vorangegangenen 2 Jahre. Nur für 1990 errechnet sich ein davon abweichender Mischungsfaktor für  $Na^+$  von 0,54.

Für  $Ca^{2+}$  und  $Mg^{2+}$  liegt der Mischungsfaktor bei ca. 0,3, für  $NO_3^-$  ist er noch niedriger. Für  $K^+$  und  $Al^{3+}$  läßt sich kein Mischungsfaktor berechnen. Auch für diese Ionen zeigt sich ein auffallend ähnliches Bild in den Jahren 1989 und 1990.

### Diskussion

Ursprünglich wurde davon ausgegangen, daß in 80 cm Tiefe biologische Prozesse keine Rolle mehr spielen (Hauptwurzelzone in den oberen 20 cm). In 80 cm Tiefe zeigen die Saugkerzen-Lösungen eine hohe Variabilität. Dies gilt auch für die daraus berechneten Mischungsfaktoren. Die Verdoppelung der Kerzenzahl im Jahre 1987 ergab für die Tiefe 80 cm zudem kein besseres Ergebnis. Anscheinend finden wichtige Prozesse in noch größerer Tiefe statt.

Die Saugkerzen-Lösung in 300 cm Tiefe variiert weit weniger stark. Für alle 3 bisher untersuchten Jahre ergeben sich für die einzelnen Tonen annähernd gleiche Mischungsfaktoren. Dies ist umso bemerkenswerter, als in 300 cm Tiefe nur 1, in 80 cm Tiefe aber 8 bzw. 16 Saugkerzen pro Hang beprobt wurden.

Der Nordhang erstreckt sich über ca. 60% der Fläche des Einzugsgebietes. Aufgrund der nach Norden exponierten Lage erscheint eine geringere Evapotranspiration im Vergleich zum Südhang wahrscheinlich. Somit ist ein Mischungsfaktor von ca. 0,8, wie er sich für **Natrium**, **Chlorid** und **Sulfat** für die Tiefe 300 cm ergibt, als plausibel anzusehen. Die Konzentration von  $\text{Na}^+$  und  $\text{Cl}^-$  wird überwiegend durch Eindickungseffekte und weniger durch biologische Prozesse oder Austauschprozesse mit der Bodenmatrix bestimmt. Für  $\text{SO}_4^{2-}$  dürften letztere eine etwas größere Rolle spielen, jedoch nicht in dem Maße wie z.B. für  $\text{NO}_3^-$  oder  $\text{K}^+$ .

Die **Kalium**-Konzentration der Saugkerzen-Lösung ist in 300 cm Tiefe weit höher als im Bachwasser. Hier scheint eine Einbaustörung vorzuliegen. Die  $\text{K}^+$ -Konzentrationen dieser Saugkerzen lagen am Anfang bei ca. dem 4fachen der Bachkonzentration und nähern sich dieser seitdem asymptotisch. Diese Entwicklung ist auch nach 3 Jahren anscheinend noch nicht abgeschlossen.

Hinsichtlich des **Nitrats** entspricht die Konzentration des Baches größenordnungsmäßig in etwa der des Südhangs, während die des Nordhangs weit höher ist. Wenn die Saugkerzenlösung repräsentativ für den ganzen Hang ist, dann muß fast die gesamte  $\text{NO}_3^-$ -Menge zwischen Saugkerze und Bach denitrifiziert werden. Dies müßte in dem ca. 10 m breiten, wassergesättigten Streifen entlang des Baches geschehen.

Die **Aluminium**-Konzentration des Baches liegt in der Regel unter der Nachweisgrenze. In den Saugkerzen aber lassen sich relativ hohe Konzentrationen nachweisen, die mit der Tiefe abnehmen. Hier dürfte die Pufferung des Bodens eine Rolle spielen. Dies verhält sich konsistent zu der  $\text{Ca}^{2+}$ - und der  $\text{Mg}^{2+}$ -Konzentration.

Die **Kalzium**- und die **Magnesium**-Konzentration nehmen mit der Tiefe zu, erreichen aber auch in 300 cm Tiefe noch nicht die Werte der Bachkonzentration. Anzunehmen wäre eventuell ein  $\text{Ca}^{2+}$ - bzw.  $\text{Mg}^{2+}$ -Pool noch zwischen den ca. 30 m vom Bach entfernten Saugkerzen und dem Vorfluter. Dieser konnte bisher allerdings nicht nachgewiesen werden. Plausibler wäre die Annahme, daß die Saugkerzen zufällig gerade in einem  $\text{M}_p$ -Kationen-armen Bereich installiert worden sind. Eine genügend hohe Anzahl von Saugkerzen würde dann ein anderes Bild ergeben.

Angesichts der Beobachtungen von S. Schmidt (siehe folgender Beitrag) erscheint aber die folgende Erklärung als wahrscheinlicher. Steht die Saugkerze im direkten Kontakt mit Makroporen, so wird die Chemie der aufgefangenen Lösung im wesentlichen von der Chemie der Niederschläge bestimmt. Das Verhältnis

"Niederschlagswasser" zu "Bodenmatrixwasser" in der Saugkerzen-Lösung ist im Einzelfall unbekannt und ändert sich zudem ständig. Neuere Untersuchungen weisen darauf hin, daß Makroporenfluß sich auch schon in Poren mit relativ geringem Durchmesser ereignen kann (Germann 1991). Erst mit zunehmender Tiefe stellt sich anscheinend eine relativ homogene, von der Bodenmatrix bestimmte Konzentration in der Bodenlösung ein.

### Literatur

Germann, P. (1991): Erfassung der schnellen Flüsse im Boden und deren Bedeutung für den Transport von gelösten und partikulären Stoffen. - Mitteilgn. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 66/I: 135 - 138

Hauhs, M. (1985): Wasser- und Stoffhaushalt im Einzugsgebiet der Langen Bramke (Harz). - Berichte des Forschungszentrums Waldöko-systeme/Waldsterben, Bd.17

Hauhs, M. (1989): Lange Bramke: An Ecosystem Study of a Forested Catchment. - in: Adriano, D.C. and M.Havas (Ed.): Acidic Precipitation, Vol.1: 275 - 305, Springer-Verlag

	Nordhang	Südhang	Bach	Mischungsfaktor a
Na <sup>+</sup>	80	168	101	0.77
K <sup>+</sup>	11	14	16	/
Ca <sup>2+</sup>	46	93	217	/
Mg <sup>2+</sup>	27	58	175	/
Al <sup>3+</sup>	111	170	0	/
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	249	582	247	/
Cl <sup>-</sup>	67	171	97	0.71
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	173	9	37	0.17

Tab.1: Gegenüberstellung der Konzentrationen der Saugkerzenlösungen in 80 cm Tiefe sowie der Bachkonzentration für das Jahr 1991 (jeweils Jahresmittelwerte; Konzentrationsangaben in µmol(IÄ)/l)

	Nordhang	Südhang	Bach	Mischungsfaktor a
Na <sup>+</sup>	78	168	101	0.75
K <sup>+</sup>	30	47	16	/
Ca <sup>2+</sup>	94	268	217	0.29
Mg <sup>2+</sup>	42	261	175	0.39
Al <sup>3+</sup>	85	48	0	/
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	193	629	247	0.88
Cl <sup>-</sup>	86	238	97	0.92
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	253	27	37	0.04

Tab.2: Gegenüberstellung der Konzentrationen der Saugkerzenlösungen in 300 cm Tiefe sowie der Bachkonzentration für das Jahr 1991 (jeweils Jahresmittelwerte; Konzentrationsangaben in µmol(IÄ)/l)

## Überwachung intensiver und extensiver Zustandsgrößen strukturierter Böden

von

Luckner, L. <sup>\*)</sup>

Der Zustand des Mehrphasen-/Mehrkomponentensystems Boden wird durch intensive und extensive Zustandsgrößen auf der hierarchischen Ebene der festen, flüssigen und gasförmigen Mischphasen des Bodens und auf der Ebene des Mehrphasensystems Boden selbst charakterisiert. Unter einer Phase versteht man dabei einen im Rahmen der Untersuchungen als gleichartig betrachteten Stoff (Materie) - s. BUSCH et al., 1992. Die Phase ist somit ein Modell der Realität und vom Betrachtungsmaßstab abhängig. Eine aus unterschiedlichen Komponenten bestehende Phase wird als Mischphase bezeichnet. Mischphase und Komponente sind Relativbegriffe, wie es die Begriffe System und Element in der Kybernetik sind. Die Komponenten einer Mischphase, die für eine bestimmte Untersuchung als maßgebend erachtet werden, bezeichnet man als Migranten (oder Spezies). Migranten können somit dem Transport, phaseninternen Wandlungen, dem Austausch zwischen den Phasen und der Speicherung im Mehrphasensystem Boden unterliegen. Betrachten wir deshalb z.B. im einfachsten aller Fälle den Boden als 3-Phasensystem (Basismodell), d.h., ordnen wir alle Stoffe nur je einer Feststoffphase (Bodenmatrix), einer wäßrigen flüssigen Phase (Bodenlösung bzw. Bodenwasser) und einer gasförmigen Phase (Bodenluft bzw. Bodengas) zu, so ergibt sich das in Abb. 1 gezeigte Systemschema. Für viele Untersuchungen ist dieses Phasenmodell jedoch zu grob und man muß differenzieren z.B. zwischen einer mobilen und einer immobilen wäßrigen flüssigen Phase, zwischen wäßrigen und nichtwäßrigen flüssigen Phasen, zwischen silikatischer und organischer Feststoffphase, zwischen biogenen und nichtbiogenen Phasen, zwischen kohärenten und inkohärenten Phasen u.a.m. Die Bildung eines dem speziellen Untersuchungsziel adäquaten Mehrphasenmodells des Bodens erfordert deshalb sowohl detaillierte naturwissenschaftliche Systemkenntnis als auch das Augenmaß zur Mittel-Ziel-Auswägung.

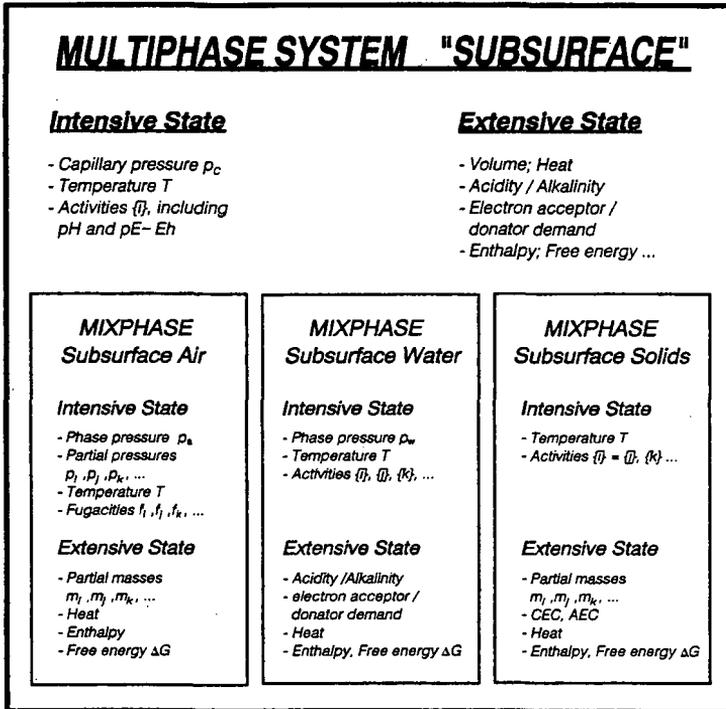
Jede Systemzustandsbeschreibung erfordert die Kenntnis der adäquaten extensiven und intensiven Zustandsvariablen. Die funktionelle Abhängigkeit einer ausgewählten extensiven Zustandsgröße Z von den intensiven Zustandsgrößen Temperatur T, Druck p und Aktivitäten  $a_i = \{i\}$  der Komponenten i der betrachteten Mischphase wird als Zustandsfunktion bezeichnet:

$$Z = f(T, p_1 \dots p_j, a_1 \dots a_k). \quad (1)$$

Oftmals kennzeichnet man die sekundären extensiven Größen, die durch Division zweier primärer extensiver Größen hervorgehen, durch kleine Buchstaben (so z.B. die Konzentration mit c, die sich durch Division beispielsweise einer Stoffmenge durch das Volumen der wäßrigen flüssigen Phase im Boden ergibt).

Die Ausbildung stetiger Felder kann auch im Mehrphasensystem Boden nur von den intensiven Zustandsvariablen erwartet werden (so z.B. von  $p_w$  im kohärent verteilten Bodenwasser oder  $p_c = p_L \cdot p_w$  bei kohärentem Bodenwasser und kohärenter Bodenluft). Extensive Zustandsgrößen können sich dagegen räumlich sprunghaft ändern (z.B. der volumetrische Wassergehalt  $\theta_w$  des Bodens). Nur intensive Zustandsgrößen lassen sich deshalb sinnvoll in einem System punktförmig abtasten und danach z.B. in Isolinienplänen darstellen; extensive dagegen a priori nicht (so ist z.B. die punktorientierte Messung der Wasserdrücke in einem städtischen Rohrnetz der Wasserversorgung und die Erstellung eines Isolinienplanes des städtischen Versorgungsdruckes sinnvoll; unsinnig dagegen wäre es, wenn man z.B. in gleicher Weise einen Isolinienplan der Durchflüsse, Rohrdurchmesser oder Fließgeschwindigkeiten für ein Versorgungsgebiet erstellen wollte). Kein Wunder also, wenn wir mit unseren mehr oder minder punktförmigen Tensiometern und Temperatursensoren sinnvoll die intensiven Zustandsvariablen Phasendruck und Temperatur durchaus auch in strukturierten Böden messen bzw. überwachen können.

<sup>\*)</sup> TU Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft, Mommsenstr. 13, O-8027 Dresden



**Abb. 1:** Ausgewählte Zustandsvariablen des Mehrphasen-/Mehrkomponentensystems "Boden" nach LUCKNER & SCHESTAKOW, 1991

Von besonderer Bedeutung ist es weiterhin, daß intensive Zustandsgrößen im Mehrphasensystem im thermodynamischen Gleichgewicht gleich groß (oder systemstrukturell bedingt von bestimmter Differenz) sind. Man spricht von einem lokalen Gleichgewicht, wenn das Gleichgewicht nur an einem Systempunkt (d.h. im REV des Mehrphasensystems - REV steht für repräsentatives Elementaryvolumen) eintritt, und von partiellem Gleichgewicht, wenn das Gleichgewicht nur für bestimmte intensive Zustandsvariable und die davon abhängigen extensiven gegeben ist. Partielles lokales thermodynamisches Gleichgewicht wäre somit gegeben, wenn in einem Boden-REV die Temperatur in der Bodenlösung, der Bodenmatrix und im Bodengas gleich groß ist. Bei eingetretenem lokalem thermodynamischen Gleichgewicht ist es deshalb möglich, die zu überwachende intensive Zustandsgröße nur in einer der Phasen des Mehrphasensystems meßtechnisch zu erfassen und auf die anderen zu schließen. Dies ist für die Messung von Aktivitäten (z.B. der Protonenaktivität) im Boden von substantieller Bedeutung, weil diese Messungen zumeist nur in der wäßrigen flüssigen Phase ausführbar sind.

Kann man deshalb davon ausgehen, daß lokales thermodynamisches Gleichgewicht im zu untersuchenden Bodensystem herrscht, dann ist es die Vorzugslösung, intensive Zustandsgrößen in-situ zu messen (z.B.  $p_L$ ,  $p_W$  oder  $p_C$ ), es ist als Normallösung zu betrachten, intensive Zustandsgrößen nach einer Phasenseparation in der wäßrigen flüssigen oder gasförmigen Phase (d.h. in der genommenen Bodenwasser- oder -gasprobe) unverzüglich on-site zu bestimmen (z.B.  $T$ ,  $\{O_2(aq)\}$ ,  $\{H^+\}$ , ...), und es kann nur eine Notlösung sein, inten-

sive Zustandsgrößen an separierten Phasenproben laborativ erst geraume Zeit nach ihrer Gewinnung zu ermitteln. So bedarf es schon eines erheblichen "Konservierungsaufwandes", wenn man z.B. an einer Bodenwasserprobe erst im heimischen Labor die Temperatur (z.B. mit der "Begründung", daß hier eine besonders leistungsfähige Meßapparatur verfügbar ist) messen wollte, um so auf die Bodentemperatur am Entnahmepunkt zu schließen. Es sei deshalb verallgemeinernd nochmals darauf verwiesen, daß die Messung intensiver Zustandsvariablen an separierten Phasen nur dann sinnvoll ist, wenn keine relevanten Änderungen der zu überwachenden Größen durch diese Prozedur der Separation und des Transportes bis hin zur Messung hervorgerufen werden (LUCKNER et al., 1992).

Stoffaktivitäten werden in der wäßrigen flüssigen Phase oft nicht direkt (z.B. mit membranbedeckten Sensoren nach Gleichgewichtseinstellung im Meßsystem), sondern indirekt, ausgehend von einer ermittelten Stoffmenge bzw. volumenbezogenen Stoffmenge (Konzentration  $c$ ), aus der konvertierten Zustandsfunktion  $a_i = f_i c_i$  geschätzt, wobei  $f_i$  die Aktivitätskonstante des Stoffes  $i$  darstellt. Für die Zustandscharakterisierung des Bodens, basierend auf Meßwerten an extrahierten Bodenwasserproben erwachsen hieraus große Schwierigkeiten, weil - wie dies Abb. 2 zeigt, die Stoffverteilung im Bodenwasser an sich bei gleicher Stoffaktivität im pore-scale infolge der elektromolekularen und massenattraktiven Felder unterschiedlich sein muß. Da diese Felder in der separierten Bodenwasserprobe nicht mehr wirken, ist praktisch keine Aussage mehr über die Aktivität im Boden, basierend auf der ermittelten Konzentration in solchen extrahierten Bodenwasserproben, möglich. Aber auch die ermittelte Konzentration einer Bodenwasserprobe läßt a priori noch keine Rückschlüsse auf die Konzentration im Bodenwasser des REV zu, sondern nur auf den speziellen Anteil der Bodenlösung, der bei der angewendeten Extraktionsdruckdifferenz von der Bodenlösung abgetrennt wurde. Analyseergebnisse von Bodenwasserproben müssen deshalb ganz anders als Analyseergebnisse von Grundwasserproben, die gemäß Abb. 2 das freie Wasser im Untergrund betreffen, zur Zustandsschätzung und -bewertung im Untergrund genutzt werden.

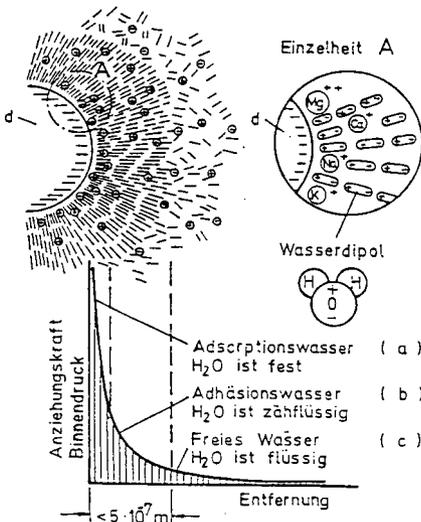


Abb. 2: Strukturschema des Bodenwassers in Grenzflächennähe

Extensive Zustandsgrößen lassen sich eigentlich nur für definierte (begrenzte) Räume durch Vergleich (z.B. Wägung) oder Bilanzierung ermitteln. Auf der Ebene der REV eines zu untersuchenden Systems werden in zunehmendem Maße REV-Testanlagen eingesetzt, mit deren Hilfe die Abhängigkeit ausgewählter extensiver Zustandsgrößen von intensiven Zustandsgrößen gemäß Gl. 1 laborativ z.B. an ungestört entnommenen Bodenproben ermittelt werden. Extensive Zustandsgrößen lassen sich infolge der nicht zerstörungsfreien

Bestimmungsmethodik nur selten, oftmals nur einmalig bestimmen (z.B. im Zuge des Abteufens einer Bohrung). Sie sind nachfolgend im allg. basierend auf den überwachten intensiven Zustandsvariablen und den laborativ ermittelten Zustandsfunktionen (auch Eichfunktionen) zu schätzen. Soll deshalb z.B. der volumetrische Wassergehalt des Bodens  $\theta_w$  an einem Systempunkt als extensive Zustandsvariable überwacht werden, so wird eine Schätzfunktion (Zustandsfunktion)  $\theta_w = f(T, p_C, a_1 \dots a_k)$  für das REV benötigt, das diesen Systempunkt repräsentiert, die es gestattet, ausgehend von den überwachten Zustandsgrößen: Bodentemperatur, Kapillardruck und den Stoffaktivitäten,  $\theta_w$  zu schätzen. Prinzipiell ist der Sachverhalt auch beim Einsatz eines TDR-Meßsystems zur  $\theta_w$ -Überwachung der gleiche.

Zusammenfassend soll deshalb nochmals betont werden, daß der laborativen Arbeit in bodenkundlichen Laboratorien sowohl zur Begründung der Aussagekraft von Meßwerten, die an separierten Phasen gewonnen werden, für den Systemzustand im Mehrphasensystem Boden als auch die Schätzung extensiver Systemzustände aus überwachten (gemessenen) intensiven Zustandsvariablen basierend auf laborativ ermittelten Zustandsfunktionen weiter wachsende Bedeutung beizumessen sein wird.

## Literatur

- Busch, K.-F., Luckner, L. & Tiemer, K. (1992): Geohydraulik; Lehrwerk der Hydrogeologie, Bd. 3, Gebrüder Bornträger Stuttgart (im Druck).
- Luckner, L. (1991): Relevanz des Mehrphasen-/Mehrmigrantenkonzeptes des Untergrundes für den Boden- und Grundwasserschutz; Wasserbauliche Mitteilungen der TH Darmstadt, Nr. 36, S. 7-16.
- Luckner, L., Nitsche, C. & Eichhorn, D. (1992): Das SGM-System - Eine neue Technik und Technologie zur Boden- und Grundwasserüberwachung in Deutschland; Geowissenschaften, Weinheim, 10. Jg., Nr. 2, 37-44.
- Luckner, L. & Schestakow, W.M. (1991): Migration Processes in the Soil and Groundwater Zone; Lewis Pub. Inc. 485 p.
- Luckner, L., van Genuchten, Th. & Nielsen, D.R. (1989): A consistent set of parametric models for the flow of water and air as immiscible fluids in the Subsurface, Water Resour. Res., 25; p. 2187-2193.
- Nielsen, D.R. & Luckner, L. (1992): Theoretical aspects to estimate reasonable initial parameters and range limits in identification procedures for soil hydraulic properties; Proc. of the Riverside Workshop 1989.

## Anschrift des Autors

Technische Universität Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft, Mommsenstr. 13, O-8027 Dresden

## Auswirkung unterschiedlich strukturierter Porensysteme auf den Wasser- und Stofftransport

D. Lütkemöller, S. Gäth, H.-G. Frede \*

### **Einleitung**

Die Auswirkungen unterschiedlich strukturierter Porensysteme auf den Wasser- und Stofftransport eines Standortes nach langjährig differenzierter Bodenbearbeitung wurden im Rahmen eines BMFT - Forschungsprojektes untersucht.

Das Fließverhalten von Porensystemen mit ausgeprägt heterogener Struktur ist seit längerem Gegenstand bodenphysikalischer Forschung. Zur Erfassung dieser Fließprozesse in entsprechenden Labor-Säulenversuchen werden in der Regel - insbesondere im Hinblick auf dabei zu entwickelnde Simulationsmodelle - stationäre Fließbedingungen gewählt. Die Infiltrationsraten natürlicher Niederschläge variieren jedoch zeitlich, so daß auch der Grad der Wassersättigung und die Porenwasserfließgeschwindigkeiten in einem gegebenen Bodenkörper stark schwanken (Beven and Germann, 1982).

Um auch diese Fließvorgänge erfassen zu können, wurden entsprechende Versuche durchgeführt die zur Beantwortung folgender Fragen dienen sollten:

Wie erfolgt die Verlagerung eines Stoffpulses aus einer Pflug- bzw. Direktsaat- Bearbeitungsvariante

1. während eines ungesättigten, stationären Fließvorganges ?
2. durch ungesättigtes, instationäres Fließen ?

### **Material und Methoden**

Je vier Bodenmonolithe ( $h = 40$  cm,  $d = 20$  cm) wurden aus der Krume einer Pflug- und Direktsaatparzelle (Braunerde aus Flugsand) entnommen und in eine Säulenversuchsanlage eingebaut. Die Beregnung erfolgte für jede Säule über einen aufgesetzten Kapillarregner, der über eine Schlauchpumpe gesteuert wird. Entwässert wurden die Säulen im Unterdruckverfahren (Regelgenauigkeit =  $\pm 1$  hPa) über eine poröse Platte mit aufliegendem Membranfilter. Jeweils 4 cm von der Säulenober- und unterkante entfernt wurde je ein Mini-Druckaufnehmertensiometer und eine TDR - Sonde horizontal eingebaut.

\* Institut für Landeskultur, Senckenbergstr3, 6300 Gießen

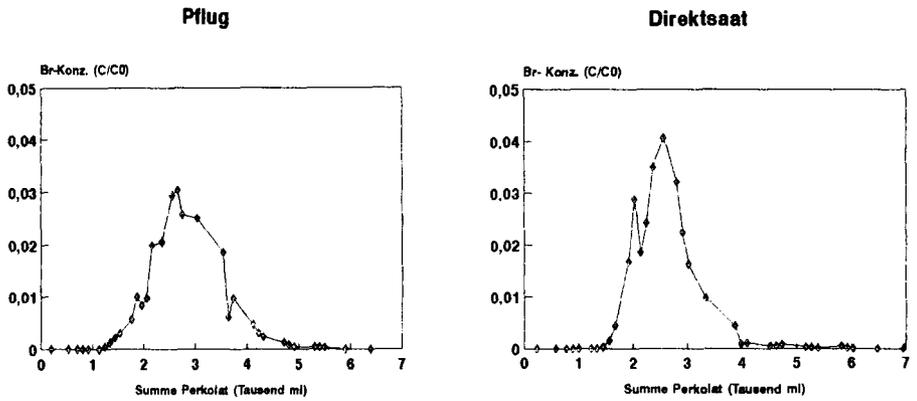
Es wurde je ein Tracerverlagerungsversuch bei stationären, bzw in-stationären Fließbedingungen durchgeführt. Im Versuch 1 erfolgte die Beregnung kontinuierlich mit einer Intensität von 2,24 cm/Tag. Im Versuch 2 wurden die Säulen alle 12 Stunden für 17 Minuten mit 3,71 cm/h beregnet (= 2,10 cm/Tag). Nach einer einwöchigen Vorlaufphase wurden im Versuch 1 steady-state Bedingungen erreicht, im Versuch 2 herrschten "quasi steady-state" Bedingungen, da jeweils für ein 12-Stunden Intervall die Wasserzugabe gleich dem Wasseraustrag war. Nach dem Aufbringen des Tracerpulses (50 ml KBr - Lösung,  $C_0 = 10\ 000$  ppm Br) im Anschluß an die Vorlaufphase wurde das Perkolat der Säulen 10 bzw 11 Tage lang in 100 ml - Fraktionen beprobt. Die Br-Analyse erfolgte durch potentiometrische Titration.

### **Ergebnisse und Diskussion**

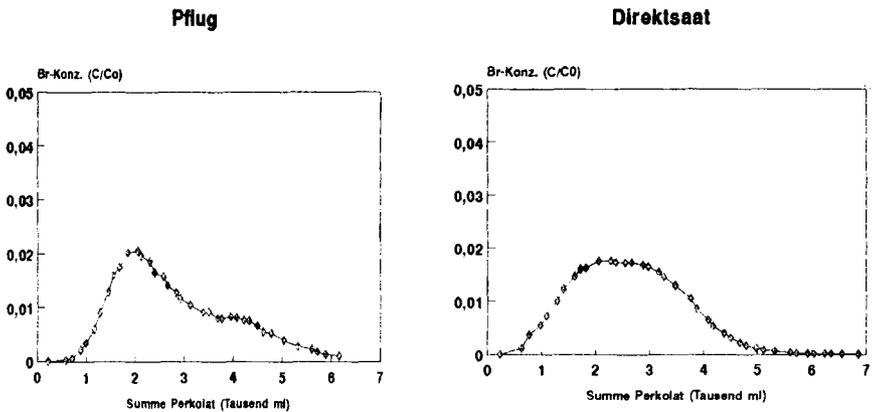
Die Abbildungen 1 und 2 zeigen exemplarisch die Bromid-Durchbruchskurven der Versuche 1 und 2 für je eine Säule aus der Pflug- und Direktsaatparzelle.

Während des stationären Fließvorganges beginnt der Br- Durchbruch aus der Pflugsäule, nachdem 1100 ml Bodenlösung aus der Säule perkoliert sind. Das Konzentrationsmaximum wird nach 2900 ml erreicht, der absteigende Kurvenast zeigt ein deutliches Tailing, so daß nach 5800 ml kein Bromid mehr im Perkolat gemessen wird. Im Gegensatz dazu beginnt der Br- Durchbruch aus der Direktsaatsäule später, der Konzentrationsanstieg erfolgt dann sehr schnell bis zu einem ersten Peak, dem ein zweiter deutlich abgetrennter Hauptpeak folgt. Der gesamte Br- Durchbruch ist bereits nach 4500 ml beendet. In dem abgetrennten ersten Peak der Direktsaat-Durchbruchskurve dokumentiert sich die Wirkung vorausseilender schneller Fließbewegungen in größeren Porenbereichen, während das Tailing der Pflug-Durchbruchskurve auf einen größeren Anteil diffusiver Transportvorgänge an der Gesamtverlagerung hinweist.

Die durch instationäre Fließbedingungen erzeugten Durchbruchskurven zeigen im Vergleich zu Versuch 1 sowohl für die Pflug- als auch für die Direktsaatsäule einen früheren Durchbruchbeginn. Das Konzentrationsmaximum der Pflug-Durchbruchskurve ist ebenfalls vorverlagert.



**Abb.1: Durchbruchkurven bei stationärem Fluß**



**Abb.2: Durchbruchkurven bei instationärem Fluß**

Durch intermittierende Beregnung wird in beiden Bearbeitungsvarianten, insbesondere in der Pflugsäule, das Tailing der Durchbruchskurven verstärkt.

### **Schlußfolgerungen**

1.) Die dargestellten Durchbruchskurven zeigen, daß kurzzeitige Beregnungen mit hoher Intensität einerseits zu einer stärkeren Dispersion eines Stoffpulses führen als dies bei kontinuierlicher Beregnung der Fall ist. Andererseits ist aber auch ein verstärktes diffusives Tailing zu beobachten.

2.) Daraus wird geschlossen, daß bei instationärem Fließen kurz nach einer Beregnung in größeren Poren sehr hohe Porenwassergeschwindigkeiten erreicht wurden, während andererseits durch die anschließende Entwässerung auch feinere Poren mit geringeren Fließgeschwindigkeiten am Fließvorgang teilgenommen haben. Während bei stationärem Fluß das beteiligte Porenspektrum zeitlich konstant bleibt, variiert der Anteil der verlagerungswirksamen Porenräume bei intermittierenden Beregnungen.

3.) Insbesondere zur Abschätzung des Zeitpunktes, zu dem ein Stoff den Grundwasserkörper nach Transport durch die ungesättigte Bodenzone erreichen kann, erscheint es dringend erforderlich, instationäre Fließprozesse in Böden detaillierter zu erfassen.

4.) Zur Simulation solcher Vorgänge ist die Entwicklung von Mehr-Regionen-Modellen notwendig.

### **Literatur:**

Beven, K. Germann, P. 1982 : Macropores and water flow in soils. Water Resources Research, **18**, 1311 - 1325

Jarvis, N.J. Jansson, P.-E. Dik, P.E. Messing, I. 1991: Modeling water and solute transport in macroporous soil. II. Chloride breakthrough under non-steady flow. Journal of Soil Science, **42**, 71-81

## Identifikation bodenhydraulischer Parameter in strukturierten Böden

VON

MONTENEGRO, H. und B. HERRLING<sup>1)</sup>

### 1. Einführung

Eine Grundvoraussetzung für die Modellierung des Wasser- und Stofftransports in heterogenen Böden ist die maßstabsgerechte Beschreibung der für diesen Prozeß maßgeblichen Beziehungen zwischen Wassergehalt, Saugspannung und Durchlässigkeit. Das wesentliche Problem im Feldmaßstab liegt in der Behandlung der großen Variabilität der bodenhydraulischen Funktionen. Stochastische Ansätze zur Charakterisierung der Bodenheterogenität (Mittelwert, Varianz, Korrelationslänge etc., siehe Mantoglou, 1992) erfordern die Erfassung dieser Eigenschaften an zahlreichen Bodenproben.

### 2. Parameterbestimmung mittels inverser Modellierung

Traditionelle Labormessverfahren für die Bestimmung von bodenhydraulischen Parametern bedingen die Einstellung von mitunter lang andauernden Gleichgewichtszuständen oder erfordern die Einhaltung von restriktiven Randbedingungen -häufig unter fragwürdigen Linearisierungsannahmen. In den letzten Jahren sind Verfahren zur inversen Parameteridentifikation auch in Hinblick auf Prozesse in der ungesättigten Bodenzone entwickelt worden. Hierbei wird ein Labor- oder Feldexperiment unter beliebigen, möglichst einfachen Randbedingungen numerisch nachsimuliert, wobei die bodenhydraulischen Funktionen parametrisiert vorliegen. Die numerische Simulation des Experiments wird mit einem Optimierungsverfahren gekoppelt, das eine definierte Zielfunktion (Abweichung der gemessenen Werte von den berechneten) durch automatische Änderung der anfangs geschätzten Parameter minimiert. Allerdings ist die mathematische Formulierung dieses Problems aufgrund der starken Nichtlinearität der Prozesse inhärent schlecht konditioniert (Hornung, 1988), was sich in:

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 1. Instabilität    | geringe Veränderung der Meßwerte können völlig unterschiedliche Datensätze ergeben |
| 2. Uneindeutigkeit | es gibt mehr als ein Parametersatz   |
| 3. Nicht-Existenz  | ein Parametersatz kann nicht gefunden werden                                       |

äußern kann. Van Dam geht ausführlich auf diese Probleme ein (Van Dam et al., 1990). Kool und Parker haben mit SFIT ein Programm vorgelegt, das effektive Algorithmen für die Parameterbestimmung aus Labor- oder Feldexperimenten beinhaltet (Kool et al., 1987). SFIT wurde im Rahmen dieser Untersuchung eingesetzt.

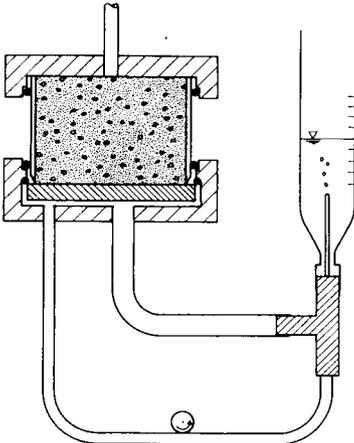


Abb. 1: Systemskizze des Ausflußexperiments

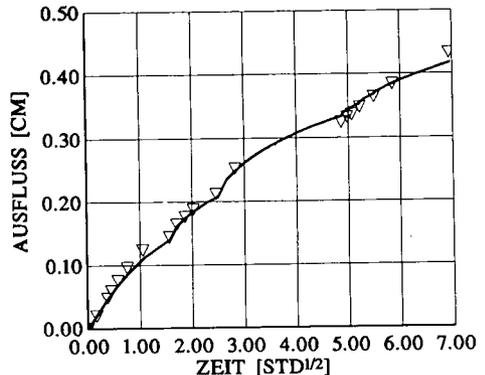


Abb. 2: Kumulativer Ausfluß (Messung: Symbole, Berechnung: Linie)

<sup>1)</sup> Institut für Hydromechanik, Universität Karlsruhe  
Kaiserstr. 12, 7500 Karlsruhe

3: Versuchsbeschreibung und Ergebnisse

In einem instationären Versuch, bei dem eine gesättigte Bodenprobe durch das Aufbringen eines Druckgradienten in Stufen bis 1 bar entwässert wird, wird die Ausflußkurve aufgezeichnet (Abb. 1 zeigt eine Systemskizze des Versuchsaufbaus). Diese Ausflußkurve enthält dynamische Information über Leitfähigkeits- und Speichereigenschaften der Bodenprobe in einem Saugspannungsbereich von pF 0-3 wobei das Erreichen von Gleichgewichtszuständen nicht erforderlich ist. Zusätzlich werden die gesättigte Leitfähigkeit  $k_s$  sowie der residuale Wassergehalt  $\theta_r$  (pF 4.2) gemessen, um die Anzahl der zu identifizierenden Parameter zu verringern bzw. bessere Anfangsschätzungen für diese Parameter zu gewinnen. Abbildung 2 zeigt die gemessene (Symbole) und die berechnete Ausflußkurve (durchgezogene Linie) unter Zugrundelegung der invers bestimmten Parameter.

Zunächst war die Frage zu klären, inwieweit die invers bestimmten bodenhydraulischen Beziehungen mit den Bodeneigenschaften, wie sie mit herkömmlichen Methoden gemessen werden, übereinstimmen. Hierzu wurde an ausgewählten Profilen Stechzylinder entnommen. Bei den untersuchten Böden handelt es sich um schluffige Pararendzinen, der Übergangsform Pararendzina-Kolluvisol sowie Kolluvisolen (Wagner, 1991). Die Wasser-spannungskurven wurden an der Hälfte der Parallelproben mit der herkömmlichen Methode (Überdruckmethode, vom Institut für Geografie und Geoökologie, Universität Karlsruhe ausgeführt), die andere Hälfte mit dem oben beschriebenen Ausflußexperiment bestimmt. Ein Vergleich der ungesättigten Leitfähigkeiten wurde aufgrund des erheblichen Aufwandes für die direkte Bestimmung nicht unternommen.

Abbildung 3 zeigt die mittels inverser Identifikation bestimmten pF-Kurven (Symbole, klein) und deren "mittlere" Kurve (Linie). Im Vergleich dazu sind die im herkömmlichen Desorptionsversuch an den Parallelproben bestimmten Wassergehalte für diskrete Druckstufen als Symbole (Rauten, groß) dargestellt. Eine deutliche Unterschätzung der Wassergehalte im Bereich pF 0-2 ist festzustellen, was auf das Vorhandensein eines Sekundärporensystems hindeutet. Es ist bemerkenswert, daß der Vergleich der gemessenen und berechneten Ausflußkurve (Abb. 2) kein Hinweis auf diese Fehlschätzung liefert. Lediglich die Tatsache, daß alle Kurven gegen den vorgegebenen Grenzwert  $\theta_r = 35$  vol% tendieren, sowie die festgestellte hohe Korrelation der Parameter deuten auf eine mangelhafte Identifizierbarkeit hin. Der Grund für die schlechte Identifikation liegt darin, daß die a priori angenommene Parametrisierung (in diesem Fall das van Genuchten-Mualem Modell) Grobporensysteme strukturierter Böden nicht zu beschreiben vermag (zur Problematik mehrmodaler Porensysteme und ihrer Beschreibung siehe Durner, 1991, Othmer et al., 1991, Diekkrüger 1991).

Im Gegensatz zum Oberboden ergibt sich für tiefere Horizonte, eine gute Übereinstimmung zwischen beiden Verfahren und zwar sowohl im Verlauf als auch in der Bandbreite der Kurven (s. Abb. 4). Bedenkt man die einfachere Versuchsdurchführung (keine Gleichgewichtseinstellung erforderlich, keine Kurvenanpassung an Punktwolken etc.) und die Tatsache, daß die inverse Identifizierung simultan die Leitfähigkeitsfunktion  $k(\theta)$  bzw.  $k(\psi)$  liefert, so werden die Vorteile der inversen Parameteridentifikation offensichtlich.

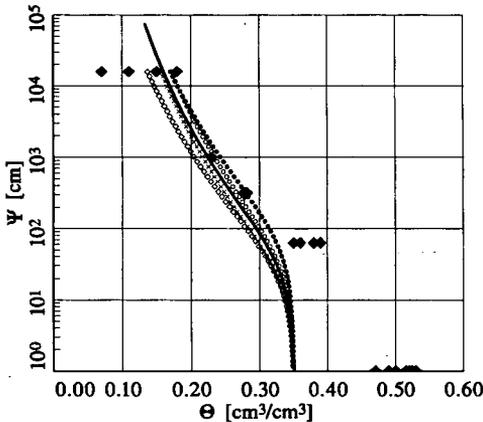


Abb. 3: Wasserverspannungskurve eines strukturierten Bodens (Ap-Horizont)

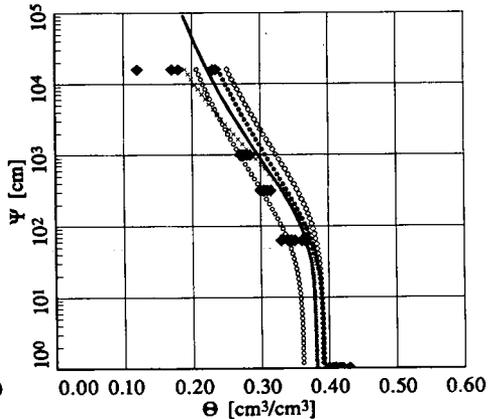


Abb. 4: Wasserverspannungskurve eines nicht strukturierten Bodens (M-Horizont)

#### 4. Diskussion

Die inverse Identifikation der Parameter stellt konzeptionell (instationäre Erfassung der Flüsse) sowie aufgrund der flexiblen Versuchsbedingungen eine attraktive Alternative zu herkömmlichen Verfahren dar. Im Zusammenhang mit Simulationsmodellen ist allerdings kritisch zu überprüfen, ob das angenommene bodenhydraulische Modell die tatsächliche Bodenstruktur vernünftig beschreiben kann. Dies sollte bei diesem Verfahren umso kritischer geschehen, da die teilweise sehr gute Übereinstimmung der Meßergebnissen mit der Berechnung (als Folge von Uneindeutigkeit) eine optimale Parameterbestimmung suggerieren kann. Es ist allerdings unklar, ob der Einsatz differenzierterer (und damit höher parametrisierter) bodenhydraulischer Beziehungen den zu ihrer Bestimmung erforderlichen Aufwand rechtfertigen. Die räumliche Variabilität direkt benachbarter Böden mit um Größenordnungen verschiedenen Leitfähigkeiten kann u. U. diese Effekte weitgehend maskieren.

Interessanterweise konnten mehrere Feldinfiltrationsexperimente zufriedenstellend modelliert werden, obwohl die Sekundärporenstruktur des Oberbodens nicht explizit berücksichtigt wurde (Berggötz, 1992). Möglicherweise lagen die Sättigungsverhältnisse, die für das Wirksamwerden der Sekundärporen erforderlich sind, nicht vor. Denkbar ist auch, daß eine starke Interaktion beider Porensysteme die Abflußwirksamkeit der Sekundärporen kontrolliert hat. Es muß davon ausgegangen werden, daß diese Ergebnisse sehr bodenspezifisch sind und Verallgemeinerungen auf andere Standorte nicht zulassen.

Die Modellierung unter Berücksichtigung mehrerer Porensysteme, wie sie von Diekkrüger oder Roth formuliert wurde, wirft eine Reihe weiterer Fragen auf hinsichtlich des relativen Anteils und der Intensität der Wechselwirkung der Porensysteme sowie deren meßtechnischen Erfassung.

#### 5. Literatur

- Berggötz I., 1992: Räumliche Variabilität bodenhydraulischer Parameter und Modellierung der Bodenwasserdynamik. Diplomarbeit am Institut für Hydromechanik, Universität Karlsruhe (unveröffentlicht)
- Diekkrüger B., 1992: Standort- und Gebietsmodelle zur Simulation der Wasserbewegung in Agrarökosystemen. Dissertation. Institut für Geographie und Geoökologie der technischen Universität Braunschweig
- Durner W., 1991: Vorhersage der hydraulischen Leitfähigkeit strukturierter Böden. Bayreuther Bodenkundliche Berichte Band 20. Dissertation Universität Bayreuth.
- Hornung, U., 1989. Parameter identification. Proceedings of the international symposium of agricultural non-point sources (part 2). June 1989, Utah State University
- Kool J. B., Parker J. C., Van Genuchten M. Th., 1987: Parameter estimation for unsaturated flow and transport models: A review. Journal of Hydrology, 91(3/4), 255-294.
- Mantoglou A., 1992: A Theoretical approach for modelling unsaturated flow in spatially variable soils: effective flow models in finite domains and nonstationarity. Water Resources Research. 28(1), 251-267.
- Othmer H., Diekkrüger B., Kutilek M., 1991: Bimodeal Porosity and unsaturated hydraulic conductivity. Soil Science (in Druck)
- Roth K., 1989: Stofftransport im wasserungesättigten Untergrund natürlicher, heterogener Böden unter Feldbedingungen. Dissertation ETH Zürich.
- Van Dam J. C., Stricker J.N.M., Droogers P., 1990: From one-step to multistep. Determination of soil hydraulic functions by outflow experiments. Rapport 7 Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica. Landbouwniversiteit Wageningen.
- Wagner S., 1991: Bodendifferenzierung in einer landwirtschaftlich genutzten Region des Kraichgaus. Geokodynamik Band 12, Heft 3.

#### Danksagung

Die vorliegende Untersuchung wurde vom BMFT im Rahmen des Verbundprojekts 02 WA 8903/0: "Prognosemodell für die Gewässerbelastung durch Stofftransport aus einem kleinen ländlichen Einzugsgebiet" finanziert.



## Veränderung des Transportverhaltens gelöster Stoffe durch Regenwurmgänge

von

NAGEL, R. F. und F. BEESE <sup>†</sup>)

### 1. Zusammenfassung

In Mikrokosmenstudien wurde der Einfluß von Regenwurmgingen der Art Lumbricus terrestris (L.) auf das Durchbruchverhalten von Bromid in Bodensäulen unter wasserungesättigten Bedingungen untersucht. Darüberhinaus wurde versucht, den Einfluß von Niederschlagsraten zu quantifizieren. Es wurde mit geschütteten Bodensäulen (Bodentyp: Parabraunerde, Bodenart: sL) unter konstanten Bedingungen gearbeitet.

Unter den angewandten Versuchsbedingungen konnte kein großer Einfluß von Regenwurmgingen (Megaporen) nachgewiesen werden. Bei hohen Niederschlagsraten kann es jedoch zu einem sehr raschen Vertikaltransport gelöster Stoffe durch das Makroporensystem der Böden kommen.

### 2. Theorie und Zielsetzungen

Die Bodenstruktur, insbesondere die Anteile von Mega-, Makro-, Meso- und Mikroporen (Megaporen: Durchmesser  $\geq 0.1$  mm, große räumliche Ausdehnung) und deren Kontinuität, entscheidet über das Fließverhalten des Sickerwassers und der in ihm gelösten Stoffe (BEESE 1982). Somit besitzt die Bodenstruktur im Hinblick auf Stoffe, die ein hohes Grundwassergefährdungspotential besitzen (PSM, Nitrat, etc.), eine große ökologische Relevanz (CZAPAR ET AL. 1992).

Eine Risikoabschätzung der Grundwassergefährdung wird infolge der Komplexität der Transportprozesse nur über die Anwendung von Modellen erfolgen können. Die meisten Wassertransportmodelle basieren derzeit aber noch auf einer gemittelten Beschreibung des Wasserflusses, wie sie auf Darcy und Richards zurückgeht.

Dabei wird angenommen, daß der Fluß direkt proportional zur Potentialdifferenz bzw. dem Druckgefälle ist. Die Anwendung dieser Modelle setzt zum einen ein homogenes poröses Medium voraus; zum anderen wird von einer Konstanz des Porensystems und der daran geknüpften Transportparameter über die Zeit ausgegangen.

<sup>†</sup>) Institut für Bodenökologie, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Ingolstädter Landstr. 1, W-8042 Neuherberg

Unter Feldbedingungen müssen beide Annahmen in Frage gestellt werden.

a) Durch Quellungs- und Schrumpfungsprozesse, sowie durch die Bildung von Bioporen (Tiergänge und Wurzelröhren) werden kontinuierliche Megaporen geschaffen, die bei bestimmten Witterungsereignissen (Starkregen, Schneeschmelze) in Funktion treten können. Diese bevorzugten Fließwege des Bodenwassers werden von der Richards-Gleichung nicht erfaßt (BEVEN und GERMANN 1982, DI PIETRO und LAFOLIE 1991, u.a.).

b) Durch Kompaktions- und Setzungsprozesse werden die Speicherkapazität, die hydraulische Leitfähigkeit, etc. verändert. Über verringerte Infiltrationsraten kann dies zu einem stärkeren Auftreten von Oberflächenwasser führen, wobei durch räumliche Disproportionierung der vertikale Abfluß, aber auch der Oberflächenabfluß des Wassers beeinflusst wird.

Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen war es:

- 1) den Einfluß von Megaporen auf das Durchbruchverhalten von Bromid zu untersuchen und
- 2) den Einfluß der Niederschlagsrate auf das Durchbruchverhalten zu studieren

### 3. Material und Methoden

Die Versuche wurden in einer Klimakammer unter konstanten Bedingungen durchgeführt ( $T=14^{\circ}\text{C}$ ). Die Beregnung mit einer 0.01 m  $\text{CaCl}_2$ -Lösung erfolgte rechnergesteuert. Auf der Säulenoberfläche befand sich ein Verschlämmungsschutz in Form von Plastikstrohhalmhäcksel.

Die verwendeten Bodensäulen (Höhe: 25 cm,  $r$ : 14.4 cm, Volumen: ca. 4 l) wurden hergestellt, indem auf 4 mm gesiebtes  $A_p$ -Material einer Parabraunerde (Bodenart: sL) des tertiären Hügellands nördlich von München in Plexiglasröhren aufgeschüttet und künstlich verdichtet wurde ( $\text{TD} = 1.3 \text{ g/cm}^3$ ).

Zur Anlage des Gangsystems wurde je ein Regenwurm für 2-3 Wochen in die Säule gesetzt.

Zur Bestimmung des Durchbruchverhaltens erfolgte die Bromidaufgabe in einem einmaligen Puls. Ein am Säulenboden angelegter Unterdruck von 0.1 bar sorgte für die Abfuhr des Sickerwassers. Das anfallende Perkolat wurde auf seinen Bromidgehalt bestimmt (mit Hilfe einer Bromidelektrode).

Der Tracer wurde mit einer verhältnismäßig geringen Pulsmenge von 20 ml aufgebracht. Es wurde mit verschiedenen Beregnungsintervallen und mit Säulen mit und ohne Regenwurmröhren gearbeitet. Bei der ersten Beregnungsvariante wurde in 2-stündlichen, bei der zweiten in 6-stündlichen Intervallen beregnet. In beiden Fällen betrug die Filtergeschwindigkeit 1 cm/Tag. Somit wurde bei der ersten Variante häufiger Schwachregen, bei der zweiten dagegen seltenerer Starkregen simuliert, um den Einfluß auf den Bromidtransport zu ermitteln.

Es zeigte sich ein nur geringer Einfluß der Regenwurmgänge in Richtung einer höheren Dispersion des Bromid (Abb. 1).

Einen größeren Einfluß hatte es, ob die tägliche Beregnungsmenge in Form eines 2-stündlichen Schwachregens oder eines 6-stündlichen Starkregens aufgegeben wurde. Durch die Starkregensimulation ergibt sich eine wesentlich stärkere Dispersion als bei Schwachregen (Abb. 2).

In Bezug auf die zuvor formulierten Zielsetzungen kann man somit folgern:

- 1) Bei den bisher untersuchten Beispielen konnte kein starker Einfluß der Megaporen auf den Transport von Bromid festgestellt werden. Dies bedeutet jedoch nicht, daß auch geringfügige Veränderungen bereits eine ökologische Relevanz haben, z. B. bei der Pestizidverlagerung. Die Ergebnisse können bei strukturlabilen Substraten oder bei hohen Tongehalten jedoch völlig anders ausfallen als hier beschrieben.
- 2) Die tatsächlichen Niederschlagsraten, nicht die über den Tag gemittelten Raten, haben einen maßgeblichen Einfluß auf den Transport. Besonders unter Freilandbedingungen treten sehr große Unterschiede und Wechsel in den Raten auf, die es zu berücksichtigen gilt.

## 5. Literatur

- Beese, F. (1982): Gesetzmäßigkeiten beim Transport gelöster Stoffe im Boden. Beiträge zur Hydrologie, Sonderheft 4, 267-300.
- Beven, K. und P. Germann (1982): Macropores and water flow in soils. Water Resources Research 18, 1311-1325.
- Czapar, G. F., R. Horton und R. S. Fawcett (1992): Herbicide and tracer movement in soil columns containing an artificial macropore. J. Environ. Qual. 21, 110-115.
- Di Pietro, L. und F. Lafolie (1991): Water flow characterization and test of a kinematic-wave model for macropore flow in a highly contrasted and irregular double-porosity medium. J. Soil Science 42, 551-563.

#### 4. Ergebnisse und Diskussion

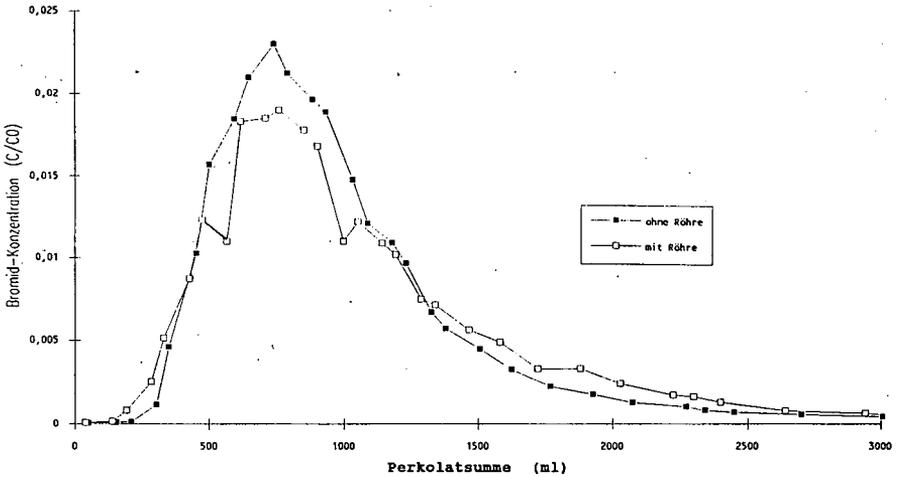


Abb. 1 Durchbruchkurven bei Schwachregen (2-stündliche Beregnung) mit und ohne Regenwurmrohren (Mittelwertvergleich).

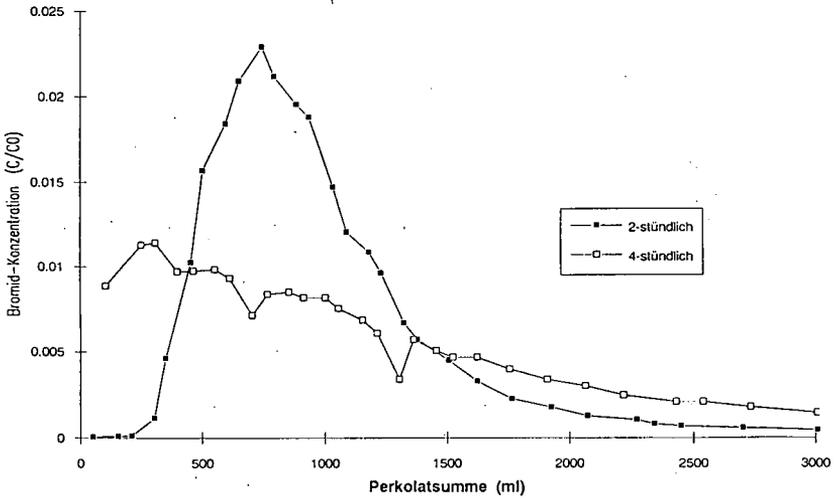


Abb. 2 Durchbruchkurven ohne Röhren bei Schwachregen (2-stündliche Beregnung), und Starkregen (6-stündliche Beregnung) (Mittelwertvergleich).

Laborative Verfahren und Vorrichtungen zur Zustandsbewertung strukturierter Böden

von  
Nitsche, C. \*)

**Einleitung**

Die Untersuchung von Kontaminationsproblemen im Bereich der vadosen Zone und des Grundwassers erfordert eine detaillierte Beschreibung lokaler thermodynamischer Gleichgewichtszustände und setzt die Überwachung der Systemzustandsvariablen des Untergrundes voraus. Diese werden als **intensive** und **extensive Systemzustandsvariable** unterschieden (s. LUCKNER 1991). Die in-situ Überwachung der intensiven Systemzustandsvariablen, wie z.B. der Temperatur, des Phasendruckes und der Aktivität gelöster Stoffe in den fluiden Phasen, erfordert die direkte Anordnung von Sensoren im Untergrund oder die meßtechnische Bestimmung dieser Variablen an Fluidproben, die vom Mehrphasensystem "Untergrund" separiert wurden. Demgegenüber ist eine zerstörungsfreie in-situ Überwachung der im weiteren stets als hysterese betrachteten extensiven Systemzustandsgrößen, wie z.B. des gespeicherten Bodenwassers, der adsorbierten Ionen, der Redoxkapazität oder Acidität von Böden nur in Sonderfällen möglich.

Die Überwachung extensiver Systemzustände erfordert eine vorherige laborative Bestimmung der **Systemzustandsfunktionen**, d. h. der Abhängigkeit der extensiven von den intensiven Systemzustandsvariablen. Systemzustandsfunktionen werden an repräsentativen Bodenkernproben (entspricht dem repräsentativen Elementarvolumen **REV**) ermittelt (s. LUCKNER & SCHESTAKOW 1991). Bei der Entwicklung der REV-Testverfahren und -vorrichtungen ist stets auf die Steuerbarkeit der einzelnen intensiven Zustandsvariablen zu achten. Dies ist bei unseren Entwicklungen, die in enger Kooperation mit der Universität Stuttgart, dem US Salinity Laboratory in Riverside und der University of California, Davis erfolgte und in die Produktion überführt wurden (s. LUCKNER et al. 1988, NITSCHKE u.a. 1988 und NITSCHKE et al. 1989), gegeben.

**REV-Tests** dienen neben der punktbezogenen Ermittlung von Systemzustandsfunktionen auch dem demonstrativen Nachweis von Szenarien (z.B. Szenarien der Untergrundsanierung) und der Überprüfung, ob die zu untersuchenden Prozeßkennwerte dem geforderten Gleichgewichtszustand zwischen den Phasen des Mehrphasensystems entsprechen.

**Grundlagen**

Die allgemeinste Darstellung der funktionellen Abhängigkeit einer hysterese extensiven Systemzustandsvariablen ( $Z_{ij}$ ;  $i$ =Phasenindex und  $j$ =Stoffindex) von den intensiven Systemzustandsgrößen Temperatur ( $T$ ), Phasendruck ( $p$ ) und Stoffaktivität ( $a$ ) ist Gleichung (1) zu entnehmen.

$$Z_{ij} = f(T, p_1 \dots p_i, a_1 \dots a_j) \quad (1)$$

Bei der praktischen Umsetzung von Gleichung (1) wird deren Komplexität gewöhnlich approximiert zu:

$$Z_{ij} = f(T) \Big|_{p_i, a_j} \quad (\text{isobarer Zustand}) \quad (1a)$$

$$Z_{ij} = f(p_k) \Big|_{T, p_{i \neq k}, a_j} \quad (\text{isothermer Zustand}) \quad (1b)$$

$$Z_{ij} = f(a_k) \Big|_{T, p_i, a_{j \neq k}} \quad (\text{chemischer Zustand}) \quad (1c)$$

Die Konstanzhaltung der einzelnen intensiven Zustandsgrößen wird bei der laborativen Ermittlung der Zustandsfunktion (1a bis 1c) meist ungenügend beachtet bzw. es wird davon ausgegangen, daß deren Einfluß rechnerisch kompensiert werden kann. Wie notwendig die komplexe Steuerung bzw. Kontrolle der intensiven Systemzustandsgrößen bei der laborativen Ermittlung der hysterese extensiven Systemzustandsfunktionen sein kann, soll nachfolgend am **Beispiel** der laborative Ermittlung von Meßpunkten der hysterese extensiven Systemzustandsfunktion **Fluidanteil - Kapillardruckfunktion**

\*) Dresdner Grundwasserforschungszentrum an der TU Dresden e.V.; Kärcherallee 8; O-8020 Dresden

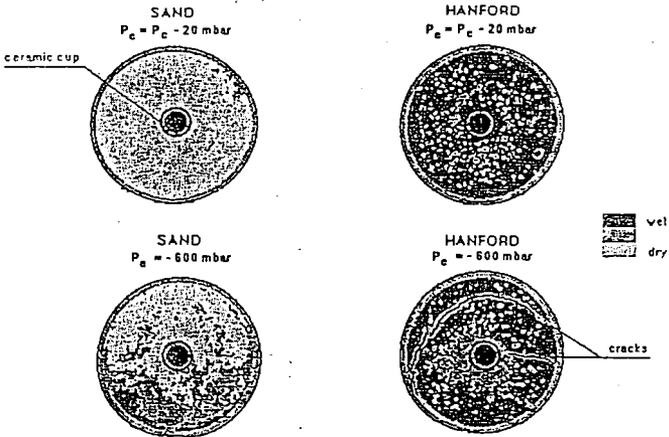
$$\frac{V_w}{V} = \theta = \theta(T, p_c, a_1 \dots a_j) \quad (2)$$

wobei die Druckdifferenz zwischen der nicht benetzenden fluiden Phase ( $p_{nw}$ ) und der benetzenden fluiden Phase ( $p_w$ ) den Kapillardruck ( $p_c = p_{nw} - p_w$ ) im Boden symbolisiert. Diese funktionelle Abhängigkeit der sekundären extensiven hysterese Systemzustandsgröße  $\theta$  (gespeichertes Bodenwasser) wird gewöhnlich zur isothermen Fluidanteil - Kapillardruckfunktion (FKF) entsprechend Gl.(1b) approximiert (z.B. für das Vakuumverfahren)

$$\theta = \theta(p_w)_{|T, p_{nw}, a_j} \quad (\text{Vakuumverfahren}) \quad (2a)$$

Die Sensitivität der Funktionen (2a) auf Temperaturveränderungen wurde bereits in HOPMANS et.al. 1986 verdeutlicht. Eine ähnlich signifikante funktionellen Abhängigkeit der KFK von der Stoffaktivität ist ebenfalls zu berücksichtigen (s. NITSCHKE 1991).

Bei der Ermittlung von Meßpunkten der Funktionen nach Gl. (2a) ( $\theta, p_{w,i}$ ) hat aber auch die Wahl der Schrittweite  $\Delta p_w$ , die zur Erreichung des nächsten Fluidgleichgewichtszustandes eingestellt wird, wesentliche Bedeutung auf die Erzielung der vorausgesetzten statistischen Verteilung der Bodenfeuchte (s. Abb. 1). Die vom Autor an einem Computertomographen der University of California, Davis 1991 durchgeführten Untersuchungen verdeutlichen den Einfluß der über eine im Zentrum der Bodenprobe angeordnete Keramikkerze angelegten Druckdifferenz auf die Bodenfeuchteverteilung im Untersuchungsraum. Als Extraktionsdruck ( $p_e$ ) wurde sowohl die von uns empfohlene sanfte Bodenwasserextraktion mit  $\Delta p_c = -20$  mbar, als auch die gewöhnlich in one- bzw. multi-step outflow tests oder Drucktopfversuchen eingestellten großen  $\Delta p_c$ -Werte von z.B.  $\Delta p_c = 600$  mbar realisiert. Deutlich erkennbar ist die mit  $\Delta p_c = 600$  mbar für beide Bodenarten erzielte inhomogene Bodenfeuchteverteilung, die beim HANFORD Boden zur zusätzlichen frühzeitigen Bildung von Schrumpfungsrissen führt. Diese Untersuchungen geben wichtige Hinweise auf die gegenwärtigen Probleme bei der Auswertung und Vergleichbarkeit von one-step bzw. multi-step outflow tests, Drucktopf- und Vakuumversuchen.



**Abb.1:** Darstellung der Abhängigkeit der Bodenfeuchteverteilung im Untersuchungsraum (REV) von der Wahl der Extraktionsdruckstufendifferenz ( $\Delta p_c$ ) mittels Computertomographiebilder

**Laborkonzept zur Erfassung von Systemzuständen im Boden- und Grundwasserbereich**

Zur laborativen Ermittlung der funktionalen Abhängigkeit einer extensiven Systemzustandsgröße von einer oder mehreren intensiven Systemzustandsgrößen wurde von uns das Konzept für einen **automatisierten Laborarbeitsplatz für Bodenkundler (ALB)** entwickelt und gegenwärtig in enger Kooperation

mit mehreren Partnern schrittweise verwirklicht. Mit dem LAB wird eine kontinuierliche (zeitlich unbegrenzte) Meßwertaufnahme und Steuerung der intensiven Systemzustandsgrößen Temperatur, Phasendrucke und Stoffaktivitäten mit hoher Genauigkeit ermöglicht. Die Versuchsbetreuung erfolgt durch das Laborpersonal während der normalen Arbeitszeit. Durch die erzielte Kombination aus Hard- und Software werden eine hohe Qualitätssicherung, Einsetzbarkeit im Rahmen von praktischen Serienuntersuchungen und wissenschaftlichen Forschungsaufgaben, Vergleichbarkeit der Testergebnisse und Laborproduktivität erzielt. Die Hardwarestruktur des ALB ist der Abb. 2 zu entnehmen (s. LUCKNER et.al. 1988, NITSCHKE u.a. 1988 und NITSCHKE et.al. 1989). Er besteht aus der:

- Leitebene (einem 386-iger oder 486-iger PC) zur interaktiven Planung, Kontrolle und Auswertung der zu untersuchenden Prozesse. Kernstück der dazu entwickelten Softwarelösung ist die als Beratungssystem aufgebaute Datenbank DB/ALB,
- der Basisebene - einem Einchipmikrorechner mit analogem Input (AI), digitalem Output (DO) und einer Schnittstelle (V.24) zur Kopplung an die Leitebene und
- der Prozezebene - Bodenprobentesteinheit zur Aufnahme ungestört entnommener Bodenproben, Temperatureinheit (TU), Druckeinheit (PU) zur Einstellung der Phasendrucke, Sensoreinheit (Q) zur Messung der intensiven Systemzustandsgrößen (wie z.B. T, p, pH, Redox), Steuerelemente und Meßeinrichtungen zur Erfassung extensiver Systemzustandsgrößen (wie z.B.  $V_w$  - dem System entzogenes Fluidvolumen).

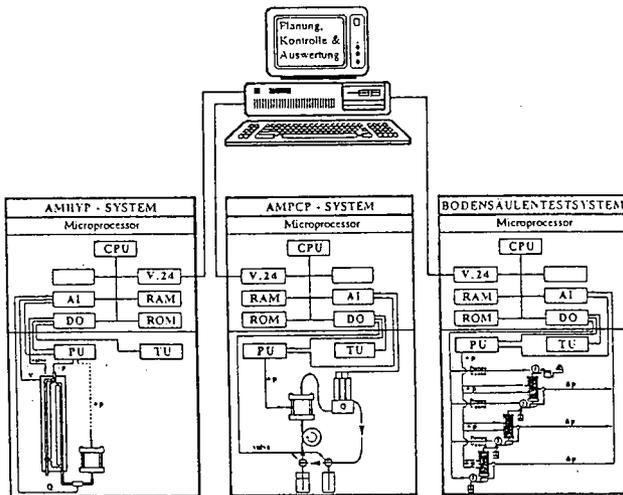
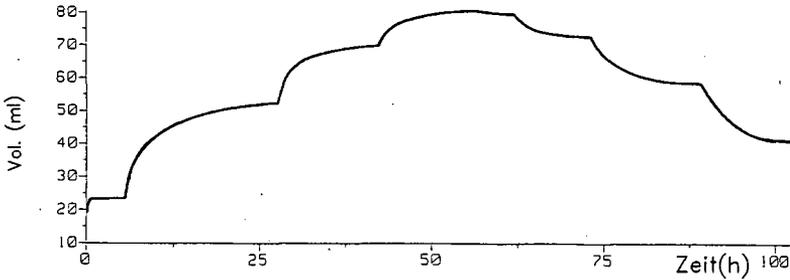


Abb. 2: Hardwarestruktur des automatisierten Laborarbeitsplatz für Bodenkundler (ALB)  
Im Rahmen des ALB wurden folgende Systeme entwickelt:

**AMHYP-System** (automatical measurement of hydraulic soil properties) eine REV-Testanlage (entsprechend Beispiel) zur Ermittlung der hysteresen Fluidanteil-Kapillar-druckfunktion entsprechend der Gleichungen (2a) und kapillaren Durchlässigkeitsfunktion von Böden unter temperatur- und druckkonstanten Bedingungen. Mit der AMHYP-Anlage werden u.a. folgende Forderungen erfüllt:

- Speicherung und Zurückführung des dem Boden entzogenen Fluids,
- Möglichkeit der simultanen Ermittlung der hysteresen Retentionsfunktion und der kapillaren Durchlässigkeitswerte an einer Probe und
- Überwachung intensiver Systemzustandsgrößen, wie z.B. pH- und Redoxwert durch "in-situ" Sensoren



**Abb.3:** Darstellung einer mit dem AMHYP-System gemessenen druckstufenbezogenen kumulativen Bodenwasserextraktionsvolumen-Zeitfunktion.

**AMPCP-System** (automated measurement of physico-chemical soil properties) ein REV-Fluidzirkulationstestanlage zur Ermittlung hystereseer physikochemischer Systemzustandsfunktionen wie beispielsweise der am Feststoff gespeicherten Kationen in Abhängigkeit von ihren Aktivitäten (Adsorptions-/ Desorptionskurven). Weiterhin nutzen wir das AMPCP-System als biochemischen Reaktor zur Untersuchung biochemischer Prozesse, wie sie z.B. bei der Entwicklung von Verfahren zur Boden- und Grundwasseranierung sowie der Bewertung von Sanierungsarbeiten erforderlich sind (s. NITSCHKE 1991, LUCKNER 1991).

**Bodensäulentest-System;** Bodensäulentests ermöglichen die Erweiterung des Untersuchungsspektrums der REV-Tests, da sie von der punktbezogenen Betrachtung zur örtlich eindimensionalen Betrachtung überleiten. Bodensäulentests ermöglichen:

- die Ermittlung **transportabhängiger Prozessgrößen** (z.B. der hydrodynamischen Dispersion),
- die Ermittlung von Prozesskennwerten von Nichtgleichgewichtsprozessen, da die Strömungsprozesse der fluiden Phase im Mehrphasensystem real ablaufen,
- eine demonstrative Nachweisführung (z.B. bei der Untergrundwasseraufbereitung oder Untergrundsanierung),
- die Verifizierung und Validierung eindimensionaler Migrationsmodelle und
- die demonstrative Prognose der Migration von Kontaminanten

und dienen damit auch als informationelle Basis für den Entwurf und Betrieb von Monitoring-systemen bzw. -netzen im Bereich der vadosen Zone und des Grundwassers. Die konstruktive Lösung der Anlage ermöglicht eine auf die Filtrationsgeschwindigkeit rückwirkungsfreie Fluidprobenahme nach jeder Teilsäule auch unter Sicherung anaerober Versuchs- und Probenahmebedingungen unter temperatur- und druckkonstanten Versuchsbedingungen (s. NITSCHKE & LUCKNER 1988).

#### Literatur

- Hopmans, J.W. & Dane, J.H.: Temperature Dependence of Soil Hydraulic Properties. Soil Sc. Soc. Am. Journal; Vol. 50; No.1, 1986
- Luckner, L.: Relevanz des Mehrphasen-/Mehrmigrantenkonzeptes des Untergrundes für den Boden- und Grundwasserschutz. 31. Darmstädter Wasserbaukolloquium an der TU Darmstadt, 1991.
- Nitsche, C.: Verfahren und Vorrichtungen zur Erfassung von Systemzuständen im Boden- und Grundwasserbereich auf der Grundlage von Bodenwasserproben. 31. Darmstädter Wasserbaukolloquium an der TU Darmstadt, 1991.
- Nitsche, C. u. L. Luckner: Entwicklung und Musterbau einer modernen Bodensäulentestanlage für dynamische Migrationsversuche im Labor, Forschungsbericht; TU Dresden, Wasserwesen, 1988

## Untersuchungen zur Auswirkung der Versiegelung auf den Wasser-, Wärme- und Stoffhaushalt von Stadtböden

Pagel, R. und K. H. Hartge\*

### 1. Problemstellung

Über den Einfluß verschiedener Versiegelungen von Bodenoberflächen im innerstädtischen Raum existieren wenig Angaben. Hier kann beispielsweise nur auf kleinräumige Lysimeterversuche (WESSOLEK et al., 1990) oder punktuelle Untersuchungen im Straßenrandbereich (SPEERSCHNEIDER et al., 1990) zurückgegriffen werden. Bei so unterschiedlicher anthropogener Überprägung von Stadtböden wie durch Asphalt, Beton, Schotter, Asche, Rasengitter- und Betonverbundsteine oder Vegetationsbedeckung (Parkrasen, Zierrasen, Gartenbau) ist mit großen Unterschieden zu rechnen als Folge der jeweiligen Kombination von Infiltration, Versickerung, Evaporation und Transpiration.

Auch der Wärmehaushalt wird stark beeinflusst sein und damit das Verhältnis zwischen flüssigem und dampfförmigem Wassertransport, das sich wiederum auf die Stoffverlagerungen auswirken muß. Um diesen unterschiedlichen Auswirkungen nachzugehen, wurden 1990 auf allen genannten Flächen Meßstellen eingerichtet. Im folgenden werden beispielhaft einige Ergebnisse einer "naturnahen" Parkrasenfläche und einer asphaltierten Parkplatzfläche gegenübergestellt.

### 2. Meßanordnung

Um den Einfluß unterschiedlicher Nutzung und Versiegelung auf den Wasser-, Wärme- und Stoffhaushalt von Sandböden in situ zu untersuchen, werden seit 1990 im Stadtgebiet von Hannover Dauermeßstellen betrieben. Ihre Anlage erfolgte auf großräumigen Flächen einheitlicher Oberflächenbeschaffenheit und Nutzung mit den oben genannten neun verschiedenen anthropogenen Überprägungen. Bei Vegetationsbedeckung (z.B. "Parkrasen") wurden die Meßelemente in drei Parallelen senkrecht eingebaut. Bei den übrigen Varianten (z.B. "Asphalt") werden sie in horizontaler und vertikaler Ausrichtung in zwei Parallelen in Schächten geschützt, deren Deckel mit der Oberfläche abschließen.

Wöchentlich werden Matrixpotentiale mittels Einstichtensimetern und Bodentemperaturen mittels Halbleiterelementen in sechs Tiefen (0,3 bis 2 m) erfaßt. Die Gewinnung der Bodenlösungen aus drei Tiefen geschieht mittels Saugkerzen mit einem Unterdruck von -650 hPa. Mischproben von drei aufeinanderfolgenden wöchentlichen Probenahmen jeder Saugkerze werden auf ausgewählte Inhaltsstoffe analysiert.

---

\*Institut für Bodenkunde der Universität Hannover  
Herrenhäuser Str. 2, 3000 Hannover 21

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Die Verläufe der Matrixpotentiale der Extrembeispiele "Parkrasen" und "Asphalt" in drei Tiefen sind für das Jahr 1991 in Abb. 1 dargestellt. Der Abstand der Kurven für die Tiefen 30 und 90 cm läßt erkennen, daß unter Rasen im Oberboden von Frühjahr bis Mitte Herbst eine Aufwärtsbewegung des Wassers als Folge der Evapotranspiration stattfindet. Im Winter ist Versickerung in der gesamten erfaßten Tiefe bis zur Grundwasseroberfläche erkennbar. Unter der Asphaltdecke ist demgegenüber während der ganzen Meßdauer eine niedrige Wasserspannung und ständige Versickerung zu beobachten. Die Meßreihe des Jahres 1990 brachte sehr ähnliche Verläufe; sie ist ebenso wie die anderen Nutzungen und Versiegelungen aus Platzgründen hier nicht gezeigt.

Die Temperaturverläufe sind ebenfalls nur für das Jahr 1991 dargestellt (Abb. 2). Die Bodentemperaturen steigen unter Asphalt im Sommer höher an als unter Rasen. Obwohl sich im Winter vergleichbare Temperaturen einstellen, ergibt sich im Mittel über das gesamte Winterhalbjahr (01.10.90-31.03.91) noch eine geringe Erwärmung unter der versiegelten Fläche gegenüber einer starken Aufheizung des Bodens bis in die Tiefe im Sommerhalbjahr (01.04.91-30.09.91) (Abb. 3).

Die Stoffhaushalte seien hier kurz durch die elektrischen Leitfähigkeiten und die Chloridgehalte der Bodenlösung charakterisiert (Abb. 4 und 5). Sie deuten auf den wesentlichsten Unterschied zwischen den beiden gezeigten Flächen hin. Während beim Asphalt praktisch keine Evaporationsverluste auftreten, erfolgt aber offenbar eine starke Wassernachlieferung. Die extreme Erhöhung der Ionenkonzentrationen läßt vermuten, daß es sich um Wasserzufuhr über Risse in der Parkplatzdecke oder um Leckagen im Kanalisationssystem handelt. Dabei können die gefundenen hohen Salzmenngen eigentlich nur aus Tausalzanwendungen stammen. Differenzen zwischen Sommer und Winter sind als Hinweis auf Transportvorgänge zu sehen. Bei Untersuchungen im Straßenrandbereich kommen SPEERSCHNEIDER et al. (1991) zu vergleichbaren Schlußfolgerungen.

Der Vergleich zwischen Parkrasen und Asphalt verdeutlicht die Auswirkung der Versiegelung auf einzelne Größen des Wasser-, Wärme- und Stoffhaushaltes von Stadtböden. Die erwähnten anderen, hier nicht dargestellten Nutzungen und Versiegelungen spiegeln mit zunehmender anthropogener Überprägung ein abgestuftes Bild der beschriebenen Phänomene wider.

### 4. Literatur

- SPEERSCHNEIDER, R.; H.-G. BROD und K.H. HARTGE (1990): Einfluß unterschiedlicher Gefüge - gemessen durch Penetrometer - auf den Salztransport in Straßenrandböden. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 61, 145-148.
- SPEERSCHNEIDER, R.; H.-G. BROD und K.H. HARTGE (1991): Laterale Stoffflüsse in Böden von Alleebaumstandorten als Folge von Versiegelungsunterschieden. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 66, I, 233-236.
- WESSOLEK, G.; PLATH, R.; FACKLAM, M. und M. RENGER (1990): Aspekte zum Wasser- und Wärmehaushalt versiegelter Standorte. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 61, 153-158.

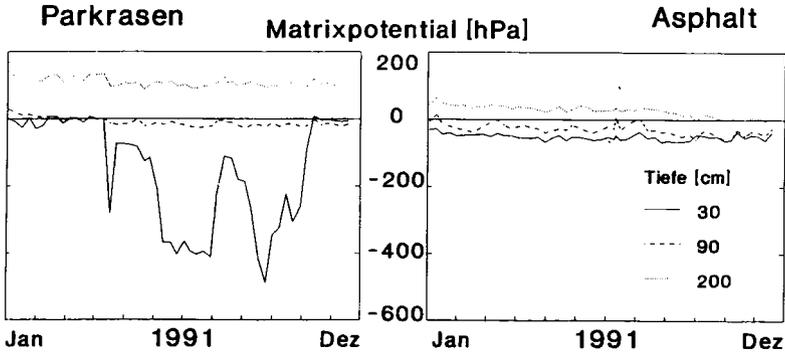


Abb. 1: Zeitreihen der Matrixpotentiale von Januar bis Dezember 1991 in drei Tiefen unter Parkrasen (links) und Asphalt (rechts).

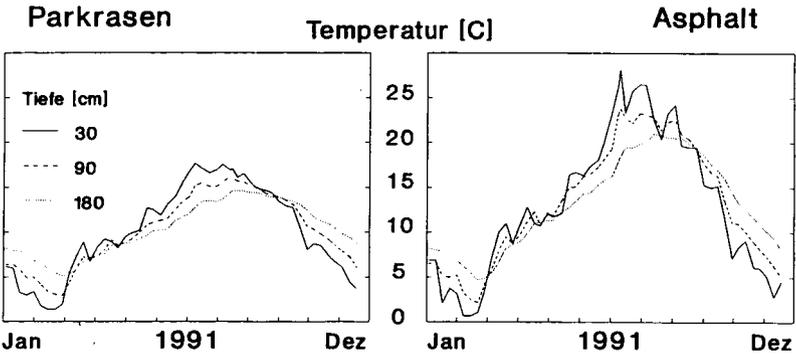


Abb. 2: Zeitreihen der Bodentemperaturen von Januar bis Dezember 1991 in drei Tiefen unter Parkrasen (links) und Asphalt (rechts).

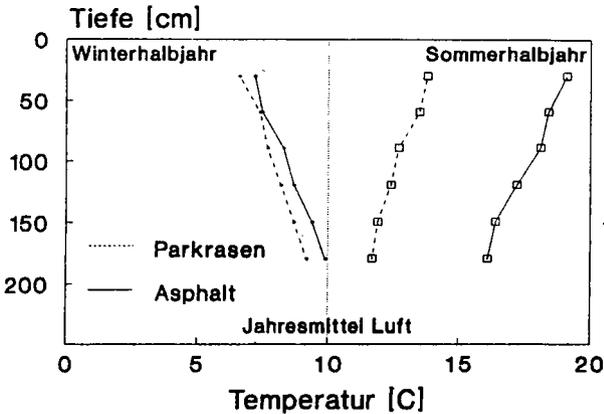


Abb. 3: Tiefenfunktionen der Bodentemperaturen im Winter- und Sommerhalbjahr 1990/91 unter Parkrasen und Asphalt.

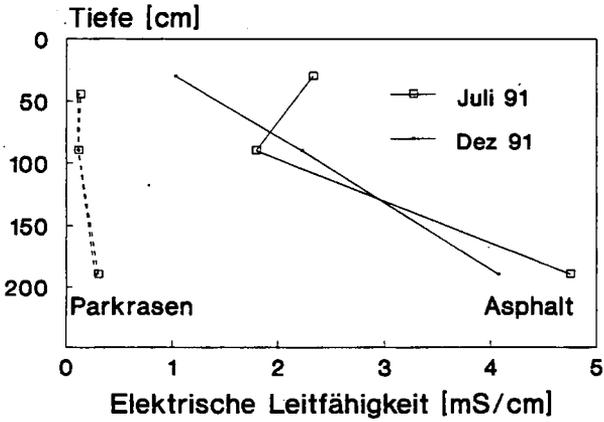


Abb. 4: Tiefenfunktionen der elektrischen Leitfähigkeiten der Bodenlösung im Juli und Dezember 1991 unter Parkrasen und Asphalt.

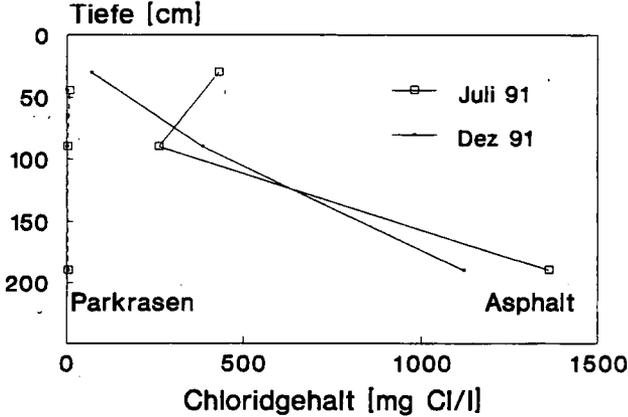


Abb. 5: Tiefenfunktionen der Chloridgehalte der Bodenlösung im Juli und Dezember 1991 unter Parkrasen und Asphalt.

**Ein Wassertransportmodell mit gekoppelter freier und poröser Strömung**

von

Priesack, E.\* und M. Thoma\*

**Einleitung**

Der Eintrag von Schadstoffen in Böden und Grundwasser wird vor allem durch den Wasserhaushalt und Wassertransport in der ungesättigten Bodenzone bestimmt. Hier sind die Einträge von Stoffen wie Nitrat und Pflanzenschutzmittel, die bei der intensiven landwirtschaftlichen Produktion auftreten, aus Gründen des Trinkwasserschutzes ins öffentliche Interesse gerückt. Um den potentiellen Schadstoffeintrag abzuschätzen und ökologisch zu bewerten, bedarf es einer quantitativen Beschreibung der Transport und Transformationsprozesse in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone. Obwohl die kleinräumigen Strukturen, wie Risse, Wurzel- und Wurmlöcher, oft als Makroporen bezeichnet, nur einen kleinen Teil des Porenvolumens ausmachen, können sie das großräumige Fließverhalten des Wassers entscheidend bestimmen [3]. Das Auftreten des Makroporenflusses in der ungesättigten Zone hängt vor allem von der Infiltrationsrate ab: übersteigt diese die Permeabilität der Bodenmatrix so füllen sich die Makroporen mit Wasser und es kommt zu schnellem Fließen. Um dieses Fließen zu beschreiben, wurde ein strömungsmechanisches Zwei-Regionen-Modell entwickelt, das die dreidimensionale transiente Wasserbewegung in strukturierten porösen Medien beschreibt.

**Modell-Gleichungen**

Innerhalb des Makroporenraums wird die Newtonsche inkompressible laminare Strömung durch die Kontinuitäts-Gleichung

$$\operatorname{div} \mathbf{v} = 0$$

und die Navier-Stokes Gleichung

$$\rho \left( \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \operatorname{grad} \mathbf{v} \right) = - \operatorname{grad} p + \rho \mathbf{g} + \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} \mathbf{v}) .$$

modelliert. Der Matrix- oder Mikroporen-Bereich besteht aus einer mikroskopisch granular aufgebauten Festphase und der Flüssigkeits- und Gasphase in den dazwischenliegenden Mikroporen. Er wird als Kontinuum angesehen, da seine Poren im Vergleich zum betrachteten Gesamtraum als sehr klein angenommen werden. Seine mikroskopische Struktur wird dann durch makroskopische Parameter dargestellt. Letzteres geschieht durch Wahl von repräsentativen Elementarvolumina (REV)  $U_0(\mathbf{x}_c)$  und Mittelung, so daß man wieder Funktionen mit Werten in Punkten erhält [1, 2]. Das Verhältnis  $U_{0,f}(\mathbf{x}_0)/U_0(\mathbf{x}_0) \equiv U_{0,f}/U_0$  des mit Wasser und Gas gefüllten Raums zum REV wird Porosität genannt.  $\bar{\mathbf{v}}(\mathbf{x}_0) = \frac{1}{U_{0,f}} \int_{U_{0,f}} \mathbf{v}(\mathbf{x}) d\mathbf{x}$  die mittlere

\*GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Bödenökologie, W-8042 Neuherberg

Porenwassergeschwindigkeit und  $\mathbf{q}(\mathbf{x}_0) \equiv \frac{1}{U_0} \int_{U_{0,f}} \mathbf{v}(\mathbf{x}) d\mathbf{x} = n(\mathbf{x}_0) \bar{\mathbf{v}}(\mathbf{x}_0)$  der mittlere Matrixfluß oder Darcy-Fluß. Er übernimmt die Rolle der Geschwindigkeit in den über das mikroporöse REV-gemittelten makroskopischen Erhaltungsgleichungen von Masse und Impuls [4], der Kontinuitäts-Gleichung

$$\operatorname{div} \mathbf{q} = 0$$

und der verallgemeinerten Darcy-Brinkman Gleichung

$$\rho \left( \frac{\partial \mathbf{q}}{\partial t} + \mathbf{q} \cdot \operatorname{grad}(\mathbf{q}/n) \right) = -n \operatorname{grad} p_f + n \rho \mathbf{g} + \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} \mathbf{q}) + \mu F \mathbf{q}.$$

Bei niedrigen Fließgeschwindigkeiten kann der konvektive Term vernachlässigt werden. Der im Vergleich zur Navier-Stokes Gleichung zusätzliche Reibungsterm der rechten Seite beschreibt den Impulsaustausch der viskosen Flüssigkeit mit den Oberflächen der Festsubstanz der porösen Matrix.

Um die Randbedingungen an der Grenzschicht zwischen Matrixregion und Makroporenraum zu definieren, müssen die betrachteten Größen vergleichbar sein, so daß auch die Funktionen der Makroporenregion gemittelt werden. Die Stetigkeitsbedingung liefert dann

$$\mathbf{q} = \bar{\mathbf{v}}$$

und

$$p_f = \bar{p}.$$

Die äußeren Randbedingungen sind durch Nullsetzen des Flusses bzw. seines Gradienten in Normalenrichtung gegeben.

#### Notation:

$\mathbf{v} = \mathbf{v}(\mathbf{x}, t)$ Fließgeschwindigkeit	$n = n(\mathbf{x}_0) = U_{0,f}/U_0$ volumetrische REV-Porosität
$p = p(\mathbf{x}, t)$ Druck	$\bar{\mathbf{v}} = \bar{\mathbf{v}}(\mathbf{x}_0, t)$ REV-gemittelte Fließgeschwindigkeit
$\mu$ Viskosität von Wasser	$\mathbf{q} = \mathbf{q}(\mathbf{x}_0, t)$ Fließgeschwindigkeit in der mikroporösen Matrix
$\rho$ Dichte von Wasser	$p_f = p_f(\mathbf{x}_0, t)$ REV-gemittelter Druck
$\mathbf{g}$ Gravitation	$F = F(\mathbf{x}_0)$ Reibungskoeffizient

### Numerische Lösung

Für eine vorgegebene Geometrie des Makroporenraumes und der mikroporösen Matrix wird das resultierende Anfangs-Randwert-Problem mittels der Methode der finiten Elemente numerisch gelöst. Dabei wird das Gebiet, in dem gerechnet werden soll, in viele kleine Teilgebiete (finite Elemente) von einfacher geometrischer Gestalt zerlegt. Die gesuchte Lösungsfunktion wird als Linearkombination elementarer Ansatzfunktionen auf den einzelnen Elementen zusammengesetzt. Die Differentialgleichungen werden damit diskretisiert und das entstehende nichtlineare algebraische Gleichungssystem durch iterative Verfahren linearisiert.

Dazu wurde das Programmpaket FIDAP [5] benutzt, das zur Berechnung inkompressibler Strömungen (wie z. B. in Makroporen) geeignet ist.

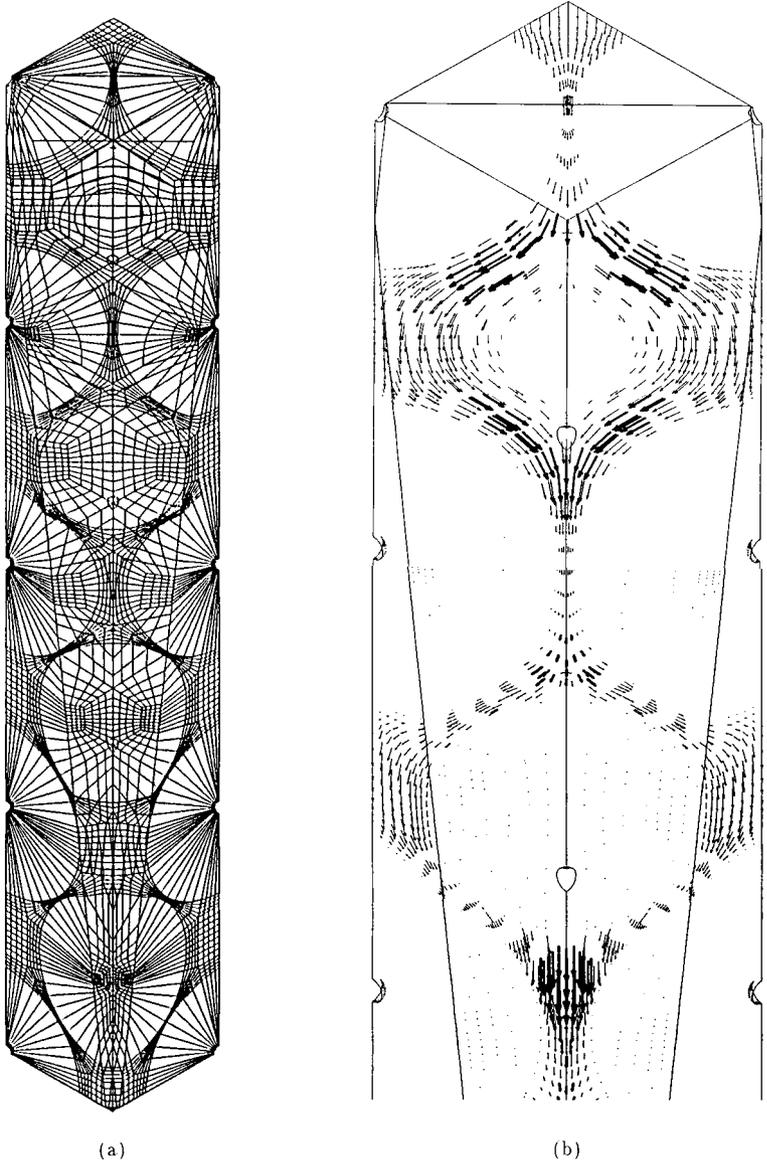


Abb. 1. Kugelpackung: Schnitt durch die Gitterstruktur der FEM-Zerlegung (a) und Geschwindigkeitsvektoren im ebenen Schnitt durch die Kugelpackung (b)

## Beispiele, Ergebnisse und Folgerungen

Neben dem Beispiel das den Wassertransport in einer gesättigten Makropore [6,7] darstellt, zeigt die Berechnung des Strömungsverhaltens des Wassers im Kugelbett (Abb. 1 a, b), daß auch Makroporenräume komplexer Geometrie abgebildet werden können. Das dreidimensionale Zwei-Regionen-Modell, das freie Strömung und das Strömen im porösen Medium aufgrund einer physikalisch gegebenen Stetigkeitsbedingung miteinander koppelt, ist in der Lage, den Einfluß von mikro- und mesoskaligen Raumstrukturen der Bodenmatrix für den wassergesättigten Fall quantitativ zu erfassen. Das Modell soll zur Berechnung auch des ungesättigten Falles und des Transports im Bodenwasser gelöster Stoffe weiterentwickelt werden.

## Literatur

1. BACHMAT, Y.; BEAR, J.: Macroscopic modelling of transport phenomena in porous media. 1: The continuum approach. *Transport in Porous Media* **1** (1986), 213-240.
2. BEAR, J.; BACHMAT, Y.: Macroscopic modelling of transport phenomena in porous media. 2: Applications to mass, momentum and energy transport. *Transport in Porous Media* **1** (1986), 241-269.
3. BEVEN, K.; GERMANN, P.: Macropores and water flow in soils. *Water Resour. Res.* **18** (1982), 1311-1325.
4. DU PLESSIS, J. P.; MASLIYAH, J. H.: Flow through isotropic granular porous media. *Transport in Porous Media* **6** (1991), 207-221
5. FLUID DYNAMICS INTERNATIONAL INC.: FIDAP User's Manual 6.01 (1991)
6. THOMA, M.; PRIESACK, E.: Ein strömungsmechanisches Transportmodell für poröse Medien mit Makroporen. *Mitt. Dtsch. Bodenkd. Ges.* **66** (1991), 241-244.
7. THOMA, M.; PRIESACK, E.: 3D-Simulation von Wassertransport in strukturierten Böden. in: *Informatik für den Umweltschutz* (Eds.: Hälker, M.; Jaeschke, A.), *Informatik-Fachberichte* 296, Springer, Berlin (1991), 355-363.

## Ein analytisch-kinetisches Transportmodell für reaktionsfähige, gelöste Substanzen in strukturierten Böden

von

Van der PLOEG, R.R.\* , B. HUWE\* u. J. BACHMANN\*

### ZUSAMMENFASSUNG

Der eindimensionale Transport von gelösten, reaktionsfähigen Substanzen unter stationären Fließbedingungen in strukturierten Böden mit mobilem und immobilem Wasser wird analysiert. Statt mit der konventionellen Konvektion-Dispersionstheorie, wird mit der sogenannten Platten- oder Mischzellentheorie gearbeitet. Für die Analyse wird eine homogene Bodensäule von endlicher Länge in  $N$  Platten (oder Zellen) von gleicher Höhe aufgeteilt. Es wird angenommen, daß durch eine vollständige Mischung innerhalb einer Platte keine longitudinalen Konzentrationsgradienten in der Bodenlösung auftreten. Es wird weiter angenommen, daß ein kinetischer Austausch von gelöster Substanz zwischen dem mobilen und immobilem Wasser stattfindet.

Statt zweier partieller Differentialgleichungen zweiter Ordnung der Konvektion-Dispersionstheorie, entstehen im Falle der Anwendung der Plattentheorie  $N$  gewöhnliche Differentialgleichungen zweiter Ordnung. Diese müssen sequentiell gelöst werden.

Die mit der Plattentheorie erzielten Ergebnisse sind solchen der Konvektion-Dispersionstheorie sehr ähnlich. Mit der Plattentheorie können allerdings Probleme gelöst werden, für welche die Konvektion-Dispersionstheorie keine (analytische) Lösung bietet.

### EINFÜHRUNG

Zum Schutz des Grundwassers ist es nützlich Gleichungen zu haben, mit welchen die Nitratauswaschung aus Böden der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Winterhalbjahr abgeschätzt werden kann, wenn die Nitratverteilung im Boden am Winteranfang bekannt ist. Mit Hilfe solcher Gleichungen können sinnvolle Grenzwerte für das Bodennitrat am Winteranfang festgelegt werden. Vielfach werden für die Abschätzung der Nitratauswaschung Konvektion-Dispersionsgleichungen benutzt, aber weder analytische noch numerische Lösungen dieser Gleichungen können ganz befriedigen. Analytische Lösungen haben den Nachteil, daß sie eine zu starke Vereinfachung der physikalischen Realität erfordern, numerische Lösungen, daß sie aufwendig sind. Eine Alternative bietet die Platten- oder Mischzellentheorie (Steinhardt et al., 1992). Sie wurde von van der Ploeg und Huwe (1990) für die Abschätzung der Nitratauswaschung im Winterhalbjahr aus nichtstrukturierten Böden benutzt.

In der vorliegenden Arbeit wird das Modell von van der Ploeg und Huwe (1990) erweitert für strukturierte Böden, wobei das Bodenwasser unterteilt wird in mobiles und immobiles Wasser.

\* Institut f. Bodenkunde, Herrenhäuser Str.2, 3000 Hannover 21

\* Lehrstuhl f. Bodenkunde und Bodengeographie, Universitätsstr.30,  
8500 Bayreuth

THEORIE

Für die Herleitung des neuen Modells wird eine Bodensäule mit einem Einheitsquerschnitt und mit einer Länge L betrachtet. Aus Bequemlichkeit wird angenommen, daß die Säule in der Längsrichtung homogen ist. Es werden stationäre Fließbedingungen unterstellt; die Darcy- Flußrate ist  $q$ . Diese Säule wird gedanklich in  $N$  gleich große Platten unterteilt; die Platten mit der Nummer  $i-1$  und  $i$  sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

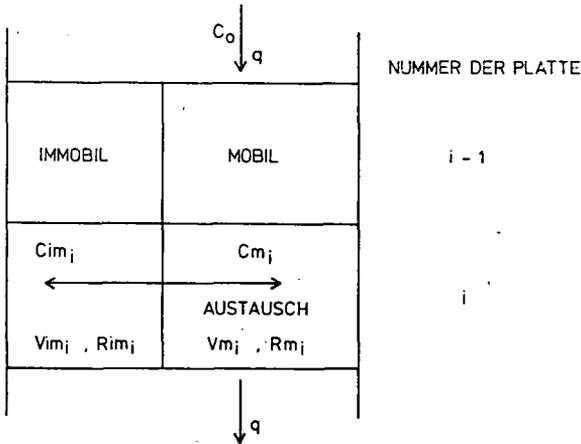


Abb. 1: Ein Ausschnitt aus der Bodensäule; gezeigt sind die Platten Nr.  $i-1$  und  $i$ .

Der Wassergehalt der Säule (und einer Platte) ist  $\theta$  und besteht aus mobilem Wasser  $\theta_m$  und aus immobilem Wasser  $\theta_{im}$ . Die Konzentration der reaktionsfähigen, gelösten Substanz im mobilen Wasser wird mit  $C_m$  bezeichnet, die im immobilen Wasser mit  $C_{im}$ . Die Retardationsfaktoren werden ähnlich mit  $R_m$  und  $R_{im}$  bezeichnet, die Lösungsvolumina einer Platte mit  $V_m$  und  $V_{im}$ . Das gesamte Volumen einer Platte wird  $V^*$  genannt. Mit Hilfe der Abb.1 und den genannten Symbolen lassen sich für die Konzentrationsänderungen  $dC/dt$  in der Platte Nr.  $i$  ( $t$ =Zeit) folgende Differentialgleichungen herleiten:

$$\frac{d C_{m_i}}{dt} = \frac{q}{R_m \cdot V_m} \cdot C_{m_{i-1}} - \frac{q}{R_m \cdot V_m} \cdot C_{m_i} - \frac{\alpha \cdot V^*}{R_m \cdot V_m} \cdot (C_{m_i} - C_{im_i}) \quad (1)$$

und

$$\frac{d C_{im_i}}{dt} = \frac{\alpha \cdot V^*}{R_{im} \cdot V_{im}} \cdot (C_{m_i} - C_{im_i}) \quad (2)$$

Gleichungen 1 und 2 zeigen, daß ein kinetischer Austausch erster Ordnung zwischen dem mobilen und dem immobilen Wasser angenommen wird; der Proportio-

nalitätsfaktor wird mit  $\alpha$  bezeichnet.

Wenn die folgenden Substitutionen durchgeführt werden:

$$A=q/(Rm \cdot Vm), B=\alpha / (\Theta m \cdot Rm), E=\alpha / (\Theta im \cdot Rim), G=A+B, H=A+B+E, I=A \cdot E,$$

und wenn gleichzeitig die Gleichungen 1 und 2 verknüpft werden, dann entsteht die folgende lineare, nicht homogene Differentialgleichung zweiter Ordnung:

$$\frac{d^2 C_{m_i}}{dt^2} + H \cdot \frac{d C_{m_i}}{dt} + I \cdot C_{m_i} = A \frac{d C_{m_{i-1}}}{dt} + I \cdot C_{m_{i-1}} \quad (3)$$

Für eine Bodensäule mit N Platten entstehen demnach N derartige Gleichungen ( $i=1,2,\dots,N$ ), welche nacheinander gelöst werden müssen. Es sei bemerkt, daß für  $i=1$  die Größe  $C_{m_0}$  die Konzentration der gelösten Substanz im Infiltrationswasser darstellt. Es sei weiter bemerkt, daß, um Gl.3 lösen zu können, Anfangsbedingungen für die Konzentration ( $C_{m_{i0}}$ ) vorgegeben werden müssen. Es ist leicht einzusehen, daß für die Lösung von Gl.3 die Anfangsverteilung der gelösten Substanz im Boden nicht homogen zu sein braucht.

Als Lösung für Gl.3 wird erhalten (für  $C_{m_{i0}} = C_0, i=1,2,\dots,N$ ):

$$C_{m_i} = C_0 + \sum_{j=1,2,\dots}^i K_{i,i-j} \cdot t^{i-j} \cdot e^{\lambda_1 t} + \sum_{j=1,2,\dots}^i L_{i,i-j} \cdot t^{i-j} \cdot e^{\lambda_2 t}$$

mit: (4)

$$K_{i,i-1} = \frac{(\lambda_1 + E) \cdot A}{(i-j) \cdot (2 \lambda_1 + H)} \cdot K_{i-1,i-2}$$

$$K_{i,i-1} = \frac{(\lambda_1 + E) \cdot A}{(i-j) \cdot (2 \lambda_1 + H)} \cdot K_{i-1,i-j-1} + \frac{A}{2 \lambda_1 + H} \cdot K_{i-1,i-j} - \frac{(i-j+1)}{2 \lambda_1 + H} \cdot K_{i,i-j+1}$$

$$j = 2,3,\dots,i-1$$

$$K_{i,0} = - \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot (C_0 - C_i) + \frac{K_{i,1} + L_{i,1}}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

Für die Koeffizienten  $L_{i,i-j}$  können ähnliche Gleichungen hergeleitet werden. Die Parameter  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  aus Gl.4 sind die Wurzeln der charakteristischen Gleichung

$$\lambda^2 + H\lambda + I = 0 \quad (5)$$

welche aus Gl.3 erhalten wird.

Ergebnisse von Modellrechnungen mit Gl.4 können verglichen werden mit solchen von Parker und Valocchi (1986, deren Gl.53a). Die Abb.2 zeigt diesen Vergleich für verschiedene Modellparameter.

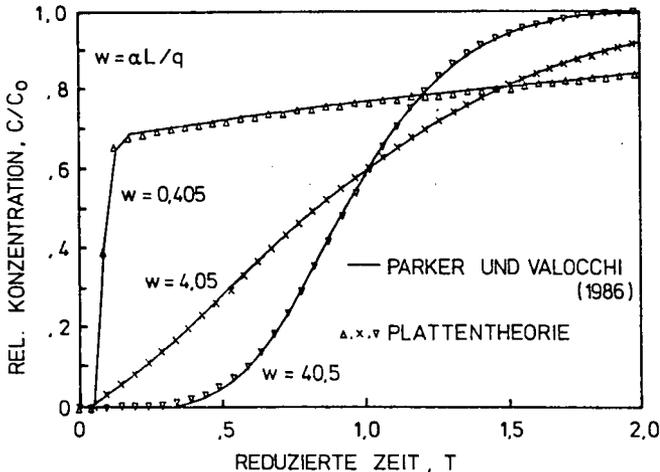


Abb. 2: Ein Vergleich von errechneten Durchbruchskurven

Gezeigt sind Durchbruchskurven für eine Bodensäule, welche anfangs keine Lösung enthielt. Die Übereinstimmung der Modellergebnisse ist gut. Es muß allerdings bemerkt werden, daß für das Plattenmodell a priori noch nicht die Plattenhöhe angegeben werden kann (siehe Steinhardt et al., 1992). In diesem Bereich ist weitere Forschung notwendig.

Schließlich sei noch bemerkt, daß aus Gl.4 (mit Hilfe von Gl.1)  $C_{im}$  ausgerechnet werden kann sowie eine mittlere Konzentration in jeder Platte.

#### LITERATUR

Parker, J.C. und A.J. Valocchi. 1990.

Constraints on the validity of equilibrium and first-order kinetic transport models in structured soils. *Water Resour. Res.* 22(3):399-407.

Steinhardt, R., R.R. van der Ploeg, B. Huwe und U. Jensen. 1992.

Steady-state flow of solute through soil: Plate theory.

Manuskript in Bearbeitung.

van der Ploeg, R.R. und B. Huwe. 1990.

A rational approach towards estimating soil nitrate seepage losses during winter. Symposium "Nitrates, agriculture, water". Paris, November 1990. (R. Calvet, ed.).

Gastransport und Bodenstruktur

Richter, J., und I. Willenbockel\*)

1. Transportkoeffizienten und Speicherung

Jede Bodenstruktur setzt Aggregierung voraus. Aggregierung wird synonym sowohl mit Aggregatbildung und -Erhaltung gebraucht. Aggregatbildung ist ein in die Bodenbildung integrierter Prozeß, Aggregat-Erhaltung Voraussetzung für eine effektive Bodennutzung, eine hohe Primärproduktion. So gesehen gibt es keine nicht-strukturierten Böden, von den A<sub>e</sub>-Horizonten der Podsole einmal abgesehen. - Aggregierung ist so ein Ausdruck für Dichte-Schwankungen im µm- bis cm-Maßstab und damit Ausdruck für entsprechende Schwankungen der Dichte aktiver Oberflächen, der Sorptions- und Austausch-Plätze in diesem Maßstab. Demgemäß ist das REV für entsprechende Zustandsgrößen » Aggregate zu wählen.

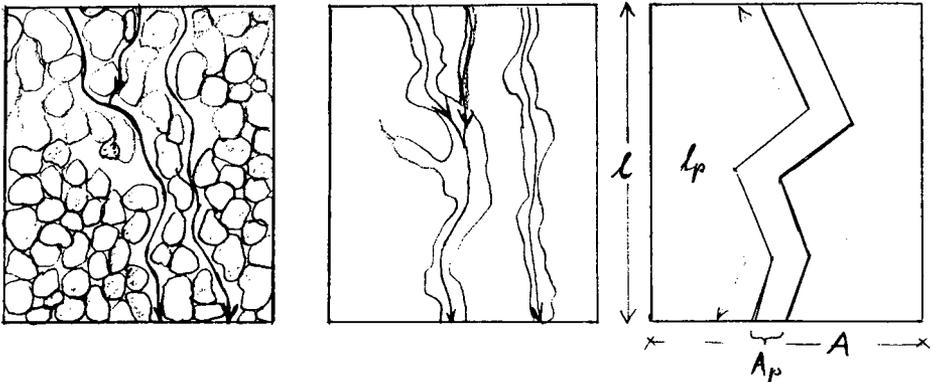


Abb. 1 Strukturmodelle: a) Aggregat-orientiert, b) Porensystem-orientiert, c) tortuose Pore

Modelle für das Transportverhalten unterschiedlicher Komponenten in Böden orientieren sich entweder primär an Aggregat- oder an Porensystem-Vorstellungen (Abb.1). Transport-Parameter sind trotz saisonaler und bewirtschaftungsbedingter Schwankungen bodenart- bzw. sogar bodentypisch, d. h. von Aggregat- bzw. Porensystemen abhängig. Makroskopische Leit- und Speicherkoeffizienten reflektieren die Bodenstruktur. Ob ihr REV richtig gewählt wird, läßt sich anhand von einschlägigen Ergebnissen abschätzen (Abb. 2; WAGENET, 1985).

Mit dem Diffusionskoeffizienten D

\*) Institut für Geographie und Geoökologie der TU, Langer Kamp 19c, 3300 Braunschweig

$$D = \text{Leitfähigkeit } K / \text{Speicherkoefizient } C \quad (1)$$

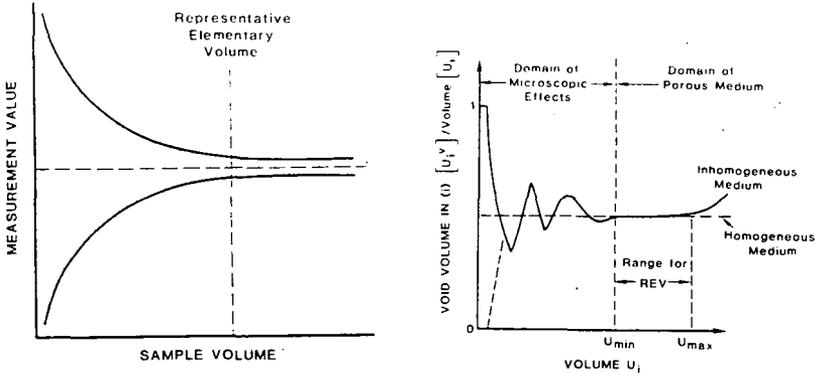


Abb. 2 Repräsentatives Elementarvolumen (REV) auf dem Hintergrund der Kontinuum-Theorie

lassen sich für den Transport im Boden grundsätzlich zwei Fälle unterscheiden:

1) Sind die spezifischen Speicher-Koeffizienten  $C = \Delta c / \Delta \mu$  primär durch die aktiven Oberflächen bestimmt, bedeutet höhere Aggregation (= "bessere Struktur") gewöhnlich höheres  $C$ , d. h. höhere Pufferung und weist damit einen geringeren effektiven Diffusionskoeffizienten auf. Eine ungedüngte Schwarzerde ist hinsichtlich des  $K$  in der Bodenlösung (gegen  $Ca$  und  $Mg$  am Austauscher) gewöhnlich besser gepuffert als eine strukturalme Parabraunerde (Abb. 3).

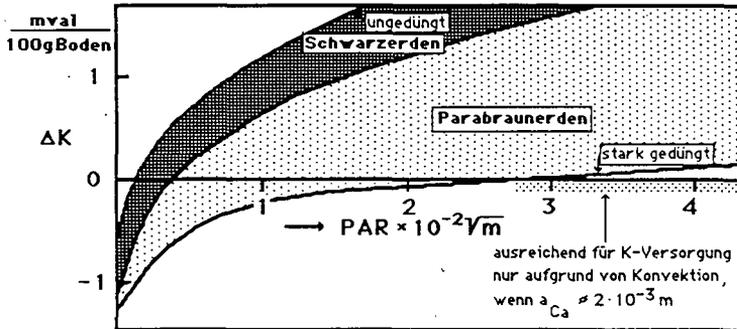


Abb. 3 K-Ca-Austausch-Isothermen südniedersächsischer Lössböden (Steilheit bei  $AR_0$  = Pufferung)

2) Ist die Speicherung primär masse- oder volumenabhängig wie bei der Wärme, kann die Aggregation nur indirekt, z. B. über die Erhöhung des Wassergehaltes, den Speicherkoefizienten  $C$  beeinflussen. Letztlich liefern die durch  $C$  ausgedrückten physikalischen Wechselwirkungen keinen Beitrag zum "reinen" Transport.

## 2. Gastransport in feuchten Böden

Die volumenabhängige Gasspeicherung im luft- und wassererfüllten Porenraum ist ebenso indirekt von der Aggregation abhängig wie die Wärmespeicherung. Ein direkter Einfluß der Aggregation über die Sorption polarer oder unpolarer Gase ist nur im relativ trockenen Boden von einigem Belang, wenn größere wasserfreie Oberflächenanteile diese Gase direkt sorbieren können. Im feuchten Boden, wo der Gastransport im wesentlichen - von der Thermodiffusion abgesehen - durch Diffusion bestimmt wird, ist  $C \approx \text{konstant}$ , der Diffusionskoeffizient  $D$  also proportional zur Gasleitfähigkeit  $K$ :

$$D \sim K \tag{2}$$

Der scheinbare relative Diffusionskoeffizient  $D_s/D_a$  ist damit ein direkter Ausdruck der Struktur und hängt im wesentlichen vom luftgefüllten Porenvolumen des Bodens  $\epsilon$  sowie der Kontinuität  $1/\tau$  der Poren ab (siehe z. B. RICHTER, 1986):

$$D_s/D_a = \epsilon/\tau \tag{3}$$

$\epsilon$  wird seinerseits von Lagerungsdichte und Wassergehalt bestimmt, und  $1/\tau$  ist abhängig von  $\epsilon$ . Umfangreiche Untersuchungen der Autoren haben ergeben, daß - anders als bei fast allen entsprechenden Untersuchungen anderer Autoren - für die untersuchten Böden folgende empirische Beziehung gilt (RICHTER et al., 1991)

$$D_s/D_a = \alpha \cdot e^{\beta \epsilon} \tag{4}$$

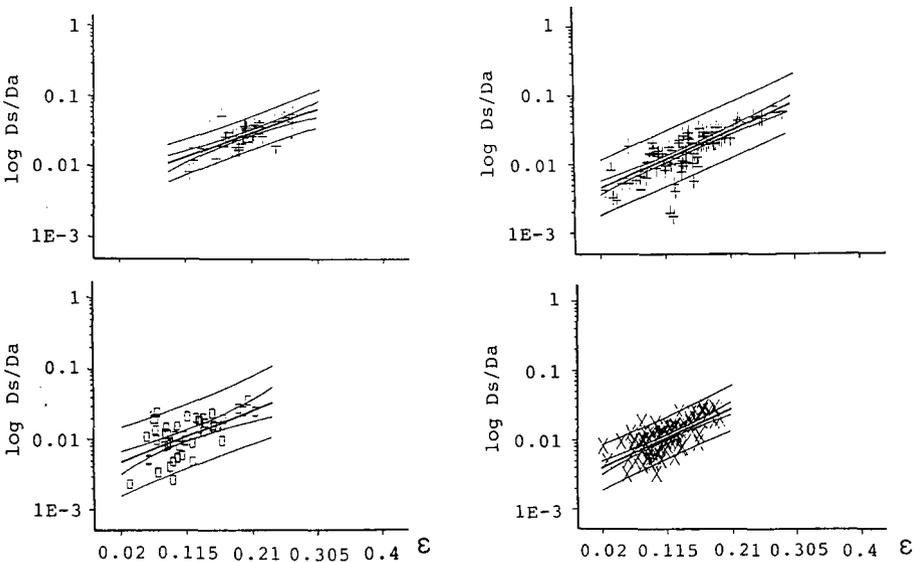


Abb. 4  $\log D_s/D_a$  für verschiedene Schichten unterschiedlicher Lößböden (siehe Text!)

Abb. 4 zeigt die für Lößböden gefundene Beziehungen  $D_s/D_a(\epsilon)$ , und zwar links für Oberkrume und Pflugsohle eines geostatistisch untersuchten Parabraunerde-Ackers als auch - in der Abb. rechts - für Oberkrume und Unterboden von Proben aus mehr als 20 Löß-Ackerschlägen der Calenberger Börde (Parabraunerden). Alle untersuchten Fälle zeigen tatsächlich ein  $\alpha > 0$  als Ausdruck eines kleinen hochkontinuierlichen Restporenvolumens in der Größe einiger Volumen-%.

Die gesamte Information über die Struktur ist in diesem einfachen Struktur-"Modell" in der Kontinuität  $1/\tau$  bzw. in ihrem Kehrwert, der Tortuosität  $\tau$ , enthalten. Sie läßt sich aus der Beziehung (4) anhand der in Abb. 4 dargestellten Abhängigkeit einfach ermitteln und ist für einige untersuchte Böden in Abb. 5 dargestellt. Der Verlauf  $\tau(\epsilon)$  läßt sich zwanglos aufgrund eines bimodalen Strukturmodells interpretieren: unterhalb von  $\epsilon \approx 10...15\%$  nimmt die Tortuosität  $\tau$  mit  $\epsilon_1$  stark ab bzw. die Kontinuität  $1/\tau$  der noch wasserfreien Poren stark zu, es dominieren bei sehr niedrigen  $\epsilon$  schließlich die wenigen hochkontinuierlichen Poren. Oberhalb dieses Bereiches nimmt die Gesamtkontinuität der zunehmend wasserfreien Poren wieder zu. Hierzu tragen entscheidend die feineren Poren bei.

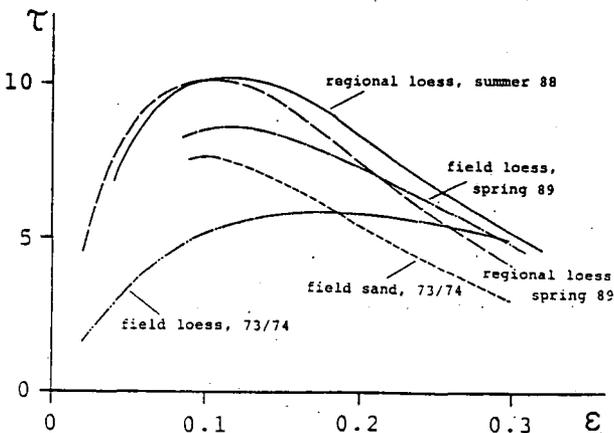


Abb. 5 Tortuosität  $\tau(\epsilon)$  berechnet aus exponentiellen  $D_s/D_a$ -Verläufen

### Literatur:

- RICHTER, J. (1986): Der Boden als Reaktor, Enke-Verlag Stuttgart, S. 65 f  
 RICHTER, J., WILLENBOCKEL, I. & KERSEBAUM, K.-CHR. (1991): Gaseous diffusion reflecting soil structure. - Ztschr. Pflanzenern. Bodenkde 154, 13-19, 1991  
 WAGENET, R. J. (1985): Measurement and interpretation of spatially variable leaching processes. - in: Nielsen, D. R. & Bouma, J. (eds.): Soil Spatial Variability, PUDOC Wageningen, p. 209-230

## Stickstoffdynamik einer Parabraunerde unter Raps bei langjährig differenzierter Bodenbearbeitung

Richter, U. und T. Harrach<sup>1</sup>

### Einleitung

Aufgrund noch steigender Nitratkonzentrationen im Rohwasser vieler Wasserwerke kommt die konventionelle Landwirtschaft und damit auch die Bodenbearbeitung zunehmend stärker in die Diskussion. So ist auch in der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung des Landes Baden-Württemberg vom 08.08.1991 in den für Trinkwasserschutzgebieten erforderlichen Beschränkungen der ordnungsgemäßen Landwirtschaft u. a. eine Reduzierung der Bodenbearbeitung festgelegt. Dabei ist die Bodenlockerung, insbesondere eine wendende Bodenbearbeitung, auf das unbedingt erforderliche Maß zu beschränken. Vor diesem Hintergrund werden die folgenden Untersuchungen dargestellt.

### Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden 1991 in einem seit 1979 durchgeführten Bodenbearbeitungsversuch auf einer Parabraunerde bei Hassenhausen nördlich von Gießen durchgeführt. Der Standort ist gekennzeichnet durch eine Höhenlage von 280 m NN, eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8 °C, eine durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge von 630 mm (1991 580 mm) und eine nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum von 210 mm. In dem als Streifenanlage angelegten Versuch wurde die konventionelle Bodenbearbeitung (Pflug 25 cm und Kreiselegge 10 cm) mit einem Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung (Flügel-scharrubber 25 cm und Zinkenrotor 10 cm) und der absoluten Direktsaat (ohne Bearbeitung) verglichen.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden während der Vegetationsperiode zu 6 Terminen N<sub>min</sub>-Untersuchungen und Zwischenernten mit Bestimmung der Trockenmasse und der N-Gehalte im Aufwuchs durchgeführt. Nach der Grundbodenbearbeitung und Aussaat der Folgefurcht Winterweizen wurden N<sub>min</sub>-Untersuchungen im 7-14tägigen Abstand durchgeführt sowie Bodenlösung mittels Saugkerzen im 14tägigen Rhythmus gewonnen.

Zur Grundbodenbearbeitung im Herbst 1990 wurden 250 dt Schweinemist eingearbeitet, der Raps (Sorte Lirajet) wurde mit 170 kg N/ha in Form von Kalkammonsalpeter gedüngt.

### Ergebnisse und Diskussion

Der Verlauf der N<sub>min</sub>-Gehalte während der Vegetationszeit zeigt, daß die Mineralisierung

---

<sup>1</sup>Dipl.-Ing. agr. U. Richter und Prof. Dr. T. Harrach, Inst. f. Bodenkunde und Bodenerhaltung der Universität Gießen, Wiesenstr. 3-5, 6300 Gießen

in der Direktsaatparzelle (D) im Frühjahr später einsetzte als bei der Pflug (P)- und der Flügelchargrubber (FR)-Variante, dafür aber bis zur Blüte anhielt. Zur Ernte waren Rest-Nmin-Gehalte von 19 kg in der D-Variante, 35 kg in der FR- und 43 kg in der P-Variante vorhanden. Die höheren Gehalte in den beiden bearbeiteten Varianten sind auf eine wieder einsetzende Mineralisierung nach einer Befuchtung der Krume zurückzuführen. Die N-Gehalte im Aufwuchs erreichten mit ca. 320 kg N/ha zum Zeitpunkt der Blüte ihr Maximum und differierten zwischen den Bearbeitungsvarianten bis auf den Termin zur Grünreife um maximal 20 kg N/ha. Die N-Entzüge mit dem Korn waren in Abhängigkeit vom Ertrag bei fast gleichen N-Konzentrationen im Korn bei der FR-Variante mit 142 kg N/ha am höchsten, gefolgt von der D-Variante mit 130 kg und der P-Variante mit 118 kg. Die N-Gehalte in den Ernterückständen betragen bei der FR-Variante 110 kg, bei der D-Variante 120 kg und bei der P-Variante 115 kg N/ha.

Abb. 1 zeigt den Verlauf der Nmin-Gehalte im Herbst nach der Bearbeitung zur Folgefrucht Winterweizen. Es zeigt sich, daß bis zur Bearbeitung im Vergleich zum Ernte-Termin die Nmin-Gehalte der beiden bearbeiteten Varianten zurückgegangen und die der D-Variante angestiegen sind. Dies ist eine indirekte Folge der Stoppelbearbeitung, die bei der Direktsaat im Gegensatz zu den beiden anderen Varianten nicht durchgeführt wurde. In der FR- und P-Variante kam der Ausfallraps aufgrund der Stoppelbearbeitung zum Auflaufen, so daß der mineralisierte Stickstoff aufgenommen worden ist. Nach der Bearbeitung stiegen die Nmin-Gehalte in allen 3 Varianten an, wobei bis auf eine Ausnahme die D- und FR-Variante höhere Nmin-Gehalte aufwiesen als die P-Variante. Die hohen Nmin-Gehalte der FR-Variante beruhen auf einer starken Mineralisierung der Raps-Ernterückstände. Diese wurden systembedingt in die Oberkrume eingearbeitet, wo eine große Luftdurchlässigkeit eine hohe O<sub>2</sub>-Nachlieferung bewirkt. In der P-Variante wurden die Ernterückstände in die Unterkrume eingearbeitet, wo eine sehr viel geringere Luftdurchlässigkeit eine schlechtere O<sub>2</sub>-Nachlieferung und damit geringere Mineralisierung nach sich zieht. Die Direktsaat zeichnet sich in der Unterkrume durch ähnlich hohe Luftdurchlässigkeiten aus wie die FR-Variante, so daß auch hier gute Bedingungen für Mineralisierung vorhanden sind. Hier dürften aber nicht die Raps-Ernterückstände mineralisiert worden sein (sie liegen aufgrund der fehlenden Bearbeitung noch auf der Bodenoberfläche), sondern der im Herbst 1990 aufgebrachte Stallmist, der im Laufe der Vegetationszeit durch Regenwürmer eingearbeitet worden ist.

Abb. 2 zeigt die Nitrat-Konzentrationen der Bodenlösung aus 20 und 120 cm Tiefe. Die D-Variante zeigt in beiden Tiefen die höchsten NO<sub>3</sub>-Konzentrationen. In der Tiefe 20 cm ist die NO<sub>3</sub>-Konzentration der P-Variante höher als die der FR-Variante, während sich das Bild in der Tiefe 120 cm umkehrt. Dies läßt auf ein höheres Denitrifikationspotential der P-Variante gegenüber der FR-Variante schließen. Bemerkenswert ist, daß die NO<sub>3</sub>-Konzentrationen der P- und FR-Variante in der Tiefe 120 cm im Laufe der Sickerwasserperiode kaum ansteigen, während bei der D-Variante ein solcher Anstieg durchaus zu erkennen ist. Dies läßt auf ein geringeres Denitrifikationsvermögen der D-Variante im Vergleich zu den beiden anderen Varianten schließen.

Der Rapsanbau führte im Untersuchungs-jahr trotz geringer Nmin-Gehalte zur Ernte aufgrund der Mineralisierung im Herbst zu NO<sub>3</sub>-Konzentrationen in der Bodenlösung, die an der Untergrenze des Wurzelraums teils deutlich über (D-Variante), teils am Grenzwert der Trinkwasserverordnung 50 ppm NO<sub>3</sub> liegen (FR- und P-Variante).

Die Untersuchungen wurden vom BMFT (Förderkennzeichen 0339316A) gefördert.

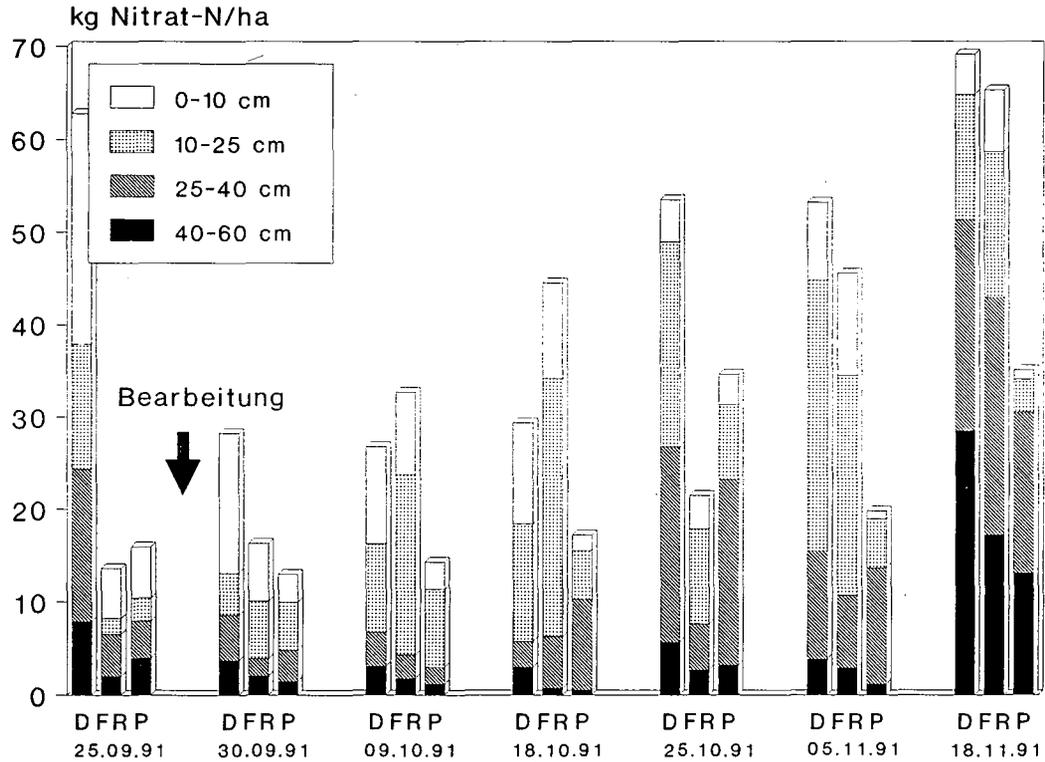
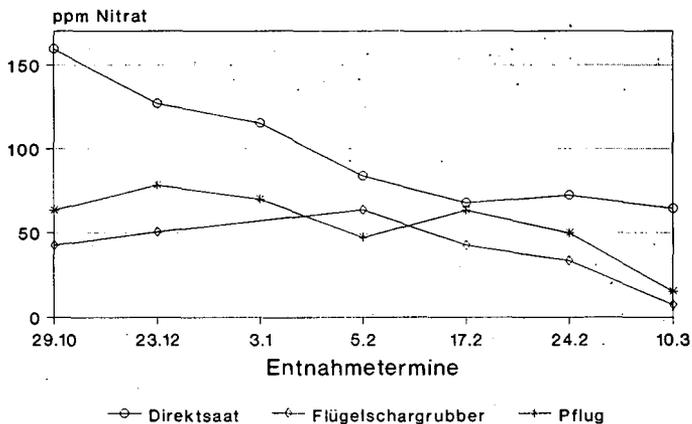


Abb. 1: Nmin-Gehalte nach der Bearbeitung

### Entnahmetiefe 20 cm



### Entnahmetiefe 120 cm

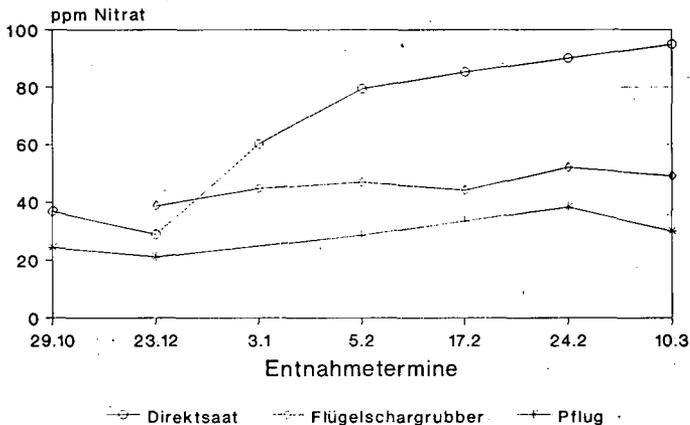


Abb. 2: Nitrat-Gehalte der Bodenlösung

## Einsatz von Batch-Tests zur Bewertung intensiver und extensiver biochemischer Zustandsgrößen strukturierter Böden

von  
Rößner, U. \*)

### 1. Thermodynamische Zustandsbeschreibung des Bodens unter Berücksichtigung biochemischer Stoffumwandlungsprozesse

Zur Charakterisierung des Mehrphasen/Mehrmigrantensystem Boden werden vielfach thermodynamische Gleichgewichtsmodelle verwendet. Der Vergleich zwischen einem Gleichgewichts-Modell und dem realen System ermöglicht festzustellen, inwieweit Nicht-Gleichgewichtsbedingungen vorherrschen. Natürliche Systeme wie z.B. der Boden sind offene und dynamische Systeme, die einer ständigen Zufuhr und Eliminierung von Energien und Stoffen unterliegen (STUMM 1991, LUCKNER 1991). Betrachtet man das System Boden und die darin ablaufenden physikochemischen und biochemischen Prozesse als Ganzes, unterliegt das System Nichtgleichgewichtsbedingungen. Für die Modellbildung ist es deshalb notwendig, geeignete repräsentative Elementarvolumen (REV) als Elemente des Systems zu finden, in denen sich lokale (partielle) thermodynamische Gleichgewichte einstellen können (STUMM 1991, LUCKNER 1991).

Zur Beschreibung des Bodens als thermodynamisches System dienen intensive und extensive Zustandsgrößen, deren Verknüpfung über die Zustandfunktionen erfolgt. Im Untergrund lassen sich zerstörungsfrei praktisch nur intensive Zustandsgrößen messen, die sich mit der Teilung des Systems nicht verändern wie z. B. Temperatur, Phasendrucke und Stoffaktivitäten.

Extensive Zustandsgrößen wie z. B. Alkalität und Acidität lassen sich nur in Abhängigkeit intensiver Zustandsgrößen an ungestörten repräsentativen Bodenproben laborativ ermitteln (NITSCHKE 1991). Die Zustandsbewertung des Untergrundes sollte auf der Grundlage ständig meßbarer intensiver Größen und der im Labor ermittelten extensiven Systemzustände erfolgen.

### 2. Biogeochemische Untersuchungen an strukturierten Böden

Ausgangspunkt für biogeochemische Untersuchungen ist die Entnahme einer Feststoffprobe, da je nach Bodenart 80 bis 99 Prozent der Mikroorganismen an der Matrixoberfläche in Biofilmen adsorbiert sind (BECK 1968). Die Bodenprobe kann auf drei verschiedenen Wegen analysiert werden (BECK 1986):

- Bei *Populationsuntersuchungen* erfolgt eine Selektion der Mikroorganismengruppen und -arten auf Spezialnährböden. Es können keine Aussagen über mikrobielle Stoffwechselleistungen erbracht werden.

Die *Biomasse*, bestimmt durch direkte Zählung (Mikroskopie, Agarplattenmethode) oder indirekt - (Extraktion von Zellbestandteilen ATP, DNA), dient als quantitativer Bezugsparameter für biochemische Stoffwechselaktivitäten.

*Aktivitätsuntersuchungen* spiegeln biochemische Stoffumwandlungsprozesse direkt wieder. Man unterscheidet zwischen aktueller (natürliche Substratbedingungen) und potentieller (Zugabe Substrat zur Meßsignalverstärkung) Aktivität. Indirekt kann man die potentielle Aktivität gut über die Enzymaktivitäten (eigentliche Katalysatoren biochemischer Redoxreaktionen) erfassen. Der Bodenprobe wird ein künstliches Substrat zugeführt, welches durch entsprechende Enzymgruppen der Mikroorganismen in ein chemisch oder photometrisch meßbares Signal umgewandelt wird.

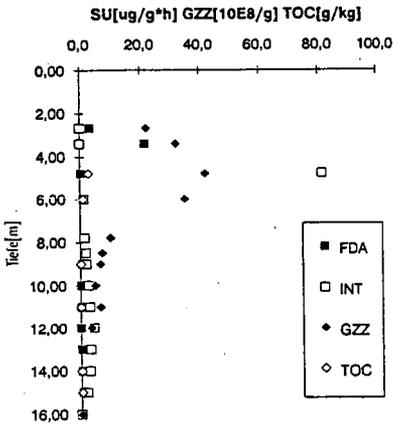
\*) Dresdner Grundwasserforschungszentrum an der TU Dresden, Karcherallee 8, O-8060 Dresden

Erste biochemische Untersuchungen wurden an unserem Institut an Rieselfeldböden und Flußsedimenten (RÖßNER 1990) durchgeführt. Dabei kam es darauf an, möglichst allgemeine biologische Parameter für eine erste Zustandsbeschreibung zu verwenden. Die biologische Aktivität wurde durch folgende Tests bestimmt:

- **Enzymatische Hydrolyse von Fluoresceindiacetat (FDA)** (nach OBST 1988)  
Diese Nachweisreaktion dient als enzymatischer "Summenparameter" für die heterotrophe Abbauaktivität der Mikroorganismen.
- **Bestimmung der Dehydrogenasenaktivität** (nach RAMM 1987)  
Dieser Nachweis beschreibt den allgemeinen Atmungsaktivitätszustand heterotropher und chemolithotropher Mikroorganismen.
- **Bestimmung der Gesamtzellzahl** (nach PARKINSON 1971)  
Die Gesamtzellzahl (Biomasse) dient als quantitativer Bezugsparameter für die Stoffwechselaktivitäten (Enzymaktivitäten) der Mikroorganismen.

Bei enzymatischen Aktivitätstests werden generell die möglichen biochemischer Stoffumwandlungen unter Laborbedingungen erfaßt. Die Substratumsätze sind nicht als Absolutbeträge zu verstehen, sondern ermöglichen einen relativen Vergleich der mikrobiellen Aktivitäten der verschiedenen Bodenhorizonte.

Bild 1 zeigt die biologische Aktivitätsverteilung in einem Vertikalprofil des Flußsedimentes der Elbe bei Dresden/ Tolkewitz.



Die heterotrophe Abbauaktivität der Mikroorganismen (FDA) konzentriert sich im oberen Sedimentbereich bis 5m Tiefe, da dort auch die höchsten TOC- Gehalte auftreten. Die organische Substanz dient den heterotrophen Mikroorganismen als Kohlenstoffquelle für den Bau- und Energiestoffwechsel. Die festen organischen Partikel bieten außerdem eine günstige Aufwuchsfläche für Mikroorganismen und sind deshalb Orte verstärkten biologischen Metabolismus. Die erhöhte Dehydrogenasenaktivität (INT) in 5m Tiefe kann auf Metabolisierung schwerabbaubarerer organischer Substanzen mittels energetisch ungünstigerer Elektronenakzeptoren ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) oder chemolithotrophe Prozesse (Nitrifikation, Eisenoxidation) deuten. Die Verteilung der Gesamtzellzahl(GZZ) bestätigt den Aktivitätsverlauf, wobei die Unterschiede zwischen den einzelnen Horizonten weniger scharf sind. Das deutet auf eine relativ stabile Mikroorganismenpopulation hin, die ihren Stoffwechsel je nach Substratangebot aktivieren oder minimieren kann.

Bild1: Biologische Aktivität Vertikalprofil Flußsediment Elbe

Durch eine solche Felduntersuchung ist es möglich, den biochemischen Aktivitätszustand eines Untergrundprofils zu einem bestimmten Zeitpunkt zu ermitteln und zu bewerten.

Um biochemische Stoffumwandlungsprozesse im Untergrund orts- und zeitabhängig zu untersuchen, müssen im Labormaßstab geeignete Modelle gefunden werden. Denn eine ständige Entnahme von Bodenproben mittels geeigneter Bohrverfahren würde zu einer nachhaltigen Störung des Untergrundsystems führen. Ziel solcher Laboruntersuchungen ist die Ermittlung biochemischer Zustandsfunktionen, d. h. die Abhängigkeit extensiver von intensiven Zustandsgrößen in einem bestimmten Zeitraum an einem repräsentativen Elementarvolumen (REV).

### 3. Extensive und intensive biochemische Zustandsgrößen zur Bewertung struktureirter Böden

Biochemische Stoffwandlungsprozesse im Untergrund werden entscheidend von den intensiven Größen Temperatur, Elektronenaktivität ( $p_e$ ) und Protonenaktivität (pH) bestimmt. Da im Boden- und Grundwasserbereich relativ konstante Temperaturen von 8 bis 10 °C herrschen, ist es notwendig, die Untersuchungen unter den entsprechenden Temperaturbedingungen durchzuführen.

Ein quantifizierendes Maß für die Aktivität von Elektronendonatoren bzw. -akzeptoren während mikrobieller Stoffwechselprozesse ist die Elektronenaktivität  $p_e$  (Redoxpotential).

Für die meisten Boden- und Grundwasser-Mikroorganismen gilt hinsichtlich der Protonenaktivität, daß sie in einem neutralen bis basischen pH- Bereich aktiv sind, es gibt nur sehr wenige säuretolerante Arten.

Diese intensiven Milieufaktoren sind in der Wasserphase meßbar und bei thermodynamischen Gleichgewichtsbedingungen auf die anderen Mischphasen des Systems übertragbar. Die biologische Aktivität der einzelnen Bodenhorizonte hängt direkt von ihnen ab.

Die biochemische Aktivität kann durch die extensiven biologischen Zustandsgrößen wie Biomasse und Stoffwechselaktivität (Enzymaktivität) beschrieben werden. Die Biomasse ist ihrem Charakter nach eine Speichergröße und die Stoffwechselaktivität eine Flußgröße. Diese extensiven Größen sind an der Feststoffphase mit ihrem natürlichen Wassergehalt zu bestimmen, da auf diese Weise der größte Teil des Mikroorganismenbesatzes erfaßt wird. Außerdem weisen die Mikroorganismen in Biofilmen an der Feststoffmatrix eine höhere Stoffwechselaktivität auf als freisuspendierte in der Wasserphase (OBST 1990).

### 4. Batch-Tests zur Ermittlung biochemischer Zustandsfunktionen

Um den Einfluß der intensiven physikochemischen Milieufaktoren auf die extensiven biologischen Größen Biomasse und Stoffwechselaktivität zu untersuchen, müssen Batch- Versuche durchgeführt werden. Bild 2 zeigt eine mögliche Untersuchungsvariante. Man unterscheidet bei der Durchführung dynamischer Batch-Tests zwischen der klassischen Variante und einem fluidzirkulierendem Testsystem (NITSCHKE 1990).

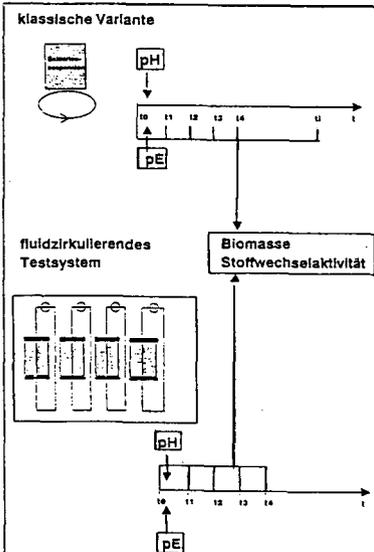


Bild2: Untersuchungsvariante mit dynamischen Batch-Tests

Der erste Schritt wäre, eine natürliche Bakterienpopulation von einem Boden oder Sediment zu gewinnen. Diese Suspension kann durch ein angepaßtes Wachstumsmedium auf eine bestimmte Zelldichte entwickelt werden. Diese Bakteriensuspension wird zuerst in einem klassischen Schüttelversuch bei einer bestimmten Temperatur auf ihr Verhalten gegenüber verschiedenen pH- und  $p_e$ -Bereichen getestet. Es ist die Biomasse und ihre Stoffwechselaktivitäten nach festgelegten Zeitabschnitten zu ermitteln. Diese Vorversuche dienen zur Ermittlung von Zeiträumen, in denen bestimmte pH- und  $p_e$ - Bedingungen eine Veränderung der Biomasse und deren Aktivität hervorrufen.

Der zweite Schritt wäre die Durchführung naturnäherer dynamischer Batch-Versuche mit dem fluidzirkulierenden Testsystem (NITSCHKE 1991). Als repräsentatives Elementarvolumen (REV) werden in das System Boden- oder Sedimentproben eingebaut, die von einer wässrigen Lösung im Kreislauf durchströmt werden. Im Modellfall sollte ein Zylinder mit reinem Quarzsand oder Glaskugeln als Aufwuchskörper für die Biomasse dienen.

Diese Zylinderprobe wird mit einer Bakteriensuspension definierter Zelldichte besetzt bis sich ein relatives Gleichgewicht zwischen Adsorption und Desorption der Bakterien an der Feststoffmatrix eingestellt hat. Ein solcher Zylinder mit definierter Biomasse wird anschließend von einer Lösung eines bestimmten pH- und  $p_e$ -Bereiches durchströmt. Die im klassischen Batch-Versuch ermittelten Zeiträume, in denen eine Veränderung der Biomasse und ihrer Stoffwechselaktivität eintritt, dienen als untere Grenze der Versuchsdauer. Danach wird in bestimmten Zeitabschnitten das Sediment im Zylinder schichtenweise hinsichtlich der biologischen Aktivität untersucht. Gleichzeitig kann dadurch die Heterogenität der biologischen Aktivitätsverteilung im Untersuchungsvolumen bestimmen werden. Es ist zu erwarten, daß der Einfluß bestimmter pH- und  $p_e$ -Verhältnisse auf die biologische Aktivität der Sedimentprobe im Zylinder wesentlich schwächer ist und sich in längeren Zeiträumen vollzieht als beim klassischen Batch-Versuch. Die freisuspendierten Bakterien in der Wasserphase sind relativ homogenen Milieubedingungen ausgesetzt. Währenddessen sich im sedimentgefüllten Zylinder Mikronischen unterschiedlichster Milieubedingungen herausbilden können, die den unmittelbaren Einfluß des pH- oder  $p_e$ -Bereiches über die Wasserphase verzögern.

#### **Zusammenfassung:**

Die qualitative und quantitative Bewertung biogeochemischer Stoffumwandlungsprozesse im Boden erfordert biologische Untersuchungen im Labor- und Feldmaßstab. Die Felduntersuchungen hinsichtlich der biologischen Aktivität ermöglichen eine Bewertung der einzelnen Bodenhorizonte zu einem bestimmten Zeitpunkt. Im Feld lassen sich in-situ oder on-site physikochemische Milieufaktoren wie Temperatur, Proteinenaktivität (pH) und Elektronenaktivität ( $p_e$ ) überwachen. Der Einfluß dieser intensiven Zustandsgrößen auf extensive biologische Parameter wie die Speichergroße Biomasse und die Flußgröße Stoffwechselaktivität läßt sich nur an repräsentativen Elementarvolumen (REV) in Batch-Testversuchen im Labormaßstab nachweisen. Die Kenntnis funktionieller Abhängigkeiten zwischen intensiven physikochemischen Milieufaktoren und extensiven biologischen Größen ist Voraussetzung für die Nutzung dieser Zusammenhänge z.B. für biologischen Sanierungsmaßnahmen an kontaminierten Bodenhorizonten.

#### **5. Literatur:**

- Beck, T., 1968: Mikrobiologie des Bodens. Bayer. Landwirtschaftsverlag, München.
- Beck, T., 1986: Aussagekraft und Bedeutung enzymatischer Methoden bei der Charakterisierung des Bodenlebens von landwirtschaftlichen Böden. Veröffentl. d. landw. chem. Bundesanstalt Linz/Donau 18, S.75-100.
- Luckner, L. u. Schestakow, W., 1991: Migrationprocess in the soil and groundwater zone. Lewi Publishers, Inc., Catalog No. L302LHPEH.
- Nitsche, C., 1991: Verfahren und Vorrichtungen zur Erfassung von Systemzuständen im Boden- und Grundwasserbereich auf der Grundlage von Bodenwasserproben. Wasserbau-Mitteilungen der TH Darmstadt Nr. 36.
- Obst, U., 1988: Enzymatische Tests für die Wasseranalytik. R. Oldenbourg Verlag München Wien
- Obst, U., 1990: Biotechnologie in der Wasseraufbereitung. R. Oldenbourg Verlag München
- Parkinson, D.S., Gary, T.R.G., Williams, S.T., 1971: Methods for studying the ecology of soil microorganisms. Blackwell, Oxford, England
- Ramm, W., 1987: Erarbeitung bzw. Überprüfung einer Methode zur Biomasse- und Aktivitätsbestimmung an Aktivkohle und Filterkies. FZWT-Studie, Dresden.
- Rößner, U., 1991: Untersuchungen zur Enzymaktivität in Böden und Sedimenten unter Berücksichtigung der Infiltration kontaminierter Oberflächenwässer. Diplomarbeit an der TU Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft.
- Stumm, W., Sigg, L., 1991: Aquatische Chemie. eine Einführung in die Chemie wässriger Lösungen und in die Chemie natürlicher Gewässer. - 2., durchges. Auflage. Stuttgart: Teubner; Zürich: Verlag der Fachvereine.

## Beschreibung der Stoffverlagerung im Feldmaßstab mittels effektiver Parameter

von

SALZMANN, Thomas und Jörg RICHTER<sup>1</sup>

Um das Transportverhalten einer größeren Fläche unter natürlichen Bedingungen und dessen modellierbarkeit mit einem eindimensionalen Modell zu untersuchen, wurde ein Freilandversuch auf dem Sandstandort des SFB 179 im Untersuchungsgebiet Nienwohlde bei Uelzen durchgeführt.

### Kurzbeschreibung des Versuchs

Im Jahre 1990 wurden auf dem Versuchsschlag Zuckerrüben angebaut, deren Residuen nach der Ernte eingearbeitet wurden. Nach der Einarbeitung wurde die Fläche ca. 4 Wochen liegengelassen, um eine weitgehende Setzung des Bodens und eine Verlagerung des aus den Zuckerrübenresten freigesetzten Chlorids vor Versuchsbeginn zu gewährleisten.

Tabelle der bodenchemischen Kenndaten :

Tiefe [cm]	KAK <sub>eff</sub> [mval/100g]	pH (CaCl <sub>2</sub> )	C <sub>org</sub> [%]	ρ [g/cm <sup>3</sup> ]
0-30	4,85	6,2	2,4	1,39
30-60	0,9	5,2	0,4	1,65

Größe der Versuchsfläche : 40 m x 140 m. Düngung : 400 kg Kaliumdünger (KCl) am 7.12.1990. Probenamen : Am 21.11.1990 an 20 und am 10.1.1991 an 30 Punkten jeweils bis 110 cm Tiefe mit Probenahme in 10 cm Inkrementen. Untersucht wurden alle Proben auf Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, Ca<sup>++</sup> in der Bodenlösung, Zusammensetzung der Austauscherschichtung, sowie der volumetrische Wassergehalt θ.

### Signal-Rauschtrennung

Die gemessenen Chloridtiefenprofile vom 10.1.91 lassen sich in 2 einzelne Peaks zerlegen. Der obere Peak stammt aus der Düngung vom 7.12.90, der untere Peak enthält im wesentlichen das Chlorid, daß sich bereits vor Versuchsbeginn im Profil befand. Um anhand dieser Profile eine Schätzung von Transportparametern vornehmen zu können, ist es zunächst notwendig, diese beiden Anteile voneinander zu trennen.

Dies ist hier dadurch erfolgt, daß eine analytische Lösung der Konvektions-Dispersions-Gleichung (CDE) für einen Deltaimpuls als obere Fluß-Randbedingung an den oberen Peak der einzelnen Profile angepasst wurde. Bei dieser Anpassung wird auch die Fläche unter der Kurve durch Multiplizieren der analytischen Lösung mit einem Faktor m mit angepasst. Aus dem Faktor m kann später die Chloridmenge bestimmt werden, die sich im Profil befindet, und durch Vergleich mit der ausgebrachten Düngermenge eine Wiederfindungsrate berechnet werden. Der Signalanteil in jedem einzelnen Profil wird auf diese Weise durch

<sup>1</sup> Inst. f. Geographie u. Geoökologie, Langer Kamp 19c,  
3300 Braunschweig

die drei Parametern  $v$ ,  $D$  und  $m$  charakterisiert. Der Signalanteil der gesamten Fläche wird durch die Statistik dieser Parameter charakterisiert. In Abb. 1 sind einige Beispielprofile und die angepassten Lösungen der CDE dargestellt, in Abb. 2 die räumliche Verteilung der angepassten Parameter.

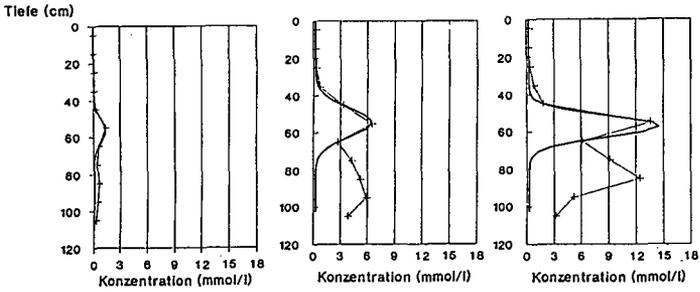


Abb. 1 *Cl<sup>-</sup> Tiefenprofile an verschiedenen Stellen des Schlags*

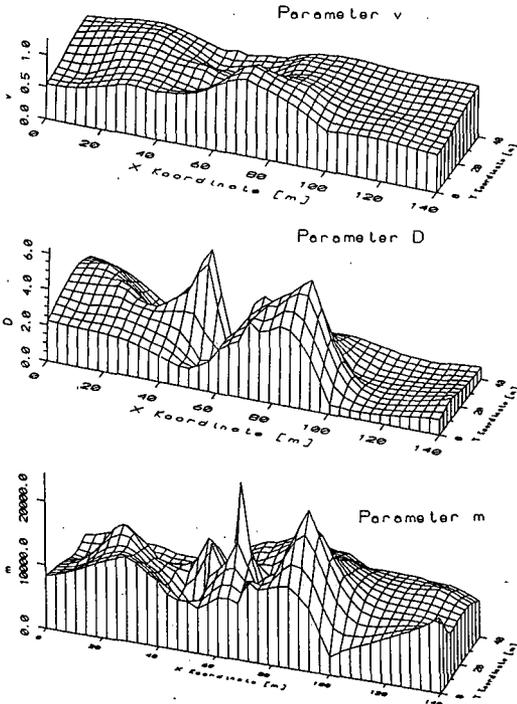


Abb. 2 *Räumliche Variabilität der Parameter  $v$ ,  $D$  und  $m$  im untersuchten Schlag*

Das Rechnen mit drei statistisch verteilten Parametern ist umständlich. Daher wird die Beschreibung des Signalanteils der Fläche durch effektive Parameter vorgenommen. Als effektive Parameter werden die Parameter berechnet, die den Feldmittelwert der Signalanteile der einzelnen Profile beschreiben. Ein Zusammenhang zwischen lokalen und effektiven Parametern wurde bereits bei Salzmann und Richter (1991) dargestellt.

### Parameterschätzung

Um die Ionenverlagerung auf Feldebene mit einem Transportmodell auf Basis der Konvektions-Dispersion-Gleichung nachvollziehen zu können, müssen die Transportparameter  $q$  (Fließgeschwindigkeit) und  $\lambda$  (Dispersionslänge) aus den rauschfreien Feldmittelwerten unter Berücksichtigung des Wasserhaushaltes geschätzt werden. Die Fließgeschwindigkeit  $q$  läßt sich sehr leicht durch eine Bilanzrechnung aus dem Parameter  $v_{eff}$  und der Verlagerungszeit  $t$  ermitteln. Hierfür gilt für  $N$  Schichten der Zusammenhang :

$$q = v_{eff} \theta_N - \frac{\theta_N}{t} \sum_{i=1}^{N-1} z_i \left( 1 - \frac{\theta_i}{\theta_N} \right) \quad (1)$$

Der Parameter  $v_{eff}$  hat für das Schichtpaket die Bedeutung einer durchschnittlichen Verlagerungsgeschwindigkeit über den gesamten Verlagerungszeitraum.

Um die Dispersionslänge  $\lambda$  zu ermitteln, wird der Transport durch einen geschichteten Boden mit einer Übertragungsfunktionen analytisch beschrieben.

Die Übertragungsfunktion eines Schichtpaketes mit  $N$  Schichten für einen deltaförmigen Verlauf der Inputkonzentration läßt sich folgendermaßen formulieren (Jury & Roth 1990) :

$$C_{out}(t) = \int_0^t f_1(t_1) \dots \int_0^{t_N} \delta \left( t - \sum_{i=1}^N t_i \right) f_N(t_N) dt_N \dots dt_1 \quad (2)$$

Mit diesem Modell lassen sich die aufgrund der unterschiedlichen Wassergehalte in den verschiedenen Tiefenschichten sich ergebenden Verlagerungsgeschwindigkeiten in den Übertragungsfunktionen der jeweiligen Schichten  $f_i(t)$  berücksichtigen. Die Parameter werden durch Anpassung dieses Modells an das Tiefenprofil der rauschfreien Feldmittelwerte ermittelt.

Für den obigen Versuch ergeben sich unter Verwendung der kumulierten infiltrierten Wassermenge als Zeitachse die Werte

$q = 0,135$  cm/mm

$\lambda = 0,84$  cm

Im Rauschfreien Feldmittel finden sich 71 % mit dem Dünger ausgebrachten Chlorids.

Nach Einsetzen dieser Parameter sowie des gemessenen Tiefenprofils des volumetrischen Wassergehaltes und der gemessenen Anfangskonzentrationen vom 21.11.90 in ein numerisches eindimensionales Ionenver-

lagerungsmodell ergibt sich für die feldgemittelte Cl-Konzentration das in Abb. 3 dargestellte Tiefenprofil. Zum Vergleich sind die entsprechenden gemessenen Cl-Konzentrationen mit angegeben.

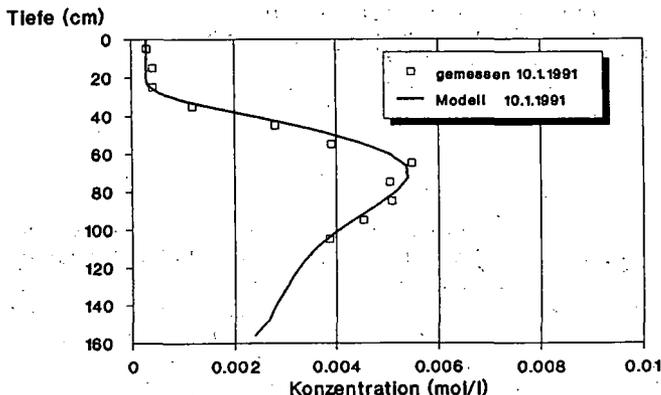


Abb. 3 Cl-Tiefenprofil: gemessene Feldmittelwerte sowie numerische Lösung unter Verwendung effektiver Parameter und gemessener Anfangswerte

Das Ergebnis zeigt eine gute Übereinstimmung des simulierten und des gemessenen mittleren Tiefenprofils. Dies bedeutet zum einen, daß die gemachten Annahmen bei der Signal-Rauschtrennung berechtigt waren und zum anderen, daß die Wiederfindungsrate von lediglich 71% ebenfalls richtig ermittelt wurde. Eine solche relativ geringe Wiederfindungsrate deutet darauf hin, daß ein Teil des ausgebrachten Düngers nicht konvektiv-dispersiv verlagert wurde, sondern daß diese 29% des Chlors zum Zeitpunkt der Messung am 10.1.91 den beprobten Tiefenbereich bereits verlassen hatten. Als Erklärung kann eine schnelle Verlagerung auf besonderen Fließbahnen angenommen werden. Dieses Phänomen kann allerdings in dem vorliegenden Boden mit sehr hohem Sandanteil nicht aufgrund des Makroporenflusses in groben kontinuierlichen Poren zwischen verschiedenen Aggregaten gedeutet werden, da der vorliegende Boden nur eine sehr schwache Aggregatstruktur aufweist.

Literatur :

Jury W. A., Roth K  
Transfer Functions and Solute Movement through Soil. Theory and Applications. Birkhäuser Verlag, Basel Boston Berlin, 1990

Salzmann Th., Richter J.  
Modell zum Ionentransport in der Fläche. Mitt. Dt. Bodenk. Ges., 66, I, 393-396, 1991

**Kritische Anmerkungen zur Ermittlung  
von Stoffflüssen mittels Saugkerzen**  
**Teil I: Theoretische Aspekte der Bodenlösungsgewinnung**

von

SCHMIDT, J.P.\*

**Einleitung:**

Stoffausträge aus der durchwurzelten Zone mit dem Sickerwasser sind ein Parameter zur Charakterisierung von Waldökosystemen. Die Austragsraten werden i.d.R. aus den vertikalen Wasserflüssen und den chemischen Konzentrationen in der Bodenlösung berechnet. Die vertikalen Flußraten können mit der Methode der Klimatischen Wasserbilanz geschätzt oder durch die Simulation des Wasserhaushaltes berechnet werden. Zur Bestimmung der Elementgehalte wird die Bodenlösung durch Saugkerzen extrahiert. Für die Interpretation dieser Konzentrationswerte ist es notwendig die Prozesse bei der Lösungsextraktion zu berücksichtigen.

**Die Bodenstruktur:**

Der Mineralboden besteht aus einer dreidimensionalen Struktur von der Bodenfestphase, der Bodenluft und dem Bodenwasser. Diese Struktur kann variabel sein. Diese Variabilität besteht in Raum und Zeit. Die räumliche Variabilität wird durch die inhomogene Verteilung der drei Materialien bedingt. Die Anordnung der Bodenfestphase ist historisch durch die Bodengenetik und aktuell durch die Aggregation, die Tätigkeit von Bodenwühlern, Wurzelwachstum etc. bedingt. Dieselben Ursachen, die zur physikalischen Bodenstrukturbildung beigetragen haben, führen auch zur Variabilität der bodenchemischen Eigenschaften.

Auf unterschiedliche Wassergehalte reagieren besonders tonreiche Böden durch Quellen und Schrumpfen der Matrix. In diesen Böden ist die Struktur der Bodenfestphase auch zeitabhängig.

Der Gehalt an Bodenwasser bzw. Bodenluft ist abhängig von den aktuellen klimatischen Bedingungen, der Vegetation und den hydraulischen Eigenschaften der Festphasenoberfläche. Diese Parameter bestimmen auch die räumliche Verteilung des Bodenwassers und der Bodenluft.

Für diese Analyse genügt die Modellvorstellung, daß der Boden aus unterschiedlich großen Bodenpartikeln besteht, die ebenfalls unterschiedlich große Hohlräume umschließen. Die Form der Hohlräume kann sehr vielfältig sein.

Die Bodenpartikel sind von Wasserfilmen umgeben. Die Ausdehnung dieser Schichten nimmt mit steigendem Wassergehalt zu. Mit

---

\* Inst. f. Bodenkd. u. Waldernährung, Büsingenweg 2, 3400 Göttingen

steigendem Wassergehalt nimmt die Energie, (Saugspannung) mit der das Wasser an die Bodenpartikel gebunden wird, ab. Zwischen der Mineralbodenoberfläche und dem Bodenwasser kann ein Elementaustausch erfolgen, wenn ein Konzentrationsgradient zwischen der Bodenlösung und der Festphasenoberfläche besteht.

### **Transport:**

Der Wasserfluß im Boden kann auf zwei Weisen erfolgen: a) Die Verlagerung folgt, im laminaren Fluß entlang der Wasserfilme auf der Bodenfestphase, dem Potentialgradienten oder b) es treten lokal gesättigte Bedingungen im Feinporenbereich auf, das Wasser kann dann in größere Poren eintreten und fließt dort unabhängig vom Potentialgradienten in der diese Poren umgebenden Bodenmatrix (Makroporenfluß).

Im ersten Fall fließt das Wasser um so schneller je höher der Potentialgradient zwischen zwei Orten ist und je weiter es von der Mineraloberfläche entfernt ist.

Im zweiten Fall muß der Fluß nicht laminar erfolgen und wird nur von der Gravitation und nicht vom Matrixpotential gesteuert. Letzteres kann vor allem in größeren Poren auftreten (Germann 1990). Die Fließgeschwindigkeit der Bodenlösung ist im zweiten Fall deutlich höher als im ersten. Untersuchungen von Germann (1990) zeigen aber, daß nur ein geringer Anteil der Bodenlösung an solchen Fließvorgängen beteiligt ist.

Der Wasserfluß im Boden kann Bodenlösungen mit verschiedenen Stoffkonzentrationen vermischen.

Ist der Wasserfluß langsamer als die Austauschvorgänge mit der Bodenfestphase, kann sich ein chemisches Gleichgewicht zwischen der Bodenlösung und der -festphase einstellen. Andernfalls entstehen chemische Gradienten in der Bodenlösung zwischen dem Wasser, das langsam oder gar nicht verlagert wird, und dem schneller fließendem Anteil. Ein Konzentrationsausgleich entgegen diesen Gradienten kann durch Diffusion erfolgen.

### **Extraktion:**

Zur Installation eines Kerzenlysimeters wird durch die Bohrtätigkeit der Boden um die Kerze herum gestört (Beckmann et al. 1991). Um dem Boden Lösung zu entnehmen, muß ein Gradient zum herrschenden Potential im Boden erzeugt werden. Dieser Potentialgradient bewirkt einen Fluß zur Lysimeterkerze. Der Potentialgradient wird durch einen Unterdruck im Lysimeter erzeugt. Die Probennahmeverfahren unterscheiden sich neben der Bauform der Lysimeter auch in der Steuerung des angelegten Unterdrucks. Folgende Verfahren werden zu Lösungsgewinnung angewendet:

1. kontinuierlich mit konstantem Unterdruck
2. kontinuierlich mit einem Unterdruck, der dem aktuellen Matrixpotential im Boden angepaßt wird
3. diskontinuierlich mit konstantem Druck
4. diskontinuierlich mit einem Unterdruck, der dem aktuellen

Matrixpotential im Boden angepaßt ist.

Im ersten Fall wird um die Kerze ein "Potentialtrichter" aufgebaut. Die Ausdehnung dieses Trichters (d.h. der Störung des Potentialfeldes) ist abhängig von den hydraulischen Eigenschaften des Bodens und dem Potentialgradienten zwischen Saugkerze und Boden. Durch diesen Trichter fließt die Bodenlösung zur Saugkerze. Besteht zwischen der durch diesen Trichter perkolierenden Lösung und der Mineraloberfläche ein Konzentrationsgradient, wird der Chemismus der Festphase im Laufe der Zeit verändert. Da der Fluß im Potentialtrichter nicht der Flußrate und Geschwindigkeit im ungestörten Boden gleicht, beeinflusst die Saugkerze die bodenchemischen Verhältnisse in ihrer Umgebung.

Für den Fall, daß die Saugspannung im Boden den Unterdruck im Lysimeter übersteigt, kehrt sich die Fließrichtung im Einzugsgebiet der Saugkerze um. In diesem Fall strömt Wasser aus der Kerze in den Boden!

Im zweiten Fall bildet sich ebenfalls ein Potentialtrichter aus. Hier kann nur die Umkehrung der Fließrichtung verhindert werden. Eine Zuordnung zwischen dem angelegten Unterdruck und bestimmten Porenklassen, die entwässert werden, ist auch in diesem Fall nicht möglich, da die hydrodynamischen Eigenschaften im Potentialtrichter nicht mit dem ungestörten Boden übereinstimmen müssen. Je länger eine Saugkerze an einem Ort kontinuierlich betrieben wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Bodenstruktur verändert wird.

Bei der diskontinuierlichen Probenahme wird nur für die Dauer der Probenahme ein Potentialtrichter aufgebaut. In diesen Fällen ist die Störung durch die Lösungsentnahme deutlich geringer einzuschätzen als bei der kontinuierlichen Probengewinnung, besonders, wenn die Phase der Probeentnahme sehr kurz ist.

Vorausgesetzt, das Kerzenmaterial hat keinen Einfluß auf die Zusammensetzung der Bodenlösung (siehe hierzu: Hetch et al 1979, J.Schmidt 1985, Grossmann 1991), können folgende Situationen bei der Lösungsgewinnung unterschieden werden:

1. physikalisch homogener Boden ohne Konzentrationsgradienten
2. physikalisch homogener Boden mit Konzentrationsgradienten
3. physikalisch inhomogener Boden ohne Konzentrationsgradienten
4. physikalisch inhomogener Boden mit Konzentrationsgradienten
5. Die Festphase verhält sich inert zum betrachteten Stoff.

Im ersten Fall wird die Probenahme mit Lysimetern die Bodenlösung repräsentieren, da überall im Substrat chemisches Gleichgewicht herrscht. Im zweiten Fall werden im Potentialtrichter durch Konzentrationsgradienten zwischen Bodenlösung und Festphase die Gehalte in der Probe gegenüber der ungestörten Lösung verändert.

Sind in den beiden vorangegangenen Beispielen die hydraulischen Eigenschaften des Bodens unabhängig vom Ort und der Zeit, so

trifft dies auf die nachfolgenden Fälle nicht zu. Im Fall drei würde die gewonnene Probe trotzdem die Konzentrationsgehalte in der Bodenlösung wiederspiegeln, da sich der Boden im chemischen Gleichgewicht befindet. In Fall vier treten zu den unter zwei genannten Problemen noch die unterschiedliche hydraulischen Eigenschaften des Bodens hinzu. Hier kann im Umfeld der Saugkerze die Bodenlösung durch chemische Reaktionen mit der Bodenfestphase und durch Vermischung mobiler mit weniger mobiler Bodenlösung verändert werden.

Tritt Makroporenfluß auf, kann diese Lösung auch den durch die Saugkerze beeinflussten Bereich passieren, ohne einen Einfluß auf die Probe zu nehmen. Nur wenn die Kerze im Bereich der Makroporen plaziert ist, wird dieser Teil der Bodenlösung als Probe gewonnen. In allen Fällen, in denen kein chemisches Gleichgewicht im Boden herrscht, können die Elementgehalte in der Bodenlösung auf dem Fließweg zur Lysimeterkerze durch Reaktionen mit der Festphase verändert werden. Dies kann nur für inerte oder zumindestens quasiinerte Elemente ausgeschlossen werden.

#### **Zusammenfassung:**

Aus den hier angestellten Überlegungen folgt:

1. In natürlichen Böden, die sich nicht im chemischen Gleichgewicht befinden, kann die Entnahme von Bodenlösung im Umfeld der Saugkerze eine chemische und gegebenenfalls auch physikalische Veränderung der Bodenfestphase bewirken. Ferner muß angenommen werden, daß die Probe nicht unbedingt der unbeeinflussten Bodenlösung entspricht.
2. Es ist nicht möglich, die gewonnene Probe einer bestimmten Porenklassen zuzuordnen.
3. Um den Einfluß der Probennahme auf die Probe zu minimieren, sollten in kurzen Intervallen möglichst geringe Probemengen entnommen werden.

#### **Literatur**

Beckmann, T.; Hasenpusch, K.; Kücke, M. u. Altemüller, H.-J. (1991) Strukturstörungen beim Einbau von keramischen Saugkerzen auf unterschiedlichen Böden. Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch. 66, I, 107-108

Germann, P. (1990) Preferential flow and the generation of runoff, 1. Boundary layer flow theory. Water Resour. Res. 26(12): 3055ff.

Grossmann, J. u. Udluft, P. (1991) The extraction of soil water by the suction-cup method: a review. Journal of Soil Science 42, 83ff

Hetsch, W., Besse, F. u. Ulrich, U. (1979) Die Beeinflussung der Bodenlösung durch Saugkerzen aus Nickel-Sintermetall und Keramik. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 142, 29-38.

Schmidt, J.P. (1985) Verwendbarkeit von Lysimetersystemen zur Ermittlung der Schwermetallgehalte in der Bodenlösung. Diplomarbeit, Forstwissenschaftl. Fachbereich, Universität Göttingen

**Bildanalytisch-mikromorphometrische Hohlraumquantifizierung  
zur Deutung des Wassertransportes in landwirtschaftlich  
rekultivierten Lößböden des rheinischen Braunkohlenreviers**

von

Schmidt, R. u. A. Skowronek +)

## 1. Einleitung

Mikromorphometrische Methoden sind bereits aus dem 19. Jahrhundert bekannt (MAIER-KÜHNE 1986). Allerdings war deren Anwendung bislang mit einem sehr hohen Arbeitsaufwand verbunden. Durch die intensive Entwicklung der industriellen Bildverarbeitung ist es inzwischen möglich, auch mikromorphologische Strukturen von Böden in großem Umfang zu quantifizieren.

Im folgenden Beitrag werden die mikromorphometrische Hohlraumquantifizierung mittels digitaler Bildverarbeitung methodisch erläutert und anschließend exemplarisch einige Ergebnisse bezüglich des Wassertransportes in landwirtschaftlich rekultivierten Lößböden gedeutet.

## 2. Methode

Zur Quantifizierung von Bodenhohlräumen wurden von ungestörten Proben Anschliffe (60x40 mm) hergestellt und mittels digitaler Bildverarbeitung untersucht. Dabei ist es entscheidend, die zu detektierenden Objekte durch die Präparation zu kennzeichnen oder über geeignete Software die Erkennung von Objekten und Strukturen zu ermöglichen. Im Gegensatz dazu wird bei Strichgittermethoden und verschiedenen halbautomatischen Bildanalysen diese Detektion durch den Beobachter vorgenommen (MAIER-KÜHNE 1986).

Die Anschliffherstellung erfolgte in Anlehnung an WERNER (1962). Danach wird dem Einbettungsmittel (Polyesterharz: Vestopal 120L) ein Fluoreszenzfarbstoff zugesetzt, um durch entsprechende spektrale Anregung zwischen fluoreszierenden, harzerfüllten Hohlräumen und nicht-fluoreszierender Bodenmatrix unterscheiden zu können. Als geeigneter Fluoreszenzfarbstoff erwies sich Acridinorange, das dem Aceton im Verhältnis 1:5000 zugegeben wurde. Der Ansatz des Einbettungsmittels bestand aus: 600 ml Vestopal 120L, 400 ml

---

+ ) Institut für Bodenkunde, Nußallee 13, W-5300 Bonn 1

Aceton (versetzt mit Acridinorange), 1,7 ml Cyclohexanon-Peroxyd und 0,85 ml Co-Beschleuniger.

Die Auflichtmikroskopie bietet sich für Hohlraumuntersuchungen an, weil damit der "Holmes-Effekt" eliminiert werden kann. Dieser führt bei der Durchlichtmikroskopie zu einer Fehlbeurteilung, z.B. von Hohlräumen (MAIER-KÜHNE u. BABEL 1984).

### 3. Technische Ausstattung

#### Bildanalyseeinheit

- Leica CBA 8000
- AD/DA Board mit 58 MHz Digitalisierungsrate
- 4 MB Bildspeicherboard

- Filterblock: DM 510
- Erregerfilter: 450-490 nm
- Sperrfilter: 520 nm
- Objektiv: Planapo 4x

#### Videokamera

- Echtfarbenerkennung
- 740x571 Bildpunkte

#### Personal Computer

- 80386er IBM-Personal Computer
- 20 MHz Taktfrequenz

#### Mikroskop

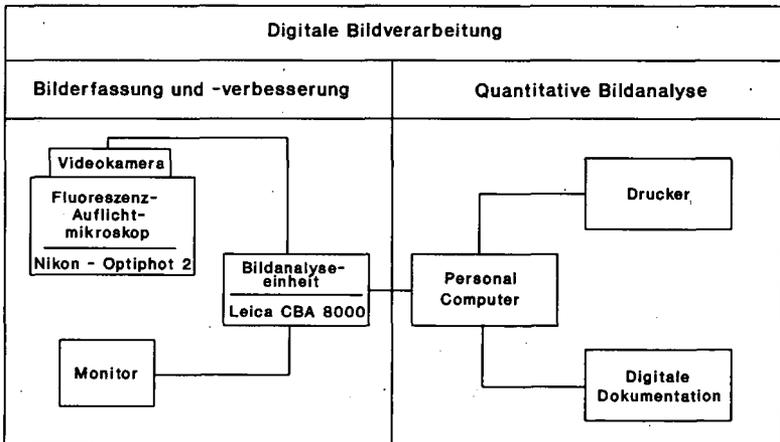
- Nikon Optiphot 2
- Beleuchtung: HBO 100 W

#### Software

- "CBA-Manager"
- Hrg.: Leica Mikroskopie und Systeme GmbH

### 4. Messung

Das Prinzip der digitalen Bildverarbeitung ist nachstehendem Schema zu entnehmen.



Die Bilderfassung und -verbesserung erfolgte interaktiv, d.h. über den Vergleich zwischen Mikroskopaufnahme, und auf dem Monitor in "Falschfarbe" angezeigtem, detektierten Bild

ist stets eine Korrektur möglich. Dieser Teil der Bildverarbeitung ist der Erfassung zuzuordnen. Die eigentliche quantitative Bildanalyse erfolgt nach der Bildverbesserung z.B. durch verschiedene Filter.

Die 60x40 mm großen Anschliffe wurden spalten- und zeilenweise unterteilt. Entsprechend diesem Raster wurden die Proben bildanalytisch erfaßt, die erkannten Objekte (= Hohlräume) der Messung unterzogen und das Bild als solches verworfen. Durch Einschaltung eines Pixelfilters wurden nur Hohlräume  $> 10 \mu\text{m}$  Äquivalentdurchmesser in die Messung einbezogen.

Als Meßparameter wurden erhoben: Fläche, Innenumfang, Außenumfang, minimaler, mittlerer und maximaler Feret.

## 5. Ergebnisse

Mit der zuvor beschriebenen Methode wurden 30 Anschliffe spalten- und zeilenweise untersucht. Aufgrund dieser Rasterung wurden insgesamt 14 000 Bilder mit mehr als 342 000 Meßwerten erfaßt.

Tabelle 1 zeigt für einen landwirtschaftlich rekultivierten Lößboden des rheinischen Braunkohlenreviers bodenphysikalische und bildanalytische Ergebnisse.

Tabelle 1: Profil Schirrhof B

Horizont	Tiefe	Bodenart	$d_B$	$k_f$	$H_{dF}$	$H_{äF}$	Anzahl Hohlräume
	cm		$\text{g/cm}^3$	cm/s	$\mu\text{m}^2$	$\mu\text{m}$	
jY A <sub>p</sub>	0- 35	Ü/Ü	1,39	$2,07 \times 10^{-2}$	70 982,68	150,28	1189
jY 1	- 66	Ü/Ü	1,51	$1,17 \times 10^{-3}$	34 949,89	105,46	2276
jY 2	-126	Ü/Ü	1,53	$1,53 \times 10^{-3}$	27 360,45	93,31	1413
jY 3	>126	Ü	1,56	$6,77 \times 10^{-4}$	37 574,42	109,34	1561

$d_B$  = Lagerungsdichte

$k_f$  = Gesättigte Wasserleitfähigkeit

$H_{dF}$  = durchschnittliche Hohlraumfläche

$H_{äF}$  = Äquivalentdurchmesser des Hohlraumes aus  $H_{dF}$  berechnet

Eine Korrelationsanalyse für die o.a. Ergebnisse zeigt statistische Zusammenhänge zwischen Lagerungsdichte und Hohlraumfläche ( $r = -0,91$ ) sowie zwischen Lagerungsdichte und Äquivalentdurchmesser des Hohlraumes ( $r = -0,89$ ). Für die gesättigte Wasserleitfähigkeit besteht ebenfalls zur Hohlraumfläche ( $r = 0,97^*$ ) und Äquivalentdurchmesser ( $r = 0,95^*$ ) ein statistischer Zusammenhang.

Dadurch werden die "konventionell" gewonnenen bodenphysikalischen Daten mit denen der digitalen Bildverarbeitung kompatibel. Dieser Zusammenhang wurde bisher kontrovers diskutiert (vgl. VOGEL u. BABEL, MOL et al. 1991).

## 6. Ausblick

Die vorgestellten bodenphysikalischen Ergebnisse korrelieren mit mikromorphologischen Daten. Durch Erweiterung des Stichprobenumfangs (hier  $n=4$ ) kann mit einer Verbesserung des Signifikanzniveaus gerechnet werden.

Darüber hinaus soll auf statistischem Weg ermittelt werden, welcher Zusammenhang zwischen bodenphysikalischen und morphologischen Daten für bestimmte Porengrößenklassen besteht.

## 7. Danksagung

Für die großzügige und freundliche Unterstützung bei der Durchführung der digitalen Bildverarbeitung sei auch an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Horst Hartmann, Fachbereich Photogrammetrie der Fachhochschule Köln herzlich gedankt.

## 8. Literatur

- MAIER-KÜHNE, H.-M. (1986): Morphometrische Methoden für die Bodenmikromorphologie.- Diss. Stuttgart-Hohenheim
- MAIER-KÜHNE, H.-M. u. U. BABEL (1984): Berücksichtigung des Holmes-Effektes bei stereologischen Messungen an Dünnschliffen.- *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesell.* **39**: 79-84
- MOL, F. de, M. JOSCHKO u. W. EHLERS (1991): Zur Beziehung zwischen Funktion und Morphologie von Grobporen.- *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesell.* **66/1**: 189-192
- VOGEL H.-J. u. U. BABEL (1991): Physikalische und morphologische Aspekte der Porengeometrie am Beispiel eines  $A_1$ -Horizontes unter einem Acker bei Ohlendorf.- *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesell.* **66/1**: 245-248
- WERNER, J. (1962): Über die Herstellung fluoreszierender Bodenanschliffe.- *Z. Pflanzenern. Bodenk.* **99**: 144-150

## Kritische Anmerkungen zur Ermittlung von Stoffflüssen mittels Saugkerzen

### Teil III: Strukturanalyse von Konzentrationsverläufen in der Bodenlösung und im Gebietsabfluß

S. Schmidt

Institut für Bodenkunde und Waldernährung, Büsengweg 2, 3400 Göttingen

#### Einleitung

Im Zusammenhang mit den oben beschriebenen Ergebnissen sollen im Folgenden die zeitlichen Verläufe der chemischen Konzentrationen in der durch Saugkerzen gewonnenen Bodenlösung und im Gebietsabfluß „Lange Bramke“ verglichen werden.

#### Vorgehensweise

Exemplarisch werden Nitrat und Chlorid für den Meßzeitraum 1988 - 1991 in Mikromol Ionenäquivalent dargestellt (Abb. 1-6). Zu bemerken ist, daß sich hinsichtlich der diskutierten Punkte Kalium wie Nitrat und Natrium wie Chlorid verhält.

Für die Diskussion der Ergebnisse gelten folgende Beobachtungen und Annahmen: Die Tensiometerdaten zeigen, daß die Niederschläge im Einzugsgebiet (topologisch) der Langen Bramke bis in 2 - 3 m Tiefe ungesättigt infiltrieren. Die Anwendung eines zweidimensionalen Wasserhaushaltsmodells zeigte, daß sich in Abhängigkeit vom Input sowohl die gemessenen Matrixpotentiale, als auch der Abfluß qualitativ und quantitativ abbilden ließen, wobei der untere Rand (anstehendes Gestein) als undurchlässig angenommen wurde.

#### Ergebnisse und Diskussion

A) Die Zeitreihen der Bachkonzentrationen zeigen Signale, die einfach zu sein scheinen. Es wird davon ausgegangen, daß diese Signale im Einzugsgebiet entstehen. Hypothese ist, daß die Bachsignale Informationen über das betrachtete Ökosystem enthalten.

Die Abbildung 1 zeigt die Konzentration von Chlorid im Gebietsabfluß der Langen Bramke im Vergleich zu den Abflüssen zweier benachbarter Einzugsgebiete (Dicke und Steile Bramke). In vielen Fällen liegen die Maximum- und Minimum-Peaks aller drei Bäche aufeinander und die Grobstruktur ist weitgehend identisch. Eine Erklärung hierfür wäre die Inputabhängigkeit von Chlorid und Natrium, das heißt, daß die Abflußkonzentrationen von den Inputkonzentrationen gesteuert werden. Das hieße, daß die Signale des Inputs im Bach gedämpft und verzögert auftauchen.

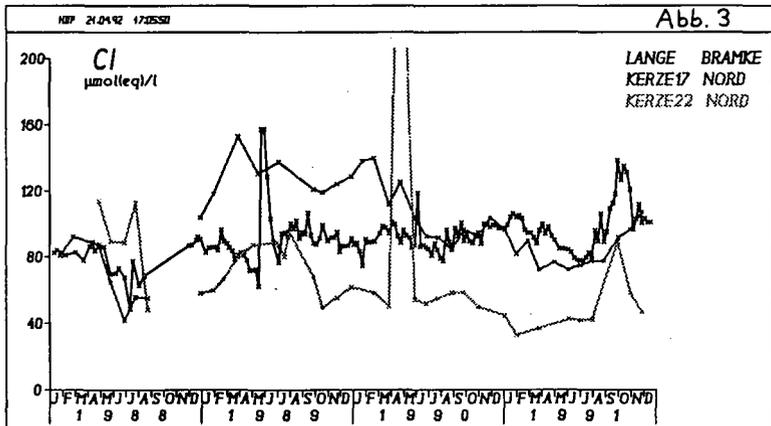
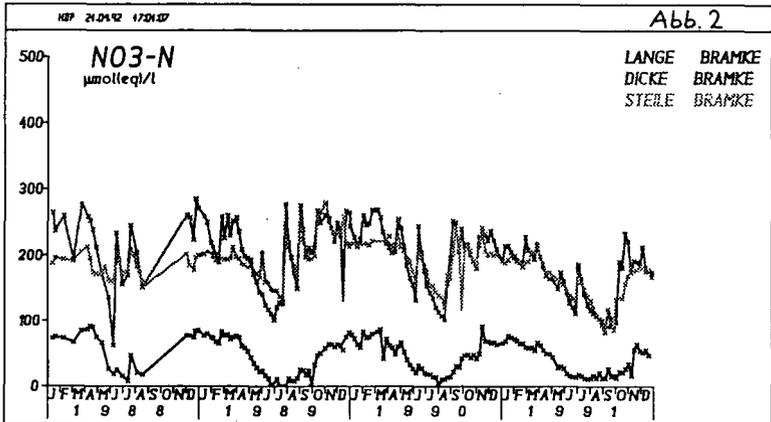
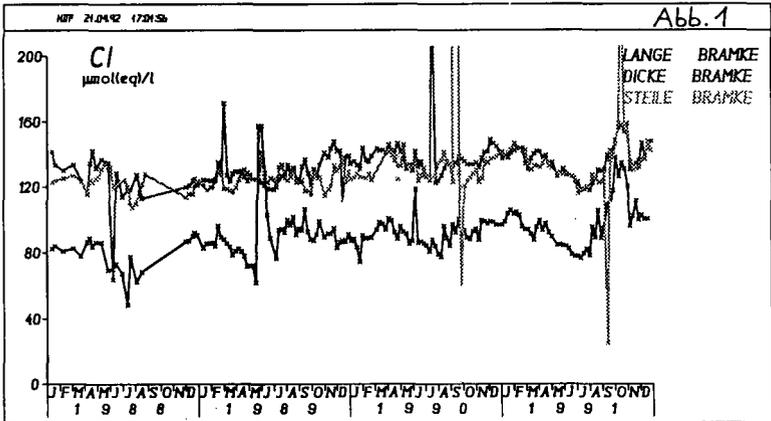
In Abbildung 2 sind die Nitrat-Konzentrationen der einzelnen Abflüsse dargestellt. Zu erkennen ist eine Saisonalität mit einem Maximum im Spätwinter und einem Minimum im Spätsommer. Obwohl diese Struktur in allen Bächen zu beobachten ist, kann eine Inputabhängigkeit ausgeschlossen werden, da Nitrat und Kalium mit der Vegetation stark interagieren. Vielmehr liefert die Aufnahmesaisonalität des Bestandes eine Erklärungsmöglichkeit.

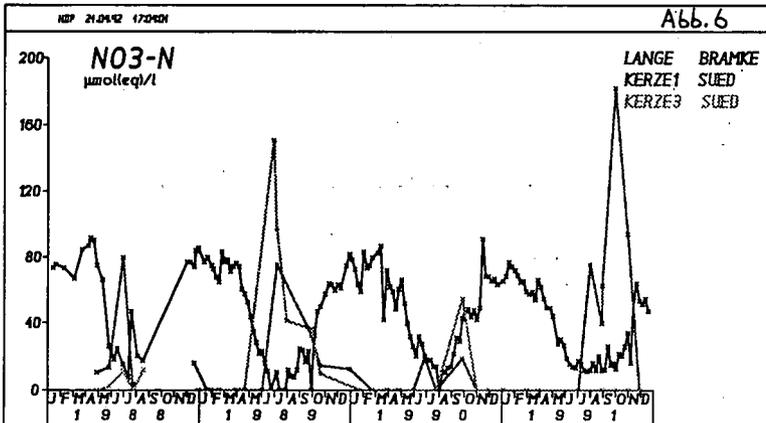
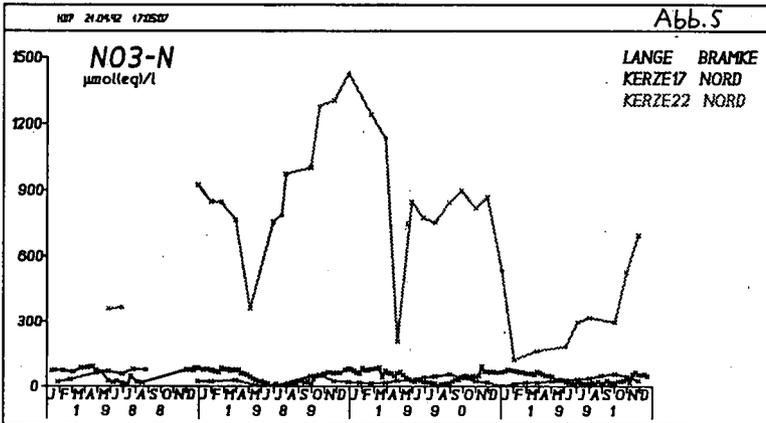
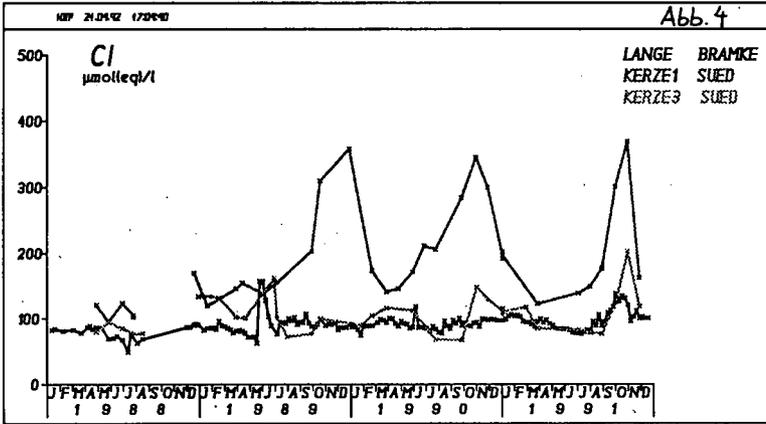
B) Auch in den Zeitreihen der Bodenlösungsdaten sind Signale zu beobachten. Diese scheinen aber schwer erklärbar zu sein. Zu beachten ist, daß den Saugkerzen-Konzentrationen maximal eine Probenahme monatlich zugrunde liegt, während der Bach häufiger beprobt wird, so daß die graphische Darstellung der Zeitreihen der Saugkerzen glatter erscheint. Angenommen wird, daß diese Zeitreihenstrukturen keine Artefakte sind, sondern ein „Abbild“ der chemischen Bedingungen abhängig von Ort und Zeit. Weiterhin wird angenommen, daß dieses „Abbild“ in räumlicher und zeitlicher Hinsicht flächenrepräsentativ ist, die Saugkerzen also nicht „falsch“ stehen. In diesem Fall müßte man in der Bodenlösung als Bindeglied zwischen Input und Output strukturelle Zusammenhänge zur Bachkonzentration beobachten (z.B. Signalfortpflanzung).

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Chlorid-Konzentration in der Langen Bramke in Vergleich zu zwei Saugkerzen des Nordhangs und zwei Kerzen des Südhangs. Berücksichtigt werden muß, daß die Streuung aller Saugkerzenkonzentrationen pro Meßfläche sehr hoch ist. Eine Interpretation der Mittelwertskurve ist nicht sinnvoll, da sich die Struktur der Einzelkerzen-Konzentrationen aufgrund der hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität nicht durch eine Mittelwertskurve abbilden läßt. Dargestellt werden die Konzentrationen der Saugkerzen mit einem jeweils hohen und niedrigen Konzentrationsniveau.

In den Chlorid-Konzentrationen der Bodenlösung lassen sich in der Regel keine der Bachstrukturen finden. Wenn die Bachkonzentrationen inputgesteuert sind, müßte man unter Berücksichtigung der gemachten Annahmen ähnliche Peaks in der Bodenlösung wiederfinden, die gegenüber dem Input bereits gedämpft und zeitverzögert sind. Ähnlich verhält es sich mit den Kalium- und Nitrat-Konzentrationen (Abb.6). Auch hier bildet sich die im Bach beobachtete Saisonalität nicht in der Bodenlösung ab.

**Schlußfolgerungen:** Sowohl theoretische Überlegungen als auch praktische Beobachtungen zeigen die Schwierigkeit der Interpretation von Saugkerzen-Konzentrationen. Ein Teil der beobachteten hohen Variabilität der Werte in Raum und Zeit scheidet dabei auf die Heterogenität der Fließwege im Mikrobereich nahe der Saugkerze zurückzuführen zu sein. Einbau und Betrieb der Saugkerzen führen zu möglicherweise gravierenden strukturellen und chemischen Änderungen im Bereich der Kerze. Das bedeutet einen nicht unerheblichen und vor allem nicht quantifizierbaren Einfluß durch die Art der Probenahme auf die Stoffkonzentrationen. Zu rechnen ist mit systematischen Fehlern, die sich auch durch erhöhte Anzahlen von Saugkerzen nicht kompensieren lassen. Zusammengefaßt kann gesagt werden, daß sich die langfristigen Trends im Bach auch in den Lysimeterdaten wiederfinden lassen. Die kurzfristigen Signale weisen ein Rauschen auf, welches nicht interpretierbar ist. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß es sich dabei um Artefakte handelt.





## Nutzung und Schutz von Rieselfeldern als Areale der naturräumlichen Grundwasseranreicherung

von

Sowa, E.)\*

### Einleitung

Rieselfelder wurden als technische Anlagen der vollbiologischen Abwasserbehandlung Ende des vorigen Jahrhunderts in Deutschland eingeführt und jahrzehntelang auf mehr als 30.000 ha betrieben. Die Infiltration von Abwasser führte bei Grundwasserneubildungsraten von 1.000 bis über 5.000 mm/a zu Schadstoffanreicherungen im Boden und im Grundwasser. Heute bedürfen die landeskulturell wertvollen Rieselfeldareale einer ökologisch verträglichen Nutzung und Sanierung.

### Bodenentwicklung und Stoffbelastungen

Die jahrzehntelange Nutzung von Böden zur Abwasserlandbehandlung führte mit dem intensiven Eintrag von organischen Substanzen und gelösten Abwasserinhaltsstoffen zu einer anthropogenen Prägung der Bodenentwicklung und damit zur Herausbildung folgender, typischer Bodenhorizonte und Merkmale:

- \* Mächtige und sorptionsstarke Oberbodenhorizonte ( $A_{h,p}$ ), gebildet durch Humusanreicherung in der Bodenkrume in Verbindung mit tiefem Pflügen (Rieselacker);
- \* tiefreichende Verbraunung der Unterböden ( $B_v$ ) und des Untergrundes ( $1C$ ) durch Anreicherung von Huminstoffen und Metalloiden;
- \* anthropogen verstärkte Podsolierung in "rieselmüden Böden" durch Auswaschung von Unterbodenhorizonten ( $A_e, B_{hs}$ ) mit Verlust an Sorptionskapazität und Ortsteinbildung;
- \* sekundäre Pseudovergleyung schluffig-lehmiger Sandböden durch Auswaschung und tiefere Anreicherung von Ton, Schluff und Sesquioxiden in Unterböden ( $S_w, S_a, S_g$ ) beim Wechsel von starker Vernässung und Austrocknung;
- \* sekundäre Vergleyung ( $G_o/G_r$ ) von Böden durch Grundwasseranstieg auf berieselten Niederungsstandorten.

Rieselböden weisen als "typische Leitkennwerte" stark erhöhte Humus- und Schwermetallgehalte auf. Der Humusgehalt erreicht als Glühverlust bei Sand-Rieselböden Größenordnungen von 5 bis 10 % und bestimmt die Sorptionskapazität und biologische Aktivität des gesamten Bodenprofils. Die natürlichen Sorptionseigenschaften der Bodenarten bzw. Körnungen werden durch den Einfluß der Humusakkumulation überlagert (Abb. 1).

---

)\* Technische Universität Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft, Mommsenstraße 13, O-8027 Dresden

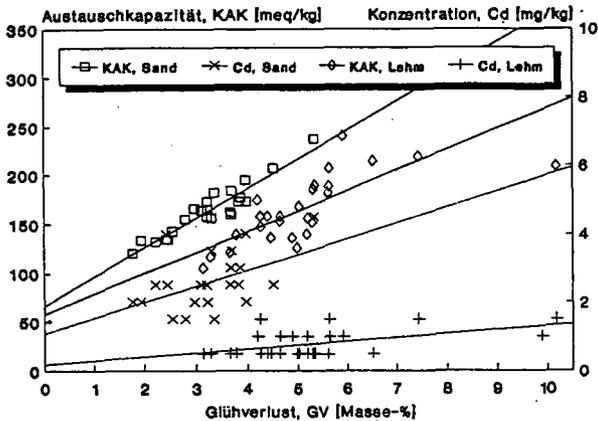


Abb. 1: Humusgehalt (GV), Sorptionskapazität (KAK) und Cadmiumgehalt (Cd) in der Krume von Sand- und Lehmböden, Rieselfelder Braunschweig (TUD, 1991)

### Nutzungskonzept

Im Rahmen von Untersuchungen zur veränderten Betriebsführung der Rieselfelder Karolinenhöhe und Braunschweig wurde ein Nutzungskonzept entwickelt, welches das Ökosystem "Rieselfeld" als Transformationsglied zwischen der modernen Abwasserbehandlung und den umgebenden Gewässern in wasserwirtschaftlicher und ökologischer Funktionalität betrachtet (TUD, 1990 und 1991). Grundlage des Konzeptes ist die Minimierung des Schadstoffeintrags in das Ökosystem Rieselfeld durch das Umstellen der traditionellen Verrieselung von Rohabwasser bzw. mechanisch gereinigtem Abwasser auf das Klarwasser moderner Großkläranlagen. Die angestrebte Mehrfachfunktion umfaßt folgende Ziele der Nutzung, des Erhalts und der Sanierung von Schutzgütern in Rieselfeldgebieten (Nestler, u.a. 1990, Sowa, u.a. 1992):

- \* Nutzung des aquatischen Ökosystems "Rieselfeld" als Puffer zwischen Kläranlagenablauf und Gewässer,
- \* Feinreinigung bzw. Schönung des Klarwassers von modernen Großkläranlagen,
- \* naturnahe Behandlung von anfallendem Regenwasser aus Misch- und Trennkanalisationen der Städte,
- \* Vermeidung der Remobilisierung von Schwermetallen aus dem Bodenpool durch Erhalt des humiden Status der Rieselfeldböden,
- \* langfristige Sanierung kontaminierter Böden und Grundwasserleiter durch Infiltration von Klarwasser,
- \* Ausgleich des Grundwasserhaushaltes und Gewässerabflusses durch naturräumliche Grundwasseranreicherung,
- \* Erhalt von Feuchtgebieten als Nahrungs-, Rast- und Brutbiotope für die Avifauna,
- \* Erhalt der kulturhistorischen Landschaft "Rieselfeld",
- \* extensive Bodennutzung mit dienendem Charakter für Landschaftspflege, Natur- und Gewässerschutz.

Diese Ziele bedingen ein sanftes Umgestalten der Rieselfeldgebiete unter dem Aspekt der Verträglichkeit von ökologischen und wasserwirtschaftlichen Anforderungen.

Bei einer standortbezogenen Anpassung an die pedologischen und geologischen Bedingungen erwiesen sich auf den in ihrer historischen Struktur erhaltenen Rieselfeldarealen folgende traditionelle bzw. naturnahe Verfahren der flächenhaften Infiltration von Klarwasser als sinnvoll (Abb. 2):

- \* Anlagen zur periodischen Staurieselung auf durchlässigen Standorten mit einer mächtigen Aerationszone als Transformationsraum,
- \* mäandrierende Teich- und Feuchtwiesenkaskadensysteme auf relativ geringdurchlässigen Hang- und Niederungsstandorten mit der Gewässerzone als Transformationsraum.

Zur kulturbaulichen Gestaltung der Systeme wurden standortangepaßte, biotopschonende Technologien entwickelt und in Großversuchen auf den Rieselfeldern Karolinenhöhe und Braunschweig erprobt (TUD, 1991).

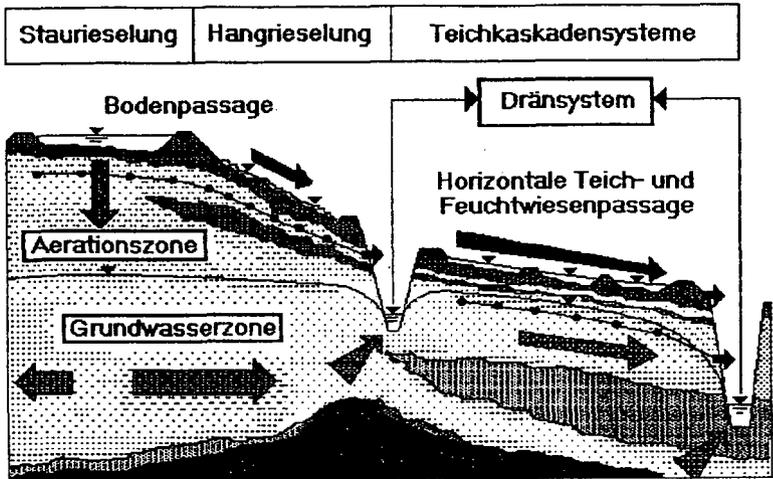


Abb. 2: Schema der Transformationsräume und Transportpfade bei Teich-, Boden-, und Untergrundpassage auf Rieselfeldern

### Stoffwandlung im Boden und im Untergrund

In mehrjährigen Felduntersuchungen wurden auf Großversuchsanlagen zur Verrieselung von Klarwasser aus modernen Großkläranlagen die Stoffwandlungsprozesse in den spezifischen Transformationsräumen der Rieselfelder untersucht (TUD, 1990 und 1991).

Bei der Boden- und Untergrundpassage werden auf den biologisch hoch aktiven Rieselfeldböden folgende wesentliche Effekte einer Feinreinigung erreicht:

- \* Feinfiltration kolloidaler Stoffe,
- \* weitgehende Eliminierung von bakteriellen Keimen,
- \* Nitrifikation / Denitrifikation,
- \* Abbau schwerabbaubarer organischer Substanzen.

Das Verhältnis von Nitrifikation und Denitrifikation, die Intensität des biochemischen Abbaus von organischen Substanzen und die Auswaschung von im Boden akkumulierten Stoffen, z.B. Schwermetallen und Phosphaten, wird von der hydraulischen Belastung des Bodens (Grundwasserneubildungsrate) und dem Rieselfeldverfahren beeinflusst. Durch die periodische Staurieselung kann mit der Infiltrationsintensität und dem Rieselintervall das Verhältnis von aeroben und anoxischen Milieuzuständen in der Bodenzone gesteuert werden.

Auf hochdurchlässigen Sand-Braunerden mit einer 14 m mächtigen Aerationsschicht wurde in Feldversuchen die in Tab. 1 dargestellten Beschaffenheitsveränderungen im Sicker- und Grundwasser bei naturräumlicher Grundwasseranreicherung nachgewiesen.

Tab. 1: Sicker- und Grundwasserbeschaffenheit bei periodischer Staurieselung mit Grundwasserneubildungsraten von 13 bis 21 m/a, Rieselfeld A7b, Karolinenhöhe, Mittelwerte der Versuchsjahre 1988 - 1989 (TUD, 1990).

Parameter:	DOC mg/L	AOX µg/L	CSB mgO <sub>2</sub> /L	NO <sub>3</sub> mgN/L	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub> mg/L	Cd µg/L
Rieselwasser, Oberfläche	16.6	81	52	6.2	14.6	0.2	2
Sickerwasser in 0.5 m Tiefe	12.0	77	35	19.3	1.5	0.9	3
Sickerwasser in 3.5 m Tiefe	9.8	64	26	20.5	0.8	1.8	5
Grundwasser in 14 m Tiefe	7.2	62	19	19.4	0.3	2.1	2
Grundwasser im Zustrom	8.9	46	18	40.4	0.5	4.1	2

Weiterführende Untersuchungen orientieren auf eine standortbezogene Optimierung von Feinreinigungswirkung und Infiltrationsintensität bei der wasserwirtschaftlichen Folgenutzung von ehemaligen Rieselfeldern (Sowa, u.a., 1992)

**Literatur:**

Nestler, W., Sowa, E., Luckner, L., Sarfert, F., 1990: Umweltgerechte Nutzung ehemaliger Rieselfelder Berlins. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Berlin 5(1990), S. 106-108

TUD, 1990: TU Dresden/Berliner Wasserbetriebe: Einschätzung der Auswirkungen einer geplanten veränderten Betriebsführung der Rieselfelder am Standort Karolinenhöhe in Berlin-Spandau. Studie, Berlin / Dresden, unveröff.

TUD, 1991: TU Dresden/Stadt Braunschweig: Zukünftige Nutzung von Rieselfeldern im Raum Braunschweig. Studie, Teil 1, Okt. 1991, unveröff.

Sowa, E., u.a., 1992: Schutzgutbezogene Folgenutzung von Rieselfeldern. In: Bodenschutz, Erich Schmidt Verlag Berlin, 7150.

**Beschreibung der Schwermetallsorption in Abhängigkeit von räumlich variablen Zustandsgrößen**

von  
Streck, Thilo und Jörg Richter<sup>1</sup>

**1. Einleitung**

Auf einem Sandboden, auf dem seit 1962 Abwasser der Stadt Braunschweig verregnet wird, wurden die räumlichen Verteilungen (3D) der Schwermetalle Cadmium und Zink in fester und gelöster Phase, der  $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -Werte und der org.C-Gehalte gemessen. Die grundlegenden Ergebnisse der Felduntersuchungen finden sich bei STRECK & RICHTER (1991). In der vorliegenden Mitteilung wird ein einfaches Verfahren vorgestellt, mit dem die Schwermetallsorption als Funktion der räumlich variablen Zustandsgrößen  $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$  und org.C-Gehalt beschrieben werden kann.

**2. Material und Methoden**

An 48 Punkten eines 12m x 12m-Rasters wurde eine Mischprobe aus der Tiefe 0-30 cm (Ap-Horizont) entnommen. Mit dem Edelman-Bohrer wurden 9 weitere Bodenproben in 10 cm-Tiefenschritten bis in 120 cm Tiefe gezogen.

Folgende Größen wurden an allen Bodenproben ermittelt:

- 1) der EDTA-extrahierbare Cadmium- bzw. Zink-Gehalt (in Anlehnung an ZEIEN & BRÜMMER 1989)
- 2) die Cadmium- bzw. Zink-Konzentration im Gleichgewicht mit 0.0025 M  $\text{CaCl}_2$  als Näherung für die Konzentration in der Bodenlösung (24 h Schütteln, Boden-Lösungs-Verhältnis 1:1)
- 3)  $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$
- 4) org.C-Gehalt (trockene Veraschung)

**3. Ergebnisse und Diskussion**

Zur Beschreibung der Sorption wird folgende Gleichung angesetzt (vgl. VAN DER ZEE & VAN RIEMSDIJK 1987):

$$S = k^* oc^b (H^+)^{-a} C^M \quad (1)$$

Für C ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) wird die Konzentration im Gleichgewicht mit 0.0025 M  $\text{CaCl}_2$ , für S ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) der EDTA-extrahierbare Gehalt abzüglich der durch  $\text{CaCl}_2$  in Lösung gebrachten Schwermetalle, für oc der org.C-Gehalt in Gew.% und für das pH der  $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -Wert eingesetzt.

<sup>1</sup> Institut für Geographie und Geoökologie, Langer Kamp 19c, 3300 Braunschweig

Nach Logarithmierung und Umbenennung der Variablen läßt sich unter der Annahme multiplikativer Fehlerwirkung das lineare Modell formulieren (DRAPER & SMITH 1966):

$$\ln Y = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \ln \epsilon \quad (2)$$

Es wird im folgenden als Modell I bezeichnet. Die Parameter  $\beta_i$  können mittels multipler Regression geschätzt werden.

Alternativ soll angenommen werden, daß der Parameter  $k^*$  in der x-y-Ebene (horizontal) variabel, in z-Richtung (vertikal) aber konstant ist. a, b und M seien wie im Modell I konstante Parameter. Modell II kann dann folgendermaßen formuliert werden:

$$S = k^*(x, y) \cdot OC^b \cdot (H^*)^{-a} \cdot CM \quad (3)$$

Da die Meßdaten von 48 Profilen ausgewertet werden, sind simultan mit den Parametern a, b und M noch 48 Werte für den Parameter  $k^*(x, y)$  zu schätzen. Hierfür wird ein von DRAPER & SMITH (1966) beschriebenes Verfahren eingesetzt, das von den Autoren als *blocking* bezeichnet wird. In Gl. (2) werden 48 Hilfsvariablen  $Z_1 \dots Z_i \dots Z_{48}$  eingeführt, so daß:

$$\begin{aligned} \ln Y = & \ln \beta_0 \\ & + \alpha_1 Z_1 + \dots + \alpha_i Z_i + \dots + \alpha_{48} Z_{48} \\ & + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \ln \epsilon \end{aligned} \quad (4)$$

Bei den Proben des i-ten Profils wird der Hilfsvariablen  $Z_i$  der Wert 1 zugewiesen, während alle anderen Hilfsvariablen null gesetzt werden.

Die Parameter in Gl. (4) können ebenfalls mittels multipler Regression geschätzt werden. Aus den geschätzten Parametern lassen sich die  $k_i^*$  wie folgt errechnen:

$$k_i^* = \exp (\ln b_0 + a_i) \quad (5)$$

In Tab. 1 sind die geschätzten Parameter der Modelle I und II zusammengestellt. Da bei Modell I bei beiden Schwermetallen die Schätzer für die Achsenabschnitte  $\ln(\beta_0)$  nicht signifikant von null verschieden ( $\alpha=0.05$ ) waren, wurde  $k^*$  gleich eins ( $\exp(0)=1$ ) gesetzt, d.h. die Regressionsgerade wurde durch den Ursprung gezwungen. In Abb. 1 sind die mit den geschätzten Parametern berechneten Cd-Festphasengehalte gegen die gemessenen aufgetragen.

Aus Abb. 2 ist die Verteilung der  $k^*(x, y)$ -Werte über das Feld zu ersehen. Die  $k^*(x, y)$ -Werte sind korreliert ( $r=0.65$ ) und weisen einen ähnlichen Trend auf, der von Südwest nach Nordost verläuft. Existenz und Ähnlichkeit der Trends lassen mehr noch als die Korrelation der  $k^*(x, y)$ -Werte vermuten, daß es sich bei diesen nicht um statistische Konstrukte, sondern tatsächlich um Bodenparameter handelt, die auf variable, in der vorliegenden Arbeit nicht näher untersuchte Bodeneigenschaften zurückzuführen sind.

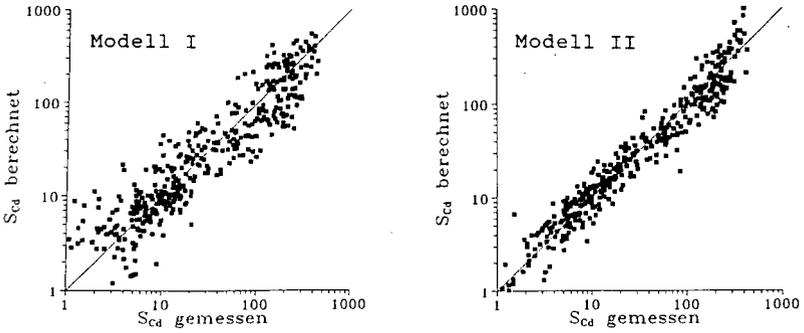


Abb. 1 Vergleich der berechneten mit den gemessenen Cadmium-Festphasengehalten S

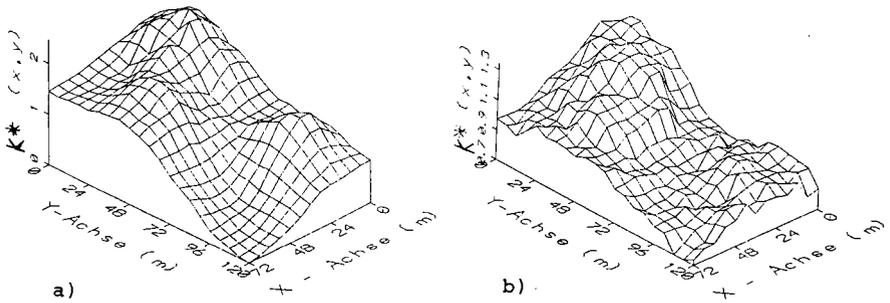


Abb. 2 Verteilung des Parameters  $k^*(x,y)$  über das Feld  
a) Cadmium b) Zink

Tab. 1 Geschätzte Parameter  
(Konfidenzintervalle für  $\alpha=0.05$ )

	Cadmium		Zink	
	Modell I	Modell II	Modell I	Modell II
a	0.38 $\pm$ 0.01	0.34 $\pm$ 0.10	0.52 $\pm$ 0.02	0.52 $\pm$ 0.07
b	0.71 $\pm$ 0.06	0.68 $\pm$ 0.06	0.40 $\pm$ 0.04	0.38 $\pm$ 0.05
M	0.85 $\pm$ 0.05	0.90 $\pm$ 0.07	0.57 $\pm$ 0.04	0.57 $\pm$ 0.07
$k^i$	1.00	-	1.00	-
$k_i^i$ Mittel Std.-Abw.	-	1.78 0.84	-	1.01 0.27
$R^2$	0.84	0.94	0.79	0.87

## 5. Literatur

DRAPER, N.R. und H.SMITH (1966)

Applied Regression Analysis.

John Wiley & Sons, New York, London, Sydney

STRECK, T. und J.RICHTER (1991)

Schwermetallverlagerung im Feldmaßstab -  
Messung und Modellierung.

Mitteilgn. Dt. Bodenkundl. Gesellsch. 66, 415-418

VAN DER ZEE, S.E.A.T.M. und W.H. VAN RIEMSDIJK (1987)

Transport of reactive solute in spatially variable soil systems.  
Water Resources Research 23, 2059-2069

ZEIEN, H. und G.W.BRÜMMER (1989)

Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbin-  
dungsformen in Böden.

Mitteilgn. Dt. Bodenkundl. Gesellsch. 59, 505-510

## **Temperaturabhängige Wasserbewegung in Oberflächendichtungen von Deponien**

Vielhaber, B., S. Melchior und G. Miehlich<sup>1</sup>

Stand der Technik bei der Abdeckung von Deponien und Altlasten sind Mehrschichtsysteme mit der Abfolge Deckschicht über Drainage über Kombinationsdichtung. Kombinationsdichtungen werden aus bindigen mineralischen Erdstoffen ("mineralische Dichtung") und einer aufliegenden Kunststoff-Dichtungsbahn (Polyethylen Hoher Dichte, PEHD) erstellt. Die Hauptaufgabe der mineralischen Dichtung ist dabei, im Fall einer Beschädigung beim Einbau oder eines langfristigen Versagens der PEHD-Bahn die Dichtwirkung des Gesamtsystems weiterhin zu sichern. Dies setzt allerdings voraus, daß die mineralische Dichtung selbst nicht ebenfalls durch Alterungsprozesse beschädigt ist. Als solche kommen neben Setzungen, Durchwurzelung und Durchwühlung vor allem der Entzug von Wasser und nachfolgende Schrumpfung in Betracht. Wasser kann durch hydraulische und/oder thermische Gradienten aus der Dichtung abgeführt werden. Welche Auswirkung Temperaturgradienten auf die Wasserbewegung in einer Kombinationsdichtung haben können, soll anhand von Untersuchungen im Abdecksystem der Deponie Hamburg-Georgswerder dargestellt werden. Dort wird seit 1986 im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens auf sechs Testfeldern die Wirksamkeit unterschiedlicher Abdecksysteme untersucht. Konzept, Methodik, Ziele dieser Untersuchungen und die wesentlichen Ergebnisse sowie eine vergleichende Bewertung der Abdecksysteme sind in MELCHIOR et al. (1987, 1990, 1992) veröffentlicht.

### **Wasserbewegung in bindigen mineralischen Dichtungen (ohne PEHD-Bahn)**

Die untersuchten mineralischen Dichtungen ohne aufliegende PEHD-Bahn sind schon zwei Jahre nach ihrer Fertigstellung in ihrer Wirksamkeit erheblich eingeschränkt. Es konnte Makroporenfluß festgestellt werden. Die entsprechenden Gefügestrukturen wurden schon beim Einbau der Dichtung angelegt, durch sommerliche Austrocknung infolge kapillaren Aufstiegs von Wasser und nachfolgender Schrumpfung verstärkt und damit erst hydraulisch wirksam (MELCHIOR et al. 1990).

### **Einfluß der Temperatur auf die Wasserbewegung in Kombinationsdichtungen (PEHD-Bahn über bindiger mineralischer Dichtung)**

Das Abflußverhalten unterhalb der Kombinationsdichtungen unterliegt einer jahreszeitlichen Dynamik. Im Sommerhalbjahr werden wiederholt niedrige Abflüsse verzeichnet, während im Winter die Abflußbildung unterhalb der Dichtung fast zum Erliegen kommt. Die Abflußgänge oberhalb und unterhalb der Dichtung sowie der Vergleich mit den Testfeldern ohne PEHD-Bahn belegen, daß die sommerlichen Abflüsse unter den Dichtungen nicht

---

<sup>1</sup> Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg, Allende-Platz 2, W-2000 Hamburg 13

durch Versickerung über Leckagen in der PEHD-Bahn erklärt werden können. Das Wasser stammt offensichtlich aus der mineralischen Dichtung selbst, die durch diesen sommerlichen Abfluß entwässert wird.

In Abb. 1 sind die Matrixpotentiale in der Kombinationsdichtung dargestellt. Der sägezahnförmige Verlauf zeigt die bis -100 hPa reichende Austrocknung der Dichtung, die wiederholt im Frühsommer einsetzt und bis zum Winter andauert. Zum Jahresende tritt dann abrupt in eine Wiederbefeuchtung ein. Da die hydraulischen Gradienten eine ganzjährig abwärts gerichtete Wasserbewegung anzeigen und die PEHD-Bahn einen Entzug von Wasser aus der Dichtschicht nach oben verhindert, kann die beginnende Austrocknung nicht durch kapillaren Aufstieg von Wasser erklärt werden. Ebenso verhindert die PEHD-Bahn eine Wiederbefeuchtung der Dichtung durch Infiltration aus der aufliegenden Drainage. Der Abflußverlauf widerlegt die These einer gravitativen Entwässerung, da dann ganzjährig Abflüsse unterhalb der Dichtung auftreten müßten. Die Matrixpotential- und Abflußverläufe müssen daher eine andere Ursache haben.

Neben hydraulischen Gradienten beeinflussen auch thermische Gradienten die Wasserbewegung. Der sommerliche Anstieg der Abflüsse korrespondiert mit einer Umkehr der Temperaturgradienten im Dichtsystem. Abb. 2 zeigt die Tagesmittel der Bodentemperatur im Abdecksystem der Deponie in drei Meßtiefen. Auffallend ist, daß an der Unterkante der Dichtschicht während der meisten Zeit des Jahres höhere Temperaturen als an der Oberkante der Dichtschicht herrschen. Die sich daraus ergebenden Temperaturgradienten im Dichtsystem zeigt Abb. 3. Das Vorzeichen des Gradienten wurde dabei analog zum hydraulischen Gradienten so gewählt, daß positive Gradienten eine abwärts gerichtete dampfförmige Wasserbewegung (in Richtung abnehmender Temperatur) anzeigen. Nach unserer Hypothese führen die im Sommer herrschenden positiven Gradienten zur Abnahme der Matrixpotentiale und zu den erhöhten Abflüssen unterhalb der Dichtung. Im Winter sorgen negative thermische Gradienten für einen aufwärts gerichteten Transport von Wasserdampf und eine Wiederbefeuchtung der mineralischen Dichtung. Dampf kondensiert an der Unterseite der PEHD-Bahn, sickert wieder in die mineralische Dichtung ein und führt dann zu dem plötzlichen Wiederanstieg des Matrixpotentials bis hin zur Sättigung.

## **Ausblick**

Es ist unklar, ob die sommerliche Feuchteabfuhr unterhalb der Kombinationsdichtung langfristig eine Austrocknung und Schrumpfung der mineralischen Dichtung trotz bedeckender PEHD-Bahn zur Folge hat oder ob die jahreszeitliche Umkehr der thermischen Gradienten einen Ausgleich zwischen Feuchteabfuhr und -zufuhr schafft. Die Zeitverläufe der Matrixpotentiale lassen nach drei Jahren keine Anzeichen einer anhaltenden Austrocknungstendenz erkennen.

Es ist anzunehmen, daß bei Abklingen der exothermen Prozesse im Deponiekörper die Intensität und Dauer der positiven Temperaturgradienten zunimmt. Vermutlich wird dadurch der abwärts gerichtete Feuchtetransport verstärkt werden.

Aufgrund der möglichen Entwässerung durch kapillaren Aufstieg bei flächenhaft beschädigter PEHD-Bahn bestehen Zweifel, ob die mineralische Komponente der Kombinationsdichtung sicher in der Lage sein wird, die Funktion der PEHD-Bahn bei deren Versagen langfristig zu übernehmen. Sollte die mineralische Dichtung bereits unterhalb einer intakten PEHD-Bahn austrocknen und schrumpfen, wäre ihr Einsatz noch stärker in Frage zu stellen. Der Einsatz anderer Dichtsysteme wird diskutiert (MELCHIOR et al. 1992). Mineralische Dichtungen sollten nur in solchen Fällen eingesetzt werden, in denen ihre Fähigkeit zur Schadstoffretention besonders wichtig ist (aussickernde Stauflüssigkeit am Hang und an der Deponiebasis) oder andere Systeme aus anderen Gründen nicht eingesetzt werden können.

Ergänzende und detailliertere Untersuchungen zum Fragenkomplex der temperaturabhängigen Wasserbewegung werden durchgeführt.

### Literatur

MELCHIOR, S. & G.MIEHLICH (1987): Untersuchungen zum Wasserhaushalt mehrschichtiger Oberflächendichtsysteme auf der Deponie Georgswerder, Hamburg. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 55/1, 213-218.

MELCHIOR, S., K.BERGER, R.ROOK, B.VIELHABER & G.MIEHLICH (1990): Testfeld- und Traceruntersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener Oberflächendichtsysteme für Deponien und Altlasten. Z.dt.geol.Ges., 141, 339-347.

MELCHIOR, S., K.BERGER, B.VIELHABER & G.MIEHLICH (1992): Vergleichende Bewertung unterschiedlicher Abdecksysteme für Deponien und Altlasten. In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K.J. (Hrsg.)(1992): Abdichtung von Deponien und Altlasten. Berlin, S.453-475.

## Matrixpotentiale in der mineralischen Dichtung mit bedeckender PEHD-Bahn

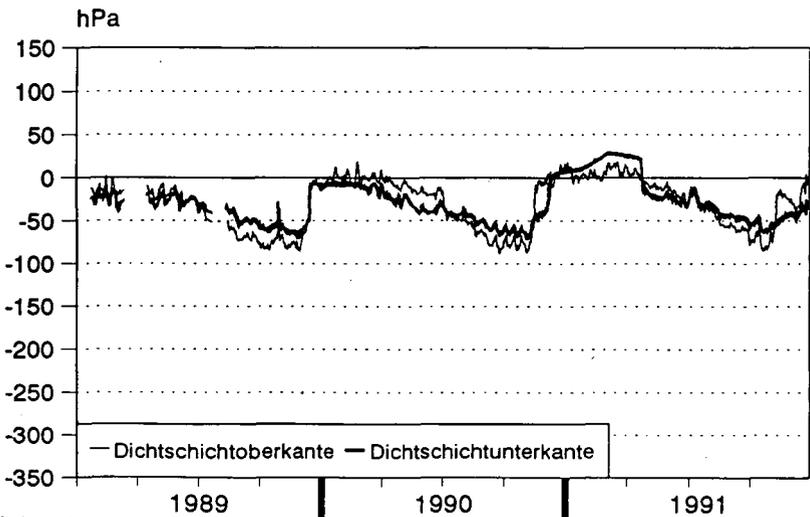


Abb. 1

### Tagesmittel der Bodentemperatur im Abdecksystem der Deponie Georgswerder

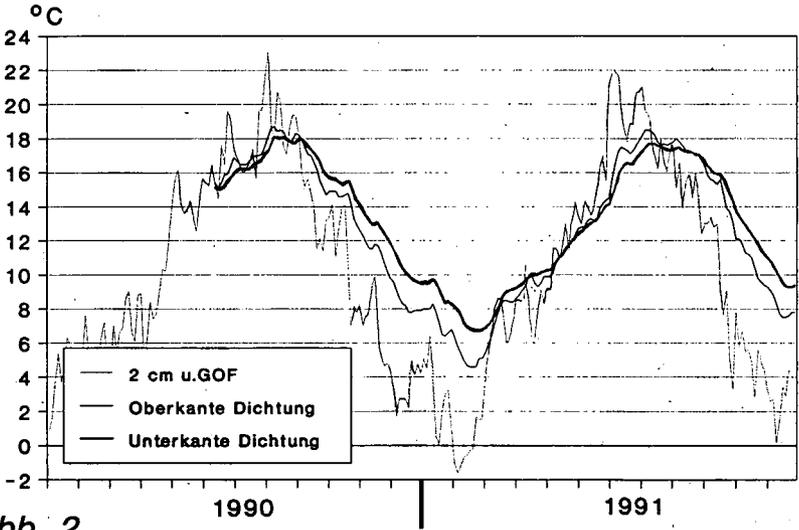


Abb. 2

### Gradient der Bodentemperatur im Dichtsystem der Deponie Georgswerder

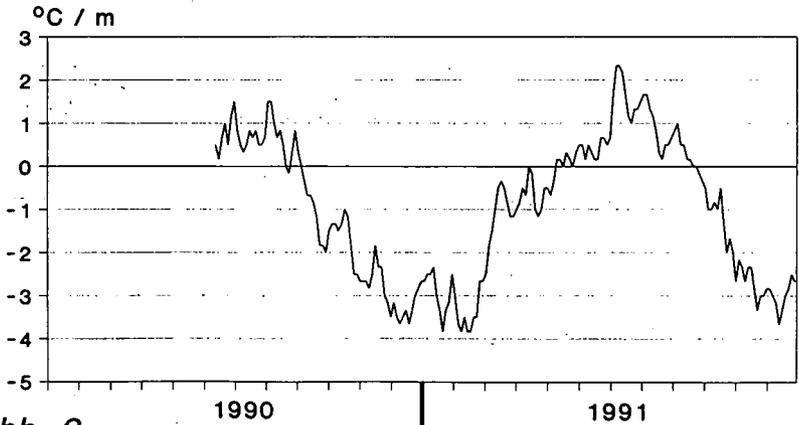


Abb. 3

**Untersuchungen zum Bodenwasserhaushalt schwächer strukturierter (ungelockerter) und stärker strukturierter (tiefgelockerter) Neulandböden aus Löß im Rheinischen Braunkohlenrevier**

von

M. Weyers und D. Schröder<sup>\*)</sup>

## **1 Einleitung**

Im Rheinischen Braunkohlenrevier sollen im Rahmen eines BMFT-Projektes optimale Meliorations- und Bewirtschaftungsverfahren für verdichtete Neulandböden erkundet werden. Ein Schwerpunkt der Untersuchung liegt in der Erfassung des durch verschiedene Melioration und Bewirtschaftung beeinflussten Bodenwasserhaushaltes.

## **2 Methodik**

Für die Untersuchung wurde im September 1989 eine 8 ha große Versuchsfläche in einem 1979 im Trockenverfahren rekultivierten Gebiet bei Frimmersdorf angelegt. Als Meliorationsvarianten wurden eine Abbruchlockerung mit dem MM 100, eine Stechhublockerung mit dem TLG 12 und Dränagen sowohl im ungelockerten Boden als auch kombiniert mit TLG 12-Lockerung gewählt.

Die Wasserspannungskurven wurden als Desorptionskurven mit 8 Druckstufen mit Hilfe von 100 cm<sup>3</sup>-Stechringen, bzw. Aggregaten auf keramischen Platten nach CZERATZKI im Drucktopf für ungelockerte und TLG 12-gelockerte Böden aus jeweils 2 Schürfgruben mit 6 Wiederholungen/Horizont ermittelt. Die kf-Bestimmung erfolgte nach HANUS. Die Veränderung der Wasserspannung im Feld wurde mit Hilfe von Einstichtensiometern für 25 cm, 50 cm, 75 cm und 95 cm Tiefe in 2-wöchigem Abstand verfolgt. Zudem wurden kontinuierliche Dränabflußmessungen mit THOMSON-Wehren durchgeführt.

## **3 Ergebnisse**

### **3.1 Wasserspannungskurven und Permeabilität**

Durch die landwirtschaftliche Bodenbearbeitung wurde der Boden sowohl in den ungelockerten als auch in den tiefgelockerten Varianten bis über 25 cm Tiefe aufgelockert. Die Gesamtporenvolumina ( $pF=0$ ) betragen hier über 40 Vol.% (s. Abb.1). In 50 cm und 75 cm Tiefe sind für den ungelockerten Boden nur noch Gesamtporenvolumina von rund 34 Vol.% festzustellen. Für den tiefgelockerten Boden wurde 1 Jahr nach Durchführung der Melioration in beiden Tiefen ein deutlich größerer Porenraum um 47 Vol.% festgestellt. In der von der Tieflöckerung (TL) nicht mehr erreichten Tiefe von 95 cm liegen die Gesamtporenvolumina um 38 Vol.%.

Die Wasserspannungskurven ungelockerter und tiefgelockerter Böden unterscheiden sich aufgrund verschiedener Porengrößenverteilungen: Die schnell drainierenden Grobporen (bis  $pF=1,8$ ) sind in die 3 Porengrößenbereiche  $>300 \mu\text{m}$ ,  $300 \mu\text{m}$  bis  $120 \mu\text{m}$  und  $120 \mu\text{m}$  bis  $50 \mu\text{m}$  unterteilt. Die TL hat insbesondere den Anteil sehr weite Grobporen  $>300 \mu\text{m}$  von 2 Vol.% in 50 cm Tiefe bzw. 0,5 Vol.% in 75 cm Tiefe des ungelockerten Bodens auf 13 Vol.% bzw. 11 Vol.% erhöht (s. Abb.1). Dieser Unterschied ist hoch signifikant. Auch im Porengrößenbereich von  $300 \mu\text{m}$  bis  $120 \mu\text{m}$  sind mit 3 Vol.% bzw. 4 Vol.% im tiefgelockerten Boden gegenüber 0,5 Vol.% bzw. 0,4 Vol.% des ungelockerten Bodens hoch signifikante Unterschiede zu verzeichnen. Geringer, aber dennoch signifikant sind die Unterschiede im Porengrößenbereich zwischen  $120 \mu\text{m}$  und  $50 \mu\text{m}$ . Die langsam drainierenden Grobporen ( $pF 1,8-2,5$ ), hier differenziert in die Porengrößenbereiche  $50 \mu\text{m}-30 \mu\text{m}$  und  $30 \mu\text{m}-10 \mu\text{m}$ , weisen ebenfalls signifikant höhere Anteile im tiefgelockerten Boden auf.

Im Porengrößenbereich der nutzbaren Feldkapazität ( $pF 2,5-4,2$ ), der in  $10 \mu\text{m}-3 \mu\text{m}$ ,  $3 \mu\text{m}-1 \mu\text{m}$  und  $1 \mu\text{m}-0,2 \mu\text{m}$  unterteilt wurde, sind keine statistisch absicherbaren Unterschiede festzustellen.

Der Totwasseranteil ( $pF >4,2$ ) ist in den tiefgelockerten Böden gegenüber dem ungelockerten Boden signifikant herabgesetzt.

Die gesättigte Wasserleitfähigkeit nimmt unter der gut durchlässigen Krume im ungelockerten Boden auf geringe bis mittlere Werte zwischen 10 und 22 cm/d ab. Aufgrund des Grobporenreichtums der tiefgelockerten-Horizonte wurden auf meliorierten Flächen dagegen hohe bis sehr hohe kf-Werte zwischen 98 und 292 cm/d gemessen.

<sup>\*)</sup> Universität Trier, FB VI - Bodenkunde - Postfach 38 25, 5500 Trier

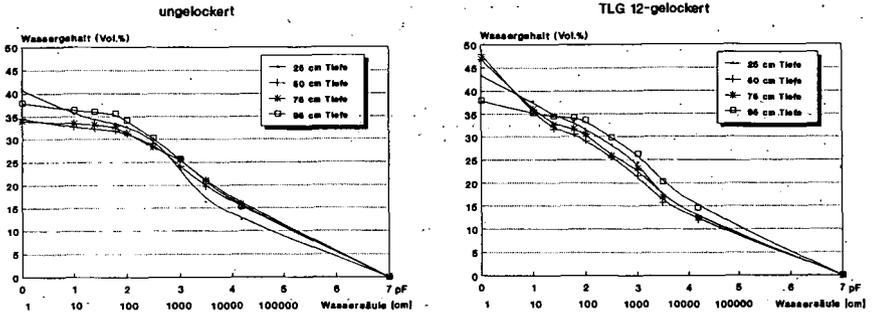


Abb. 1: Wasserspannungskurven tiefgelockerter und ungelockerter Böden für 25 cm, 50 cm, 75 cm und 95 cm Tiefe.

**3.2 Verlauf von Wasserspannungen unterschiedlich meliorierter Böden unter bodenschonend bewirtschaftetem Winterweizen**

Zur Ernte der Vorfucht Winterroggen wiesen die MM 100- und TLG 12-gelockerten Horizonte eine höhere Wasserspannung als die ungelockerten Vergleichshorizonte auf. Das ist auf einen stärkeren pflanzlichen Wasserentzug durch die intensivere Durchwurzelung tiefgelockerter Horizonte zurückzuführen. Während der erneuten Aufsättigung sind vom 15.11. bis zum 18.12.1990 zunächst signifikant höhere Wasserspannungen in den tiefgelockerten Horizonten zu verzeichnen (s. Abb.2). Nach hohen Niederschlägen bis zum 4.1.1991 zeigt sich unter der Krume des ungelockerten Bodens freies Wasser. Das ist auch in den unteren Horizonten der TLG 12-gelockerten Böden festzustellen. Hier kann sich Wasser auf durch die Tieflockerung nicht mehr erreichten, verdichteten Horizonten stauen. In der mit einer 8 m Drainage kombiniert meliorierten Parzelle sind dagegen in 50 cm, 75 cm und 95 cm Tiefe signifikant höhere Wasserspannungen von 70 bis 80 hPa zu verzeichnen. Dennoch wurden für diese Variante keine Dränabflüsse aufgezeichnet (s. Abb.2 u. Tab.1). Dränabflüsse weisen am 29.12.-31.12.1990 sowohl der ungelockerte, mit 8 m Saugerabstand dranierte Boden als auch die kombiniert meliorierte Variante mit 16 m Saugerabstand auf. Der Dränabfluß ist im ungelockerten Boden von relativ kurzer Dauer bei hohen stündlichen Abflußwerten, im kombiniert meliorierten Boden dagegen länger anhaltend bei deutlich geringeren Abflußwerten (s. Abb.3). Dieser Verlauf zeigte sich auch bei den anderen in Tab.1 wiedergegebenen Dränabflüssen.

Mit fortschreitender Entwicklung des Winterweizens ist wiederum eine höhere Wasserspannung in den unteren Horizonten der tiefgelockerten Varianten gegenüber der Kontrolle feststellbar. Bei zunehmendem Wasserentzug weist der kombiniert meliorierte Boden durchweg geringere Wasserspannungen auf als der alleinig tiefgelockerte Boden (s. Abb.2).

Tab.1: Abflußereignisse aller gedrähten Meliorationsvarianten im Untersuchungszeitraum 20.2.1990 bis 29.2.1992 in mm.

	1.Wdhlg.	2.Wdhlg.	Mittelwert
<b>Ungelockert/8m Drainage</b>			
28.2.-02.03.1990	0,42	3,00	1,71
13.12.1990	0,00	0,04	0,02
29.12.-30.12.1990	0,46	2,70	1,58
19.12.-20.12.1991	0,00	0,52	0,26
21.12.-22.12.1991	0,18	2,16	1,17
<b>TLG 12/16m Drainage</b>			
29.12.-31.12.1990	0,23	0,00	0,12
21.12.-23.12.1991	0,38	0,00	0,19

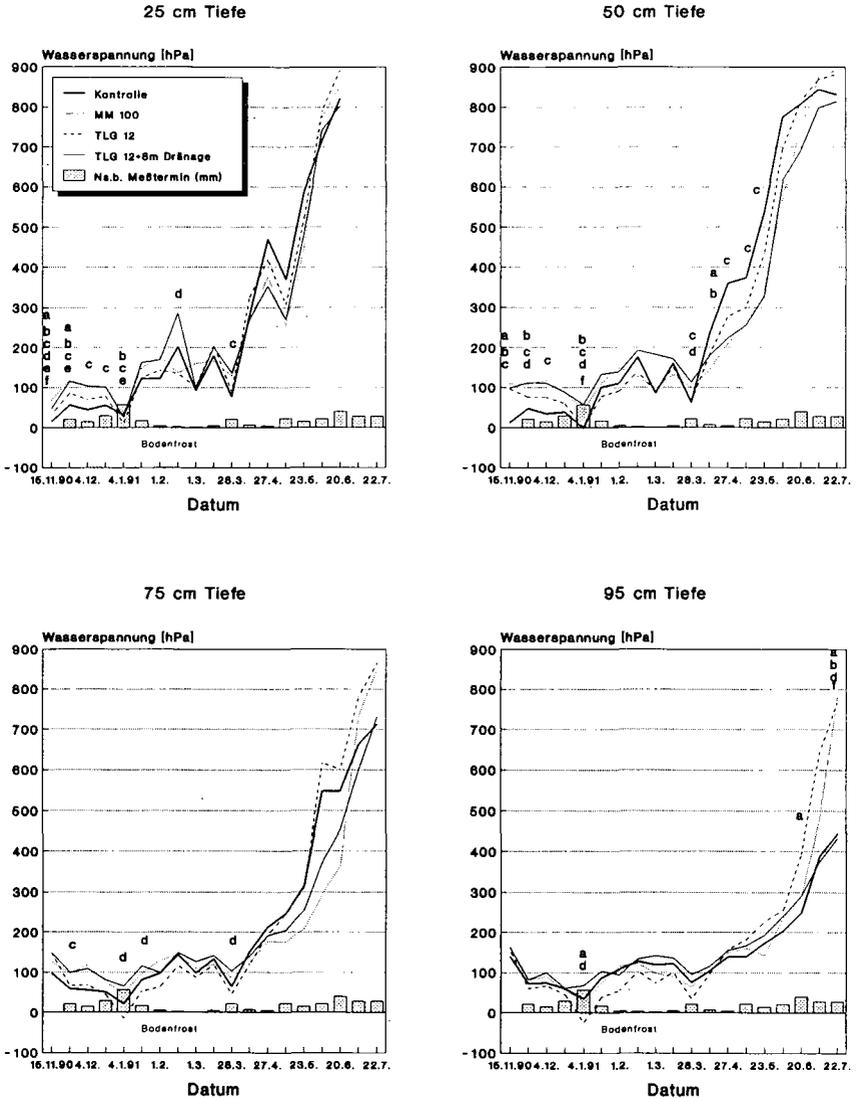


Abb.2: Wasserspannungsmittelwerte verschiedener Meliorationsvarianten unter bodenschonend bewirtschaftetem Winterweizen (n=4; MM 100:n=2) und Niederschlagssummen zwischen Meßterminen. (Angabe der Signifikanz bei  $\alpha=0,05$ : a.TLG/Kontrolle; b.MM100/Kontrolle; c.TLG+8m Dr./Kontrolle; d.TLG+8m Dr./TLG; e.MM100/TLG; f.MM100/TLG+8m Dr.).

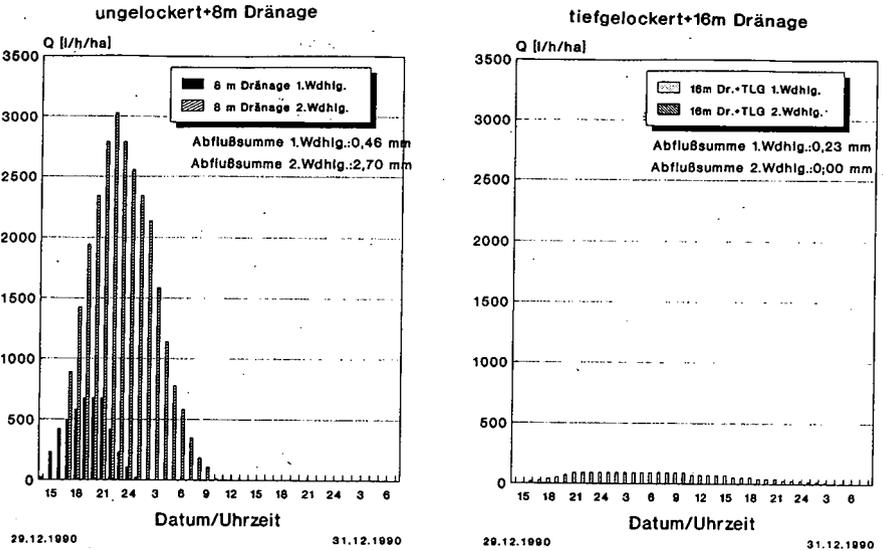


Abb.3: Abflußereignisse vom 29.12.-31.12.1990 eines ungelockerten Bodens mit 8 m Saugerabstand und eines tiefgelockerten Bodens mit 16 m Saugerabstand.

#### 4 Schlußfolgerungen

1. Die TL mit TLG 12 oder MM 100 führt zu einer starken Zunahme des Gesamtporenvolumens und insbesondere sehr weiter Grobporen. Dadurch wird die Permeabilität stark erhöht. Durch eine verbesserte Durchwurzelbarkeit können Kulturen tiefer und intensiver wurzeln und so die Wasser- und Nährstoffvorräte tieferer Horizonte besser erschließen.
2. Bei tiefreichender Verdichtung (>80 cm) ist eine zusätzliche Bedarfsdränage zur TL erforderlich, da ansonsten freies Wasser in den Lockerungsfurchen zu verstärkter Destabilisierung von Aggregaten und damit verstärkter Setzung führen kann (WEYERS und SCHRÖDER 1991). Die zusätzliche Dränage führt zu einem ausgeglicheneren Wasserhaushalt: Bei hohen Wassergehalten wird die Wasserspannung nicht so niedrig, bei geringen Wassergehalten nicht so hoch wie in nur tiefgelockerten Böden.
3. Der kombiniert meliorierte Boden läßt aufgrund seines hohen Porenvolumens und gleichmäßigerer Aufsättigung nur einen geringeren Dränabfluß zu als ein nur gedränter, ungelockerter Boden.
4. Eine alleinige Dränage führt freies Wasser auf dem verdichteten Unterboden z.T. lateral zum Sauger ab, so daß nur ein Teil des Niederschlagswassers durch den gering durchlässigen Boden tiefere Bereiche erreicht. Insgesamt steht hier den Pflanzen weniger Wasser als in den anderen Meliorationsvarianten zur Verfügung.

#### Literatur:

WEYERS, M. und SCHRÖDER, D. (1991): Bodeneigenschaften verschieden meliorierter Neulandböden aus Löß unter konventioneller und bodenschonender Bewirtschaftung. - Mitteln. Dtsch. Bodenk. Gesellschaft, 66/II, 1039-1042.

**Referate und Posterbeiträge**

Sitzung der KOMMISSION V

Bodenkartierung - gestern, heute, morgen

am 14. und 15. Mai 1992

in

HALLE/Saale



**Bodenschätzung  
gestern- heute - morgen**

von

H. Finnern \*

In Zusammenarbeit mit der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und Angehörigen der Finanzverwaltung des Bundes und der Länder fand zu o.a. Thema am 14. und 15. Mai 1992 eine Fachtagung der Kommission V in Halle/Saale und Eickendorf/Magdeburger Börde statt.

Erstmals nach der wiedergewonnenen Einheit Deutschlands waren rund 180 Teilnehmer aus den alten und neuen Bundesländern zu einer gemeinsamen Fachtagung mit Exkursion nach Sachsen-Anhalt gekommen. Dementsprechend groß war die Beachtung durch die Medien und die Teilnahme von Finanzminister des Landes Sachsen-Anhalt Dr. Böhmer, Präsident der OFD Dr. Nolte, Prorektor der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Prof. Luckner und hochrangiger Vertreter des Bundesfinanz- und -umweltministeriums sowie des Präsidenten der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft.

Zum ersten Male waren Bodenkundler und Bodenschätzer der Oberfinanzdirektionen zu einer gemeinsamen Tagung mit 25 Vorträgen und einer Vielzahl von Posterbeiträgen vereint. So konnte ein wichtiges Ziel erreicht werden, ein fachlicher Gedankenaustausch mit den Leitenden Landwirten der Oberfinanzdirektionen und Nutzung des reichen Erfahrungsschatzes der älteren Kollegen.

Das Thema wurde auf vielfachen Wunsch gewählt

- um Rückblick zu halten auf die Bodenschätzung, die mit dem Schätzungsgesetz vom 16. Okt. 1934 den Zweck einer gerechten Verteilung der Steuern, einer planvollen Gestaltung der Bodennutzung und einer Verbesserung der Beleihungsunterlagen für die landwirtschaftlich nutzbaren Flächen des Reichsgebietes begann,

- aufzuzeigen, wie der heutige Stand der Bodenschätzung in den alten und neuen Bundesländern ist und
- welche Überlegungen/Planungen/Ansätze für die Zukunft gegeben sind. Denn die Bodeninventur im Rahmen der Bodenschätzung gewinnt mehr und mehr Bedeutung für alle Fragen des Bodenschutzes.

Eine weitere Aufgabe, die wir uns mit der diesjährigen Tagung in einem der neuen Bundesländer gestellt haben, war - im Rahmen unserer Möglichkeiten - eine Unterstützung unserer Kollegen in den neuen Bundesländern in einer schwierigen Zeit des Umbruches, des Neuanfanges zu geben.

Durch Spenden der Mitglieder der DBG und eine spontane Bereitschaft zur Mitfinanzierung durch den Herrn Bundesminister der Finanzen konnte am 15. Mai am Gehöft des ehemaligen Reichsspitzenbetriebes Haberhauffe/Jäger in Eickendorf in einer Feierstunde mit Ansprachen von Finanzminister Dr. Böhmer, Sachsen-Anhalt und DBG-Präsident Prof. Kuntze die Erinnerungstafel enthüllt werden, die folgenden Wortlaut trägt:

"Zur Würdigung aller Bodenschätzer, die mit der Kartierung der landwirtschaftlich nutzbaren Böden eine herausragende bodenkundliche Leistung erbracht und bleibende Bewertungsgrundlagen geschaffen haben.

Nach den Ergebnissen der ab 1934 von der Finanzverwaltung durchgeführten Bodenschätzung gehörten zu diesem Betrieb der Familien Haberhauffe und Jäger die höchstbewerteten Böden Deutschlands.

Der Bundesminister  
der Finanzen

Deutsche Bodenkundliche  
Gesellschaft

15. Mai  
1992 "

Den Abschluß der zweitägigen Tagung bildete die Exkursion zu zwei Reichsmusterstücken mit Diskussion an Profilen von Schwarzerden aus LÖB.

Geplant ist nunmehr die Einrichtung eines kleinen Bodenschätzungs-Museums auf dem ehemaligen Betrieb Jäger in Eickendorf.

Gedankt sei allen, die zum Gelingen dieser besonderen Tagung beigetragen haben.

Die Nutzung der Bodenschätzung zur Erarbeitung von Lokalbodenformenkarten und Betriebsstandortkarten für ausgewählte Gebiete Sachsen-Anhalts

von

ALTERMANN, M. <sup>†)</sup>

1. Zur Auswertung und Ergänzung der Bodenschätzung in Ostdeutschland

Die Auswertung und Aufbereitung der Bodenschätzungsergebnisse für nichtsteuerliche Zwecke erfolgte in Deutschland nach 1945 nicht einheitlich. In Ostdeutschland wurde die Bodenschätzung 1954 abgeschlossen. Bereits in den 50er Jahren erfolgte vom damaligen Institut für Bodenkartierung Berlin die Umzeichnung der Bodenschätzungskarten vom Originalmaßstab (meistens 1 : 2 500) auf den Maßstab 1 : 5 000 (für Teile von Thüringen und Sachsen), 1 : 10 000 (für die überwiegenden Teile Ostdeutschlands) oder 1 : 25 000 (für größere Gebiete des Landes Brandenburg; letztgenannte Karten wurden erstellt von der ehemaligen Staatlichen Geologischen Kommission der DDR).

Somit liegen für Ostdeutschland flächendeckend umgezeichnete, kaum generalisierte Bodenschätzungskarten vor, welche die Klassenflächen ohne Wertangaben (also ohne Bodenzahl/Ackerzahl bzw. Grünlandgrundzahl/Grünlandzahl) beinhalten. Bei der Umzeichnung entfielen nur jene Klassenflächen, die bei gleichem Klassenzeichen lediglich unterschiedliche Wertzahlen ausweisen. Diese Bodenschätzungskarten ermöglichen eine vielfältige Nutzung. So wurden beispielsweise die Karten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK; SCHMIDT 1975) zu einem wesentlichen Teil durch Auswertung dieser Bodenschätzungskarten erarbeitet. Gleiches trifft für die standortkundliche Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Schläge zu (THIERE 1983).

Die umgezeichneten Bodenschätzungskarten genügten nicht allen Anforderungen, so daß KASCH (1967, 1971) eine "Standortkundliche Ergänzung der Bodenschätzung" vorgeschlagen hat. Durch diese Arbeiten wurden Karten im Maßstab 1 : 10 000 der Körnungsartenabfolge bis 1 m unter Flur (sog. Bodengliederungskarten), der aktuellen Wasserverhältnisse, der Steinigkeit des Oberbodens sowie der Hangneigung vorgelegt, insbesondere für größere Gebiete von Mecklenburg und Brandenburg. Durch diese Ergänzungsarbeiten konnte ein wesentlicher Nachteil der Bodenschätzungskarten i. M. 1 : 5 000 bis 1 : 25 000, nämlich die Angabe einer Durchschnittsbodenart bis 1 m unter Flur im Klassenzeichen der Bodenschätzung, behoben werden.

Die Mehrschichtigkeit der Böden - in den Grablochbeschrieben durch differenzierte Bodenartenangabe ausgewiesen - wurde von der Bodenschätzung lediglich in den Klassenzeichen der Lößstandorte (z. B. durch die Doppelangabe der geologischen Herkunft als LÖV oder LÖB) ausgedrückt. Für andere Bodengebiete (Tieflandstandorte, Mittelgebirge,

<sup>†)</sup> Institut für Standortkunde und Agrarraumgestaltung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Weidenplan 14, O-4020 Halle

Auenstandorte) trifft das jedoch nicht zu. Bei den Tieflandstandorten ist beispielsweise für die Kennzeichnung des Bodenwasserhaushalts die Kenntnis der Zusammensetzung und Mächtigkeit der sandigen Decken über den Lehmkörper von großer Bedeutung. Die Angabe der Durchschnittsbodenart reicht also für viele Fragestellungen nicht aus.

Da die "Standortkundliche Ergänzung der Bodenschätzung" - gemäß der Methodik der Bodenschätzung - nur für den Tiefenbereich bis 1 m unter Flur vorgenommen wird, was z. B. für Auswertungen im Rahmen des Bodenschutzes nicht genügt, wurde durch ALTERMANN, MAUTSCHKE u. SCHRÖDER (1969 - 1976) bereits Ende der 60er Jahre das Verfahren der "Standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung" für das Gebiet Sachsen-Anhalts weiterentwickelt.

## 2. Die Erarbeitung von Lokalbodenformenkarten i. M. 1 : 10 000 unter Nutzung der Bodenschätzung

Unter Bodenformen im Sinne von LIEBEROTH (1967) versteht man speziell für die Bodenkartierung entwickelte bodensystematische Einheiten aus der Kombination von Substrattyp (gebildet durch Typisierung nach der vertikalen Körnungsabfolge bis 2 m unter Flur sowie nach geologisch-petrographischen Kriterien) und Bodentyp. Lokalbodenformen differenzieren die Hauptbodenformen nach dem Substrataufbau (Differenzierung der Substrattypen hinsichtlich Kornzusammensetzung und Mächtigkeitsabstufungen) und bodengenesischen Gesichtspunkten (Angabe der Bodensubtypen oder niedere Kategorien). Beispiele sollen das veranschaulichen:

Kategorie	Hauptbodenform	Lokalbodenform
Inhalt	Substrattyp + Bodentyp (z.T. Bo.-Subtyp)	Substrat- + Bodensubtyp subtyp (Bodenvarietät)
Beispiel	Tieflehm - Fahlerde	Reinsand      Pseudogley- - Fahlerde Sandlehm
Kennzeichnung	reiner Sand . Fahlerde bis sehr . (Angabe schwach leh- . des Sub- miger Sand, . typs ent- 3..4 bis 8..9. fällt dm mächtig . meistens) über sandigem. Lehm bis Lehm.	reiner . Pseudogley- Sand, 3 bis. Fahlerde 6 dm mäch- . tig über . sandigem . Lehm . . . . .

Die differenzierte Angabe und die Ausgrenzung der Lokalbodenformen war nur durch intensive Auswertung der Bodenschätzungsunterlagen in folgenden Arbeitsschritten möglich:

### a) Ermittlung des Substratsubtyps:

- gemeindeweise Auswertung der Grablochbeschriebe der Bodenschätzung: Umsetzung der Bodenartenangaben in die Körnungsarten der TGL 24300 für den Bereich bis 1 m unter Flur. Eintragung in die auf den Bodenschätzungskarten i. M. 1 : 10 000 ausgewiesenen Klassenflächen;

- Auswertung der geologischen Karten i. M. 1 : 25 000 zur Ableitung der Körnungsart für den Bereich 1 ... 2 m unter Flur;
- Durchführung von Bohrungen und Schürfen bis 2 m unter Flur zur Überprüfung und Festlegung des Substratsubtyps;
- Ausgrenzung der Substratsubtypen gemäß den Konturen der Klassenflächen auf den Bodenschätzungskarten i. M. 1 : 10 000 nach der vertikalen Körnungsartenabfolge unter Berücksichtigung folgender Mächtigkeitsabstufungen:

IS/L lehmiger Sand 25 cm mächtig über Lehm,

IS lehmiger Sand 30 ... 60 cm mächtig über Lehm,  
L

IS lehmiger Sand 65 ... 90 cm mächtig über Lehm,  
L

IS lehmiger Sand > 90 cm mächtig über Lehm.  
L

Dabei erfolgten Zusammenfassungen der Körnungsartenabfolge zu möglichst nur 2 Körnungsarten, jedoch wurde bei Bedarf auch eine dreischichtige Körnungsartenfolge ausgewiesen, z.B.:

l<sup>u</sup>S sehr schwach lehmiger Sand, 30 ... 60 cm mächtig über  
S : 30 ... 40 cm mächtigem Sand über

L Lehm bis etwa 2m unter Flur.

Für den Tiefenbereich 1 ... 2 m unter Flur wurden nur die Körnungsartengruppen Sand, lehmiger Sand, Lehm und Ton ausgewiesen, auch um die Vielfalt der Substratsubtypen zu beschränken. Kalkhaltiges Substrat erhielt ein zusätzliches Symbol, z.B. (k)L = Kalklehm.

**b) Ermittlung des Bodensubtyps (bzw. der Bodenvarietät):**

- Auswertung der Grablochbeschriebe der Bodenschätzung hinsichtlich folgender Angaben:  
Humusgehalt/-mächtigkeit, Kalkgehalt, Farbe, Rostfleckigkeit, Eisenschüssigkeit, Bleichung, Bänder, Nester, Konkretionen.
- Überprüfung der Interpretation der bodengenetischen Angaben der Grablochbeschriebe durch Geländearbeiten (siehe a)).

**c) Ausgrenzung der Lokalbodenformen durch Differenzierung der ausgewiesenen Substratsubtypen nach bodengenetischen Kriterien**

Alle Kartierungseinheiten (Lokalbodenformen) sind in Dokumentationsblättern ausführlich beschrieben. Lokalbodenformenkarten wurden für etwa 100 000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche Sachsen-Anhalts erarbeitet (ALTERMANN, MAUTSCHKE, SCHRÖDER; 1969 - 1976).

### 3. Erarbeitung von Betriebsstandortkarten i. M. 1 : 25 000 unter Nutzung der Bodenschätzung

Der relativ hohe Aufwand bei der Herstellung der Lokalbodenformkarten ließ eine schnelle, dem steigenden Bedarf an standortkundlichen Grundlagen gerecht werdende, flächendeckende Erarbeitung mit den damals in Ostdeutschland zur Verfügung stehenden Kapazitäten nicht zu. Andererseits ermöglichte die Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK) im Übersichtsmaß 1 : 100 000 nicht alle standortkundlichen Ableitungen für die Landwirtschaftsbetriebe. Mit dem Konzept der Betriebsstandortkarten i. M. 1 : 25 000 wurde das Ziel verfolgt, die Kartierungseinheiten der MMK, die Standortregionaltypen, zu differenzieren und zu präzisieren, um somit deren Aussagekraft für betriebliche Erfordernisse zu erhöhen (ALTERMANN, PRETZSCHEL u. BÖHME; 1986). Die Betriebsstandortkarten bestehen aus 2 Kartenteilen, der Bodenkarte (differenzierte Standortregionaltypen der MMK, Bodenformengesellschaften) und der Hangneigungskarte. Zur Erarbeitung der Bodenkarte wurde wiederum gezielt die Bodenschätzung ausgewertet. Nur für Gebiete mit geringem Kenntnisstand oder mit komplizierten Bodenverhältnissen erfolgte die Auswertung der Grablochbeschriebe nach der unter 2. aufgezeigten Methodik. Vielmehr wurde durch umfangreiche Geländearbeiten (je 100 ha 2 - 3 Schürfe) die Bodenvergesellschaftung für die dominierenden Klassenflächen der Bodenschätzung untersucht. Dadurch war es möglich, die Bodenschätzungskarten i. M. 1 : 10 000 zur Ausgrenzung und Kennzeichnung der Bodenformengesellschaften (Anteile der Bodenformen, Substrataufbau, Begleitböden) gemäß beigefügtem Legendenausschnitt (Tabelle 1) heranzuziehen. Dafür wurden auch noch weitere Unterlagen genutzt (z.B.: Luftbilder). Betriebsstandortkarten wurden für etwa 60 000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche Sachsen-Anhalts erarbeitet (ALTERMANN, 1985; ALTERMANN, PRETZSCHEL u. BÖHME; 1983).

#### Literatur:

- ALTERMANN, M.: Standortkennzeichnung landwirtschaftlich genutzter Gebiete des östlichen Harzes. Diss. B, Univ. Rostock 1985
- ALTERMANN, M.; MAUTSCHKE, J. u. H. SCHRÖDER: Bodenkarten i.M. 1:10 000 und Erläuterungen für Territorien des Bezirkes Magdeburg. VEB Geol. Forsch. u. Erkundung Halle 1969 -1976
- ALTERMANN, M.; PRETZSCHEL, M. u. G. BÖHME: Standortkennzeichnung für den Kreis Querfurt mit Boden- und Hangneigungskarte i.M. 1:25 000. VEB Geol. Forsch. u. Erkundung Halle 1983
- ALTERMANN, M.; PRETZSCHEL, M. u. G. BÖHME: Standortkennzeichnung mittels Betriebsstandortkarten und deren Auswertung für Landwirtschaftsbetriebe. Wiss. Beitr. der MfU WB 1986/51. (S. 53) Halle (1986), S. 21-46
- KASCH, W.: Arbeitsrichtlinie zur Durchführung der Standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung. DAL zu Berlin, Inst. f. Bodenkunde Eberswalde, 1. Aufl. 1967, 2. Aufl. 1971
- LIEBEROTH; I. u.a.: Kennzeichnung und Bewertung landwirtschaftlich genutzter Standorte in der DDR. DAL zu Berlin, Inst. f. Bodenkunde Eberswalde 1967
- SCHMIDT, R.: Grundlagen der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u: Bodenkd. 19 (1975) 8, S. 533-545
- TGL 24300: Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte. DAL zu Berlin
- THIERE, J. u.a.: Richtlinie zur standortkundlichen Kennzeichnung von Acker- und Graslandschlägen. FZB Müncheberg der ADL, Bereich Bodenkd./Fernerkundung Eberswalde 1983

Tabelle 1: Legendenausschnitt einer Betriebsstandortkarte - Bodenverhältnisse (differenzierte Standortregionaltypen) für Landwirtschaftsbetriebe des östlichen Harzes

Kartierungseinheit (differenzierter Standortregionaltyp)	verbreitete Böden (Bodenformengesellschaften)				Substratflächen - typ	Hydromorphie - flächentyp	Begleit - böden	dominierende Grundgesteine	Kurz - charak - teristik der Standorte
	Leitbodenformen des differenzierten Standortregionaltyps								
	Flächen- anteil in Fünfteln	Haupt- boden- formen (Symbole)	Symbole u. Bezeichnung d. Lokal - bodenformen	Substrataufbau der Leitbodenformen  vertikale Schichtabfolgen sind mit I, II, III, angegeben					
 V5c 2(2)	3	nB	In/nB + n/gB Lehmschutt über Schutt-, Schutt über Gestein - Braunerden	I lehmiger Schutt (Lößschutt: Mittelschutt), 3-5 dm II Steinschutt (Basisschutt), 4-7 dm; z.T. fehlend III anst. Diabas	n (a) - vö: Schutt mit Berglöß Nf: durchgehend sicherwasserbestimmf	lokal eng begrenzte Naßstellen insbesondere am Fuße der Diabas- kuppen mög- lich; Inseln von Fahl- erden (vö/nF)	Diabas	flachgrün- dige Schutt- böden, meist in Kuppenpa- sition, mit geringem An- teil steiniger Schlufflehm- böden, erosionsan- fällig, lokal >500 m vorbr.	
	2	vö / gB	vö/nB Berglöß über Schutt- Braunerden	I schwach bis stark steiniger/ grusiger, lehmiger Schluff (Gebirgslöß), 4-5 dm II Steinschutt (Basisschutt), 5-7 dm III anst. Diabas					

1. The first part of the document is a list of names and addresses of the members of the committee. The names are listed in alphabetical order, and the addresses are listed below each name. The list includes names such as Mr. J. B. Smith, Mr. J. C. Jones, and Mr. W. D. Brown, among others.

Standortkennzeichnung von Ackerschlägen durch Auswertung der Bodenschätzung und ergänzende Erhebungen

von

Altermann, M.<sup>+) , D. Kühn<sup>++)</sup> u. J. Thieme<sup>+++)</sup></sup>

**1. Zielstellung der Standortkennzeichnung von Ackerschlägen**

- Bereitstellung von Informationen für eine standortangepaßte Bodennutzung;
- Bereitstellung von Informationen zur Planung und Durchführung von Bodenschutzmaßnahmen;
- Bereitstellung von Parametern zur vergleichenden Beurteilung und Bewertung von landwirtschaftlichen Nutzflächen.

**2. Ermittlung schlagbezogener Standortdaten**

Die Ermittlung der schlagbezogenen Standortdaten erfolgte nach der von THIEME u.a. (1983) vorgeschlagenen Methodik. Die Bodenschätzungsunterlagen waren dafür die wichtigste Datenbasis.

**2.1. Bodendaten**

**\* Kennzeichnender Standorttyp (ST)**

(= zusammenfassender Ausdruck für Boden-, Substrat- und Wasserverhältnisse)

*Datenbasis:* Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK), Bodenschätzungskarten i.M. 1:10 000, Geländeerhebungen

**\* Substratflächentyp (SFT)**

(= typisierte Vergesellschaftung der Substrattypen; Substrattypen sind typische vertikale Substratabfolgen)

*Datenbasis:* MMK, Bodenschätzungskarten i.M. 1:10 000, Geländeerhebungen

**\* Flächentyp der Bodenart des Oberbodens (OFT)**

(= typisierte Vergesellschaftung der Bodenart der Ackerkrume)

*Datenbasis:* Bodenschätzungskarten i.M. 1:10 000

+) Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Landw. Fak., Inst. f. Standortkunde u. Agrarraumgestaltung, O-4020 Halle, Weidenplan 14

++) BGR Hannover, Außenstelle Berlin, O-1040 Berlin, Invalidenstr. 44,

+++ ZALF, Inst. f. Bodenforschung, Arbeitsstelle Eberswalde, O-1300 Eberswalde-Finow, A.-Zinn-Weg 10

\* **Hauptbodenformen (HBF)**

(= Kennzeichnung des Bodens nach Substrattyp und Bodentyp)

*Datenbasis:* MMK, Bodenschätzungskarten i.M. 1:10 000

\* **kennzeichnende Steinigkeitsgruppe (EO)**

(= zusammenfassende Angabe für den Steingehalt der Ackerkrume)

*Datenbasis:* Angaben der Landwirtschaftsbetriebe, geologische Karten, Geländeerhebungen

**2.2. Daten zum Bodenwasserhaushalt**

\* **Hydromorphieflächentyp (HFT)**

(= typisierte Vergesellschaftung der Bodenwasserverhältnisse (Anteile von Sicker-, Stau- und Grundwasser))

*Datenbasis:* MMK, Geländeerhebungen

**2.3. Daten zum Relief**

\* **Neigungsflächentyp (NFT)**

(= typisierte Vergesellschaftung von Hangneigungsgruppen)

*Datenbasis:* Standortkundliche Ergänzung der Bodenschätzung:  
Hangneigungskarten i.M. 1:10 000

\* **Anteile der Hangneigungsgruppen (HG)**

(= Gruppierung der unterschiedlichen Hangneigungen)

*Datenbasis:* Standortkundliche Ergänzung der Bodenschätzung:  
Hangneigungskarten i.M. 1:10 000

**2.4. Daten zur Schlaggestaltung**

- Schlaglänge, -breite, -größe
- mittlere Hektarbreite
- Schlagform
- Besatz mit Flurelementen

*Datenbasis:* betriebliche Angaben, Geländeerhebungen

**3. Beispiel zur standortkundlichen Kennzeichnung von Einzelschlägen auf der Grundlage vorhandener Karten**

Auf der Basis der zur Verfügung stehenden Karten (s. Abb. 1: Karte 1: MMK; Karte 2: Bodenschätzungskarte i.M. 1:10 000; Karte 3: Hangneigungskarte i.M. 1:10 000) lassen sich folgende schlagbezogene Standortdaten ermitteln (Beispiel Schlag 6461 der Agrargenossenschaft Querfurt, Kreis Querfurt, Sachsen-Anhalt (AL-TERMANN u. KÜHN, 1988):

Kennzeichnender Standorttyp (ST):

Lö3a (Lößbestimmte Parabraunerden und Fahlerden, vernässungsfrei)  
(abgeleitet aus Karten 1 u. 2)

Substratflächentyp (SFT):

ö (> 80% Flächenanteil Substrattyp LÖB)  
(abgeleitet aus Karten 1 u. 2)

Flächentyp der Bodenart des Oberbodens (OFT):

L - (T) (Ackerkrume setzt sich mit > 80% Flächenanteil aus  
Lehm zusammen, kleinflächig tonig)  
(abgeleitet aus Karte 2)

Hauptbodenformen (HBF):

3/5 öP (LÖB - Parabraunerde)  
1/5 öF (LÖB - Fahlerde)  
1/5 vö/gB (Berglöß über Gestein - Braunerde)  
(abgeleitet aus Karten 1 u. 2)

Hydromorphieflächentyp (HFT):

N1 (> 80% Flächenanteil sickerwasserbestimmt)  
(abgeleitet aus Karte 1)

Neigungsflächentyp (NFT):

O3 (60 - 80% Flächenanteil Hangneigung < 2°;  
< 40% Flächenanteil Hangneigung 2 - 5°;  
1 - 5% Flächenanteil Hangneigung 5 - 6°)  
(abgeleitet aus Karte 3)

Hangneigungsgruppen (HG):

0 (ca. 80% Flächenanteil < 2° Hangneigung)  
1 (ca. 20% Flächenanteil 2- 5° Hangneigung)  
(abgeleitet aus Karte 3)

Die Standortdaten für die Einzelschläge sind in Schlagkarten dokumentiert. Die kumulative Zusammenstellung der schlagbezogenen Daten für Landwirtschaftsbetriebe und für Kreise wurde durchgeführt und auf dem Poster dargestellt.

**4. Ausblick**

- \* Schlagbezogene Standortdaten ermöglichen die flächenbezogene Zuordnung physikalischer und chemischer Bodenkennwerte.
- \* Schlagbezogene Standortdaten sind Eingangsgrößen für Algorithmen zur Ermittlung von Nutzungs- und Gefährdungspotentialen.

Literatur:

- ALTERMANN, M. u. D. KÜHN: Standortkennzeichnung AIV Querfurt, Standortgrunddaten für die Schlagkartei. VEB Geol. Forsch. u. Erkundung Halle 1988
- THIERE, J. u.a.: Richtlinie zur standortkundlichen Kennzeichnung von Acker- und Graslandschlägen. FZB MÜNCHENBERG der ADL, Bereich Bodenkd./Fernerkundung Eberswalde 1983

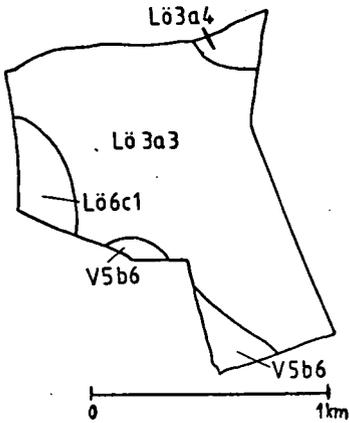
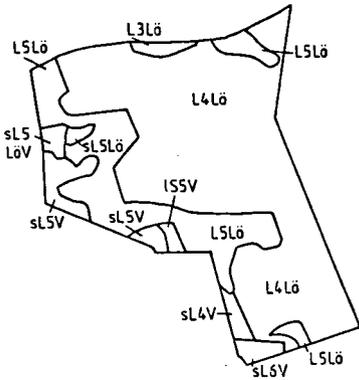


Abb.1: Ausschnitte verschiedener Karten (im gleichen Maßstab dargestellt) zur Ableitung schlagbezogener Standortdaten

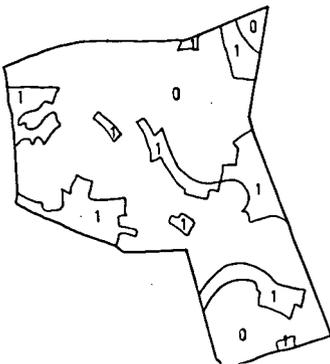
Karte 1

Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung, MMK), Maßstab der Arbeitskarten 1:25 000. Ableitung der schlagbezogenen Standortdaten: ST, SFT, HBF, HFT (siehe Text)



Karte 2

Bodenschätzungskarte (Maßstab 1:10 000). Ableitung der schlagbezogenen Standortdaten: ST, SFT, OFT, HBF (siehe Text)



Karte 3

Hangneigungskarte (Maßstab 1:10 000). Ableitung der schlagbezogenen Standortdaten: NFT, HG (siehe Text)

Der Spitzenbetrieb der Bodenschätzung Haberhauffe/Jäger  
in Eickendorf

von

ALTERMANN, M.<sup>\*)</sup> und W. JÄGER<sup>\*\*)</sup>

**1. Die Lage des Spitzenbetriebes der Bodenschätzung**  
(s. Lageskizze, abgezeichnet vom Original 1935)

Der Spitzenbetrieb der Bodenschätzung mit dem Reichshundertsatz 100 lag im Landesfinanzamtsbereich Magdeburg. Damals gehörte die Gemeinde Eickendorf zum Kreis Calbe/Saale, heute zum Kreis Schönebeck. Eickendorf liegt ca. 7 km südwestlich von Schönebeck und gehört geographisch zur Magdeburger Börde (s. auch Altermann, Hoffmann u. Schrödter: "Exkursionsführer ..." in diesem Heft).

Der landwirtschaftliche Betrieb umfaßte eine Gesamtfläche von 22,88 ha; 22,6 ha wurden in 4 Flächeneinheiten als Acker (mit besten Böden: Schwarzerden aus Löss) genutzt, die in einem Radius von 1 km um das Gehöft lagen. Diese günstige innere Verkehrslage war auch für die Auswahl des Betriebes als Spitzenbetrieb der Bodenschätzung wichtig. Hinzu kamen befestigte Landstraßen und der Bahnanschluß an der Strecke Magdeburg - Sangerhausen - Erfurt als Merkmale einer guten äußeren Verkehrslage.

**2. Anbauverhältnis des Spitzenbetriebes bis 1945**

30% Getreide, bes. Winterweizen und Sommergerste

20% Zuckerrüben

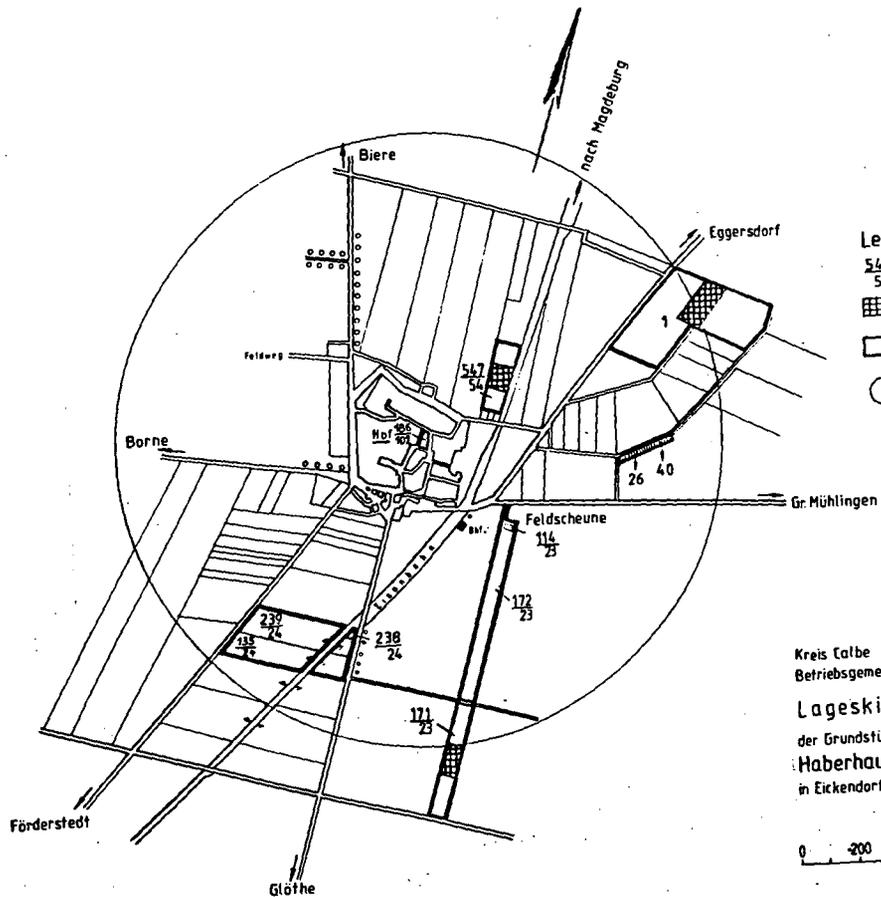
12% Luzerne und Feldfutter

8% Kartoffeln, bes. Frühkartoffeln

30% Gemüse, bes. Frühgemüse, wie Steckzwiebeln, frühe Möhren und Kohlrabi als Bündelware, getopfter Frühweiß- und Wirsingkohl, Pflückerbsen, grüne Bohnen, Spinat und Petersilie, sowie 2 ha Zwiebelsamen mit eigener Trocknungsanlage

<sup>\*)</sup> Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Landw. Fakultät,  
Inst. f. Standortkunde u. Agrarraumgestaltung

<sup>\*\*)</sup> Weidenplan 14, O-4020 Halle  
Querstraße 8, O-3301 Eickendorf



**Legende**

- 547  
54 Parzellennummer
- ▣ Lage der Reichsmusterstücke
- ▭ Grundstücke des Spitzenbetriebes
- 1km Radius um den Hof

Kreis Calbe  
Betriebsgemeinde Eickendorf

**Lageskizze**

der Grundstücke des Spitzenbetriebes  
Haberhauffe, Witwe Else geb. Wiegand  
in Eickendorf



**Kein Grünland!**

Der hohe Stallmistbedarf (hoher Hackfruchtanteil) wurde durch Zukauf von Pferdemist von der Trabrennbahn Berlin gedeckt.

**3. Viehbesatz des Spitzenbetriebes bis 1945**

4 Pferde

4 Kühe

6 Mastbullen

Schweine und Hühner nur zur Eigenversorgung

**4. Ernteerträge des Spitzenbetriebes bis 1945**

Winterweizen 48 - 52 dt/ha

Frühkartoffeln 200 dt/ha  
(Ernte ab Mitte Juni)

Zuckerrüben 400 - 480 dt/ha

**5. Ergebnisse der Bodenschätzung für den Spitzenbetrieb Habershauffe/Jäger (1935)**

Parzelle Nr.	Größe ha	Klassenzeichen der Reichsbodenschätzung
1	9,5440	L1Lö 97/101; L1Lö 100/102
26	0,0080	L1Lö 100/102
40	0,0080	L1Lö 100/102
<u>547</u>		
54	1,6504	L1Lö 97/101
<u>171</u>		
23	1,8746	L1Lö 98/102
<u>172</u>		
23	3,0625	L1Lö 98/102
<u>238</u>		
24	0,0800	L1Lö 98/102
<u>239</u>		
24	3,4740	L1Lö 98/100; L1Lö 98/102
<u>135</u>		
24	2,9380	L1Lö 98/100; L1Lö 98/102
-----		
<u>186</u>		
102	0,2020	Hofraum
<u>114</u>		
23	0,0386	Feldscheune
<b>Summe</b>	<b>22,8801</b>	

## 6. Geschichte des Bauernhofes Haberhauffe/Jäger - Eickendorf

- 19. Jahrhundert: Nutzung des Gehöfts als Fuhrunternehmen. Besitzer war der Großonkel von E. Haberhauffe (geb. Wiegand). Er fuhr mit dem Pferdewagen bis nach Paris, um Handelsware zu holen.
- 1880: Else Wiegand geboren; 1904 Heirat - Else Haberhauffe
- 1900 - 1904: Ausbau des Gehöfts als landwirtschaftlicher Betrieb; Bewirtschaftung von 17,5 ha durch Familie Haberhauffe
- 1916: Else Haberhauffe verwitwet; sie war Eigentümerin des Hofes bis 1938
- 1925: Landwirt Willy Jäger (geb. 1900) heiratete die Tochter der Familie Haberhauffe, Elsbeth Haberhauffe. Die Familie Jäger bewirtschaftete nun den Hof. Der landwirtschaftliche Betrieb entwickelte sich unter der Leitung von Willy Jäger zu einer Musterwirtschaft.
- 1925, 1928, 1931, 1935: Der landwirtschaftliche Betrieb der Witwe E. Haberhauffe wurde im Rahmen der Einheitsbewertung bei den Hauptfeststellungen am 1. Januar in den genannten Jahren als "Reichsspitzenbetrieb" mit der höchsten Verhältniszahl 100 bewertet, nicht zuletzt wegen der hervorragenden Qualität der Böden.
- 1928: Auswahl des Betriebes der Witwe E. Haberhauffe vom Bewertungsbeirat für Ackerland als Vergleichsbetrieb, "bei dem die neben der Bodenbeschaffenheit mitwirkenden Faktoren nicht all zu weit vom Mittel entfernt liegen." (ROTHKEGEL/HERZOG 1928)
- 1932: Zukauf von 5 ha Ackerland
- 1934: Schätzung der drei Musterstücke des Reichsspitzenbetriebes
- 1935: Zupachtung von 5 ha Ackerland von einer Domäne
- 1935: Durchführung der Bodenschätzung in Eickendorf (Verabschiedung des Bodenschätzungsgesetzes am 16. Oktober 1934)
- 1938: Else Haberhauffe verstorben; E. Jäger (geb. Haberhauffe) wurde Eigentümerin des Gehöfts (bis 1978)
- 1945: Als Folge der Bodenreform mußten 5 ha Pachtland abgegeben werden.
- 1945: Willy Jäger, zuletzt Bürgermeister in Eickendorf, inhaftiert von sowjetischer Besatzungsmacht
- 1946: Staatliche Pflichtbeauftragung des Betriebes mit pflanzlichen und tierischen Produkten
- 1947: Willy Jäger im Internierungslager Mühlberg/Elbe gestorben

- 1953; März: Zwangsaufgabe des landwirtschaftlichen Betriebes, da "Großbauern" (ab 20 ha) nicht kreditwürdig waren. Bewirtschaftung der Flächen durch den örtlichen Landwirtschaftsbetrieb Eickendorf
- ab 1954: Bewirtschaftung der Flächen durch die Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft Eickendorf, später Biere
- ab 1954: Umgestaltung des Gehöfts zu einem Wohngrundstück
- 1978: E. Jäger (geb. Haberhauffe) gestorben, Eigentümer des Hofes wurde Willy Jäger (geb. 1931)
- 1990: Verpachtung der landwirtschaftlichen Nutzflächen an die Landwirtschaftliche Produktivgenossenschaft Bördeland e. G., Biere
- 1992, 15. Mai: Enthüllung der Erinnerungstafel "Bodenschätzung"; Beginn des Ausbaus des ehemaligen Pferdestalls als kleines Museum "Bodenschätzung".

Spruch über die 11 Bördedörfer:

Stemmern, Biere, Bahrendorp,  
Zenz, Mühlinge, Eickendorf,  
Brumby und Glöthe,  
Üllnitz und Forstedte,  
Atzendorp liegt ook dable,  
soll'n dat nicht elf Dörper si.



## Situationsbericht über die Bodenschätzung in den neuen Bundesländern

von

H.-J. Baumgardt \*

### 1. Stand der Bodenschätzung

- Die Bodenschätzung wurde flächendeckend durchgeführt, bis auf den Ostteil Berlins,
- damit Grundlage für die Ermittlung der Ersatzwirtschaftswerte (§ 125 BewGesetz 91),
- Durchführung der Bodenschätzung 1935 - 1942 und 1947 - 1956,
- praktisch keine Überprüfung bzw. Nachschätzung im Sinne des BoSchätzgesetzes,
- Auswertungen für Zwecke der Standortkartierung (z.B. für LPG'n) und der Wissenschaft.

### 2. Nachweis der Bodenschätzung

- Durchführung der Bodenschätzung nach einheitlichen Grundsätzen einschl. der Aktenführung (Gemeindebeschreibung, Vergleichsstück- und Musterstücksunterlagen usw.),
- in Feldschätzungskarten und Feldschätzungsbücher,
- in Schätzungsurkarten sowie Acker- und Grünlandschätzungsbücher,
- Vollständigkeit der Bodenschätzungsunterlagen bis auf Teilbereiche,
- Nachweis der Bodenschätzung im Reichskataster (Grundlage für die Finanzverwaltung), Aufstellung und Fortführung teilweise auch noch nach 1945.

### 3. Nachschätzungsbedarf und Arbeitsschwerpunkte in den neuen Bundesländern

- Bestandsaufnahme der Musterstücke (= gesetzliche Grundlage der Bodenschätzung) mit dem Ziel, den langfristigen Bedarf festzustellen. Insgesamt 1291 Musterstücke (200 bis 300 MST je Land; Stand 15.10.1992): geschätzte Ausfallquote 25 bis 50 %.
- Nachschätzung von rekultivierten Flächen im Zusammenhang mit dem Braunkohleabbau; zwischen 20 000 und 25 000 ha, überwiegend in den Ländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg mit je 6 000 bis 8 000 ha.
- Nachschätzung der Flächen ohne Bodenschätzung (Ostteil Berlins) bzw. wo die Bodenschätzungsunterlagen verloren gegangen sind.
- Allgemeine Überprüfung der Bodenschätzung zum Zwecke der Aktualisierung (u.a. im Rahmen von Flurneuordnungsverfahren) unter Beachtung der Nachschätzungsgründe nach § 12 des BoSchätzGesetzes wie z.B. Meliorationen und Nutzungsartenveränderungen unter besonderer Berücksichtigung der Klima- und Wasserverhältnisse des Standortes.

### 4. Organisationsfragen

- Insgesamt 6,2 Mill. ha Landw. Nutzfläche (0,9 bis 1,5 Mill. ha je Land, tatsächlicher Grünlandanteil liegt in den Ländern zwischen 23 und 28 %).
- Insgesamt 52 Amtliche Landwirtschaftliche Sachverständige (ALS); 9 bis 13 ALS je Land z.Z. mit Bewertungsaufgaben beauftragt mit Fachaufsicht durch die Oberfinanzdirektionen. Mit dem Nachschätzungsauftrag besteht die Notwendigkeit, die ALS-Stellen aufzustocken einschl. der Einstellung von Vermessungstechnikern als ALS-Mitarbeitern.
- Intensiv Betreuungsarbeit durch die OFD'n der beauftragten Bundesländer einschl. ihrer zuständigen ALS; Mecklenburg-Vorpommern - OFD Kiel, Brandenburg/Berlin - OFD Münster, Sachsen-Anhalt - OFD Hannover, Sachsen - OFD Nürnberg und Thüringen - OFD Frankfurt/M.
- Theoretische und praxisnahe Ausbildung der Sachverständigen durch ein- bis mehrwöchige Lehrgänge an den Landesfinanzschulen bzw. durch ein- bis mehrtägige Tagungen einschl. Informationen und Anleitungen vor Ort.
- Bildung von Schätzungsausschüssen einschl. Besetzung des Landesschätzungsbeirates; Berufung und Ausbildung von ehrenamtlichen Sachverständigen.
- Notwendigkeit der Raum- und Sachausstattung in den Finanzämtern einschl. Überführung und Archivierung der Bodenschätzungsunterlagen.

**Bodentypologische Profilansprache und ihre  
DV-gerechte Normung für das NIBIS - dargestellt an  
den Bodentypen Podsol, Plaggenesch und Gley**

von

Benne, J.; Benzler, J.-H. und Capelle, A. <sup>\*)</sup>

Kurzfassung

Der verstärkte Einsatz der DV bei der Verarbeitung bodenkundlicher Profildaten stellt relativ hohe Ansprüche an deren Struktur, Form und Inhalt. Um den Programmieraufwand zu minimieren und Fehlinterpretationen zu vermeiden, müssen

- a) die Merkmale und Eigenschaften der Bodenhorizonte detailliert beschrieben und
- b) diese durch eindeutige, logisch-prägnante und unverwechselbare Symbole mit DV-gerechter Normung so gekennzeichnet werden, daß
- c) aus den Horizontsymbolen Bodentypen eindeutig abgeleitet werden können.

An den Beispielen Podsol, Plaggenesch und Gley soll aufgezeigt werden, in welcher Weise sich unser Vorschlag von den Horizontsymbolen der KA 3 unterscheidet.

Bei der Ansprache eines Bodenprofils nimmt der Bodenkundler eine Vielzahl von Eigenschaften und Merkmalen wahr, die entweder pedogenetischen, geogenetischen oder anthropogenetischen Ursprungs sind. Aus den beobachteten Eigenschaften und Merkmalen werden Horizonte abgeleitet und mit Hauptsymbolen (Großbuchstaben) gekennzeichnet. Zur weiteren Differenzierung, z. B. Ausfällung von Humus oder Sequioxiden im Unterboden, können diese durch Zusatzsymbole (Kleinbuchstaben) ergänzt werden.

---

<sup>\*)</sup> Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung,  
Stilleweg 2, W - 3000 Hannover

Da als Symbole nur die 26 Groß- bzw. Kleinbuchstaben des Alphabets zur Verfügung stehen, müssen die Haupt- und Zusatzsymbole in der Art und Weise aneinandergereiht werden, daß sie einen definierten Horizont symbolisieren. Da die Horizontmerkmale cum grano salis in drei Ursprungsgruppen eingeteilt werden können, bietet es sich an, diese als Ordnungselement zu nutzen. In Anlehnung an die KA 3 werden die Zusatzsymbole für pedogenetische Merkmale dem Hauptsymbol nachgestellt, die Zusatzsymbole für geogenetische und anthropogenetische Merkmale dem Hauptsymbol vorangestellt. Es dürfen maximal drei Zusatzsymbole dem Hauptsymbol voran- bzw. nachgestellt werden. Das rechts stehende Horizontmerkmal ist stärker ausgeprägt als das links stehende (Übersicht 1, Abb. 1). Man sollte es sich jedoch zur Regel machen, nicht mehr Zusatzsymbole zu verwenden als zur eindeutigen Beschreibung der Horizonte erforderlich sind. Es ist leider auch bei diesem Vorschlag nicht zu vermeiden, daß Kleinbuchstaben als Zusatzsymbole für mehrere Horizontmerkmale verwendet werden. In diesen Fällen müssen sie in Verbindung mit dem Hauptsymbol definiert werden (Übersicht 1, Abb. 1).

LITERATUR:

AG BODENKUNDE: Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Aufl., 1982

BENNE, J; BENZLER, J.-H. und CAPELLE, A.: Vorschlag zur Bodentypologischen Profilsprache und Klassifikation der Böden in Niedersachsen - Techn. Berichte zum NIBIS (in Vorbereitung).

Podsol	Pn	Brauner Plaggenesch Eb	Gley	Gn
Aeh		E-pR		Ah
Ae	pR	bE		Geow
Bsh	Bsh	fBv		Grn
Bs	Bs	Cv		
Cv	Cv			

Abb. 1: Horizontfolgen der Bodentypen Podsol, Brauner Plaggenesch und Gley

ÜBERSICHT 1: Horizontsymbole nach der Kartieranleitung, 3. Aufl.  
im Vergleich mit den vorgeschlagenen Horizontsymbolen  
und ihre Definitionen

<u>n. KA 3</u>	<u>Vorschlag</u>	<u>Definition</u>
Ae	Ae	sauergebleichter Oberbodenhorizont des Podsols
Aeh	Aeh	humoser Oberbodenhorizont mit beginnender Sauerbleichung
Ah	Ah	humoser Oberbodenhorizont
Bs	Bs	sequioxidangereicherter Unterboden- horizont des Podsols
Bsh	Bsh	Unterbodenhorizont des Podsols, vorwiegend mit Humus, zurücktretend mit Sequioxiden angereichert
fBv	fBv	fossiler (überdeckter), durch Ver- witterung verbrauchter Unterboden- horizont der Braunerde
Cv	Cv	verwitterter Untergrundhorizont
E	bE	Mineralbodenhorizont des Braunen Plaggeneschs aus aufgetragenen braunen Grasplaggen
Go	Geow	zeitweise wassererfüllter Horizont der Gleye, zurücktretend mit Naß- bleichungs-, vorwiegend mit Oxida- tionsmerkmalen
Gr	Grn	ständig wassererfüllter Horizont der Gleye mit Reduktionsmerkmalen
Ap	pR	wiederholt gepflügter Mischhorizont (Ackerkrume)
E-Ap	E-pR	wiederholt gepflügter Mischhorizont (Ackerkrume) des Plaggeneschs aus aufgetragenen Plaggen



BODENSCHÄTZUNG UND BODENSCHUTZ

von

CORDSEN, E., H.-K. SIEM, K. KÜHL u. H.-J. WILLRODT \*

Bodenschutz ist ohne hinreichende Kenntnis der zu schützenden Objekte nicht möglich.

Ein Bodeninformationssystem als Grundlage für den Bodenschutz muß immer, unabhängig davon, ob es analog oder digital geführt wird, als Kernstück möglichst flächendeckende Unterlagen über die Böden, ihre Gestalt, ihre Verteilung, ihre Vergesellschaftung und ihre Eigenschaften beinhalten. Grundsätzlich bedarf die Erhebung stichhaltiger Informationen über die Böden der Aufnahme im Gelände, am Objekt selbst.

Nun ist die praktische Bodenkartierung, soll sie umfassend gestaltet werden, eine sehr zeitaufwendige Tätigkeit, die in Schleswig-Holstein bisher noch nicht landesweit flächendeckend durchgeführt werden konnte. Dies hat seine Gründe einerseits in der über Jahre hinweg zu geringen Schlagkraft des bodenkundlichen Dienstes, andererseits seit geraumer Zeit in der Zunahme sich häufig auf Maßnahmen des Bodenschutzes beziehender Spezialuntersuchungen, die viel Zeit in Anspruch nehmen. Im Grunde genommen fehlen bereits für diese Spezialuntersuchungen vollständige Unterlagen über die Verteilung der Böden, die für die repräsentative Auswahl geeigneter Untersuchungsstandorte unbedingte Voraussetzung wären. Nur so ließen sich auch im Rahmen des Bodenschutzes allgemeine Konzepte der Übertragbarkeit der gefundenen Ergebnisse in die Fläche formulieren.

Um diesem Mangel zu begegnen, wird in Schleswig-Holstein, wie in einer Anzahl anderer Bundesländer auch, die Möglichkeit genutzt, über die Daten der Reichsbodenschätzung die erforderlichen bodenkundlichen Informationen zu erhalten. Man ist sich dabei gewiß darüber bewußt, daß einerseits die Daten der Reichsbodenschätzung nicht die gesamte Landesfläche, sondern nur den zur Zeit der Ersterhebungen landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Teil abdecken. Klar ist andererseits auch, daß diese Daten in der Regel nur den Raum bis einen Meter unter Geländeoberfläche betreffen und auch nicht nach den gleichen Kriterien aufgenommen worden sind, die einer modernen bodenkundlichen Inventur zugrunde liegen. Jedoch entscheiden sich viele die Eigenschaften eines Standortes bestimmenden Fragen eben in diesem Raum bis einen Meter unter Geländeoberfläche. Geologische Karten können dann Auskunft über den darunter liegenden Raum geben. Und immerhin betrug die landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzte Landesfläche Schleswig-Holsteins zur Zeit der Ersterhebungen im Zuge der Reichsbodenschätzung 78 %.

Bei der Übernahme der Daten der Reichsbodenschätzung von der Finanzverwaltung wird größter Wert darauf gelegt, daß sie ausnahmslos vollständig und unverändert auf die neuen Datenträger gelangen. Mit diesem Schritt sollen die Reproduzierbarkeit der Übernahme und die Möglichkeit direkter Rückfragen an die Finanzverwaltung sowie problemlose Kommunikation mit den Amtlichen Bodenschätzern gewährleistet werden. Jegliche Interpretationen der Daten im Hinblick auf eine bodenkundliche Auswertung müssen den folgenden Schritten vorbehalten bleiben, um die Urdaten der Reichsbodenschätzung innerhalb eines Natur- und Umwelt-Informationssystemes auch anderen Zwecken unverändert zur Verfügung stellen zu

---

\* Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mercatorstraße 7, 2300 Kiel 1

können. In diesem Sinne und im Sinne der Kontinuität der Reichsbodenschätzung sollte aus unserer Sicht im Rahmen einer Überarbeitung und Modernisierung des Verfahrens keinesfalls auf Elemente der in den vergangenen fast sechzig Jahren erfolgreich geübten Praxis verzichtet werden. Alle erhobenen Parameter und Bewertungen müssen im Sinne einer vollständigen Vergleichbarkeit mit den Erstaufnahmen fortgeführt werden. Auch das gemeindefreie Vorgehen im Verlauf der Schätzungsarbeiten und damit verbunden das Führen der Daten auf den Flurkarten als Inselkarten sollte aus diesen Gründen nicht aufgegeben werden. Das hierarchische System repräsentativer Böden (Vergleichsstücke) würde bei einer Neustrukturierung zumindest teilweise außer Kraft gesetzt werden.

Die Auswertungen der Daten der Reichsbodenschätzung in Schleswig-Holstein beziehen sich in großen Zügen auf die Arbeiten aus Niedersachsen, die in enger Zusammenarbeit zwischen der Finanzverwaltung und dem bodenkundlichen Dienst verfaßt worden sind und auf langjährigen Erfahrungen mit den Möglichkeiten vieler Vergleiche der Interpretationen mit den Situationen vor Ort fußen. Aufgrund einer anderen standörtlichen und naturräumlichen Struktur Schleswig-Holsteins sind Veränderungen und Anpassungen notwendig geworden. Die naturräumliche Anbindung der Dateninterpretation ist dabei Grundlage der Auswertungsarbeiten. Unterschiede in den Übersetzungs-Algorithmen der Daten der Reichsbodenschätzung in Begriffe der modernen bodenkundlichen Kartierung gemäß der Bodenkundlichen Kartieranleitung sind zwar nicht auf Ebene der Teillandschaften zu formulieren, jedoch im Rahmen der großen Naturräume (von Osten nach Westen) jungpleistozänes Östliches Hügelland, jungpleistozäne Niedere Geest mit Sanderflächen und den vermoorten Niederungssystemen von Eider, Treene und Stör, mittelpleistozäne Hohe Geest und holozäne Marschen. Eine weitere Differenzierung der Auswertungs-Algorithmen kann aufgrund der vom Nordwesten / Westen zum Südosten / Osten des Landes abnehmenden Niederschläge notwendig werden.

Um eine Interpretation der Daten in engem Zusammenhang mit den landschaftlichen Gegebenheiten zu gewährleisten, werden die Flächenkarten der Reichsbodenschätzung von den Schätzungsreinkarten, meist unter Zuhilfenahme der Feldschätzungs-karten, auf die entsprechenden Blätter der Deutschen Grundkarte 1 : 5 000 übertragen. Sie bildet die detaillierteste Kartengrundlage für diese Arbeiten, die noch Informationen zur Ausformung der Erdoberfläche enthält. Auch beinhaltet sie die genauesten diesbezüglichen Angaben in Form der Darstellung der Höhenunterschiede im Ein-Meter-Bereich. Vom Maßstab her sind auf ihr noch die Abbildungen aller Informationen der Schätzungs-karten möglich, was wegen der Informationsdichte der Daten der Reichsbodenschätzung auf der Topographischen Karte 1 : 25 000 schon nicht mehr gewährleistet ist.

Eine Nutzung der Daten der Reichsbodenschätzung allein über die Auswertung der Klassenzeichen und Wertzahlen, wie sie z.B. von Büros für Landschaftsplanung und im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren praktiziert wird, kann nicht empfohlen werden. Für umfassende bodenkundliche Bearbeitungen ist die Auswertung der Grablochbeschriebe, der Bodenprofilbeschreibungen also, unerlässlich, da nur sie die für eine grundlegende bodenkundliche Standortbeurteilung notwendigen Basisdaten enthalten. Allerdings sollte man keinesfalls darauf verfallen, Auswertungen von Grablochbeschrieben zu weit zu treiben. Standortökologische Ableitungen aus den Daten sowie Bewertungen hinsichtlich einer Nutzungsplanung, die den aufgenommenen Parametern, der Intention der Aufnahmen und der Aufnahmeintensität nicht mehr entsprechen, müssen unterlassen werden. Die Reichsbodenschätzung ist nicht im Sinne einer umfassenden, universell verwendbaren Bodenkartierung nach einem genetischen Prinzip durchgeführt worden, sondern als Aufnahme, die zunächst eine ganz bestimmte Funktion der Böden bewerten sollte, nämlich die für die landwirtschaftliche Eignung derselben. Dies schlägt sich besonders in System der Klassenzeichen und Wertzahlen nieder, weshalb auch die Auswertung der Grablochbeschriebe als Basisdaten gefordert werden muß. In die Auswertungen sollten auch die mitlaufenden Grablöcher mit einbezogen werden, da sie bei großen Klassenflächen wichtige Informationen über die Variabilität

der Böden geben. Auswertungen im Kieler Raum haben einen Anteil mitlaufender Grablöcher an der Gesamt-Grablochanzahl von 8 % ergeben, auf deren Informationen nicht verzichtet werden sollte.

Der Einsatz der Bodenschätzungsdaten im Geologischen Landesamt Schleswig-Holstein ist vielseitig: Sie werden als Basisinformationen über die Verteilung von Böden

- großmaßstäbig in Einzelbetrachtungen wie für gemeindliche und Stadtbodenkarten, für das Umfeld von Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) in Schleswig-Holstein, im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) für das Umfeld von Emittenten und für die Auswahl von Probenahme-Standorten für das Bodenbelastungskataster Schleswig-Holstein (BBK),
- mittelmaßstäbig umgesetzt für die Erstellung der Bodenkarte 1 : 25 000 (BK25) im Rahmen der bodenkundlichen Landesaufnahme und
- kleinmaßstäbig umgesetzt für den Entwurf der Boden-Übersichtskarte 1 : 200 000 (BUK200)

genutzt und bilden damit die Grundlage für den Bodenschutz.

Für die Flächen von Städten und Gemeinden fehlen häufig besonders für die als Siedlungsflächen genutzten Teile bodenkundliche Informationen. Nachgefragt werden solche Informationen von den Kommunen immer öfter im Rahmen der Erstellung von Landschaftsplänen für das jeweilige gesamte Planungsgebiet möglichst detailliert und lückenlos, da die Bedeutung bodenkundlicher Informationen im Zuge z.B. von Nutzungsentscheidungen in den letzten Jahren immer deutlicher geworden ist. Hilfreich ist der Einsatz der Daten der Reichsbodenschätzung bei dieser Fragestellung u.a. deshalb, weil sie bodenkundliche Informationen über heutige Siedlungsflächen bietet, die zum Zeitpunkt der Aufnahmen zur Reichsbodenschätzung noch unbebaut gewesen sind. Auch unter der Maßgabe der weitgehenden Veränderung der Böden dieser Flächen ist der Informationsgehalt über den Raum unterhalb der heutigen Versiegelungen und neben sowie zwischen den eigentlichen bebauten Flächen ganz erheblich. Weitere wichtige Informationen über diese Flächen und ihre Nutzungsgeschichte bieten die im Zuge der Reichsbodenschätzung vorbereitend durchgeführten Nutzungserhebungen (Reichskataster).

Um das Umfeld von Boden-Dauerbeobachtungsflächen bodenkundlich ausreichend charakterisieren zu können, sind detaillierte Informationen im Maßstab 1 : 2 000 bis 1 : 5 000 notwendig. Die Bodenkarte 1 : 25 000 von Schleswig-Holstein besitzt nicht in allen Fällen einen ausreichenden Detaillierungsgrad, da sie insbesondere in bodenkundlich hoch variablen Landschaften wie z.B. dem östlichen Hügelland nur Bodengesellschaften darzustellen vermag, wo in diesem besonderen Falle die einzelnen Glieder der abgebildeten Wirkungsgefüge dargestellt und in die Betrachtungen zur Boden-Dauerbeobachtung einbezogen werden müssen. Die Daten der Reichsbodenschätzung bieten einen solchen höheren Detaillierungsgrad schon aufgrund ihres Aufnahmemaßstabes 1 : 2 000. Insbesondere in schleswig-holsteinischen gutswirtschaftlich genutzten Landschaften sind jedoch auch hier die in der Schätzungsreinkarte dargestellten Informationen nicht ausreichend. Es muß für diesen Zweck auf die Feldschätzungskarten mit der Darstellung der Aufnahmepunkte des 50-Meter-Bohrrasters zurückgegriffen werden. Zusätzlich ist in diesen Landschaften die Einbeziehung des Reliefs, wie es sich auf der Deutschen Grundkarte darstellt, wichtiger als andernorts. Hier zeigt sich wieder die erste Sinngebung der Erhebungen zur Reichsbodenschätzung, die fiskalische Einstufung der Böden. Innerhalb größerer Gutsbetriebe waren derart detaillierte Aufnahmen nicht notwendig, da sich aufgrund der Flächengroße Schwankungen der Eigenschaften und damit der zu bewertenden Güte der Böden wieder ausglich.

Im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen kommen die Daten der Reichsbodenschätzung aus den gleichen Gründen wie im Rahmen der Boden-Dauerbeobachtung zum Einsatz. Z.B. für das Umfeld der Müllverbrennungsanlage Stapelfeld östlich Hamburgs, für das neue bodenkundliche Daten nicht vorliegen, ist nach einer Möglichkeit gesucht worden, die Verteilung der Böden zu erfassen, um eine

möglichst repräsentative Auswahl von Probenahmestandorten zu treffen. Auch für Bereiche im Umfeld geplanter Verkehrsstrassen im Kieler Stadtgebiet sind die Daten der Reichsbodenschätzung als bodenkundliche Informationsgrundlage herangezogen worden.

Im Rahmen einer weiteren landesweiten Fragestellung sind die Daten der Reichsbodenschätzung für das Bodenbelastungskataster Schleswig-Holstein über die im Lande vorhandenen Musterstücke zum Einsatz gekommen. In der Annahme, daß sie eine repräsentative Auswahl der schleswig-holsteinischen landwirtschaftlich genutzten Böden darstellen, sind sie als Grundlage für die Probenahmestandort-Auswahl der ersten Phase der Ermittlung von Belastungs-Hintergrunddaten dieses Projektes genutzt worden. Um den für die Finanzverwaltung unbedingt erforderlichen Schutz der Musterstücke zu gewährleisten, sind die im Rahmen des Projektes zu gewinnenden Oberbodenproben aus Böden in ihrer Nachbarschaft bzw. aus räumlich nicht allzu weit entfernten Klassenflächen derselben Qualität gezogen worden.

Schließlich bieten die Daten der Reichsbodenschätzung die Möglichkeit, die landesweit flächendeckende Darstellung der Böden im Rahmen der Erhebungen zur Bodenkarte 1 : 25 000 zu beschleunigen und zu verfeinern. Als Vorarbeiten zur Erstellung dieses umfassenden Planungskarten-Werkes für Schleswig-Holstein werden die Daten gemeinsam mit anderen Vorinformationen ausgewertet und als Konzept-Bodenkarten zur Darstellung gebracht. Um die naturräumliche Anbindung der Auswertungen zu gewährleisten, wird exemplarisch im Süden des Landesteiles Schleswig ein Landesquerschnitt von der Ostsee bis zur Nordsee bearbeitet, der alle in Schleswig-Holstein vorhandenen Naturräume (s.o.) berücksichtigt.

Über die Konzept-Bodenkarten ist auch für Räume, in denen aktuelle bodenkundliche Aufnahmen fehlen, der Entwurf der Boden-Ubersichtskarte 1 : 200 000 möglich. Als Keimzellen für diese können die Boden-Dauerbeobachtungsflächen genutzt werden. Sie spiegeln aufgrund ihrer repräsentativen Auswahl die typischen standörtlichen Gegebenheiten jener Landschaft wider, in der sie angelegt worden sind. Als Grundlage für die flächendeckende regional-spezifische Auswertung der Daten der Reichsbodenschätzung können die Boden-Dauerbeobachtungsflächen landesweit als Eichstandorte für dieselben dienen. Sie bilden alle Landesteile mit ihren unterschiedlichen Naturräumen ab.

Die Projekte Auswertung der Daten der Reichsbodenschätzung, Boden-Dauerbeobachtung, Bodenbelastungskataster, Bodenkartierung 1 : 25 000 und Boden-Ubersichtskartierung 1 : 200 000 sind nicht isoliert voneinander zu betrachten, sondern greifen ineinander und bauen aufeinander auf. Gemeinsam bilden sie die bodenkundliche Landesaufnahme und damit die Grundlage für das Fachinformationssystem Bodenkunde als Voraussetzung für einen fundierten Bodenschutz.

Lösungen der drängenden Probleme des Bodenschutzes sind in Schleswig-Holstein bei gegebenem nicht flächendeckendem Stand der Bodenkartierung auf die Nutzung der Daten der Reichsbodenschätzung als Grundlage für curative und vorbeugende Maßnahmen angewiesen. Einzelaktivitäten im Rahmen des Bodenschutzes als Reaktionen auf festgestellte lokale Bodenveränderungen und -belastungen sind sehr arbeits- und kostenintensiv und entbehren in den meisten Fällen einer flächen-deckenden Informationsgrundlage. Dies bezieht sich sowohl auf Daten zu den Böden selbst als auch zu ihren Nutzungen, Veränderungen, Beanspruchungen u.a.m. Abhilfe kann nur durch eine zügige flächendeckende Erfassung der Böden geschaffen werden, für die die Daten der Reichsbodenschätzung eine zentrale Bedeutung haben.

Ihre Übernahme, Verarbeitung und Auswertung muß als Gemeinschaftsaufgabe der mit dem Natur-, Umwelt- und Bodenschutz befaßten Landesbehörden verstanden werden. Dies bezieht sich einerseits auf eine zentrale digitale Datenhaltung und -selektion der unveränderten Bodenschätzungsergebnisse, andererseits auf eine rechtliche Regelung der Datenübernahme und -verarbeitung unter Beteiligung der Finanz- und Kataster- bzw. Vermessungsverwaltung (Übernahme der Schätzungsdaten in die ALK) sowie des bodenkundlichen Dienstes. Sie steht für Schleswig-Holstein noch aus.

## Steuerliche und nichtsteuerliche Verwendung der Bodenschätzung

VON

ENGEI, E.\*)

Die Bodenschätzung wird zwar von der Finanzverwaltung durchgeführt, ihre Bedeutung liegt jedoch nicht nur im steuerlichen, sondern auch zu einem erheblichen Teil im außersteuerlichen Bereich. Man kann grundsätzlich zwischen drei Ebenen der Verwendung der Bodenschätzung unterscheiden:

### 1. Ebene: Schätzungsbücher/-karten

Die erste Ebene ist die unmittelbare Verwendung der in den Schätzungsbüchern und -karten enthaltenen Angaben. Zu dieser Ebene gehört z.B. das Heranziehen der Bodenschätzung bei der Flurbereinigung. In einigen Ländern arbeiten die Amtlichen Landwirtschaftlichen Sachverständigen bei den Finanzämtern, die für die Bodenschätzung zuständig sind, sehr eng mit den Flurbereinigungsbehörden zusammen, so z.B. in Rheinland-Pfalz. Dabei besteht die Möglichkeit, auf die Schätzungsbücher und -karten unmittelbar zurückzugreifen.

Diese Möglichkeit kann auch von Sachverständigen genutzt werden, wenn Schadensfeststellungen für Entschädigungen getroffen werden müssen, z.B. bei Manöverschäden.

In neuerer Zeit - und hier hat wohl das Land Niedersachsen die führende Rolle - werden die Bodenschätzungsergebnisse einschließlich der Beschreibung der einzelnen Schichten jedes Grablocks in Bodendatenbanken zum Aufbau von Bodeninformationssystemen übernommen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die unmittelbare Verwendung der in den Schätzungsbüchern und -karten enthaltenen Angaben regelmäßig direkt durch den amtlichen Bodenschätzer oder in enger Zusammenarbeit mit diesem erfolgt.

---

\*) Bundesministerium der Finanzen, Graurheindorfer Straße 108, 5300 Bonn 1

## 2. Ebene: Liegenschaftskataster

Wie allgemein bekannt ist, werden die Schätzungsergebnisse nach Abschluß der Schätzungsarbeiten und der Offenlegung gemäß § 9 Bodenschätzungsgesetz in das Liegenschaftskataster übernommen (§ 11 Bodenschätzungsgesetz). Dabei gehen in den meisten Ländern bisher leider wichtige Informationen, wie z.B. Lage und Schichtbeschrieb der einzelnen Grablöcher, verloren. Auf der anderen Seite wird die Bodenschätzung durch die Übernahme in das Liegenschaftskataster überhaupt erst allgemein zugänglich und anwendbar.

Die folgenden steuerlichen und nichtsteuerlichen Vorschriften stützten sich unmittelbar auf die im Liegenschaftskataster nachgewiesenen Ergebnisse der Bodenschätzung:

Im steuerlichen Bereich sind dies vor allem Vorschriften zur Bilanzierung des Grund und Bodens. Verwendeter Maßstab ist dabei regelmäßig die Ertragsmeßzahl. Diese dient als Bemessungsgrundlage für den Bilanzwert. Die gesetzliche Grundlage ist § 55 Einkommensteuergesetz und für die neuen Bundesländer § 9 Abs. 1 des D-Markbilanzgesetzes bzw. als erläuternde Vorschrift dazu die Arbeitsrichtlinie zur vorläufigen Bewertung von Grund und Boden in der D-Markeroffnungsbilanz, herausgegeben vom Ministerium für Wirtschaft der DDR vom 18.07.1990.

Im nichtsteuerlichen Bereich dienen die im Liegenschaftskataster nachgewiesenen Bodenschätzungsergebnisse ebenfalls vor allem für die Bewertung des Grund und Bodens. Das zeigt sich z.B. bei der Flurbereinigung im Rahmen des § 28 Flurbereinigungsgesetz sowie bei der Inanspruchnahme von Nutzflächen für den Braunkohlebergbau (siehe gemeinsame Richtlinie der Rhein-Braun AG und des Rheinischen Landwirtschaftsverbandes).

Die größte Bedeutung der Bodenschätzung im nichtsteuerlichen Bereich dürfte in der Bewertung des Grund und Bodens im Rahmen von Grundstücksverkäufen bzw. -verpachtungen liegen. Ein Blick in den Immobilienenteil der Fachpresse dokumentiert ihre allgemeine Anwendbarkeit.

Nicht unerwähnt bleiben darf die Verwendung der Bodenschätzung auf im Rahmen der Flächenstilllegungsprogramme (§ 3 Flächenstilllegungsgesetz 1991) und im Rahmen der Förderung der Einstellung landwirtschaftlicher Erwerbstätigkeit gemäß § 6 Abs. 3 des entsprechenden Gesetzes.

Auch für statistische Zwecke - insbesondere für die Statistik der Kaufwerte für landwirtschaftlichen Grundbesitz - sind die Ertragsmeßzahlen von großer Bedeutung. Anhand dieser Statistik läßt sich im übrigen ebenfalls nachweisen, daß sich die Preisfindung im landwirtschaftlichen Grundstücksmarkt immer noch in erheblichem Umfang an der Bodenschätzung orientiert (siehe Fachserie 3, Reihe 2.4, des Statistischen Bundesamtes).

### 3. Ebene: Einheitsbewertung

Auf dieser Ebene werden die Bodenschätzungsergebnisse nur mittelbar - über das Liegenschaftskataster - genutzt. Über einen Datenaustausch mit der Katasterverwaltung erhalten die Finanzämter die erforderlichen Informationen, die dann vor allem bei der Einheitsbewertung der landwirtschaftlichen Nutzung eingesetzt werden.

Bei mehr als 40 Anwendungsbereichen werden die auf der Grundlage der Bodenschätzung festgestellten Einheitswerte bzw. einzelnen Kennzahlen aus den Einheitswertbescheiden, wie z.B. die Landwirtschaftliche Vergleichszahl, als Bewertungsmaßstab aber auch als Abgrenzungskriterium herangezogen (Einzelheiten s. Dr. Flaspöhler, "Abschaffung der land- und forstwirtschaftlichen Einheitswerte?", in "Die Information über Steuer und Wirtschaft", Heft 24/1991 ff.).

Einige der wesentlichsten Anwendungsgebiete sind folgende:

#### a) Steuerlicher Bereich

<u>Anwendungsgebiet</u>	<u>Rechtsgrundlage</u>
Abgabenordnung	§ 141 AO
Einkommensteuer	§§ 13, 13 a und 14 a EStG
Erbschaftsteuer	§ 12 ErbStG
Grundsteuer	§ 13 GrStG
Vermögensteuer	§ 4 VermStG.

b) Nichtsteuerlicher Bereich

<u>Anwendungsgebiet</u>	<u>Rechtsgrundlage</u>
Ausbildungsförderung	§ 28 BAföG
Notargebühren	§ 19 Kostenordnung
Beitrag für Wasser- und Bodenverbände	§§ 81, 82 Wasserverbandsordnung
Wertermittlung nach der Höfeordnung	§§ 1, 12 Höfeordnung
Förderung benachteiligter Gebiete	Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes"
Einzelbetriebliches Förderungsprogramm	Richtlinien für die einzelbetriebliche Förderung
Beiträge für Landwirtschaftskammer	Ländergesetze, z.B. § 6 des Umlagegesetzes Nordrhein-Westfalen
Altershilfe für Landwirte	§§ 1 bis 4, 9 a, 41, 47 GAL
Krankenversicherung	§§ 2, 4, 40 des Gesetzes über die Krankenversicherung der Landwirte
Unfallversicherung	Satzungen der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß durch die doch recht zahlreichen Anwendungsgebiete der Bodenschätzung die von ihren Vätern gesteckten Ziele (siehe § 1 Bodenschätzungsgesetz) erreicht worden sind.

Die Rolle der Bodenschätzung im saarländischen  
Bodeninformationssystem (SAAR-BIS)<sup>1</sup>

von

FETZER, K.D. u. P. SCHLICKER<sup>2</sup>

## 1. Einleitung und Problemstellung

Im Jahre 1989 wurde im Saarland mit dem Aufbau eines Bodeninformationssystems (SAAR-BIS) begonnen. Eine Analyse der Ist-Situation der Datenbasis *Boden* im Saarland zeigte damals folgendes Bild:

- \* flächendeckende Primärdaten fehlen  
(keine Bodenkarten)
- \* Belastungsdaten sind punktuell vorhanden  
(Schwermetallbelastungskataster)
- \* Grundlagendaten aus verschiedenen Quellen erlauben oft keine flächendeckenden Aussagen  
(Bodenschätzung/Forstkartierung/Deponie/Vererzungszone)
- \* unterschiedliche Koordinatensysteme verursachen Mehraufwand beim Übertragen der Daten  
(Gauss-Krüger/Bodenschätzung)
- \* Unterschiede in der Datenstruktur und in der Konsistenz der Datensätze verursachen mangelnde Vergleichbarkeit der Informationen  
(früher: flächendeckende forstl. Standortkartierung/heute: rasterorientiertes Meßnetz)
- \* Datenpflege in verschieden langen Intervallen oder einmalige Datenerhebung.

## 2. Aufbau der Datenbasis in SAAR-BIS

### 2.1 Zielvorgaben

Aus den Defiziten der Ist-Situation und den fachlich-inhaltlichen Anforderungen lassen sich die Zielvorgaben für die Datenbasis formulieren:

- \* Standardisierung und Dokumentation der Datenerhebung und -verarbeitung mittels methodischer Konzepte

---

<sup>1</sup>) Gefördert vom Umweltbundesamt (FK: 107 06 001/07)

<sup>2</sup>) Geologisches Landesamt des Saarlandes, Am Tummelplatz 7, 6600 Saarbrücken

- \* Integration von Grundlagen (Bsp.: Bodenschätzung) in die Konzeption
- \* Datenerfassung, -auswertung und -modellierung in unterschiedlicher Datenschärfe (Bodenkundliche Übersichtskarte 200/BK 50/BK 25/BK 5)
- \* Eignung der Datenbasis für Auswertungen zum Zwecke des Bodenschutzes.

## 2.2 Konzeptionelles Datenmodell Bodenschätzung

In SAAR-BIS wurden 4 konzeptionelle Datenmodelle entwickelt:

- \* urbaner Raum
- \* ruraler Raum
- \* Bodenschätzung
- \* Saarland (Bodenübersichtskarte)

Abb. 1: Konzeptionelles Datenmodell Bodenschätzung

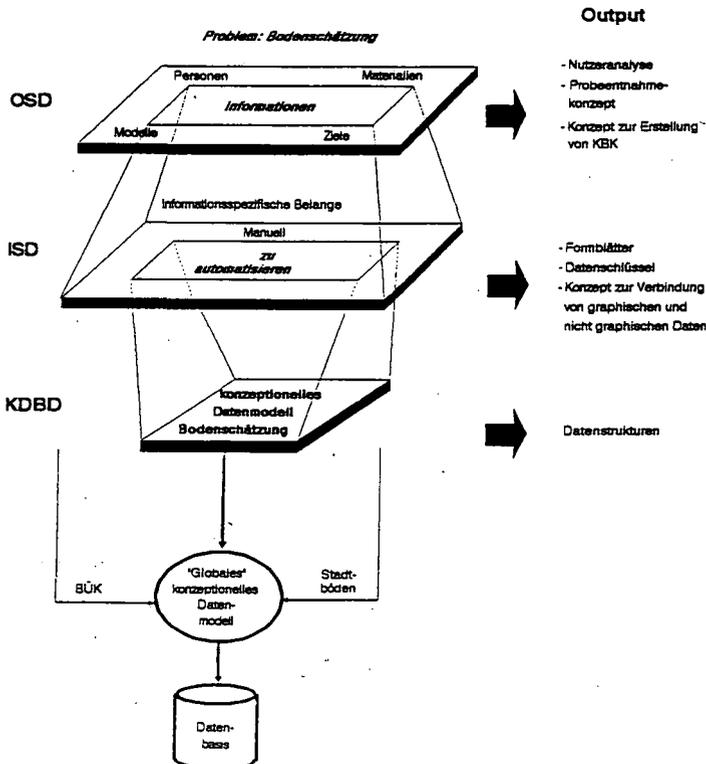


Abb. 1 zeigt den 3-stufigen Aufbau des *konzeptionellen Datenmodells Bodenschätzung*. Die erste Stufe umfaßt das Objekt-System-Design (OSD) und beschäftigt sich mit der Abgrenzung der Problemfelder sowie der Formulierung der Zielvorstellungen, beinhaltet aber noch keine Automatisierungsüberlegungen. Auf dieser Ebene wurden bereits einzelne Komponenten (Nutzeranalyse, Probenentnahmekonzept, Verfahren zur Erstellung von Konzeptkarten) entwickelt (FETZER et al. 1991, LARRES & FETZER 1992).

Strukturierung und Aggregation der Informationen erfolgen auf der Stufe des Informations-System-Designs (ISD). Formblätter, Datenschlüssel und ein Konzept zur Verbindung von graphischen und nicht-graphischen Daten sind die Einzelentwicklungen dieser Ebene.

Die Strukturierung und Überführung der Daten in das konzeptionelle Datenmodell *Bodenschätzung* erfolgt in einer dritten Aggregationsebene. In dieser Ebene wird die Datenstruktur zur rechnergestützten Verarbeitung der Informationen festgelegt, das konzeptionelle Datenmodell *Bodenschätzung* wird mit den anderen Datenmodellen zu einer *Globalen Datenbasis* zusammengefügt (FETZER et al. 1991).

### 2.3 Datenerfassung *Bodenschätzung* als Grundlage für die Primärdatenerhebung

Die Grenzlinien der Bodenschätzungskarten werden manuell auf die DGK 5 übertragen und anschließend mit dem GIS ARC/INFO einschließlich der Klassenbeschriebe digital aufgenommen. Die Inhalte der Schätzungsbücher werden als Sachdaten der entsprechenden Flächen in einer ORACLE-Datenbank abgelegt. Sowohl Flächen- als auch Sachdaten werden 1:1 abgebildet, d.h. es entstehen keine Informationsverluste oder Verzerrungen. Ein *Verknüpfungsschlüssel (Fachdatenreferenznummer)* gewährleistet, daß den Objekten der Karte eindeutig ein bestimmter Datensatz zugeordnet werden kann und umgekehrt (KRÄMER et al. 1991). Die Primärdatenerhebung erfolgt auf der Basis der noch analog gelieferten Topographischen Karte (DGK 5) mit den Grenzlinien der Bodenschätzung und der Geologischen Karte in einer Datenebene.

### 2.4 Datenauswertung *Bodenschätzung* mittels *Benutzeroberfläche*

Für das GIS ARC/INFO wurde eine *Benutzeroberfläche* (KRÄMER et al. 1992) entwickelt, die auch einem am graphischen Arbeitsplatz nicht geschulten Mitarbeiter (z.B. Kartierer) eine Auswertung der Bodenschätzung sowohl bezogen auf die Flächenobjekte als auch auf Datenbankinhalte gestattet. Nachfolgend einige wichtige Funktionen dieser Benutzeroberfläche:

\* Identifizierung:

Listet die Attribute ausgewählter Objekte auf: am Bildschirm wird mit der Maus eine Fläche ausgewählt und die entsprechenden Sachdaten aus der Datenbank werden angezeigt

\* Auswertungsmenue:

gestattet die Auswahl eines beliebigen Kartenausschnitts in wahlweiser Vergrößerung (Zoom); der Ausschnitt kann neu gezeichnet und mit entsprechenden Erläuterungstexten

geplottet werden

- \* Menue zur Selektion mittels logischer Bedingungen:  
nach beliebigen Bedingungen - sog. Bool'sche Operationen -  
(z.B. alle Profile mit Bodenart sL im obersten Horizont  
oder alle Flächen mit einer Ackerzahl > 40) lassen sich  
Objekte oder Flächen suchen und neu zeichnen.

### 3. Zusammenfassung und Ausblick

Im Vergleich zum Jahre 1989 zeigt die Datenbasis *Boden* bezogen auf den Ausschnitt *Bodenschätzung* heute ein für Routineanwendungen geeignetes Datenmodell. Dieses Datenmodell besitzt eine Doppelfunktion: neben einer erheblichen Beschleunigung der Primärdatenerhebung im FE-Projekt SAAR-BIS aufgrund der Nutzung von Grundlagen (Bodenschätzung) mit hoher Datendichte kann das Datenmodell auch originär für die Bodenschätzungszwecke verwendet werden.

Der Maßstab 1:5 000 (BK 5) gestattet im Vergleich zur Bodenkarte 1:25 000 (BK 25) eher parzellenscharfe Aussagen und liefert somit eine Datenschärfe im Vollzugsmaßstab für eine in der Planung befindliche Bodenschutzgesetzgebung (FETZER et al. 1992). Dieses Argument kann wegweisend für künftige flächendeckende Primärdatenerhebungen der Geologischen Landesämter sein. Auswertungen zum Zwecke des Bodenschutzes lassen sich direkt auf der Datenbasis der Bodenschätzung oder indirekt auf der kombinierten Grundlage Bodenschätzung/Bodenkarte realisieren. Das Datenmodell Bodenschätzung kann wegen seiner vollständigen Übertragbarkeit auch von anderen Fachstellen (Finanzverwaltungen, Geologische Landesämter etc.) genutzt werden.

#### Literatur

- FETZER, K.D., Ch. KÖNIG, K. LARRES, M. LOBENHOFER, A. PORTZ & P. SCHLICKER (1991): Der Aufbau des Bodeninformationssystems des Saarlandes (SAAR-BIS).- *Mitteilgn. Dt. Bodenkundl. Gesellsch.*, 66, II, 783-786.
- FETZER, K.D., Ch. KÖNIG, K. LARRES, M. LOBENHÖFER, A. PORTZ & P. SCHLICKER (1992): Aufbau und Implementierung des saarländischen Bodeninformationssystems SAAR-BIS.- *Zeitschrift für angewandte Umweltforschung*, Jg. 5, H. 1. S. 58-67.
- KRÄMER, V., J. OST, J. DITTMAR, W. MROSEK, P. MARX, R. PATSCHICKE & G. MERKER-STÜBING (1991): Datenerfassung und Datenorganisation im Modellgebiet Bliessen unter besonderer Berücksichtigung der Daten der Bodenschätzung. - unveröffentl. Manuskript, 70 S., Anl.
- KRÄMER, V., J. OST & J. DITTMAR (1992): Benutzeroberfläche zur Auswertung der Bodenschätzung.- unveröffentl. Manuskript, 14 S.
- LARRES, K. & FETZER, K.D. (1992): Nutzeranalyse für den Aufbau des Bodeninformationssystems des Saarlandes (SAAR-BIS). - *Veröffentl. des Geol. Landesamtes des Saarlandes*, H. 3, 116 S.

Aufgaben und Auswertung der Bodenschätzung im ehemaligen  
Bezirk Erfurt von 1955-1989

von

FISCHER, G. \*)

Der folgende Beitrag vermittelt einen Rückblick auf die Nachfolgearbeiten der Bodenschätzung nach Abschluß der regulären Schätzungsarbeiten 1954, am Beispiel der Bezirksarbeitsgruppe Bodenschätzung Erfurt.

Nach der Ende 1954 erfolgten Reorganisation der Bodenschätzung in der DDR erfolgte deren Überleitung vom Ministerium des Innern (MdI) zum Ministerium für Land- und Forstwirtschaft (MLF). Im Zuge dieser Überleitung wurden den Abt. Landwirtschaft der Räte der Bezirke <sup>1)</sup> jeweils 4 - 6 Planstellen zur Bildung von Bezirksarbeitsgruppen zugewiesen.

Als beratendes Organ stand dem MLF von 1955 bis 1970 ein zentraler Bodenschätzungsbeirat unter Leitung eines stellv. Ministers zur Seite.

In diesen Beirat wurden neben dem Hauptreferenten beim MLF, mehrere Bezirksarbeitsgruppenleiter, einige namhafte Bauern u. einige profilierte Mitarbeiter aus wissenschaftlichen Einrichtungen berufen.

Die Aufgaben der Bodenschätzung im Bezirk Erfurt waren ab 1955 zunächst auf folgende Arbeitsschwerpunkte ausgerichtet:

- Ermittlung von Roherträgen
- Durchführung von Nach- und Restschätzungen
- Ausarbeitung von Kreisbodenschätzungsbüchern mit markungsweiser Nachweisung der Bodenschätzungsergebnisse und inhaltlicher Ergänzung durch geologische, klimatische u.a. thematische Übersichtskarten und Kreisbeschreibungen, als Arbeitsgrundlage für die Agrarplanung im Territorium
- Mitarbeit bei der Zuordnung und Gliederung der Bezirke zu landwirtschaftliche Produktionszonen, n. Rübensam
- Mitarbeit bei der Zuordnung der Gemeinden zu Natürlichen Standorteinheiten (NSTe), n. Schilling, Bannorth, Schlicht
- Mitarbeit bei der vom MdI u. MLF verfügten Durchführung eines flächendeckenden Feldvergleichs der LN von 1957-59

1) Nach der 1952 erfolgten Verwaltungsreform wurde die Bodenschätzung aus dem Bereich Finanzen ausgegliedert u.d. Vermessungsdienst der Länder (MdL) zugeordnet

\*) Bechsteinstr. 41, 0-5300 Weimar

- Umsetzung der Bodenschätzungskarten ortsüblicher Katastermaßstäbe auf den M 1:5000 in enger Zusammenarbeit mit dem Liegenschaftsdienst unter Nutzung der Repro-Technik

Im Interesse der Übersichtlichkeit erfolgte eine Generalisierung der Klassenflächenbeschriebe. Diese lichtpausfähigen Deckpausen wurden bei den AST des Liegenschaftsdienstes deponiert, sie waren u.a. eine der wichtigsten Arbeitsgrundlagen für die später durchgeführte mittelmaßstäbige Standortkartierung (MMK).

Um die Ergebnisse der Bodenschätzung nicht nur den landwirtschaftlichen Fachorganen sondern auch anderen Einrichtungen zugänglich zu machen, erfolgte nach 1965 in mehreren Bezirken die Herausgabe bezirksspezifischer Broschüren.

Mit der 1964 erfolgten Inkraftsetzung der "Bodennutzungsverordnung" und 1967 der "VO-Bodennutzungsgebühr" wurden der Bezirks-Arbeitsgruppe weitere Aufgaben übertragen, wie z.B.

- die Überprüfung und Begutachtung von Flächenentzügen zu Lasten der LN, sowie die Überprüfung von Nutzungsartenänderungsanträgen
- die Überprüfung von Rekultivierungsanträgen aus dem land- und nichtlandwirtschaftlichen Bereich

Ein Höhepunkt war 1968 unsere Einbeziehung in die organisatorische Vorbereitung eines internationalen bodenkundlichen Symposiums in Thüringen.

Mit der 1970 für verbindlich erklärten "Anordnung über Standortuntersuchung", wurde die Bodenschätzung mit der Durchführung ihrer standortkundlichen Ergänzung beauftragt. Eine flächendeckende Bearbeitung war in Ermangelung fehlender personeller u. materieller Kapazitäten in den meisten Bezirken nicht realisierbar.

Im Bezirk Erfurt wurden deshalb diese Arbeiten auf folgende Elemente begrenzt:

- . Auswertung der Profilbeschriebe in den Acker- u. Grünland-schätzungsbüchern bzgl. ihrer Schichtenlagerung
- . Auswertung der Messtischblätter i.M 1:10000 (alt) u. i.M 1:50000 (Ausgabe Volkswirtschaft)

Das Gesamtergebnis dieser Auswertungen wurde 1976 in der Broschüre "Die Reliefverhältnisse des Bezirkes Erfurt" veröffentlicht.

Die o.g. Mbl. wurden entsprechend der ausgegrenzten Hangneigungsgruppen farbig angelegt und den Landwirtschaftsbetrieben zur betriebsinternen Nutzung übergeben.

Weitere Aufgaben sahen wir in diesem Zusammenhang mit der Auswahl und Anlage von Repräsentationsprofilen incl. ihrer bodenkundlichen Beschreibung, Bewertung u. Analysierung in engster Zusammenarbeit mit den MA Rau u. Pantel von der Geologischen Forschung u. Erkundung, BT Jena.

Mit der 1974 vom damaligen Ministerium f. Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft (MLFN) verfügten Einführung der EDV-Schlagkartei wurden auf der Grundlage der uns von den Pflanzenbaubetrieben übergebenen Schlagübersichtskarten i.M 1:10000, die Einzelschläge standortkundlich bewertet.

Als Arbeitsgrundlage dienten dazu zunächst die Bodenschätzungskarten u. die bodengeologischen Karten von Rau.

In diesem Zusammenhang wurde das Klassenflächeninventar schlagweise analog der BOD 58 erfasst, die  $\bar{x}$  Ackerzahl (AZ) exakt errechnet und der Schlag/Teilschlag einer natürlichen Standorteinheit (NSTe) als Vergleichsmaßstab standortbezogener Ertragsauswertungen zugeordnet.

Ab 1983 erfolgte eine weitere Qualifizierung der Standortdaten durch Auswertung der zu diesem Zeitpunkt flächendeckend vorliegenden Karten der MMK i.M 1:25000.

Zur Vereinfachung der Auswertungsarbeiten war es notwendig, die in den Kartierungsunterlagen der MMK nachgewiesenen 56 ST mit Hilfe eines Transformationsschlüssels im Rechnerprogramm auf 14 Auswertungseinheiten zu reduzieren. StG: 2-4 + 15; 5; 6; 9/1; 9/2; 9/3; 10/1; 10/2; 11; 12/1; 12/2; 12/3; 13 u. 14.

Die in Auswertung der EDV-SK ermittelten Daten standortbezogener Ertragsauswertungen waren für Ertragsvergleiche auf verschiedenen Ebenen, wie für innerbetriebliche, zwischenbetriebliche (10 Betriebsgruppen) u. zwischenkreisliche Ertragsvergleiche als auch für Ertragsvorgaben bzw. Wettbewerbe unter den damaligen Produktionsverhältnissen (PV) von großer Bedeutung.

Auch die auf den Einzelstandorten d.h. nach StT bzw. StG erzielten Sortenleistungen konnten neben einer Vielzahl weiterer relevanter Informationen m.H. des Rechnerprogramms für staatliche u. betriebsinterne Auswertungen zur Verfügung gestellt werden.

Wenn man davon ausgeht, daß die Entwicklung der Getreideproduk-

tion im Bezirk Erfurt in den damals üblichen 5-Jahrplanzeiträumen 1971-75 = 39,8 dt/ha, 1976-80 = 40,6 dt/ha u. 1981-85 = 47,1 dt/ha betrug, 1985 aber bereits 52,8 dt/ha, 1986 = 50,7, 1987 = 54,0 u. 1988 = 51,3 dt/ha erreicht wurden, wird deutlich, daß die relativ hohe Steigerung kein Zufall war.

Auf den flächenmäßig dominierenden Standorten wurden im  $\bar{x}$  der Jahre 1985-88 folgende Getreideerträge erreicht:

StG 5 (holozäne Böden, vorw. Auenlehme)	= 53,5 dt/ha
StG 9/1 (Lößschwarzerden)	= 60,3 dt/ha
StG 9/2 (texturdifferenzierte Lößschwarzerden)	= 56,6 dt/ha
StG 9/3 (lößb. Lehme u. Tone auf Karbonatgestein)	= 53,6 dt/ha
StG 12/1 (Lehm-Rendzinen mit u. ohne Lößbeeinflussung)	= 48,8 dt/ha
StG 12/2 (Bergtone m. Berglehm a. Karbonatgestein)	= 45,0 dt/ha
StG 14 (vorw. lehmsandige Braunerden d. BuSaV)	= 44,6 dt/ha

Bei einer  $\bar{x}$  AZ von 53 wurden im Bez. Erfurt im  $\bar{x}$  der Jahre 1985-88 = 52,2 dt/ha Getreide erreicht.

Es kann daher unterstellt werden, daß diese positive Ertragsentwicklung im wesentlichen darauf zurückgeführt werden kann, daß die übergebenen standortkundlichen Grunddaten die Landwirtschaftsbetriebe in die Lage versetzt haben, ihre Arbeit auf der Grundlage einer weitgehend standortgerechten Schlageinteilung, Bodenbearbeitung, Düngung u. Fruchtfolgegestaltung zu organisieren, wie auch den Anbau neuer leistungsfähiger Sorten standortspezifisch zu gestalten, um damit eine maximalw Ausschöpfung ihrer Ertragspotentiale zu erreichen.

Allein von dieser Seite aus betrachtet, haben sich Arbeitsaufwand u. Anstrengungen der an der Entwicklung und Umsetzung dieser Aufgabe beteiligten Institutionen:

FZB Müncheberg, Institut f. Bodenkunde Eberswalde, Geologische Forschung u. Erkundung u. Bodenschätzung gelohnt.

In meinem Beitrag habe ich versucht, einige mir wesentlich erscheinende Aspekte 35-jähriger Arbeit am Bsp. der Bez. Arbgr. Bodenschätzung Erfurt herauszuarbeiten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß ungeachtet gradueller zwischenbezirklicher Unterschiede in der Aufgabenstellung u. im erreichten Auswertungsstand, die Mehrzahl der in den ehemaligen Bezirken tätigen Bodenschätzer manchen Hemmnissen und Widrigkeiten zum Trotz sich redlich bemüht hat, die Bodenschätzung nach 1949 auch im Ostteil Deutschlands würdig zu vertreten.

## Grundlagen, Ziele und Durchführung der Bodenschätzung

VON

FREUND, K.L.\*)

### **Grundlagen und Ziele**

Die Besteuerung des Grundbesitzes und damit des land- und forstwirtschaftlichen Vermögens nach dem Ertrag wird schon seit langem als ein legitimes Anliegen des Staates angesehen. Vor allem die Erhebung der Grundsteuer kommt hier in Betracht.

Deshalb sind bereits seit ca. 150 Jahren in den meisten deutschen Ländern sog. Grundsteuerbonitierungen entwickelt worden. Ziel war die Festlegung des Reinertrags und der Steuerbelastung durch Einteilung aller Flächen in Kulturarten (z.B. Acker, Wiese) und durch Differenzierung dieser Kulturarten in Bonitätsklassen.

Diese Besteuerungsunterlagen waren nach dem Aufbau einer Reichsfinanzverwaltung in den zwanziger Jahren als einheitliche Bewertungsgrundlage nach dem Reichsbewertungsgesetz von 1925 nicht verwendbar, denn

- sie basierten auf bodenkundlichen und betriebswirtschaftlichen Erkenntnissen des vorigen Jahrhunderts,
- die Bonitierungsergebnisse veralteten aus Gründen der Änderung der natürlichen und wirtschaftlichen Ertragsbedingungen sowie der Geldwertentwicklung ohne regelmäßige Fortführung und
- die einzelnen Landesbonitierungen waren untereinander nicht ohne weiteres vergleichbar.

In dieser Situation wurde im Reichsfinanzministerium beschlossen, eine einheitliche Bodenbonitierung zur Ergänzung der bereits seit 1925 laufenden Bewertung des land- und forstwirtschaftlichen Vermögens vorzubereiten. Diese Bonitierung konnte auf den damals neuesten Erkenntnissen der Bodenkunde, insbesondere über die Bodenarten und Bodenentstehungstypen, sowie der landwirtschaftlichen Betriebslehre aufbauen. So wurde am Ende der zwanziger und zu Beginn der dreißiger Jahre unter der Leitung von

---

\*) Bundesministerium der Finanzen, Graurheindorfer Straße 108, 5300 Bonn 1

Walter Rothkegel und Heinrich Herzog das System der Bodenschätzung ausgearbeitet, das sich von den bis dahin bekannten Verfahren der Grundsteuerbonitierung in wesentlichen Punkten grundlegend unterschied. Für jede Bodenfläche Deutschlands sollte nach einheitlichen Schätzungsrahmen

- eine genaue Kennzeichnung des Bodens nach seiner Beschaffenheit aufgrund bodenkundlicher Kriterien und
- eine Bewertung der Ertragsfähigkeit nach einer Reinertragsverhältniszahl

erfolgen.

Damit war sichergestellt, daß die Schätzungsergebnisse im wesentlichen für alle Zukunft brauchbar bleiben konnten und einer Überprüfung nur unterzogen werden mußten, soweit sich natürliche und wirtschaftliche Ertragsbedingungen geändert haben. Diese Korrekturen wurden durch §§ 12 und 13 BodSchätzG gesetzlich vorgeschrieben. Ihre Berücksichtigung garantierte die Erhaltung des gesamten Zahlenwerks und die Vergleichbarkeit aller Bodenschätzungsergebnisse unabhängig vom Zeitpunkt ihrer Feststellung. Die Ergebnisse der Bodenschätzung waren, um als gesetzliche Besteuerungsgrundlage dienen zu können, in das Karten- und Buchwerk des aufzubauenden einheitlichen Reichskatasters zu übernehmen.

Den Schöpfern der Bodenschätzung ist dank der genialen Beschränkung auf die für die Ertragsfähigkeit wesentlichen Bodenmerkmale ein großer Wurf gelungen. Dazu trugen auch die Vereinfachung der wissenschaftlichen Grundlagen und die praxisnahen Durchführungsvorschriften bei.

Rothkegel und Herzog kam entgegen, daß im Dritten Reich auch die nichtsteuerlichen Aspekte der Bodenschätzung wie Ernährungssicherung und Planung besondere Bedeutung bekamen. So konnte am 16. Oktober 1934 das Bodenschätzungsgesetz in Kraft treten, das eine Reihe von Verwaltungsvorschriften nach sich zog.

Die nach § 3 BodSchätzDB vorgeschriebenen Schätzungsrahmen sind das Herzstück des Vorschriftenwerks. Der Ackerschätzungsrahmen ermöglicht nach seiner endgültigen Fassung von 1936 eine Unterscheidung von 222 Klassen, die nach 3 Merkmalen, d.h. nach 9 Bodenarten, 4 Entstehungsarten und 7 Zustandsstufen differenziert

werden können und mit Reinertragsverhältniszahlen von 7 bis 100 bewertet werden. Nach Ab- oder Zurechnungen wegen weiterer abweichender natürlicher Ertragsbedingungen gelangt man zur Ackerzahl.

Der Grünlandschätzungsrahmen erlaubt eine Unterteilung von 225 Klassen, die nach 4 Merkmalen, d.h. nach 5 Bodenarten, 3 Bodentufen, 3 Klimastufen und 5 Wasserstufen unterschieden werden können. Aus den Grünlandgrundzahlen von 7 bis 88 errechnen sich nach Berücksichtigung weiterer abweichender Ertragsbedingungen die Grünlandzahlen. Die Summe der auf die Fläche bezogenen Acker- oder Grünlandzahlen ergeben die in das Liegenschaftskataster zu übernehmenden Ertragsmeßzahlen (EMZ) für jede Fläche.

Die Bodenschätzung beschränkt sich ausschließlich auf die landwirtschaftlich nutzbaren Flächen.

### **Durchführung**

Für die Bodenschätzung wurde ein vergleichendes Verfahren in mehreren Stufen entsprechend dem hierarchischen Aufbau der Reichsfinanzverwaltung konzipiert:

- Unter der Leitung des Reichsfinanzministeriums wurde aus 12 Persönlichkeiten ein Reichsschätzungsbeirat gebildet. Dieser Beirat schätzte vorweg in ganz Deutschland von 1934 bis 1939 ca. 7.000 ausgewählte Flächen als sog. Musterstücke der Bodenschätzung. Für die Musterstücke wurden bodenkundliche und bodenphysikalische Analysen gefertigt. Sie wurden rechtswirksam bekanntgegeben und dienten als maßgebliche Schätzungsbeispiele. Das Reichsfinanzministerium leitete die weitere Bodenschätzung.
- Bei den Landesfinanzämtern (den heutigen Oberfinanzdirektionen) wurden Fachbeamte, sog. Leitende Landwirte, bestellt, die die Bodenschätzung in ihrem Amtsbezirk leiteten. Gleichzeitig wurden Landeschätzungsbeiräte berufen, die das Netz der vorhandenen Musterstücke verdichten sollten.
- In den Finanzamtsbezirken wurden schließlich die Schätzungsausschüsse gebildet, denen jeweils ein Fachbeamter als amtlicher Bodenschätzer vorstand. Dazu traten ehrenamtliche Bodenschätzer, Grabarbeiter und Vermessungstechniker. Dem Ausschuß oblag die Schätzung aller einzelnen Flächen seines

Bezirks unter Beachtung der Musterstücke und der von ihm in jeder Gemarkung angelegten Vergleichsstücke.

Nach kartenmäßiger Vorbereitung zur Abgrenzung der Nutzungsarten und Festlegung der Vergleichsstücke untersucht der Schätzungsausschuß die zu schätzenden Flächen durch Bohrungen mit dem Bohrstock bis zu 1 m Tiefe im Abstand von max. 50 m x 50 m. Für jede Bohrung werden Klasse und Wertzahl bestimmt und anschließend vergleichbare Werte zu einer Fläche mit einem mittleren Schätzungsergebnis, der Klassenfläche, zusammengefaßt. Für die einzelnen Klassenflächen sind sog. bestimmende Grablöcher anzulegen, bei denen auch eine Beschreibung des Bodenprofils festgehalten wird. Die gesamten Ergebnisse der Schätzung werden vor Ort im Feldschätzungsbuch und in der Feldkarte festgehalten und später in die Schätzungsbücher und die Schätzungskarten übertragen. Die Bodenschätzungsergebnisse sind nach der Offenlegung in das Kataster zu übernehmen.

Bei diesem Vorgehen konnte ein Schätzungsausschuß zwischen 20 und 100 ha Fläche schätzen, im Mittel betrug die Tagesleistung 40 - 50 ha.

Seit 1935 wurden die Schätzungsarbeiten mit mehreren hundert Schätzungsausschüssen mit großem Nachdruck vorangetrieben. So konnten bis zum Kriegsausbruch im Herbst 1939 bereit in den verschiedenen Oberfinanzbezirken 50 bis 70 v.H. der in Betracht kommenden Flächen geschätzt werden. Nach der Planung des Reichsfinanzministeriums wären ab 1940 noch 6 Jahre und ca. 100 Mio RM nötig gewesen, um die Erstschätzungen insgesamt abschließen zu können.

Nach der kriegsbedingten Unterbrechung wurden die Bodenschätzungsarbeiten bereits ab 1946 in der Zuständigkeit der Landesfinanzverwaltungen wieder aufgenommen. Bis Ende der fünfziger Jahre konnte dann ein weitgehender Abschluß der Erstschätzungen in allen deutschen Ländern registriert werden.

Die Durchführung der Erstschätzung und Übernahme der Ergebnisse in das Kataster sind jedoch nicht als endgültiger Abschluß der Bodenschätzungsarbeiten anzusehen. Die Schätzungsergebnisse bedürfen einer dauernden Pflege, um den aktuellen Stand der Ertragsfähigkeit der landwirtschaftlich nutzbaren Böden wiederzugeben. Anlässe für Nachschätzungen nach § 12 BodSchätzG sind

alle wesentlichen Änderungen natürlicher Ertragsbedingungen. Diese kommen besonders bei Änderungen der Nutzungsart, bei Ent- und Bewässerungsmaßnahmen, Neulandgewinnung oder Rekultivierungen in Betracht. Die Finanzverwaltung der alten Bundesländer hat sich dieser Aufgabe mit erheblichem Aufwand angenommen. Dazu kam die nach § 13 BodSchätzG vorgeschriebene Überprüfung der Bodenschätzungsergebnisse im Rahmen einer neuen Einheitsbewertung, die nach den Wertverhältnissen vom 01.01.1964 durchgeführt wurde. Diese Überprüfung der Schätzungsergebnisse ist notwendig, weil andernfalls die Aussagekraft der Wertzahlen für einzelne Boden- oder Nutzungsarten wegen der ständigen Fortentwicklung der wirtschaftlichen Ertragsbedingungen gemindert sein könnte.

In der damaligen DDR ist die Schätzung jedoch trotz regelrechter Umwälzungen der Agrarlandschaft nicht mehr überarbeitet oder fortgeführt worden. Auch eine Neubewertung der landwirtschaftlichen Nutzungen hat nach der Einheitsbewertung auf den 01.01.1935 nicht mehr stattgefunden. Die Auswertung der vorliegenden Schätzungsergebnisse erfolgte vor allem für planerische und wissenschaftliche Zwecke.

### **Derzeitiger Stand und zukünftige Aufgaben**

In den alten Bundesländern sind die Bodenschätzungsergebnisse durch die kontinuierliche Arbeit der Schätzungsausschüsse in den Finanzamtsbezirken auf dem laufenden. Diese Arbeit ist in den letzten 2 Jahrzehnten durch die Tätigkeit des Bewertungsbeirats beim Bundesfinanzministerium wesentlich unterstützt worden, der nach § 63 Abs. 3 BewG die Befugnisse des Schätzungsbeirats übernommen hat. Der Schätzungsbeirat konnte in den vergangenen 17 Jahren dem seit 1939 eingetretenen Fehlbestand an Musterstücken durch die Schätzung von 760 neuen Musterstücken nach Vorarbeiten der Oberfinanzdirektionen abhelfen. Der bestehende Musterstücksbestand und die neuen Musterstücke wurden seit 1979 in 3 Rechtsverordnungen der Bundesregierung zur Sicherung ihrer Rechtsförmlichkeit bekanntgegeben. Der Schätzungsbeirat hat in dieser Zeit auch zu besonderen Schätzungsfragen Stellung genommen und damit das Vorschriftenwerk der Bodenschätzung ergänzt.

Heute steht die Finanzverwaltung am Beginn der Einbeziehung der Datenverarbeitung in die Bodenschätzung. Erste Schritte sind die Vorarbeiten zur Digitalisierung der Altdatenbestände, der

Entwurf eines neuen Feldschätzungsbooks in Niedersachsen, ein EDV-Programm zur Auswertung der Musterstücksdaten und Überlegungen zum PC-Einsatz bei den praktischen Schätzungsarbeiten. Damit sollen zugleich die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, daß die Verwendung der Bodenschätzungsergebnisse insbesondere im nichtsteuerlichen Bereich, z.B. beim Aufbau von Bodeninformationssystemen, erleichtert wird.

In den neuen Bundesländern sind die Bodenschätzungsergebnisse z.Z. im einzelnen nicht durchweg verfügbar oder vorhanden. Für die durch den Einigungsvertrag vorgeschriebene steuerliche Bewertung des land- und forstwirtschaftlichen Vermögens nach dem Ersatzwirtschaftswertverfahren gemäß § 125 BewG konnten jedoch die durchschnittlichen Schätzungsergebnisse der Gemeinden nutzbar gemacht werden. Diese Durchschnittsergebnisse der Bodenschätzung sind in den sechziger Jahren für wissenschaftlich-planerische Zwecke erarbeitet und für Bewertungszwecke auf Datenträgern zur Verfügung gestellt worden. Damit konnten nicht nur die dringend benötigten Besteuerungsgrundlagen für die landwirtschaftliche Nutzung gesichert, sondern vielfältige Anwendungen im nichtsteuerlichen Bereich, z.B. im Bodenverkehr oder auf agrarsozialem Gebiet ermöglicht werden.

Nach dem Anlaufen der Bewertung hat die sich neu formierende Finanzverwaltung zunächst die Aufgabe, die einzelnen Bodenschätzungsergebnisse, soweit sie bei verschiedenen Stellen archiviert sind, zu sichern. In Zusammenarbeit mit der Vermessungsverwaltung sind danach die kartenmäßigen Voraussetzungen für eine Wiederaufnahme der Schätzungsarbeiten zu schaffen.

Parallel dazu wird eine Bestandsaufnahme der Musterstücke als Grundlage für eine ordnungsgemäße Schätzung und die Sicherung ihrer Rechtsförmlichkeit durchgeführt. Die vorbereitenden Arbeiten dazu wurden bereits im Zusammenwirken mit den Oberfinanzdirektionen der alten Bundesländer eingeleitet. Auch der Schätzungsbeirat hat seine Arbeit zur Überprüfung und Ergänzung des Musterstücksbestandes aufgenommen.

Die Weiterführung der Bodenschätzung setzt jedoch vor allem die Einstellung und Schulung des notwendigen Personals auf allen Ebenen voraus. Die Finanzverwaltung der neuen Bundesländer hat sich auch dieser Aufgaben angenommen. Es ist daher damit zu

rechnen, daß die Nachschätzungen auf der Grundlage einer  
4. Rechtsverordnung zu § 4 BodSchätzG in 1 bis 2 Jahren begin-  
nen können.

Damit werden in nicht zu ferner Zukunft die Bodeschätzungsergeb-  
nisse wieder flächendeckend als aktualisierte und einheitliche  
Datenbasis in allen deutschen Ländern ihren Anwendern für steuer-  
liche und nichtsteuerliche Zwecke zur Verfügung stehen.



**Erfahrungen bei der Nutzung von Bodenschätzungsdaten für  
Bodenkartierung und Bodenbewertung auf Standorten  
verschiedener Entstehungsarten**

von

HIEROLD, Wilfried\*

Mit der Durchführung der Bodenschätzung (RBS) in Deutschland (1934-1952) wurde das bis heute einzige, die landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden flächendeckend kennzeichnende, Material im großen Maßstab (Originale 1:2000 bis 1:3000) vorgelegt, dessen größter Vorteil wohl die Einheitlichkeit der Aufnahme und Bewertung war und ist. Obwohl die steuerliche Bodenbewertung der Anlaß der Kartierung war, sind Punktdaten erhoben und zu Flächendaten aggregiert worden, die eine wichtige Quelle für moderne bodenkundliche Inventuren darstellen (Vgl. auch: CORDESEN 1990, ALTERMANN 1992, WITTMANN 1992).

Wertvoll sind vor allem die Konturen und Benennungen der Klassenflächen (als Abbilder naturbedingter Substrat- und Bodendifferenzierung) als auch die Grablochbeschriebe, die die Klassenflächen kennzeichnen. Sie geben die Schichtung in wenigen Merkmalen über einfache Zeichenketten wieder. Beachtet man, daß der RBS ein Bohrnetz im 50 m-Raster zugrunde liegt, so stellen deren Unterlagen auf weitaus den meisten Flächen nach wie vor das detaillierteste Material dar. Beschränkend für eine wissenschaftliche Verwertung der Befunde sind die Aufnahmetiefe von 1 m, die nicht reproduzierbare Generalisierung auf der Basis der Klassenflächen, die auch heute noch konservative (weil nicht um moderne Parameter und auf 2 m Tiefe erweiterte) Ansprache der repräsentativen Grablöcher. Dennoch kann man schon aus pragmatischen Gründen auf die Nutzung der bodenkundlichen Information nicht verzichten. In Eberswalde liegen umfangreiche Erfahrungen bei der Aufarbeitung der RBS zur Schlag- und Gemeindekennzeichnung (THIERE, 1992), zur Unter- setzung großmaßstäbiger Kartierungen und zur Interpretation für die Bodenbewirtschaftung vor. Letztere Erfahrungen werden an Beispielen mitgeteilt.

**Material und Verfügbarkeit**

Nahezu flächendeckend wurde in den 50er und 60er Jahren das Material auf topographische Karten (altes Meßtischblatt) übertragen und liegt so im M 1:10.000 lichtpausfähig, für Brandenburg z.T. coloriert im M 1:25.000, vor. Anders als in Bayern (WITTMANN 1992) fehlen jedoch die Informationen der Grablöcher in diesen Karten. Feldschätzungsbücher waren jedoch bisher für Testgebiete i.d.R. zugänglich, so daß Grablochbeschriebe in Auswertungen einbezogen werden konnten.

**Erfahrungen in der Bodenkartierung**

Die bearbeitete Standortbreite reicht von leichten bis mittleren Böden des jungpleistozän geprägten Tieflandes in Brandenburg über Bodenmosaik im Übergang von Löß- zu Bergsubstraten in Mittelsachsen bis hin zu schweren Auenböden des Oderbruchs. In einer Pilotkartierung (1989) eines landwirtschaftlichen Betriebes in Sachsen (ca. 3.500 ha Ackerland) wurden im M 1:10.000 für die Ackerschläge Merkmalskarten erarbeitet, die für eine differen-

\* Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung, Institut für Bodenforschung, AG Eberswalde, Dr. A.-Zinn-Weg, 0-1300 Eberswalde-Finow

zierte Boden- und Bestandesführung einschl. Bodenschutz auf den Großflächen in der ostdeutschen Landwirtschaft von praktischer Bedeutung sind. Dies trifft für standortangepaßte Maßnahmen in den Schlägen wie zur Neugestaltung der Schlaggrenzen bei Flächenteilung und Flurneueordnung zu.

Abb.1: Quellen- und Ergebnisstruktur in der Pilotkartierung LPG(P) Kleinschirma

<b>Quellen:</b>		<b>flächendeck. Ergebnisse:</b>
Topogr. Betriebskarten 1:10.000	Großmaßstäbige Bodenkartierung	<b>komplex:</b> Bodenformenkarte
Bodenschätzungskarten (Originalmaßstäbe)		<b>Einzelmerkmale:</b> Steinigkeits
Geologische Karten: 25.000		Lößmächtigkeit
MMK 1:100.000	Interpretation der Quellen	Feinanteil des Ap
Hangneigungskarten 1:10.000		Bodenschätzung 1:10.000

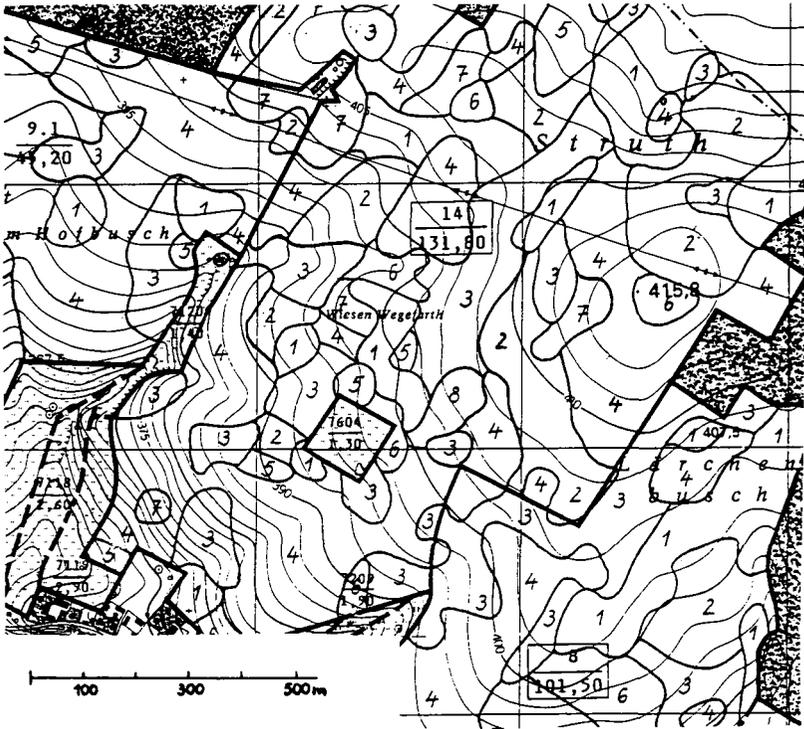
**Methodisches Vorgehen:** In Vorbereitung der Feldarbeit wurden aus Bodenschätzungs-, geologischen und topographischen Karten Kartierungsstrategien abgeleitet, die die Intensität der Neuaufnahme und den Verlauf repräsentativer Bohrtrassen festlegte. Ausgewählt wurden nach Nutzerinteresse Schläge, die ca. 25 % der Betriebsfläche repräsentieren und die Standortbreite der 6 Gemarkungen widerspiegeln. Insgesamt wurden 109 Schurfe (bis 2 m) in Catenen angelegt und horizontbezogen beprobt, sowie begleitend Bohrstocksondierungen (1,50 m Tiefe) ausgeführt. Durch Vergleich der Neuaufnahmen mit Grablöchern der RBS in Nachbarschaft wurden für Einzelmerkmale wie für komplexe Interpretationen (Bodenformen) Übersetzungsalgorithmen entwickelt, die eine flächendeckende Erarbeitung von Betriebskarten (Abb.1) möglich machte. Die 1868 hier noch analog geordneten Grablochbeschriebe wurden unter Berücksichtigung der Reliefverhältnisse auf die Klassenflächen übertragen. Das dabei Interpretationsfehler wegen der z.T. noch hohen Variabilität innerhalb von Klassenflächen (vgl. STEINRÜCKEN 1992) auftreten können, muß bei der gewählten Vorgehensweise hingenommen werden. RAPPE (in HIEROLD u.a. 1990) schätzt die Sicherheit der Interpretation durch Vergleich der Schurfe mit den benachbarten Grablöchern für Bodentyp und Oberbodensubstrat mit ca. 70% ein (Tab.1). WALLBAUM (1991) weist auch auf Qualitätsunterschiede einzelner Schätzer hin.

Tab.1: Übereinstimmung (in %) von Bodenmerkmalen von Schurfen und benachbarten Grablöchern der Bodenschätzung (Beispiel Kleinschirma; 46 Paare)

Übereinstimmungsgrad	Oberboden		Unterboden		Bodentyp
	Substratart	Skelett	Substratart	Skelett	
übereinstimmend	65	76	48	41	70
noch akzeptabel <sup>1)</sup>	33	22	35	48	19
nicht übereinstimmend <sup>2)</sup>	2	2	17	11	11

1) benachbarte Körnungsart, Skelettklasse, Bodensubtyp  
 2) Abweichung größer als unter <sup>1)</sup>

Abb.2 gibt ein Beispiel für die Merkmalkarte Steinigkeit wider, die entsprechend der ostdeutschen Substratsystematik gegliedert ist. Das Gesamtmaterial wurde nach ost- und westdeutscher Kartieranleitung interpretiert, so daß ein umfangreiches Vergleichsmaterial entstanden ist (vgl. HIEROLD, LIEBEROTH 1991).



Legende

Schichtung und Mächtigkeit

Steinigkeitsstypen	1	2	3	4	5	6	7 <sup>I</sup>	8 <sup>I</sup>
Mächtigkeit [dm]								
2		- / -		- / -		- / -	△	△
4			- / -	- / -	△	△	△	△
6	- / -		△	△	△	△	△	△
8			△	△	△	△	△	△


Substratart

- ö II<sup>1</sup>, vö
- vm, vp, vl, vu, vf
- nd, nl, kd, kl, zd, zl
- ln, n, k
- z

Gesamtskelett in %

- 0 - 25
- 0 - 25
- 25 - 50
- ü. 50

Lößsubstrate

Bergsubstrate

Schutt-; Kies-Grussubstrate

Schutt, Kies, Grus (z.T. über Fels)

I) im Unterboden: i.d.R. Fels, aber auch Schuttdecken über Bergsubstraten

II) ö: < 2% Grobskelett

Abb.2: Steinigkeitsstypen - Verbreitung von Skelettböden (Legende und Ausschnitt aus einer durch Kartierung und Auswertung der Bodenschätzung erstellten Betriebskarte für einen Landwirtschaftsbetrieb in Sachsen)

Nutzung in der Bodenbewertung

In Zusammenarbeit mit dem Agrochemischen Untersuchungs- und Beratungsdienst (ACUB, vergleichbar den LUFA) wurden 1989/90 Untersuchungen zur besseren Anpassung von Probenahmeflächen der Düngungsberatung an die konkreten Standortbedingungen auf Großflächen durchgeführt. Dabei wurden 3 Schlagtypen ausgeschieden, die unterschiedliche Anpassungen und Probenahmestrategien zur Folge haben (Tab.2). In Praxisbetrieben konnte eine deutliche Verbesserung gegenüber einer formalen Flächenteilung zur Probenahme des ACUB erreicht werden.

Tab.2: Standortangepasste Bodenprobenahme im landwirtschaftlichen Untersuchungsdienst - Problemfälle

Schlagverhältnisse (Bsp.)	Anpassungsziele	nutzbares Material
hoher, aber großflächiger Substratkontrast (Oderbruch)	teilflächenbezogene Einordnung in Boden-gruppen (Feinanteil bzw. Ton-gehalt)	Klassenflächen der Bodenschätzung (Bodenart)
starke Reliefertheit (kuppige Grundmoräne,	umlagerungsbedingte Nährstoffverteilung	Hangneigungskarte, Erosionskarte
kleinflächiger Substrat- und Reliefkontrast (weite Teile im Glazial-raum)	individuellere, z.T. extensive Nutzung in Kleinflächen	Kontrast und Variabilität abbildende Merkmalskarten

Zusammenfassung:

Unterlagen der Bodenschätzung stellen bei Ergänzung durch topographische und geologische Karten wertvolle Materialien für Bodenkartierung und -bewertung dar. Insbesondere sind es die Substratinformationen, die (zwar nur für 1 m Tiefe) analog und ADV-gestützt in moderne Klassifikationssysteme, z.B. Substrat-typen, übersetzt werden und so in Bewertungsmodelle einfließen können.

Literatur:

ALTERMANN, M. (1990): Die Nutzung der Bodenschätzung zur Erarbeitung von Lokal-bodenformenkarten und Betriebsstandortkarten für ausgewählte Gebiete Sachsen-Anhalts. In: Mitt.Dt.Bodenkundl.Gesell., in diesem Band.

CORDSEN, E. (1990): Möglichkeiten des Einsatzes von Daten der Reichsbodenschät-zung bei Stadtbodeninventuren. Mitt.Dt.Bodenkundl.Gesell., 61, 73-76.

HIEROLD, W. u.a. (1990): Kartierungsbericht LPG(P) Kleinschirma, Kreis Freiberg/Sachs. Eberswalde, internes Material.

HIEROLD, W. u. I. LIEBEROTH (1991): Zur Substratdifferenzierung von Böden in unteren Lagen des Mittleren Erzgebirges und ihre Einordnung in die deutsche Bodensystematik. In: Mitt.Dt.Bodenkundl.Gesell., 65, 91-94.

STEINRÜCKEN, U. (1992): Methodik einer modellhaften primären Datenerhebung im ruralen Raum mit SAAR-BIS. Mitt.Dt.Bodenkundl.Gesell., in diesem Band.

THIERE, J. (1992): Gewinnung und Nutzung schlagbezogener Standortinformationen für landwirtschaftl. Nutzflächen. Mitt.Dt.Bodenkundl.Gesell., in diesem Band.

WALDBAUM, E. (1991): Ableitung von Informationen zur Bodenkartierung aus Ergeb-nissen der Reichsbodenschätzung. Berlin, Humboldt-Univ. zu Berlin, Diss.A.

WITTMANN, O. (1992): Entwicklung und Bedeutung der Auswertung der Bodenschätzung für nichtsteuerliche Zwecke. In: Mitt.Dt.Bodenkundl.Gesell., in diesem Band.

## Erweitertes Verfahren der Bodenschätzung zur Unterstützung des Aufbaus des NIBIS

von

P.-G. Hoffmann \*

Mit der Entscheidung, die Profildaten der Bodenschätzung für den Aufbau des Niedersächsischen Bodeninformationssystems mit zu nutzen und in einer Datenbank - vergleichbar einem Bodenkataster zu sammeln, mußte auch ein Verfahren zur Fortführung der Daten im Rahmen der Nachschätzung entwickelt werden.

Bei der Konzeption dieses Verfahrens waren folgende Bedingungen zu erfüllen:

1. Die Kontinuität der Bodenschätzung ist zu wahren.
2. Eine Verknüpfung der Graphikdaten und der Bodenprofilbeschreibungen ist zu ermöglichen.
3. Die bodenkundliche Aussagekraft der Profilbeschreibungen soll durch die Erfassung ergänzender Daten erhöht werden.
4. Eine automationsgerechte Aufnahme der Bodenprofile ist unbedingt sicherzustellen.

Zu diesem Zweck wurde das bei der Bodenschätzung verwendete Erfassungsblatt - Feldschätzungsbuch - völlig neu gestaltet.

Dieses neue Feldschätzungsbuch erlaubt die strukturierte automationsgerechte Erfassung der inhaltlich unveränderten Bodenschätzungsbegriffe bei der Aufnahme der Bodenprofile im Gelände. Die Profilbeschreibungen können jetzt direkt ins Bodenkataster überführt werden. Interpretationsfehler sind damit ausgeschlossen. Darüber hinaus ist das Feldschätzungsbuch um einige Datenfelder ergänzt worden, die dem Erfassungsblatt des NLFb zur Bodenkartierung zugrundeliegen.

In naher Zukunft könnte das Feldschätzungsbuch evtl. durch feldtaugliche PC (elektronisches Feldschätzungsbuch) ersetzt werden. Damit wären auch Übertragungsfehler ausgeschlossen.

---

\* Oberfinanzdirektion Hannover, Waterloostr. 5, 3000 Hannover 1



Die Bodenschätzung als Element der rechnergestützten  
Bodenkartierung

von

Hollanitz, A. und I. Benne +)

Durch das Niedersächsische Bodeninformationssystem (NIBIS) werden Basisinformationen für die bodenkundliche Landesaufnahme aus den Bereichen Geologie, Forstliche Standortkartierung und Historische Landesaufnahme bereitgestellt. Besondere Bedeutung für die Vorbereitung der Kartiermaßnahmen haben die flächendeckend für Acker- und Grünlandstandorte vorliegenden Aufnahmen aus der Bodenschätzung. Bisher bot sich die Möglichkeit, Informationen selektiv aus einem umfassenderen Datenbestand auszuwählen; dazu gehörten Darstellungen des Klassenzeichens oder die Ableitung von Bodentypen aus den Profilaufnahmen.

Z.Z. werden Möglichkeiten erprobt, die Unterlagen ohne Informationsverluste miteinander zu kombinieren und gezielt Konzeptkarten im Maßstab 1:5000 für die bodenkundliche Kartierung herzustellen.

Unter Einsatz moderner Methoden der graphischen Datenverarbeitung soll die Geländearbeit intensiv vorbereitet werden. Um den Zeitaufwand bei der Kartierung zu verringern, gilt es, die Modalitäten der Vorgehensweise bereits im Vorfeld festzulegen.

Auf längere Sicht ist geplant, die in den Testgebieten Vechta, Lühchow und Freden gewonnenen Ergebnisse im Rahmen der bodenkundlichen Vorhersage auf Landschaften ähnlicher Prägung zu übertragen.

Das Graphische Interaktive Rasterorientierte System GIROS (HOLLANITZ u. PREUSS, 1990) erlaubt eine inhaltliche Verschneidung der einzelnen Informationsebenen. Dabei entstehen exakt beschriebene Kleinstgeometrien ("Faktorengefüge"). Ähnliche Faktorengefüge werden nach einer Sortierung über Suchfragen gruppiert. Eine Regionalisierung der Ergebnisse ist durch die Zuordnung der Faktorkombinationen zu einer geologischen Einheit gewährleistet.

---

+ ) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung,  
Stilleweg 2, D - 3000 Hannover 51

Mikroflächen, die bei der Verschneidung von Flächen mit eng benachbarten Grenzlinien entstehen, haben nur eine sehr geringe Aussagekraft. Vor der Herstellung der Konzeptkarten ist eine Bereinigung des Datenbestandes erforderlich, so daß nur die repräsentativen Faktorengefüge in die Bewertung eingehen.

Dem Kartierer wird eine Legende mit den wichtigsten Flächenbeschrieben zur Verfügung gestellt. Zusätzlich erhält er zwei Konzeptkarten, in denen die zur Feinkartierung vorgeschlagenen Geländeausschnitte eingetragen sind. Dies sind:

- A. Bereiche ohne Beschreibung aus der Bodenschätzung oder der Forstlichen Standortkartierung
- B. Flächen, deren Faktorenkombinationen komplett vorliegen.

Übersichtskarten im Maßstab 1:25000 dienen der Ermittlung geländebedingter Gesetzmäßigkeiten. In den Konzeptunterlagen soll eine Auswahl häufig auftretender Catenen verzeichnet sein; der Arbeitsaufwand während der Kartierung kann so wesentlich verringert werden.

Nach ihrem Abschluß werden die vorliegenden Basisdaten aktualisiert und vervollständigt.

Angestrebt ist der Nachweis, daß die pedogenetische Entwicklung innerhalb eines Landschaftsausschnittes bei gleichen naturräumlichen und anthropogenen Einflüssen in sehr ähnlicher Art und Weise verläuft. Sollten, wie erwartet, enge Korrelationen zwischen den Faktorengefügen und den aktuellen Bodeneigenschaften bestehen, können zukünftig im Rahmen der bodenkundlichen Vorhersage - innerhalb einer Bodenlandschaft - Kartiererergebnisse bei Vorliegen gleichartiger Faktorengefüge übertragen werden.

#### Literatur:

- HENNINGS, V. u. Wege der zukünftigen Bodenkartierung im NLFb.  
H. SPONAGEL (1991): - Geol. Jb., A 126, S. 21-37; Hannover.
- HOLLANITZ, A. u. Benutzerhandbuch für das Graphisch interaktive  
H. PREUSS (1990): Raster-orientierte System GIROS. - Niedersächsisches Landesamt f. Bodenforschung, unveröffentl.; Hannover.
- KLEEFISCH, B. u. The Digital Soil Map as a Database for Soil  
K.-H. OELKERS Information System. - Geol. Jb., A 127, z.Z.  
(1992): im Druck; Hannover.
- ROESCHMANN, G., Die Entwicklung der Bodenkartierung in Nieder-  
BENZLER, J.-B. u. sachsen von der Herstellung analoger Karten  
K.-H. OELKERS bis zum Bodeninformationssystem. - Geol. Jb.,  
(1991): A 127, S. 195-234; Hannover.

**Bodenarten-/Bodengütekarte Rheinland-Pfalz 1 : 10 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung, der Weinbergsbodenkartierung des Geologischen Landesamtes und der Forstlichen Standortskartierung**

von

H. Lothhammer\*, H. Bark, P. Klöppel, J. Diesler, S. Gabriel,  
U. Reitz und D. Will**Vorbemerkungen**

Voraussetzungen für Bodenschutzmaßnahmen sind Informationsgrundlagen über die Böden. Die Notwendigkeit eines Bodenschutzprogramms und die Diskussion über den Aufbau eines Bodenkatasters führten 1984 zu Überlegungen, Bodendaten verschiedener Fachbehörden aufzuarbeiten. Beauftragt wurde dazu eine interministerielle Arbeitsgruppe aus Vertretern des Geologischen Landesamtes, des Landesamtes für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht, des Landesvermessungsamtes (federführend), der Oberfinanzdirektion und der Forstdirektionen der Bezirksregierungen Koblenz und Rheinhessen-Pfalz.

**Zweckbestimmung**

Dieses Kartenwerk soll einen schnellen Überblick über ausgewählte Parameter land- und forstwirtschaft sowie weinbaulich genutzter Böden für einen breiten Benutzerkreis vermitteln.

**Karteninhalt**

Den topographischen "Hintergrund" liefert die TKV 10. Die Bodenarten erscheinen als farbiger Überdruck, ergänzt durch Signaturen der jeweiligen Datenquelle. Die Legende gibt Hinweise zu Temperatur, Niederschlag sowie Verwaltungsgrenzen und erläutert die einzelnen Datenquellen in Kurzform. Eine geologisch-bodenkundliche Erläuterung skizziert u.a. die Gesteine, Landschaftsformen, bodenbildende Substrate und die daraus entstandenen Böden, deren wichtigste Vertreter in einem eigenen Abschnitt mit ihrem Profilaufbau beschrieben werden.

---

\* Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Postfach 2045,  
6500 Mainz

## Datenquellen

### - Bodenschätzung

Die in Farbgruppen für Acker- oder Grünland dargestellten Bodeneinheiten sind mit Angaben zu Bodenarten, Zustandsstufen/ Bodenstufen, Entstehungsarten, Wasserverhältnissen und Wertgruppennzahlen versehen.

### - Weinbergsbodenkartierung

Hier sind die Bodenarten des Feinbodens gemäß den Farbgruppen für Ackerland dargestellt, ergänzt durch Hinweise zum Bodenskelett, Carbonatgehalt und Ausgangsgestein.

### - Forstliche Standortskartierung

Auch hier sind die Bodenarten des Feinbodens gemäß den Farbgruppen der Ackerböden eingeteilt, ergänzt durch Angaben zum Bodenskelett, Wärme-, Nährstoff- und Wasserangebot sowie Hinweisen zur Hydromorphie und zum Carbonatgehalt.

## Ausblick

Diese für Rheinland-Pfalz konzipierte Bodenkarte kann als Beitrag zu einer landesweiten Bodeninventur gelten und für diejenigen Landesteile, in denen in absehbarer Zeit keine modernen Bodenkarten im Maßstab 1 : 25 000 bearbeitet werden, zu einer wertvollen Informationsquelle werden.

Es ist erforderlich, alle verfügbaren Flächen- und Punktdaten zu digitalisieren, damit sie für eine Vielzahl von Informationen auswertbar bleiben und diese jederzeit ausgedruckt werden können.

Die digitalisierten Datenbestände sind für spätere Aktualisierungen der Bodenarten-/Bodengütekarte aufzubewahren und könnten somit Teil eines landesweiten Bodeninformationssystems werden.

## Die Bodenschätzung aus der Sicht der Vermessungs- und Katasterverwaltung(en)

von

G. Orth \*

### 1. Gesetzliche Grundlagen

§§ 1 und 11 Bodenschätzungsgesetz: Zweck und Datenübermittlung; Vermessungs- und Katastergesetze: Führung im Liegenschaftskataster, Nutzung

### 2. Bodenschätzungsangaben im Liegenschaftskataster

Standardangaben: Rechtskräftig festgestellte (offengelegte) Bodenschätzungsergebnisse mit Angaben zur Beschaffenheit (Klassen) und Ertragsfähigkeit (Wertzahlen), Musterstücke sowie Ertragsmeßzahlen und zusätzlich in der Schätzungspause (Katasterkarte) die Abgrenzung der Klassenflächen, Klassenabschnitte und Sonderflächen; zusätzlich in manchen Ländern (z.B. RP) Vergleichsstücke, bestimmende Grablöcher; Bodenkarten.

### 3. Zusammenarbeit mit der Finanzverwaltung

Bereitstellung von Unterlagen, Aktualisierung der Nutzungsarten (tatsächliche Nutzung/Klassifizierung), Übernahme der Nutzungsarten/Bodenschätzungsergebnisse ins Liegenschaftskataster, (regelmäßige) Datenübermittlung an die Finanzämter zur Führung des Grundbesitzkatasters; Stand der Aufstellung des Neuen Liegenschaftskatasters (NLK).

### 4. Umstellung von der analogen in die automatisierte (digitale) Führung

- Automatisiertes Liegenschaftsbuch (ALB),
- Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK), bundeseinheitliche Abbildungs- und Darstellungsvorschriften.

\* Ministerialrat i. Min. d. Innern und für Sport Rheinland-Pfalz, Abt. Vermessungs- und Katasterwesen

## 5. Nutzung für nicht steuerliche Zwecke

- Datenschutz- und Nutzeraspekte, Zugangsvoraussetzung
- Düngemittelberatung
- besondere Bedürfnisse des Bodenschutzes (Fachinformationssystem Bodenkunde): digitale Bereitstellung der Bodenschätzungsergebnisse (Karte und ggf. Profile), bestimmende Grablöcher als geometrisches Verknüpfungselement; verschiedene Digitalisierungsmodelle, Datenhaltung.

## 6. Ausblick

Quo vadis Bodenschätzung ? Dynamische Weiterentwicklung des Nachweises im Liegenschaftskataster entsprechend Nutzerbedürfnissen.

**Vorarbeiten zur Reichsbodenschätzung,  
Auswahl von Reichsmuster- und Landesmusterstücken**

von

J. Pantel \*

Mit der Erfassung und kartenmäßigen Darstellung des Kulturbodens in Deutschland wurde neben früheren Versuchen um die Mitte des vorigen Jahrhunderts begonnen. Anregungen gingen von der Landwirtschaft und den Steuerbehörden aus. Gefragt waren die Bodenarten und die sich daraus ergebene steuerliche Veranlagungsfähigkeit.

Von 1861 - 1865 wurde erstmals nach der Thaerischen Bodenklassifikation ein Schätzungsrahmen sowie eine Bonitierung des landwirtschaftlich genutzten Bodens i.M. 1 : 3 Mill. durchgeführt. Weitere Bonitierungen folgten.

Nach Thaer's Schätzungsrahmen wurde das Ackerland in 10 Klassen eingeteilt. In Preußen gab es nur 8 Bodenklassen. Als Bemessungsgrundlage dienten die Reinerträge, die bei einer Bewirtschaftung im Durchschnitt vieler Jahre erzielt werden konnten.

Hinzuweisen ist auf Wesen und Bedeutung der Reichsbodenschätzung.

Auswahl von Reichsmuster- und Landesmusterstücken.

Ausbildung der amtlichen und ehrenamtlichen Bodenschätzer sowie die praktische Arbeit im Gelände und die technische Durchführung der Bodenschätzung.

Erläuterungen zum Ackerschätzungs- und Grünlandschätzungsrahmen.

Darstellung der Schätzungsergebnisse in Karten und Büchern.

---

\* von 1937 - 1939 amtl. Bodenschätzer  
von 1950 - 1954 amtl. Bodenschätzer und Leiter der  
Bodenschätzung Thüringen,  
Kernbergstr. 43, O-6900 Jena



## Die Bodenschätzung in Österreich

VON

PEHAMBERGER, A.<sup>\*)</sup>

Bei der Österreichischen Bodenschätzung sind derzeit, einschließlich eines Agrarklimatologen und eines Sachverständigen für Wein-, Obst- und Gartenbau, 57 Personen tätig. Darüber hinaus sind 9 Forstwirte für die Bewertung forstlicher Betriebe (zumeist Großbetriebe) zuständig. Ausbildungsmäßig umfaßt der genannte Personenkreis zumeist Absolventen der Universität für Bodenkultur oder einer höheren Landwirtschaftsschule (Abschluß mit Abitur).

Betrachtet man den behördlichen Aufbau, so steht die Fachabteilung im Bundesministerium für Finanzen in Wien (Abteilung IV/8) an der Spitze. Bei den einzelnen Finanzlandesdirektionen ist je eine entsprechende Abteilung mit dem technischen Leiter der Bodenschätzung, seinem Stellvertreter und gegebenenfalls einem Gruppenführer eingerichtet. Bei den Finanzämtern schließlich sind die Bodenschätzer tätig, wobei in der Regel ein Bodenschätzer mehrere Finanzamtsbezirke betreut.

Der österreichische Bodenschätzungsdienst erarbeitet die Grundlagen bei 4 der 5 Unterarten des land- und forstwirtschaftlichen Vermögens, nämlich die des landwirtschaftlichen Vermögens, des gärtnerischen Vermögens, des Weinbauvermögens, des übrigen land- und forstwirtschaftlichen Vermögens. Ferner werden seitens der Bodenschätzung die Zuschläge gem. § 40 Bewertungsgesetz (BewG) berechnet (Obstbau, überdurchschnittliche Tierbestände, Sonderkulturen) sowie teilweise die Kleinwaldbewertung (Wälder zwischen 10 - 100 ha) durchgeführt.

### 1. Landwirtschaftliches Vermögen

Gemäß § 32 BewG gelten für ldw. Betriebe die Grundsätze über die Bewertung nach Ertragswerten. Dieser Ertragswert setzt sich aus der Feststellung der natürlichen Ertragsbedingungen (= Bodenschätzung) und der Feststellung der wirtschaftlichen Ertragsbedingungen (äußere Verkehrslage, Betriebsgröße, weitere übrige Umstände) zusammen.

1.1. Bodenschätzung = Erfassung der natürlichen Ertragsbedingungen.

#### 1.1.1. Erstschätzung

Gesetzliche Grundlage war das deutsche Reichsgesetz über die Schätzung des Kulturbodens vom 16. Oktober 1934. Die Erstschätzung wurde ca. 1973 in Österreich abgeschlossen.

<sup>\*)</sup> Technischer Leiter der Bodenschätzung der Finanzlandesdirektion für Wien, Niederösterreich und Burgenland, Geschäftsabteilung 8; Nußdorfer Straße 90, 1093 Wien

### 1.1.2. Fortführung der Bodenschätzung

#### **1.1.2.1. Gesetzliche Grundlage:**

Österreichisches Bodenschätzungsgesetz vom 9. Juli 1970 (BGBl.Nr. 233/1970); Zweck dieses Bundesgesetzes ist die Erstellung von objektiven und gerechten Grundlagen für die Besteuerung von landwirtschaftlichen Betrieben in Österreich (Grundlage des Einheitswertes).

#### **1.1.2.2. Aufgaben der Bodenschätzung**

Gemäß § 1 des Bodenschätzungsgesetzes (BoSchäGes) umfaßt die Bodenschätzung die Untersuchung des Bodens und die kartenmäßige Darstellung der Untersuchungsergebnisse sowie die Feststellung der Ertragsfähigkeit aufgrund natürlicher Ertragsbedingungen. Die Feststellungen werden in Karten und Büchern festgehalten und die Durchführung obliegt jenem Finanzamt, wo die zu schätzende Fläche liegt (Finanzamt mit allgemeinem Aufgabenkreis).

#### **1.1.2.3. Musterstücke**

Zur Sicherung der Gleichmäßigkeit der Bewertung der natürlichen Ertragsbedingungen sind ca. 450 Vergleichsflächen der Bodenschätzung - Bundes- und Landesmusterstücke - nach Beratungen im Bundes- bzw. Landesschätzungsbeirat bewertet und rechtsverbindlich kundgemacht worden. Diese Bundes- bzw. Landesmusterstücke sollen für den jeweiligen Landschaftsraum kennzeichnend sein und einen Durchschnitt über die natürliche Ertragsfähigkeit aller Böden des österreichischen Bundesgebietes geben. Jede auf der Schätzungskarte dargestellte Klassenfläche muß in Relation zu einem rechtsverbindlich kundgemachten Musterstück stehen. Alle 20 Jahre sind die Musterstücke zu überprüfen und in weiterer Folge auch die Schätzungsergebnisse der einzelnen Katastralgemeinden.

Die räumliche Beschreibung eines Musterstückes umfaßt den Finanzamts- und Gerichtsbezirk, das landwirtschaftliche Vergleichsgebiet, die Orts- und Katastralgemeinde, die Grundstücksnummer, die Seehöhe sowie das Relief.

Bei der bodenkundlichen Beschreibung werden folgende Parameter erfaßt: Horizonte (Symbol und Mächtigkeit), Humus, Bodenart (bei der Beschreibung wird auch der Schluff erfaßt), Grobanteile, Karbonat, Lagerung, Konsistenz, Hohlräume, sonstige Merkmale (z.B. Flecken, Konkretionen, Durchwurzelung, Übergänge), Ausgangsmaterial, Gründigkeit, Wasserverhältnisse des Standortes, sowie die Bearbeitbarkeit.

Die Bestimmung der Bodenart erfolgt nach dem Sand : Schluff : Ton - Verhältnis (Gewichtsprozent) durch Laboranalysen. Mittels des dafür entwickelten Texturdreieckes kann die Bodenartbezeichnung des Schätzungsrahmens ermittelt werden.

Zusätzlich noch werden der Humusgehalt, der Kalkgehalt, die Bodenreaktion und die Sorptionsverhältnisse (S und T-Wert) bestimmt.

#### **1.1.2.4. Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse**

Für die Fortführung der Schätzungsarbeiten wurde die Klimaperiode 1921 - 1970 herangezogen, wobei ca. 950 Temperatur- und 1500 Niederschlagsmeßstellen berücksichtigt werden.

Die klimatischen Verhältnisse werden einerseits durch die 14-Uhr-Temperatur in der Vegetationszeit (April - August) und dem Jahresniederschlag (Großklima) beschrieben, wobei das Standardklima eine 14-Uhr-Temperatur von 19° und einen Jahresniederschlag von 600 mm aufweist.

Andererseits erfolgt eine lokalklimatische Abschätzung, bei der die Klimaelemente Jahresmitteltemperatur, Wintermitteltemperatur, 5°-Temperatur (Eintrittsdatum; Andauer in Tagen), Niederschlagssummen für Jahreszeiten, Sturmtage, durchschnittliche mittlere Windstärke und Schneedeckendauer eine wesentliche Rolle spielen.

#### 1.1.2.4.1. 14-Uhr-Temperatur und Jahresniederschlag

Abweichungen vom erwähnten Standardklima werden mit Zu- bzw. Abschlägen erfaßt. Mittels der für alle Bodenarten entworfenen Kurven kann der Bodenschätzer für alle Bodenarten, für die 14-Uhr-Temperatur und für die Jahresniederschlagssumme die Zu- und Abschläge bundeseinheitlich ablesen.

#### 1.1.2.4.2. Lokalklimatische Faktoren

##### I Einflüsse auf das Strahlungs- und Wärmeklima

I/1 Exposition: klimatische Benachteiligung der Nordhänge

I/2 Bergschatten: Verkürzung der Sonnenscheindauer in Gebirgstälern

I/3 Frostgefährdung

##### II Einflüsse durch das Feuchteklima

II/1 Heutrocknung: Erschwerung der Heutrocknung in niederschlagsreichen Gebieten

II/2 Nebeltage

##### III Einflüsse durch den Wind

III/1 Austrocknende Wirkung des Windes

III/2 Rauhe Lage: kalte bewegte Luft behindert die Wuchsfreudigkeit

III/3 Flugerde

III/4 Flugsand

III/5 Heuwerbung: erschwerte Heubringung in "Windkanälen" im Gebirge

#### 1.1.2.5. Schätzungsrahmen

Der Ackerschätzungsrahmen wurde nur geringfügig gegenüber dem deutschen Rahmen verändert. Außerdem wurde für jede Bodenart, Zustandsstufe (teilweise) und Entstehungsart (teilweise) eine Wertspanne für versteinete Flächen geschaffen.

Der Grünlandschätzungsrahmen weist in Österreich die Zustandsstufe IV auf.

Festzuhalten ist, daß der Schätzungsrahmen lediglich als Hilfsmittel bei der Ermittlung der natürlichen Ertragsbedingungen dient und im österreichischen Bodenschätzungsgesetz nicht verankert ist. Jede Klassenfläche ist, wie bereits erwähnt, auf ein Musterstück zu beziehen.

### **1.1.2.6. Technische Durchführung**

Die Überprüfungswürdigkeit einer Gemeinde wird durch den sogenannten Gemeindebegang festgestellt. Dabei wird überprüft, ob die Ergebnisse der Erstschätzung mit den maßgebenden, rechtsverbindlich kundgemachten Bundes- oder Landesmusterstücken übereinstimmen. Nur wenn die Feststellungen des Gemeindebeganges ergeben, daß eine wesentliche Änderung gegenüber der Erstschätzung eingetreten ist, so sind die Bodenschätzungsergebnisse zu überprüfen. Der weitere Ablauf erfolgt dann ähnlich wie in Deutschland.

### **1.2. Wirtschaftliche Ertragsbedingungen**

Bei der Würdigung wirtschaftlicher Ertragsbedingungen werden die Faktoren äußere Verkehrslage, innere Verkehrslage, Betriebsgröße und weitere übrige Umstände berücksichtigt. Die wirtschaftlichen Ertragsbedingungen sind bei jeder Hauptfeststellung neu zu erfassen. Die letzte Hauptfeststellung war in Österreich zum 1.1.1988.

Gemäß dem gesetzlichen Auftrag werden die Hauptfeststellungen alle neun Jahre durchgeführt.

## **2. Gärtnerisches Vermögen**

Gem. § 49 BewG wird das gärtnerische Vermögen grundsätzlich mit dem Einzelertragswert bewertet.

### **2.1. Gärtnerische Betriebe**

Zur Sicherung der Gleichmäßigkeit bei der Bewertung werden für die einzelnen gärtnerischen Betriebsflächen (Freilandflächen, Folientunnel, überdachte Flächen etc.) Vergleichszahlen festgelegt. Diese Vergleichszahlen stehen im Verhältnis zur Vergleichszahl 100 für stabile heizbare Glashäuser im besten Klimagebiet.

Der Bodenschätzer hat bei der Erhebung die Aufgabe, die einzelnen Betriebsflächen genau zu taxieren und ihre Flächengröße zu bestimmen. Nach Berücksichtigung der klimatischen, lokalklimatischen und wirtschaftlichen Ertragsbedingungen kann der Vergleichswert eines Betriebes ermittelt werden.

### **2.2. Baumschulbetriebe**

Die Vergleichszahl bei Baumschulbetrieben wird nach Ermittlung der Klimastufe, des Niederschlages und des Bodens festgestellt. Der Vergleichswert ergibt sich ebenfalls nach Berücksichtigung der klimatischen, lokalklimatischen und wirtschaftlichen Ertragsbedingungen. Im Raum Wien und Umgebung mußten zur Hauptfeststellung über 1000 gärtnerische Betriebe erhoben werden.

## **3. Weinbauvermögen**

Die Bewertung von Weinbaulagen erfolgt in drei Abschnitten:

### 3.1. Beurteilung der natürlichen Ertragsbedingungen

Nach Feststellung der Verhältnisse des Bodens, der Wasserversorgung, des Wärme- und Lokalklimas (Windeinfluß, Exposition, Horizonteneigung, Hagelgefährdung, Pilz- und Fäulnisgefahr, Einfluß großer Wasserflächen) und der Erosionsgefährdung wird die sogenannte Weinbauzahl abgeleitet.

### 3.2. Beurteilung der wirtschaftlichen Ertragsbedingungen

Nach Erhebung speziell für den Weinbau erforderlicher Ertragsbedingungen, wie Wegentfernung, Steigung der Wege, Geländeneigung, Parzellengröße, Streulage, wird die Weinbauertragszahl abgeleitet.

### 3.3. Vermarktungsmöglichkeiten

Nach Berücksichtigung der Preishöhe, Preissicherheit und Absatzsicherheit einer Weinbaugemeinde wird die Weinbaubetriebszahl festgelegt.

## 4. Übriges land- und forstwirtschaftliches Vermögen

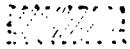
Hiezu zählen die Teichwirtschaften, die Forellenzucht und -mastbetriebe, die Fischereiberechtigungen an Fließgewässern und an stehenden Gewässern sowie die Imkereien. Es wird Einzelertragsbewertung durchgeführt.

## 5. Zuschläge gem. § 40 BewG

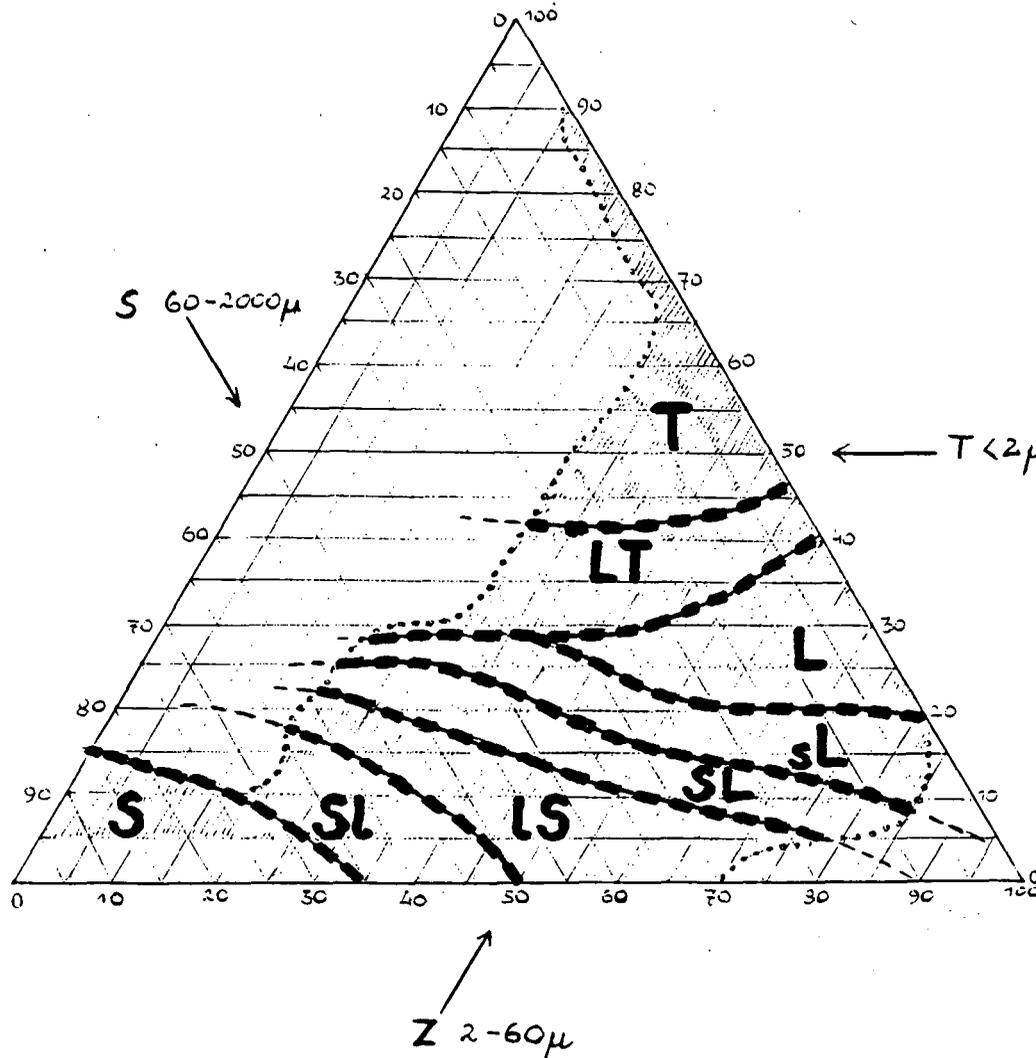
Zuschläge werden ermittelt für den Obstbau (ab 0,5 ha), für Ribisel-, Holunder-, Beerensträucher (ab 0,5 ha), für Ananaserdbeeren (ab 0,3 ha); weiters für überdurchschnittliche Tierbestände und Sonderkulturen (Zuschläge für Feldgemüsebau, Hopfenanlagen, Tabakbau, Arznei-, Gewürzpflanzen- und Christbaumkulturen).

Die Bodenarten der Bodenschätzung  
im Texturreieck

(% Verhältnis Sand : Schluff : Ton)



Bereich durch Analysen bestätigt



Berücksichtigung von Wassererosionsfolgen  
in der Bodenschätzung

von

RATZKE, U.<sup>+) u. M. FRIELINGHAUS<sup>++)</sup></sup>

**Problem- und Zielstellung**

In reliefierten Jungmoränengebieten ist die Bodenerosion durch Wasser auf intensiv genutzten Ackerflächen der die Böden am stärksten prägende und durch Bodenverluste u. -verlagerungen nachteilig verändernde Faktor.

Ziel des hier vorzustellenden Projektes war es, Methoden zur Darstellung von Bodenerosionsgefährdungs- oder -prognosekarten mit Ausnutzung der Bodenschätzungsunterlagen zu erproben.

Untersuchungsobjekt ist die **Bodenlandschaft** östlich von **Prenzlau** im uckermärkischen Grundmoränengebiet, die durch einen ähnlichen geologisch-morphologischen Aufbau und eine einheitliche Genese definiert wird. In ihr werden etwa 17 800 ha Landwirtschaftsfläche mit durchschnittlich 50 Bodenpunkten langjährig und intensiv ackerbaulich genutzt.

**Arbeitsschritte und Methoden**

Im **1. Arbeitsschritt** wurden aufgabenbezogen bereits vorliegende geologisch und bodenkundlich auswertbare Unterlagen wie geologische Spezialkarten und Bodenschätzungsunterlagen intensiv bearbeitet.

Im **2. Arbeitsschritt** wurden 50 typische Leitbodenprofile an ausgewählten Catenen mit Wassererosionsfolgen untersucht, um die erforderlichen Daten zu Standorteigenschaften, Stoffbestand sowie chemisch-physikalischen und biologischen Grunddaten zu präzisieren. Aus dem Oberflächenrelief ließen sich 3 charakteristische Erosionsbereiche ausscheiden:

1. **Verebnungen** vergesellschaftet mit schwach geneigten Streckhängen ( bis 11 % Neigung )
2. **Hangpositionen**, meist kurze steile Hänge und Kuppen ( 11 bis gegen 24 % Neigung ), teils quer und längs von Dellen und Flachrücken durchschnitten, welche die naturbedingte Erosionsempfindlichkeit noch erhöhen
3. **Hangfüße** und **Senken** zu und in den kleinen Abflußtälern

Die Texturanalysen weisen, vor allem abhängig von der Lage der Böden im Erosionsbereich und von der Profiltiefe, folgende Spannen auf: **Ton** 9 bis 25 %, **Schluff** 20 bis 30 %, **Sand** 50 bis 70 %.

Charakteristisch ist der hohe und relativ ausgeglichene **Feinsandanteil** von über 30 bis mehr als 40 % des Gesamtbodens. Dieser hohe Feinsandanteil verleiht den Böden subjektiv einen etwas bindigeren, feineren Charakter als sie nach der bodenkundlichen Kartieranleitung der Geologischen Landesämter (KA3) eingestuft werden müssen. Daher liegt auch die eigene Bodenansprache im Gelände teilweise 1 Bodenartenuntergruppe über der Laboranalyse. Das betrifft den lehmigen Sand und das Kolluvium. Die gleiche Tendenz zeigt sich beim Vergleich mit der Bodenartenansprache durch die Bodenschätzung, die hier den Zusatz "schwach toniger" lehmiger Sand ( t'IS ) verwendet hatte.

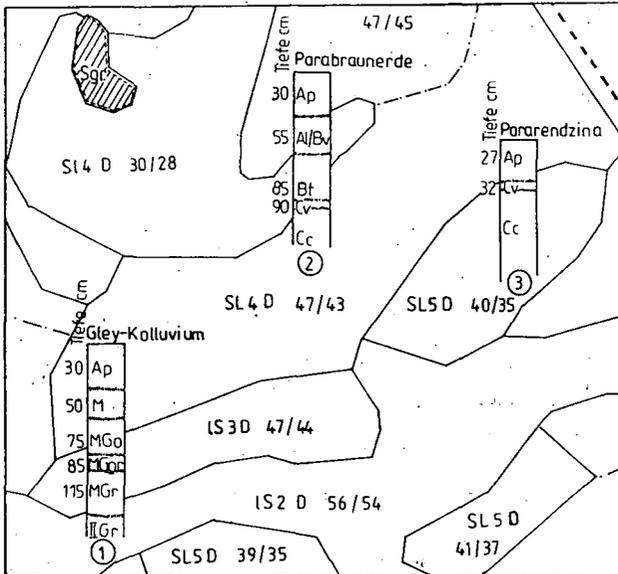
Die Entkalkungstiefen sind erwartungsgemäß gering, und reichen selbst auf den Verebnungen selten tiefer als 85 cm unter Geländeoberkante.

-----  
+) Geologisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern, Industriest.5, O-2786 Schwerin  
++) ZALF Müncheberg, O-1278 Müncheberg

Die Bodenschätzung wurde hier im wesentlichen zwischen 1949 und 1952 von einem amtlichen Bodenschätzer durchgeführt. Dankenswerterweise war der Zugriff auf die Rein- und Feldkarten sowie Schätzungsbücher ermöglicht. Je 100 ha geschätzter Fläche waren durchschnittlich 60 flächentypische Grab- bzw. Bohrlochbeschreibungen inhaltlich auszuwerten. Für etwa 76 % der Fälle sind 3 Schichten, für 17 % 4 Schichten und für 7 % 2 Schichten beschrieben.

Im **3. Arbeitsschritt** wurden die gewonnenen erosionsbezogenen Übersetzungsergebnisse und Grenzen zunächst in Entwurfskarten mit überzeichneten Klassenflächen der Bodenschätzung im Maßstab 1:10 000 wie folgt übertragen:

Aus dem Kurzzeichen für die Humusbeschreibung  $\bar{h}$ , h u. h' wurden **Kolluvialhorizonte M** von **Ah-Horizonten** unterschieden und interpretiert, wenn der **Ah + M-Horizont** größer 40 cm war. Sie sind weitgehend an **Hangfuß** und **Senkenpositionen** gebunden. Als sehr schwach humos "h" und stellenweise schwach humos (h') beschriebene Schichten wurden noch nicht dem Kolluvium zugerechnet, obgleich auch solche Klassenflächen Übergänge erwarten lassen.



Skizze : Erosionsfolgen

		①	②	③
Mächtigkeit Ap	cm	30	30	27
Ct	%	1,60	0,95	0,56
Nt	%	0,06	0,08	0,07
P	mg	5,5	10,0	2,1
K	mg	6,7	10,8	6,8
Ca CO	%	0,11	0	0,97
Ton	%	13,4	11,0	20,5
Schluff	%	29,1	23,0	26,7
Sand	%	57,5	66,0	52,8
BZ		56	47	40
AZ		54	43	35

Im anstehenden kreidehaltigen Geschiebemergel der Weichsel-II-Vereisung des Pommerschen Stadiums konnten die Kürzel "ka", "k $\bar{a}$ " und "me" als **Cv-** oder **Cc-Horizonte** graduell interpretiert werden. In den **stark erodierten Hangbereichen** stehen sie direkt unter dem knapp 30 cm mächtigen **Ap-Horizont** an und kennzeichnen Pararendzinen. Hydromorph bedingte Flecken und Ausfällungen von Eisen und Mangan sind als "ei" (eisenschüssig) und "gb" (gebleicht) beschrieben und können den Stauwasserböden und/oder Gleyen zugeordnet werden. Ihre Lage beschränkt sich auf die **tieferen Senkenbereiche** der kleinen Abflußtäler, hier handelt es sich hauptsächlich um den Subbodentyp Gley-Kolluvium. Ganz vereinzelt und inselartig sind aus denselben Merkmalen auch in **Mulden** und auf **Verebnungen** Pseudogley bzw. deren Übergänge zu Gleyen oder Parabraunerden nachgewiesen.

Die flächentypischen Profilbeschreibungen der Bodenschätzung für die i.a. von der Wassererosion nicht oder nur wenig beeinflussten Böden auf den **Verebnungen** und **schwachen Streckhängen** beziehen sich auf die Humusgehalte und Bodenarten. Daraus kann noch nicht auf den Bodentyp geschlossen werden. Aus den Untersuchungen im Geglände ergibt sich, daß unterhalb der **Ap-** bzw. **Ah-Horizonte** die Kombinationen eines Verbraunungs- bzw. Verlehmungshorizontes **Bv** der Parabraunerde mit demgegenüber zurücktretenden Merkmalen der Tonverlagerung **Al** als **AlBv-Horizont** prägend sind. Diese Horizonte liegen meist als nur 10 bis 20 cm mächtige Übergänge der Bodenart **IS** vor, es folgen Tonanreicherungshorizonte **Bt**, die bereits in die Bodenartenuntergruppe stark lehmiger Sand und stark sandiger Lehm übergehen. Darunter liegt der aus den Bodenschätzungsunterlagen abzuleitende Carbonatanreicherungshorizont **Cc**. Somit handelt es sich meist um gesättigte, wenig veränderte, aber z.T. kolluvial überprägte Parabraunerden. Auf der so entworfenen Karte der Hauptbodentypen und der Erosionsgefährdung waren noch nicht alle Konturen der natürlichen Verbreitung lagerichtig wiedergegeben.

Das gelang im **4. Arbeitsschritt** mit Hilfe von Luftbildinterpretationen aus einer gezielt bodenkundlichen Befliegung im gleichen Maßstab wie die Entwurfskarte 1 : 10 000. Grauwertunterschiede ließen es zu, vor allem die stark erodierten Oberhangbereiche und Kuppen deutlich auszugrenzen, was der in die Ap-Horizonte eingepflügte, sehr hell reflektierende Geschiebemergel bewirkt. Die so präzierten Karten wurden über dem Lichtkasten mit der neuen topographischen Karte 1 : 10 000 zur Deckung gebracht. Damit waren Höhen- und Tiefenlinien ein letzter Prüfstein dafür, ob die Erosionsfolgen und die ihnen entsprechenden Hauptbodentypen sowohl räumlich als auch von der Lage im Relief richtig in den topographischen Grundriß eingepaßt sind.

Betrachten wir abschließend die Erosionsfolgen hinsichtlich ihrer Schätzung nach Boden- und Ackerzahlen sowie des langjährig beobachteten Ertragspotentials, so ergibt sich: Die geringsten Ackerzahlen erzielten **Oberhänge** bis **Mittelhänge** mit den größten erosionsbedingten Bodenabtragsverlusten in der Spanne von 22 bis 50. Die Abschläge von der Bodenzahl machten bis zu 42 %, im Mittel 6.8 % aus. Es sind mit Abstand die geringsten Standortqualitäten.

Auf den seit der Bodenschätzung verstärkt durch Wassererosion abgetragenen Hängen und Kuppen der Steilcatenen mit stark degradierten Pararendzinen hat sich die Standortqualität bis heute weiter verschlechtert. Daher soll hiermit angeregt werden, bei den Nachschätzungen die extrem abgetragenen Oberhänge und Kuppen bis zu 1 Zusatzstufe und entsprechend differenzierten Ackerzahlen **niedriger zu bewerten**.

**Die Verebnungen** und **weniger abgetragenen Streckhänge** wurden mit Ackerzahlen von 18 (einzelne Sandinseln) bis 60,  $\bar{x}$  etwa AZ 50, bewertet. Auf ihnen bleibt das ackerbauliche Ertragspotential gegenüber dem **Kolluvium** zurück. Die Gründe liegen in den höheren Humusgehalten und in der durch den freien Kalkgehalt bis in größere Tiefen stabilisierten Bodenstruktur. Diese Vorzüge können nicht bestätigt werden, wenn starke Bodenvernässungen vorherrschen. Die Ackerzahlen des Kolluviums liegen zwischen 37 und 69, im  $\bar{x}$  etwa AZ 52, bei i.a. Abschlägen von 4 %.

### **Schlußfolgerungen**

Die vorliegenden Ergebnisse haben gezeigt, daß aus flächentypischen Profilbeschreibungen der Bodenschätzung für Bodenlandschaften Wassererosionsfolgen abgeleitet werden können. Mit geeigneten Hilfsmitteln, hier Luftbilder und präzise topographische Grundrisse, lassen sich lagegetreue Karten der Bodenerosionsgefährdung und -prognose präzisiert darstellen. Damit werden Konturen und Strukturen konzipiert, die für eine Digitalisierung sowie weitere Verknüpfungen unverzichtbar sind.

Die hierbei entstandenen Aufwendungen waren zunächst hoch, aber notwendig, um Regeln und Richtwerte sowie Eichkatenen zu erarbeiten. In den heterogenen Jungmoränenlandschaften müssen die abgelaufenen Prozesse und die Verbreitung der Erosion genauer untersucht und ausgewertet werden, bevor man zur digitalisierten Herstellung klein- und mittelmaßstäbiger Karten übergeht. Eine enge Korrelation zu Bodenerodibilitätsfaktoren ist für diese Standorte nicht nachzuweisen, d.h. in die Risikoabschätzung müssen spezifische standortrelevante Parameter aufgenommen werden. Letztlich geht es darum, standortgemäße Lösungen zum Bodenschutz vorzuschlagen, die von Nutzern derselben und Bewirtschaftern der Böden akzeptiert werden.

Das Für und Wider zum Konzept der "Reichsbodenschätzung"  
vor deren Beginn am Anfang der 30er Jahre

von

RAU, D.\*<sup>1</sup>

In der sich konsolidierenden Weimarer Republik wurde Mitte der 20er Jahre für notwendig erachtet, die Differenzierung der Steuern für die Landwirtschaft neu und vor allem reichseinheitlich zu regeln. Vom Finanzministerium war 1925 ein "Reichsbewertungsbeirat" eingesetzt worden, der sich um diese Angelegenheit kümmern sollte. Namhafte Agrarwissenschaftler, wie z. B. B. SAGAWÉ, und Finanzfachleute gehörten ihm an. Dieser "Beirat" war sich schon bald darüber einig, daß der Boden besser in die Bewertung mit einbezogen werden muß, als es in den Systemen, die bisher bestanden, geschehen war. Ziel war es letztlich, die Einheitsbewertung, wie sie dann genannt wurde, als steuerliche Maßnahme für das gesamte Reichsgebiet durchzuführen.

Nach dem Beschluß durch den "Beirat", die Bonitierung - man fand den Begriff "Bodenschätzung" - neu zu machen, folgte ab etwa 1930 eine Phase, in der es um die Frage ging, wie diese wohl am besten zu bewerkstelligen sei. Sie zog sich als z. T. kontrovers geführte Diskussion über mehrere Jahre hin, bis schließlich mit Erlaß des "Bodenschätzungsgesetzes" im Oktober 1934 sich die Gemüter erst einmal beruhigten.

An der Diskussion waren vorrangig beteiligt:

Die landwirtschaftliche Betriebslehre mit W. ROTHKEGEL als dem "Vater" der Bodenschätzung, H. HERZOG und A. PETERSEN, die als die wichtigsten zu nennen sind, und die Bodenkunde mit G. GÖRZ, A. HOCK, W. WOLFF und K.v.BÜLOW als Vertreter der geologisch-bodenkundlichen Richtung an der Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin, und H. STREMMÉ als Verfechter der damals neuen "Bodentypenlehre" mit seinen Mitarbeitern W. TASCHENMACHER und E. OSTENDORFF.

Die Bodenkunde als damals noch verhältnismäßig junge Wissenschaft war insbesondere zu dem Themenkreis gefragt: Wie ist der Bodenwert möglichst objektiv ermittelbar und zwar nach einer Methode, die in ganz Deutschland einheitlich angewandt werden kann?

In wirklich weiser Voraussicht der späteren Bedeutung der Bodenschätzung als Werk auch der Bodenkartierung hatte ROTHKEGEL neben der Bewertung der Böden zum Zweck der Besteuerung als wesentliches Ziel die Inventur aller in Deutschland vorhandenen Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung betrachtet. Gerade hierfür war von ihm klar erkannt worden, daß nur einheitliches Vorgehen ein brauchbares (untereinander vergleichbares) Ergebnis erwarten ließ. So wurde die Aufgabe schon von ihm und den beteiligten Bodenkundlern in drei Richtungen gesehen: 1. Inventur (Kartierung). - 2. Schätzung (Wertabstufung der Böden untereinander). - 3. Bewertung (nach dem erzielbaren Reinertrag).

\* 0 - 6901 Jena-Ammerbach

Heute, nach über 50 Jahren, ist als besonders wichtig und bedeutungsvoll herauszustellen und zu würdigen: die Inventur als Datenerfassung für die Kartierung.

Welches nun waren die Argumente für und wider das Konzept der reichseinheitlichen Bodenschätzung, so wie es von ROTHKEGEL und HERZOG als Betriebslehrer und von WOLFF, GÖRZ und HOCK als Bodenkundler entwickelt worden war und wie es schließlich nach seiner Gesetzeserhebung zur Anwendung kam?

Die Kritik von betriebswirtschaftlicher Seite kann hier, aus Platzmangel, nur kurz gestreift werden. Sie wurde in erster Linie von PETERSEN vorgebracht und richtete sich vor allem gegen die Verwendung eines reichseinheitlichen Taxrahmens. Er betonte, daß die gegenseitigen Wertverhältnisse der Böden in den meisten Gegenden von Deutschland erheblich von denjenigen in der Magdeburger Börde abweichen und daß schon aus diesem Grunde die Anwendung eines "Reichtaxrahmens" fehlerhaft sei.

PETERSEN, wie andere Betriebslehrer, richteten sich gegen die Unterstellung "mittlerer Verhältnisse" für das Klima, aber auch für die Bewirtschaftung und andere Kriterien.

Aus dem Mangel der Unterstellung "normaler" Verhältnisse für ganz Deutschland hat aber selbst ROTHKEGEL keinen Mehl gemacht. Er hat allerdings betont, daß für ihn die Einheitlichkeit des Taxsystems absolut den Vorrang verdient und daß deswegen um den Behelf "Zu- oder Abschläge" nicht herumzukommen war. Das Prinzip, zunächst nur den "reinen Boden" der Beurteilung zu unterziehen und erst nachträglich abweichende Verhältnisse durch Korrekturen zu berücksichtigen, war seiner Auffassung nach konsequent durchzuhalten.

Die Kritiker aus dem Lager der Bodenkunde waren eigentlich nur HERMANN STREMMER und seine Schüler. Ihre Argumente richteten sich vor allem gegen die in dem Konzept der Bodenschätzung enthaltenen bodenkundlich-wissenschaftlichen Grundlagen für die "Zustandsstufe", nur nebeneinander auch für die "Entstehungsart". Von W. LAATSCH, der 1937 in Halle seine Habilitationsschrift "Entwicklungstendenzen und System der deutschen Acker- und Waldböden" veröffentlichte, liegen Äußerungen zur Bedeutung der Bodentypenlehre, so wie sie von STREMMER vertreten wurde, vor. Somit gibt es von ihm, der schon damals als führender Bodenkundler galt, lediglich indirekte Stellungnahmen zu bestimmten kritischen Argumenten der STREMMER-Schule.

Nach Meinung der Bodenkundler um H. STREMMER hätte als Haupteinteilungsprinzip bei der Bodenschätzung der B o d e n t y p zugrunde gelegt werden müssen. Einen konkreten Vorschlag, wie dies hätte gemacht werden sollen, findet man allerdings in der Literatur nicht.

Die scharfe Kritik zielte vor allem auf die "Zustandsstufe" und ihre wissenschaftliche Begründung. "Die Auffassung von einem 'idealen Lebensablauf' der Böden, wie sie in der Zustandsstufe ihren Niederschlag fand, sei irrig", schreibt STREMMER, und "man sollte aufhören, die Zustandsstufe mit Hilfe dieser fehlgehenden Hypothese aus den Bodentypen abzuleiten ..." Mit der "fehlgehenden Hypothese" meinte STREMMER die von WOLFF, v. BÜLOW und GÖRZ aufgestellte Theorie von einem Entwicklungsablauf der Böden, in dessen Verlauf sich charakteristische "Zustände" erkennen lassen, die mit "Alterungsstufen" erklärt wurden. LAATSCH schreibt dazu: "Es wäre somit durchaus abwegig und mißverstanden, wenn man aus dem von WOLFF, v. BÜLOW und GÖRZ geschilderten 'idealen Lebensablauf' der Böden folgern würde, daß a l l e Substrate ein und dieselbe Typenreihenfolge in ihrer Entwicklung durchlaufen. Die verschiedenen Böden können wohl recht verschiedene Entwicklungsbahnen einschlagen, nur eines ist ihnen allen unter den gegebenen Klimabedingungen gemeinsam, nämlich das Tendieren zu Entbasung und Versauerung."

Tatsächlich erscheint es abwegig, die sieben Zustandsstufen der Bodenschätzung mit Kriterien für Bodentypen in Übereinstimmung bringen zu wollen. Die Hypothese vom gesetzmäßig bedingten Entwicklungsgang blieb in verschiedener Hinsicht unklar und nebulös. Daß die Zustandsstufe in der Hand von siebenhundert Bodenschätzern von ihrer ursprünglichen wissenschaftlichen Begründung her eine Abwandlung zu einem ausgesprochenen "praktischen Werkzeug" erfuhr, war von vornherein nicht zu vermeiden, und vielleicht auch nicht zu vermeiden beabsichtigt. In der Praxis der Schätzung vermittelt bei einer gewissen Übung der Gesamteindruck eines Profiles eine gewisse Vorstellung von dessen Fruchtbarkeit. Etwa wie einem Lehrer wird dem Schätzer bei der Betrachtung des Bodenprofiles eine bestimmte "Zensur" sprich: Zustandsstufe, vorschweben, die er hofft, in der Zustandsstufen-B e s c h r e i b u n g bestätigt zu finden. Da nur vier von den sieben Zustandsstufen beschrieben, sind die einzelnen wenig exakt präzisiert. Dadurch wird die Zuordnung des zu schätzenden Bodens vereinfacht und erleichtert. Freilich, eine solche Zustandsstufe läßt gewisse Subjektivität zu. OSTENDORFF schreibt dazu, daß die Bodenschätzung diesbezüglich auf unfertig durchgearbeiteten Grundlagen beruhe.

TILL, ein österreichischer Bodenkundler, bemerkt: "Im Zuge der österreichischen Bodenschätzung hat man erkannt, daß man die Zustandsstufe im ursprünglichen Sinne praktisch nicht verwenden kann. ... Man hat einfach den Namen geändert und die 'Zustandsstufen' in 'Wertstufen' umbenannt. Da konkrete Angaben über die sieben Wertstufen nicht gegeben wurden, kann der Bodenschätzer ... entweder nur rein gefühlsmäßig oder nach einer Art Tradition vorgehen".

TASCHENMACHER hat den Versuch unternommen, Zusammenhänge zwischen Zustandsstufe und Bodentyp aufzudecken. Seine Zusammenstellungen ließen erkennen, wie stark innerhalb einzelner Zustandsstufen die Aufgliederung in Bodentypen ist. Er konnte zeigen, wie wenig echte Zusammenhänge doch in Wirklichkeit zwischen Bodentyp und Zustandsstufe bestehen. Die bei der Schätzung festgelegte Zustandsstufe allein kann zumeist nachträglich so gut wie nichts aussagen über den Bodentyp, dem der geschätzte Boden zugehört. Für die Zuordnung nach Bodentypen war jedoch - und das kann nicht deutlich genug herausgestellt werden - durch die im Schätzungsbuch niedergelegte Profilbeschreibung i.d.R. in ausreichendem Maße gesorgt.

Viel wichtiger als das erschien dem "Schätzungsbeirat" die gute Eignung der Zustandsstufe für die Wertabstufung der Böden bei g l e i c h e r Bodenart. Ganz in diesem Sinne versteht sich die Erläuterung, die ROTHKEGEL für die Zustandsstufe abgegeben hat: "Sie stellt den Ausdruck dar für die Gesamtbeschaffenheit und Eignung des Bodens als Standort für landwirtschaftliche Gewächse, so weit Beschaffenheit und Eignung nicht schon aus der Kennzeichnung nach Bodenart und geologischer Entstehung hervorgehen."

Neben der "Zustandsstufe" stieß die so bezeichnete "geologische Entstehung" auf Kritik bei H. STREMMER und seinen Schülern. Die Einteilung nach L<sub>0</sub>, D, Al und V-Böden, die sich in der Bemessung des Wertes gemäß dem Schätzungsrahmen widerspiegelt, wurde als geologisch unsystematisch abgelehnt. "Man hat den Eindruck, daß die Wahl der Bezeichnungen nach der geologischen Entstehung auf Nichtgeologen zurückgeht", schreibt OSTENDORFF. Er hält es für unangebracht, aus der "geologischen Zugehörigkeit bodenkundliche Unterschiede konstruieren zu wollen."

Eine Diskussion wurde auch geführt zu dem Begriff "bodenartliches Gesamtgepräge" als quasi Summe oder Quintessenz der Bodenart aller Horizonte und sogar Schichten des Bodenprofils. Dieser auf ROTHKEGEL zurückgehende Hilfsbegriff war den Bodenkundlern zu unkonkret und brachte nach ihrer Meinung zu viel Subjektivität seitens der Schätzer ins Spiel. Dazu ROTHKEGEL: "Es kommt darauf an, die Gesamtwirkung zu erfassen, die der Boden durch seine Be-

schaffenheit auf die landwirtschaftliche Fruchtbarkeit ausübt und dafür einen zusammenfassenden Gesamtausdruck zu finden."

Die Wirkung oder das Gewicht der Bodenart einzelner Horizonte oder Schichten auf das Gesamtprofil, also den "bodenartlichen Gesamtcharakter" einzuschätzen, ist nicht leicht, z. B. die Vorteilswirkung einer tonigen Schicht im tiefen Unterboden eines Sandbodens. Im Durchschnitt der Bodenarten des durchwurzelten Raumes fielen sie kaum ins Gewicht, bei der gegebenen Konstellation dagegen beeinflusst sie in beträchtlichem Maß die Bodenfruchtbarkeit. Solchen Sonderfällen Rechnung tragend, war somit den Schätzern ein Spielraum gegeben, indem ja der "bodenartliche Gesamtcharakter" zu bemessen war. Ob allerdings die Bewertung jeweils gleichartig ausfiel? Man hat es vom Konzept her jedenfalls bezweifelt.

Heute läßt sich rückblickend feststellen, daß der "Reichsbewertungsbeirat" damals die Argumente der Bodenkundler um STREMMER durchaus ernst nahm. H. HERZOG faßte so zusammen: "So sehr auch die bisherigen Ergebnisse dieser neuen Betrachtungsweise ... zu begrüßen sind und so sehr auch später einmal ein ... weiterer ... Ausbau dieser Methode ... die Bewertung zu fördern (vermag), so verfehlt wäre es doch, schon jetzt darauf eine neue Einteilung der Böden zum Zwecke ihrer Bewertung aufbauen zu wollen."

#### Literatur

Herzog, H.: Die Bewertung der mineralischen Ackerböden Deutschlands in: Berichte üb. Landw. Neue Folge, 63. Sonderheft, Bln. 1932. - Hock, A.: Reichsbodenschätzung und Bodenkartierung in: Der Forschungsdienst Jg. 1938, S. 450, Bln. 1938. - Laatsch, W.: Entw.-Tendenz u. System der dtsh. Acker- u. Waldböden (Habil.Schr.), Dresden u. Lpz. 1937. - Ostendorff, E.: Stellungnahme zu "Reichsbodenschätzung und Bodenkunde" in Ztsch. d. Dtsch. Geol. Ges. 91, 8, 616, Bln. 1939. - Petersen, A.: Grundlagen zu einer Reichsbodenschätzung, Bln. 1934. - Rothkegel, W.: Geschichtliche Entw. der Bodenbonitierung und Wesen u. Bedeutung der dtsh. Bodenschätzung, Stuttgart 1950. - Rothkegel, W.: Bemerkungen zu der Auseinandersetzung über Reichsbodenschätzung und Bodenkunde in: Ztsch. d. Dtsch. Geol. Ges. 91, 8, 620, Bln. 1939. - Stremme, H.: Bodenlehre und Bodenschätzung in: Ztsch. d. Dtsch. Geol. Ges. 91, 8, 624, Bln. 1939. - Taschenmacher, W.: Grundriß einer deutschen Feldbodenkunde in: Schriften üb. neuzeitlichen Landbau, 8, Stuttgart 1937. - Till, A.: Zur Bewertung landw. genutzter Böden Österreichs in: Die Bodenkultur 4, 389, Wien 1950. - Wolff, W., v. Bülow, K. u. Görz, G.: Neue bodenkundliche Gesichtspunkte b. d. Kartierungstätigkeit der Preuß. Geol. Landesanst. in: Jhb. d. Preuß. Geol. Ges. für 1933, Bln. 1933.

# Untersuchungen zur Aussagegenauigkeit von Daten der Bodenschätzung anhand der Ergebnisse einer aktuell durchgeführten Bodenkartierung mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS)

Reiche, E.W. & U. Schieß, Kiel<sup>1</sup>

## 1 Einleitung

Böden können in Ökosystemen als wesentliche Regulatoren, Speicher, Transformatoren und Puffer angesehen werden. Die Reaktion eines Ökosystems auf Schadstoffe hängt ganz entscheidend von den Bodeneigenschaften ab (FRÄNZLE 1983, BLUME 1990). Dabei sind die Fähigkeiten von Böden einer Landschaft zur Erfüllung verschiedener Funktionen sehr unterschiedlich ausgeprägt. Demzufolge ist die flächenhafte Erfassung von Bodendaten für die Ableitung ökologisch wichtiger Aussagen von großer Bedeutung, z. B. bei der Betrachtung der Auswaschung verschiedener Stoffe in tiefere Schichten (DUYNISVELD 1984, REICHE 1991). Hochauflösende Bodeninformationen werden zur Standortbeurteilung benötigt, z.Z. ist häufig die Reichsbodenschätzung die einzige Quelle für eine annähernd flächendeckende Darstellung (ZÖLITZ-MÖLLER 1991).

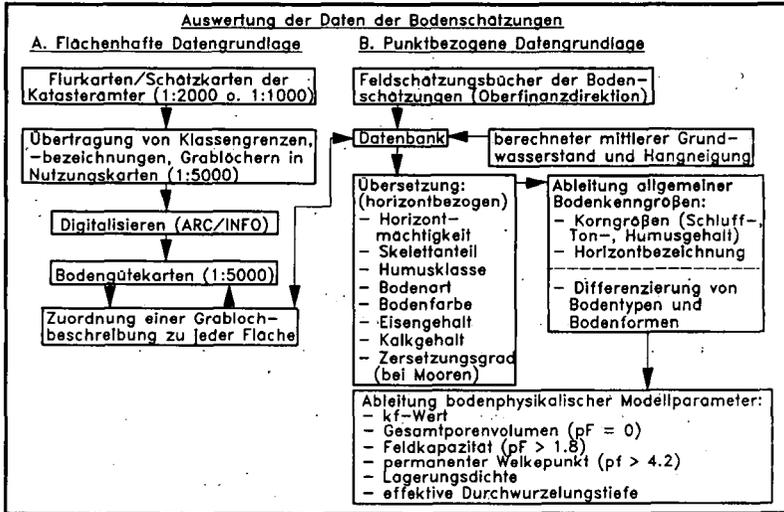
## 2 Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet der **Bornhöveder Seenkette** in Schleswig-Holstein ist eine typische wechsellagernde Jungmoränenlandschaft mit stark wechselndem Relief und zahlreichen Seen sowie Toteislöchern im Übergang zur Holsteinischen Geest. Das räumliche Ineinandergreifen von unterschiedlichen geologischen Ausgangssubstraten, geomorphologischen Formen und Nutzungstypen hat zu einer starken Vielfalt verschiedener Böden geführt. Im nördlichen Bereich dominieren aus Geschiebemergel entwickelte Parabraunerden in Übergängen zu Pseudogleyen, Kolluvisolen, eutrophen Gleyen sowie Niedermooren. Im südlichen Bereich haben sich auf sandigen Substraten Braunerden in Übergängen zu Rostbraunerden, Kolluvisol-Braunerden, Kolluvisolen, Kolluvisol-Gleyen sowie Nieder- und Übergangsmoore entwickelt (SCHLEUSS 1991).

Die Daten der Reichsbodenschätzung wurden für das Einzugsgebiet der Bornhöveder Seenkette aufgenommen, digitalisiert und in Anlehnung an BENNE et al. (1990) unter Berücksichtigung regionaler Gegebenheiten (CORDSEN 1989) in die heutige bodenkundliche Nomenklatur übersetzt (REICHE 1991). Das hier entwickelte Verfahren kombiniert die in einer Datenbank (dBASE) vollständig übertragenen Originalschätzungsdaten mit Reliefpositionen, die im GIS verwaltet werden. Die wesentliche Grundlage bei der Übersetzung der Schätzdaten bilden die horizontkennzeichnenden Merkmale (FLEISCHMANN et al. 1979). Die einzelnen Übersetzungsschritte können dem Auswertungsschema (Abb. 1) entnommen werden. Die im GIS verwalteten Daten zum Relief und zum Grundwasserflurabstand dienen insbesondere zur Unterscheidung von Gleyen und Pseudogleyen sowie zur besseren Identifizierung der kolluvisierten Böden.

---

<sup>1</sup> Projektzentrum Ökosystemforschung, CAU Kiel, Schauenburger Str. 112, D W 2300 Kiel



**Abb. 1:** Auswertung der Daten der Bodenschätzung

Gleichzeitig wurde eine Bodenkartierung auf Grundlage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODENKUNDE 1982) durchgeführt, um aktuelle Daten über die Bodenverhältnisse im Projektraum zu ermitteln (SCHLEUSS 1991).

Mit Hilfe eines GIS -auf Basis des Softwarepakets Arc-Info (ESRI 1989)- lassen sich flächenhafte Auswertungen vornehmen (BARTHELME 1989, TAYLOR 1991), was am Beispiel eines DGK 5 Blattes (Perdöl) näher vorgestellt werden soll. Es ist dabei darauf hinzuweisen, daß die Daten der RBS nur annähernd flächendeckend vorliegen (z.B. Wald- und Uferflächen sind nicht vollständig erfaßt), so daß nur die Flächen statistisch miteinander verglichen wurden, die sowohl bei der RBS- Auswertung als auch bei der Bodenkartierung erfaßt werden konnten.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Der Auswertung sind Aussagen hinsichtlich der Übereinstimmung von Bodenarten und Bodentypen zu entnehmen. Es ist im allgemeinen eine recht gute Übereinstimmung in der Aussage zur Bodenart aus den RBS- Daten im Vergleich zur aktuellen Kartierung gegeben (s. Abb. 2). Bei unterschiedlicher Interpretation der Bodenarten handelt es sich vor allem um kleine Abweichungen (1 Bodenartenklasse). Tendenzmäßig zeigt sich für das Blatt Perdöl eine leichte Unterschätzung des Tongehaltes bei der Übersetzung der RBS- Daten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Festlegung der Teilflächen für das Modellsystem **WASMOD&STOMOD** unter Berücksichtigung homogener Boden-, Nutzungs- und Reliefverhältnisse erfolgt. Durch das Verschneiden der drei Einzelkarten ergibt sich die Schwierigkeit einer sehr hohen Anzahl von kleinen Teilflächen, so daß eine Flächenmindestgröße festgelegt werden muß, die eine Rückwirkung auf die statistische Auswertung zur Folge hat. Weiterhin ist zu beachten, daß durch die in den letzten Jahrzehnten abgelaufenen Erosionsereignisse lehmige Unterbodenschichten an der Oberfläche freigelegt wurden, die nur bei der aktuellen Kartierung erfaßt worden sind.

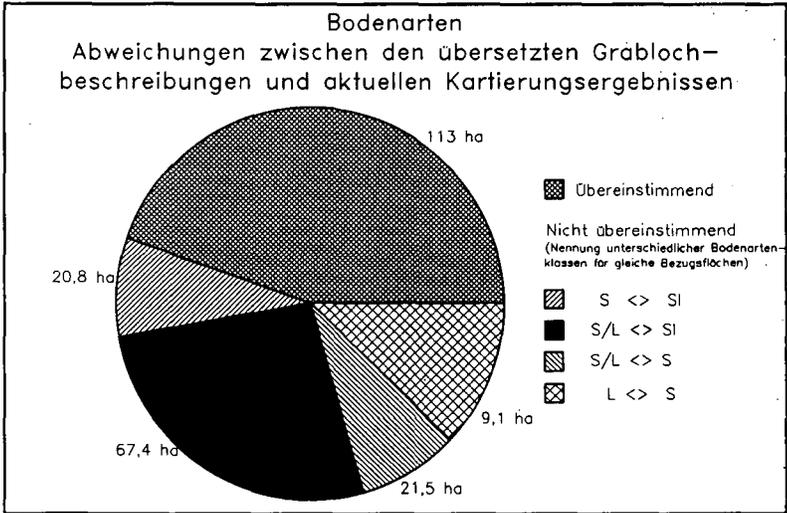


Abb. 2: Abweichungen bei der Einschätzung der Bodenarten (RBS <> aktuell)

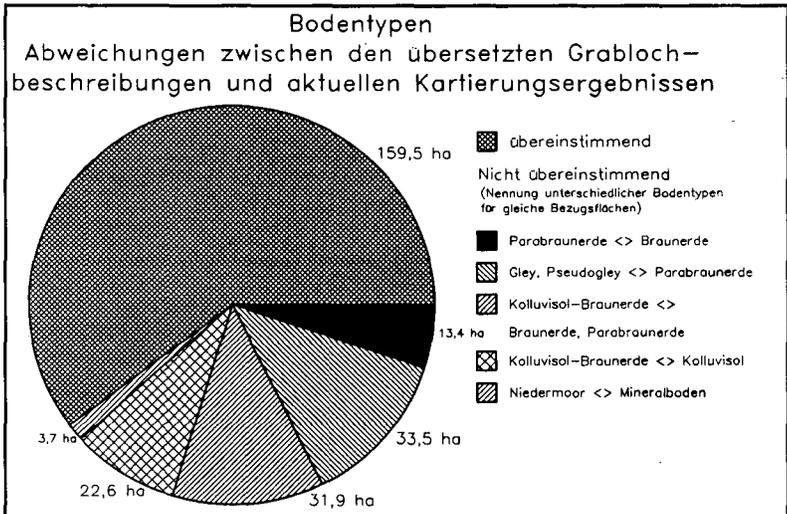


Abb. 3: Abweichungen bei der Einschätzung der Bodentypen (RBS <> aktuell)

Vergleicht man die abgeleiteten Bodentypen aus der RBS mit denen der aktuellen Bodenkarte (s. Abb. 3), dann ist festzustellen, daß sich die Hauptunterschiede durch die in den letzten Jahrzehnten verstärkt abgelaufenen Prozesse der Erosion/ Kolluvierung, Entwässerung, Verdichtung und Versauerung ergeben. Der Prozeß Erosion/ Kolluvierung hat sich verstärkt. Während die Auswertung der RBS- Daten häufig nur schwach kolluvierte Böden ausweist, ist in der aktuellen Kartierung ein wesentlich höherer Anteil an Kolluviosolen (MAh bzw. MAP + fAh(p) > 8 dm) festzustellen. Die Auswirkungen starker Entwässerungen zeigen sich vor allem bei den semiterrestrischen Böden, die noch hydromorphe Eigenschaften aufweisen, welche jedoch nicht mit dem aktuellen Grundwasserstand zu erklären sind. Hier vermeidet das Simulationsmodell durch die Einbeziehung aktueller Grundwasserstände aus dem GIS wesentliche Fehler.

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Daten der Bodenschätzung stellen unter Einbeziehung regionaler Besonderheiten eine wichtige Grundlage als Bodeninput für hochauflösende Flächenmodelle dar. Da die RBS- Daten nicht flächendeckend vorliegen, ist es wichtig, zunächst die Bodenkartierung auf die fehlenden Flächen zu konzentrieren. Bei den durch die Bodenschätzung erfaßten Flächen läßt sich unter Berücksichtigung von Nutzung, Grundwasserflurabstand und Relief durch eine sehr geringe Anzahl von aktuellen Erhebungen ein Abgleich mit den heutigen Verhältnissen herstellen.

#### Danksagung

Das FE- Vorhaben Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette wird vom BMFT und dem Land Schleswig-Holstein finanziell gefördert. K. Schalk und J. Fleischmann sei für die Unterstützung gedankt.

#### 5 Literatur

- AG Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Hannover, 3. Auflage, 331 S.
- Barthelme, H. (1989): GIS- Technologie, Springer- Verlag, Berlin
- Benne, I., Heineke, H.-. & R. Nettelmann (1990): Die DV- gestützte Auswertung der Bodenschätzung, Technische Berichte zum NIBIS, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 125 S.
- Blume, H.-p. (1990): Handbuch Bodenschutz, ecomed- Verlagsgesellschaft, Landsberg/ Lech, 686 S.
- Cordsen, E. (1989): Schriftl. Mitteilung (unveröffentl.)
- Duynisveld, W.H.M. (1984): Entwicklung und Anwendung von Simulationsmodellen für den Wasserhaushalt und den Transport von gelösten Stoffen in wasserungesättigten Böden -Ermittlung der Nitratauswaschungsgefahr unter Äckernutzung, Diss., TU Berlin
- ESRI (Eds.) (1989): Arc- Info- Handbook, Environmental Systems Research Institute, California
- Fleischmann, R., Hacker, E. & K.-H. Oelkers (1979): Erfahrungen bei der systematischen Übersetzung der Geländedaten der Bodenschätzung -eine Vorstufe zur automatischen Datenverarbeitung-, Geol. Jb., F6, Hannover, 3-28
- Fränze, O. (1983): Ökosystemforschung: Allgemeine Grundlagen und Definition, trophische Strukturen, biozönologische Gesetze und Thermodynamik, in: DFG (Hrsg.): Ökosystemforschung als Beitrag zur Beurteilung der Umweltwirksamkeit von Chemikalien, Verlag Chemie, Weinheim, 21-29
- Reiche, E.-W. (1991): Entwicklung, Validierung und Anwendung eines Modellsystems zur Beschreibung und flächenhaften Bilanzierung der Wasser- und Stickstoffdynamik in Böden, Kieler Geographische Schriften, 79, 150 S.
- Schleuß, U. (1991): Böden und Bodenschichten einer Norddeutschen Moränenlandschaft-Ökologische Eigenschaften, Vergesellschaftung und Funktionen der Böden im Bereich der Bornhöveder Seenkette, Diss., CAU Kiel, 291 S.
- Taylor, D.R.F. (1991): Geographic Information Systems, Modern Cartography, Vol. I, Pergamon Press, Oxford, 251 pp.
- Zöllitz-Möller, R. (1991): Fachliche und inhaltliche Anforderungen an das NUIS-SH, Vorstudie zum Aufbau eines Natur- und mweltinformationssystem Schleswig- Holstein (NUIS-H), Abschlußbericht I für das MNUL Schleswig- Holstein, ARGUMENT, Kiel, 96 S.

Land-Evaluierung - Abschätzung des Landpotentials  
nach Richtlinien der FAO

von

SCHMIDT, Michael W.<sup>1)</sup>

abstract

Die meisten Systeme zur Abschätzung des landwirtschaftlichen Nutzungspotentials setzen einen hohen Technisierungsgrad voraus und geben abschließend eine generelle Abschätzung des Landpotentials. Die von der FAO verwendete Methode der "Land Evaluation" jedoch geht von unterschiedlichem Grad der Technisierung aus. Sie berücksichtigt die agrarökologischen und sozioökonomischen Voraussetzungen und beurteilt die Eignung einer Landeinheiten im Hinblick auf eine spezielle Nutzung. Der Verlauf einer FAO Land Evaluierung wird schematisch vorgestellt.

1. Einleitung

Neben der deutschen "Bodenschätzung" der 30er Jahre und der weit verbreiteten "Land Capability Classification" aus den USA (Klingebiel, Montgomery 1961) existieren zahlreiche Systeme zur Abschätzung des landwirtschaftlichen Nutzungspotentials. In den meisten Fällen wird ein hoher Technisierungsgrad vorausgesetzt und abschließend nur eine generelle Abschätzung des Landpotentials gegeben.

Die von der FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) seit Ende der 70er Jahre verwendete Methode der Land Evaluation (FAO 1976, 1979) jedoch ist flexibler und geht von unterschiedlichem Stand der Technisierung aus. Sie beurteilt die Eignung der Landeinheiten im Hinblick auf spezielle Nutzungen, wie etwa "Maisanbau", "Wald für Brennholzeinschlag", "Schafweide", "Erholungs-" oder auch "Naturschutzgebiet". Diese Land Evaluierung berücksichtigt neben agrarökologischen und sozioökonomischen Voraussetzungen auch den Erhalt der natürlichen Ressourcen für eine langfristige Nutzung.

2. Vorgehensweise (vgl. Abb. 1)

1. Der erste Schritt in einer FAO Land Evaluierung ist die Definition der Nutzung, für die das Land untersucht werden soll. "Land" heißt in diesem Zusammenhang nicht nur Boden, sondern ebenso Vegetation, Klima, Relief, Hydrologie und Fauna, ob natürlich oder durch den Menschen beeinflusst.
2. In einer detaillierten Bestandsaufnahme werden nicht nur die naturräumlichen Voraussetzungen, sondern auch die sozioökonomischen Rahmenbedingungen erfasst.
3. Aufgrund seiner Produkte (Feldfrüchte, Vieh, Holztertrag, Erholungsmöglichkeiten oder

---

<sup>1</sup>Geographisches Institut Bochum, Ruhr-Universität Bochum NA 5, Universitätsstr. 150, W 4630 Bochum 1  
z. Zt. DMT, Institut für Wasser- und Bodenschutz, Baugrunddienst, Franz Fischer Weg 61, W 4300 Essen

Naturschutz), ökonomische Parameter (Marktorientierung, Kapital und Arbeitskräfteeinsatz), Technisierungsgrad, Infrastruktur, Besitzgrößen, Lage der Grundstücke, Pachtverhältnisse etc. werden Landnutzungstypen ausgegliedert ).

4. Aufgrund ihrer Eigenschaften (Gefälle, Niederschlag, Bodentyp, -art, Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit Erosionsgefährdung etc.) werden in Anlehnung an die Bodenkartierung die Landeinheiten ausgegliedert und beschrieben .

5. Die Ansprüche der jeweiligen Nutzung, hinsichtlich Ökologie, Bewirtschaftung und Bodenschutz, werden mit jeder einzelnen Landeinheit und deren Eigenschaften verglichen. Das Maß der Übereinstimmung wird in fünf verschiedenen Eignungsklassen ausgedrückt:

S1 - gut geeignet: Landeinheiten, die optimale Bedingungen für die vorgesehene Nutzung bereitstellen. Die jeweilige Nutzung kann ohne oder nur mit geringen Einschränkungen erfolgen.

S2 - geeignet: Landeinheiten, die fast optimale Bedingungen bereitstellen. Nur wenige limitierende Faktoren führen zu einer Beeinträchtigung der Produktivität.

S3 - bedingt geeignet: Landeinheiten mit limitierenden Bedingungen, die in ihrer Gesamtheit die Produktivität einschränken oder einen erhöhten Einsatz von Kapital, Arbeitskraft und/oder Technik erfordern, der sich nur bedingt rentiert.

N - nicht geeignet: Landeinheiten die gegenwärtig (N1) oder langfristig (N2) nicht für die geforderte Nutzung geeignet sind. Die Häufung schwerwiegender Einschränkungen schließt das Land von einer rentablen Nutzung aus. Verbesserungsmöglichkeiten sind ökonomisch und/oder ökologisch nicht vertretbar.

Da eine arithmetische Bewertung den naturräumlichen Gegebenheiten nicht gerecht wird, erfolgt die Einteilung in die Eignungsklassen gewichtet anhand der limitierenden Faktoren, die nach dem Gesetz des Minimums die Produktivität entscheidend bestimmen.

6. Zusammen mit den Ergebnissen der sozioökonomischen Bestandsaufnahme erfolgen abschließend Aufarbeitung und Präsentation der Ergebnisse, die dann als Planungsgrundlage dienen können. Eine vollständige Land Evaluierung erfordert ein interdisziplinär arbeitendes Team von Natur- und Geisteswissenschaftlern, um diese komplexe Aufgabe lösen zu können (vgl. Dent, Young 1981, Breimer 1986, FAO 1979).

### 3. Schlußbetrachtung

Eine Land Evaluierung nach Richtlinien der FAO bietet gegenüber anderen Methoden zur Abschätzung des Landpotentials verschiedene Vorteile:

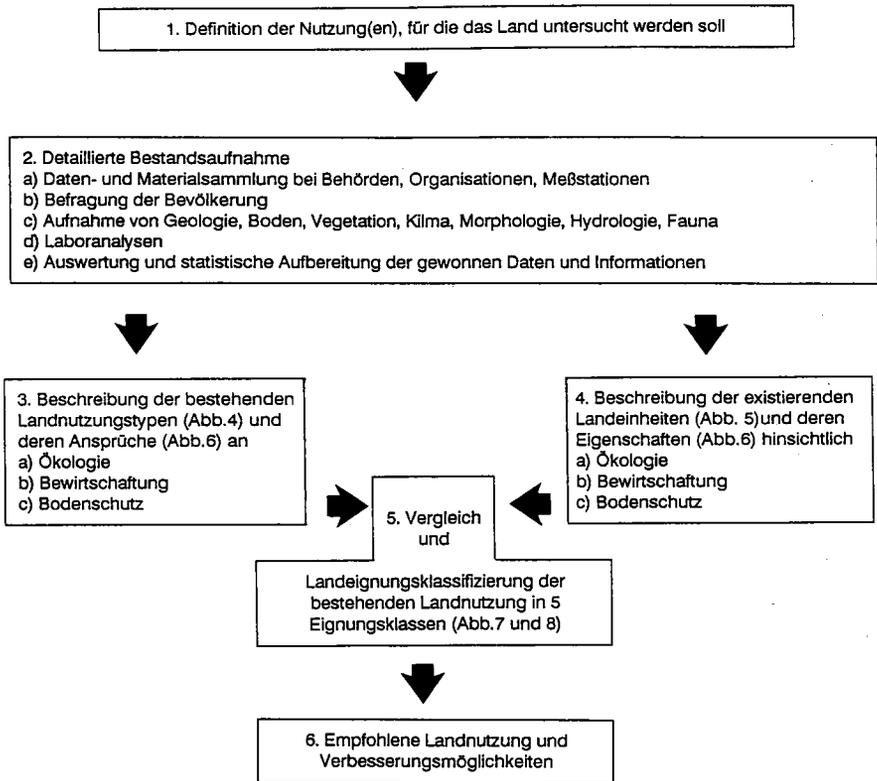
Wenn auch jede Bewertung subjektiv ist, so läßt sich die Land Evaluierung jedoch durch ihre klare Gliederung leichter nachvollziehen.

Durch die notwendige Interdisziplinarität entsteht eine größere (evtl. ausgewogenere) Bewertungspalette. Die Beurteilung des Landes für eine spezielle Nutzung verringert die Gefahr einer Fehlnutzung gegenüber der generellen Abschätzung.

Die Land Evaluierung kann flexibel für verschiedene Aufgabenstellungen und Regionen eingesetzt werden. Die Land Evaluierung nach FAO bietet ein umfaßendes Bewertungsschema, aus dem je nach Fragestellung, zeitlichem, personellen und finanziellen Möglichkeiten ausgewählt werden kann.

Eine ausführliche Darstellung einer 1991 in Indien durchgeführten Land Evaluierung (Schmidt, Tüselmann 1991a, b) wurde der "Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde" eingereicht.

Abb. 1: Durchführung einer Land Evaluierung nach Richtlinien der FAO



Quelle: verändert nach Dent, Young 1981

## Literatur

- Breimer, R.F. et. al. 1986: Guidelines for soil survey and land evaluation in ecological research. MAB technical notes 17, prepared in cooperation with ISRIC, UNESCO. Paris.
- Dent, D., Young, A. 1981: Soil Survey and Land Evaluation, London.
- FAO, Food and Agricultural Organization of the United Nations 1976: A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin No.32, Rome.
- FAO, Food and Agricultural Organization of the United Nations 1979: Land Evaluation Guidelines for rainfed agriculture. Report of an expert consultation. World Soil Resources Reports 52, Rome.
- FAO, Food and Agricultural Organization of the United Nations 1987: Soil and Water Conservation in Semi Arid Areas. FAO Soils Bulletin 57, Rome.
- Klingebl, A.A., P.H. Montgomery 1961: Land Capability Classification, U.S. Departement of Agriculture Soil Conservation Service, Agriculture Handbook No. 210, New York.
- Schmidt, M., Tüselmann, H. 1991a: Jamgod - agrarökologische und sozioökonomische Bestandsaufnahme eines Zentralindischen Dorfes. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Ruhr Universität Bochum.
- Schmidt, M., Tüselmann, H. 1991b: Probleme der landwirtschaftlichen Nutzung von Vertisolen und vertisolartigen Böden in Zentralindien - ein Beispiel auf dem Malwa Plateau. Mitteilungen der deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd.66 II, 1185-1188, Oldenburg.

Abschätzung der Schwermetallbelastbarkeit des Oberbodens auf der  
Grundlage der "Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen  
Standortkartierung"

von

SCHMIED, F.<sup>\*)</sup>, R. SCHMIDT<sup>\*\*)</sup> u. A. SKOWRONEK<sup>\*)</sup>

### 1. Einleitung

Für den praktischen Bodenschutz, die Raumplanung und die Entwicklung von Landnutzungskonzeptionen in den neuen Bundesländern ist eine EDV-gestützte Datenbasis in Form eines Bodeninformationssystems unerlässlich. Im Fachbereich Bodenkunde/Bodenschutz Eberswalde des ehemaligen Forschungszentrums für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg wurden daher innerhalb eines Pilotprojektes "Bodeninformationssystem Brandenburg/Sachsen" vorhandene Kartenmaterialien, wie z.B. die "Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung" (MMK), für Aufgaben des Bodenschutzes neu aufbereitet. Dies erfolgte mit Hilfe des Niedersächsischen Landesamts für Bodenforschung und des dort entwickelten "Niedersächsischen Fachinformationssystems Bodenkunde" (NIBIS).

Die MMK wurde als Übersichtskartierung der Böden der ehemaligen DDR Anfang der 80er Jahre flächendeckend im Maßstab 1:100 000 erstellt. Ihre Kartierungseinheiten, die Standortregionaltypen, entsprechen in der pedoregionalen Gliederung den Pedomikrochoren bzw. den Pedomesochoren (SCHMIDT 1975). Die Standortregionaltypen wurden im Arbeitsmaßstab 1:25 000 aufgenommen. Ziel war es, aus einer einzigen Karte Aussagen über die Vergesellschaftung von Bodenformen, die Substratbeschaffenheit, das Auftreten von Stau- und Grundwasser, die Oberflächenform und die Hangneigungsverhältnisse abzuleiten (SCHMIDT 1975).

Im folgenden wird auf der Grundlage der MMK mit Hilfe einer NIBIS-Auswertungsmethode die Schwermetallbelastbarkeit des Oberbodens der landwirtschaftlich genutzten Diluvialböden (D), Lößböden (Lö), Alluvialböden (Al) und Moorböden (Mo) in den neuen Bundesländern abgeschätzt. Nachstehende Schwermetalle werden unter Anwendung des Geographischen Informationssystems DASP/GIROS des NIBIS im Maßstab 1:200 000 kartographisch dargestellt:

- Cadmium für das Land Brandenburg und Umland,
- Zink, Nickel und Kupfer für die Beispielgebiete Raum Magdeburg und Frankfurt an der Oder.

Mit diesem praktischen Anwendungsbeispiel soll gezeigt werden, wie und wieweit der durch die MMK erfaßte Bodendatenfond in den neuen Bundesländern für Fragen des Bodenschutzes und für den damit verbundenen Aufbau eines Fachinformationssystems Bodenkunde prinzipiell genutzt werden kann.

<sup>\*)</sup> Institut f. Bodenkunde, Nußallee 13, W-5300 Bonn 1

<sup>\*\*)</sup> Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung, Inst. f. Bodenforschung - Arbeitsstelle Eberswalde, Schicklerstraße 3, O-1300 Eberswalde-Finow

## 2. Methodisches Vorgehen

### 2.1 Schwermetallbelastbarkeit des Oberbodens

Für die Beurteilung der Schwermetallbelastbarkeit des Oberbodens wurde die konzeptionell vorliegende Auswertungsmethode "Schwermetallgefährdungspotential" der NIBIS-Methodenbank zugrunde gelegt. Diese Methode basiert auf einem von BLUME und BRÜMMER (1987) entwickelten Algorithmus und ist in überarbeiteter Form im Merkblatt 212/1988 des DVWK (1988) als Methode zur "Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren" beschrieben. Das Prinzip dieses halbquantitativen Modellansatzes besteht in der Ermittlung der relativen Bindungsstärke für die einzelnen Metalle in Abhängigkeit vom pH-Wert der Bodenlösung, ausgehend von den Verhältnissen eines sorptionsschwachen, humusarmen Bodens. Höhere Humus- und Tongehalte werden dann über Zuschläge berücksichtigt.

Zur Beurteilung der relativen Bindungsstärke wird jede Kartierungseinheit (Standortregionaltyp) der MMK als Referenzstandort für eine entsprechende Fläche betrachtet. Der eigentliche Flächenbezug in der Beurteilung der Bindungsstärke erfolgt über das Bodenformeninventar als (quasi)homogene Grundeinheit der MMK. Hierzu werden die in einem Standortregionaltyp auftretenden Leit- und Begleitbodenformen nach ihrer relativen Bindungsstärke im Ap-Horizont bewertet. Die Heterogenität bzw. die laterale Varianz innerhalb der Standorteinheit wird über den prozentualen Flächenanteil der in einer Kartierungseinheit ausgewiesenen Bodenformen berücksichtigt. Dadurch können Bindungsstärke-Klassen für die Schwermetallelemente, kombiniert mit den Flächenanteilen, die die Bindungsstärke-Klassen innerhalb eines Standortregionaltyps einnehmen, ausgewiesen werden. Die Belastbarkeitsdiagnose erfolgt also über die Bildung von Referenzstandorten, die bei der Beurteilung der relativen Bindungsstärke des Oberbodens als in ihrer Flächenausdehnung definierte Heterogenität betrachtet werden.

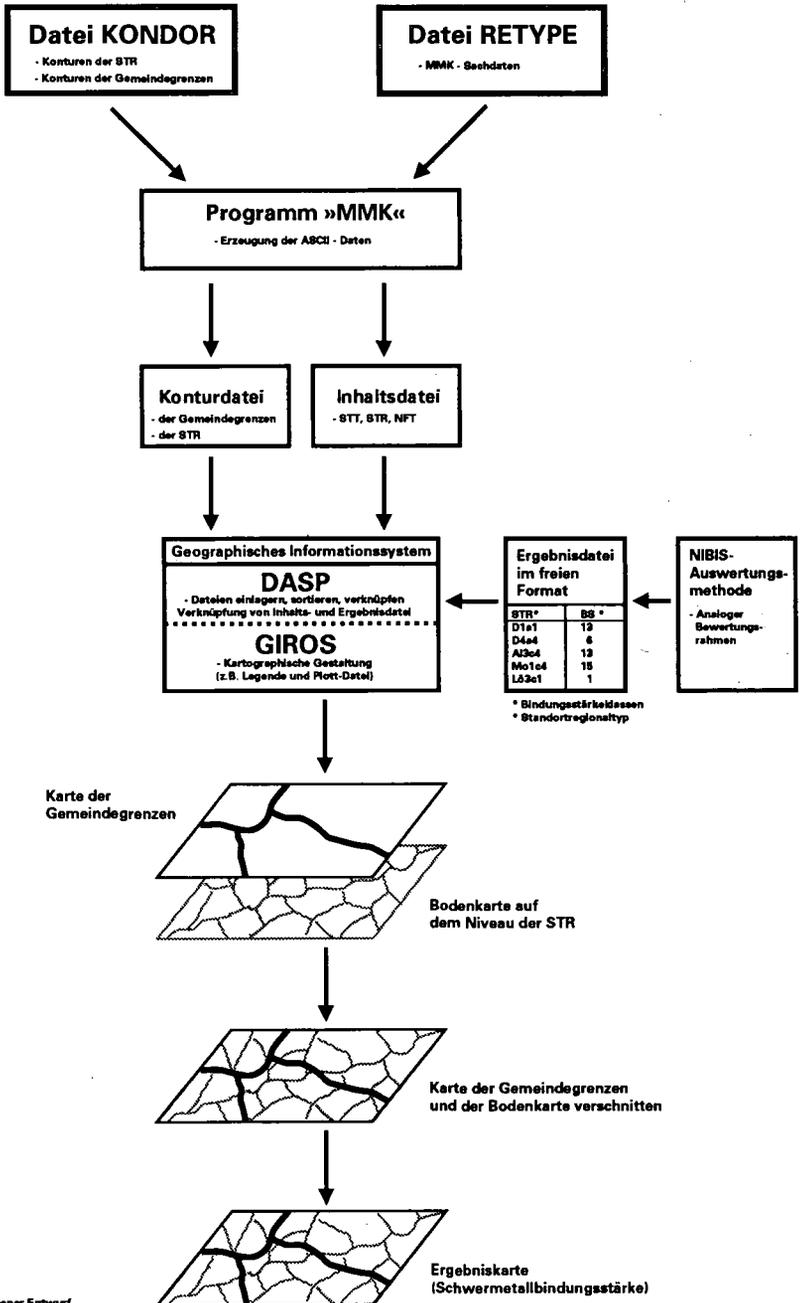
### 2.2 Datenverarbeitung

Die nachstehende Abbildung verdeutlicht, in welcher Form der Datenzugriff erfolgt und wie der Flächenbezug der in der Ergebnisdatei enthaltenen Daten zur Schwermetallbindungsstärke ermöglicht wird. Kernstück der Datenverarbeitung ist das Geographische Informationssystem DASP/GIROS. Mit Hilfe des in Eberswalde entwickelten Programms "MMK" werden die MMK-Rohdaten (Datei KONDOR, Datei RETYPE) neu aufbereitet, so daß sie in DASP eingelesen werden können. Den wesentlichen Output bilden zwei Dateien: jeweils eine Konturdatei (geometrische Datenbasis) und eine Inhaltsdatei (Sachdaten). Unter DASP werden die ausgewählten Raum- und Sachdaten sowie die Daten zur Schwermetallbelastbarkeit (hier die Ergebnisdatei) in ein internes DASP-Datenbank-Format umgesetzt, so daß GIROS die Dateien zur kartographischen Darstellung verarbeiten kann. In GIROS werden der Flächenbezug der Auswertungsergebnisse und die kartographische Gestaltung erarbeitet.

## 3. Ergebnisse

Anhand der Kennzeichnung der Schwermetallbelastbarkeit des Oberbodens kann gezeigt werden, daß mit Hilfe des MMK-Bodendatenfonds flächenbezogene Ergebnisse erzielt werden können, die eine klare räumliche Ausweisung und Flächenbilanzierung von Problemgebieten für bestimmte Fragestellungen

# METHODIK DER DATENVERARBEITUNG



gestatten. Dies bedeutet, daß die betreffende Situation an der ausgewiesenen Fläche mit hoher Wahrscheinlichkeit vorzufinden ist, auch wenn dies im Einzelfall anders sein kann. So gibt die - ausgehend von den Eingangsparametern - bewertete Fläche des Standortregionaltyps die tatsächliche Potenz des Standortes an, Schwermetalle im Oberboden zu binden, selbst wenn bei punktuellen Messungen im Gelände die festgestellte Bindungsstärke von den abgeleiteten Werten abweicht. Inhaltlich erzeugen die Karten der Schwermetallbindungsstärke in Abhängigkeit von der elementspezifischen Bindungsstärke der D-, Al-, Lö- und Mo-Standorte stark variierende Raummuster, die nur bei Cadmium und Zink gewisse Anklänge an bekannte naturräumliche Strukturen aufweisen.

#### 4. Fazit

Für flächenbezogene Auswertungen mit Trend- oder "Fingerzeig"-Charakter im Maßstab 1:200 000 bis 1:500 000 ist der MMK-Bodendatenfond hinreichend aussagefähig. Das heißt, die MMK kann für Planungen und Auswertungen auf Landesebene genutzt werden. Der umfangreiche Datenfond der MMK ist gegenwärtig für die neuen Bundesländer am schnellsten verfügbar. Beim Aufbau eines "Fachinformationssystems Bodenkunde" für die neuen Bundesländer wird die MMK in Verbindung mit anderen Datenquellen eine zentrale Bedeutung erlangen. Eine Nutzung des MMK-Datenfonds für Auswertungen auf regionaler oder lokaler Ebene ist in der gegenwärtigen Datenstruktur nicht möglich. Dazu müßten zuerst eine konturentreue Neudigitalisierung der Kartierungseinheiten entsprechend dem Arbeitsmaßstab 1:25 000 und eine digitale Aufbereitung der noch in analoger Form vorliegenden Datenbestände durchgeführt werden.

#### 5. Literatur

- BLUME, H.-P. u. BRÜMMER, G. (1987): Prognose des Verhaltens von Schwermetallen in Böden mit einfachen Feldmethoden. - In: Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 53, S.111-117.
- DVWK (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. Teil 1: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. - Merkblätter zur Wasserwirtschaft 212/1988, 8 S., Hamburg (Parey).
- SCHMIDT, R. (1975): Grundlagen der mittelmaßstäbigen lanwirtschaftlichen Standortkartierung. - In: Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. 19(8), S.533-543.
- SCHMIDT, R. (Projektleiter) (1991): Pilotstudie zur Einführung des Bodeninformationssystems in den Ländern Brandenburg und Sachsen. Ergebnisbericht zum Forschungsvorhaben 107 06 001/ 08 und 107 06 001/83 des Umweltbundesamtes. - Eberswalde-Finow, 55 S.

## **Die Bodenkarte im Maßstab 1 : 5 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung in Nordrhein-Westfalen**

von

Schraps, W.G.<sup>+</sup>

Schon seit Beginn der Bodenschätzung im Jahre 1935 gab es Pläne, das umfangreiche Datenmaterial nicht nur für steuerliche Zwecke zu nutzen, sondern auch zur Beantwortung von praktischen und wissenschaftlichen Fragen auszuwerten.

Ein entsprechender Schritt wurde 1952 in Nordrhein-Westfalen nach Beendigung der Schätzung getan, in dem das Konzept für die "Bodenkarte im Maßstab 1 : 5 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung" durch Mückenhausen, Wortmann, Dahm-Arens und Mertens entwickelt und mit Hilfe des damaligen Regierungsrates Karl Michels (MELF NW) und des Leitenden Landwirtes Georg Ferber (OFD Düsseldorf) realisiert wurde. Dieses Kartenwerk wird heute wie 1952 nach im wesentlichen gleichen Kriterien erstellt, wenn auch eine Reihe von Verbesserungen vorgenommen wurden. Die Bodenkarte stellt also ein einheitliches, in sich geschlossenes Kartenwerk dar, das als Sonderausgabe der Deutschen Grundkarte vom Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen herausgegeben wird. Die bodenkundliche Bearbeitung erfolgt im Geologischen Landesamt NW. Seit 1969 werden auch hier die Druckvorlagen erstellt.

Die Bodenkarte ist ein Gemeinschaftswerk der Katasterämter der Stadt- und Landkreise, der Regierungspräsidenten (Dezernate für Kataster- und Vermessungsangelegenheiten), des Landesvermessungsamtes NRW und des GLA. Die Finanzverwaltung liefert dazu die Aufzeichnungen der Bodenschätzung.

Technisch gesehen, entsteht die "Bodenkarte auf der Grundlage der Bodenschätzung" durch den Zusammendruck der Topographischen Karte 1 : 5 000 (als Grundriß in schwarz) und der Schätzungsfolie (in grün), die die Grenzen der Schätzungsflächen mit den Klassenzeichen und Wertzahlen der Böden enthält. Dazu kommen Nummern von im GLA ermittelten Durchschnittsprofilen, die am unteren Kartenrand dargestellt sind und eine Beschreibung der geologisch-bodenkundlichen Verhältnisse.

---

<sup>+</sup> Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, De-Greiff-Straße 195, 4150 Krefeld

## 1. Arbeitsabschnitt

Bei den Katasterbehörden werden Schätzungsgrenzen, Klassenzeichen und Wertzahlen in die Schätzungsfolie (Bodenfolie) übernommen. Die Schätzungsfolie ist eine Deckpause zur Deutschen Grundkarte. Aus beiden Folien werden gemeinsame Lichtpausen erstellt:

- eine Lichtpause zur Eintragung von Tagesabschnitten und Grablöchern aus der Urkarte,
- eine Lichtpause zur bodenkundlich-geologischen Bearbeitung.

## 2. Arbeitsschritt

Im GLA erfolgt die bodenkundlich-geologische Bearbeitung. Zunächst werden die Beschreibungen der Böden in den einzelnen Klassenflächen aus den Acker- und Grünlandsschätzungsbüchern übertragen. Mit Hilfe von Bodenkarten erfolgt unter Berücksichtigung der geologischen und morphologischen Verhältnisse die Ableitung der Bodentypen als Durchschnittsprofile. Unklarheiten werden im Gelände überprüft.

Für den oberen (ersten) Meter steht also das engmaschige Bohrnetz der Bodenschätzung und häufig auch die Bodenkarte 1 : 5 000 zur landwirtschaftlichen Standorterkundung des GLA NW zur Verfügung. Da die Durchschnittsprofile bis in 2 m Tiefe entwickelt werden, wird für den 2. Meter neben den Angaben der BK 5 auch auf die Angaben der Bodenkundlichen Landesaufnahme im Maßstab 1 : 50 000 zurückgegriffen. Die BK 50 liegt im nächsten Jahr flächendeckend für ganz Nordrhein-Westfalen vor. Zur Zeit sind von 72 Karten 65 gedruckt. Auch die Bödenkarte 1 : 5 000 zur landwirtschaftlichen Standorterkundung liegt in großem Umfang vor. In NW sind 70 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (1 644 678 ha) im Maßstab 1 : 5 000 durch das GLA bodenkundlich kartiert.

Bis 1980 wurden die Bodenprofile für jede Karte neu von den Bearbeitern entwickelt. Danach sind sie durch standardisierte Profile (Mertens, Dubber) ersetzt worden, die auf der Basis der vorliegenden Kartierungen für die einzelnen Bodenlandschaften Nordrhein-Westfalens erarbeitet worden sind. Da sie auf Datenträgern gespeichert vorliegen, führt diese Methode zu erheblichen Arbeitserleichterungen und erhöhen die Vergleichbarkeit der einzelnen Profile. Besonderheiten werden im bodenkundlich-geologischen Überblick beschrieben.

Geologie	Weserbergland I				Bodentyp	Standardprofil	Reihenfolge
	Grundkarte						
	Bodenaufbau	Klassenz.	Lage	Merkmale			
dl (km)	fsl. 12 → > 20 Mergelstein/Tonstein	(s)L3L6 (s)L4L6	Mittel- und Unterhanglagen	< 5 dm h-h (68 - 75 Pkte)	L3	A4	
dl (m)	fsl. 12 → > 20 Kalkstein/Mergelstein	(s)L3L6			L3	A5	
dl (ält.S.)	fsl. 12 → > 20 X-Stein	(s)L3L6			L3	A6	
dl (km)	fsl. 8 → 12 Tonstein/Mergelstein	(s)L4L6	Mittel- und Unterhanglagen	die oberen 4 - 6 dm sauber (60 - 67 Pkte)	sL3	A7	
dl (j)	fsl. 8 → 12 Tonstein	(s)L4L6 z.T. L5L6			sL3	A8	
dl (ält.S.)	fsl. 8 → 12 X-Stein	(s)L4L6 z.T. L5L6			sL3	A9	

Abb. 1: Zuordnung der Böden zu Standardprofilen



Am rechten Kartenrand wird der Karteninhalt ergänzt durch die Zeichenerklärungen der Bodenschätzung, die Auflistung der Bodentypen und durch einen geologisch-bodenkundlichen Überblick mit der Beschreibung von Naturraum, Morphologie, Geologie und Böden.

Mit dieser Karte hat das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen den Schritt getan, der schon seit Beginn der Bodenschätzung angestrebt wurde: Die Auswertung des gewaltigen Datenmaterials aus bodenkundlicher Sicht. Heute wächst das Interesse und der Bedarf an Bodenkarten -entsprechend dem erweiterten Verständnis für die Bedeutung des Bodens. Dienten die Karten bisher schon zur Klärung von Fragen der Wirtschaftsberatung, Anbauplanung, der Melioration und der Bodenbewertung, so werden sie heute zunehmend für den Landschaftsschutz - wie die Ausweisung von Feuchtgebieten, Festlegung von Grenzertragsböden-, den Bodenschutz - wie das Erkennen der Bodenerosion - und zur Lösung wasserwirtschaftlicher Probleme - wie Schadstoffeintrag, Gülleausbringung - herangezogen. Trotzdem kann die "Bodenkarte 1 : 5 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung" eine Bodenkarte im Maßstab 1 : 5 000 nicht ersetzen.

Das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen feiert in diesem Jahr das 40-jährige Jubiläum der "Bodenkarte 1 : 5 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung". In diesen 40 Jahren ist das Kartenwerk weit vorangetrieben worden.

Das Grundkartenwerk (1 : 5 000, TK 5) des Landes Nordrhein-Westfalen umfaßt 8 638 Blätter, von denen 198 keine Bodenschätzung aufweisen. Von den 8 440 somit verbleibenden Karten sind bis heute 7 172 (85 %) bodenkundlich bearbeitet. 7 025 Karten (83,8 %) liegen gedruckt vor. Noch nicht bearbeitete Karten befinden sich besonders in der Eifel, Sauer- und Siegerland und Ostwestfalen. Man kann aber davon ausgehen, daß in wenigen Jahren neben der BK 50 eine weitere Bodenkarte nahezu flächendeckend für Nordrhein-Westfalen zur Verfügung steht.

#### Literatur

- Arens, H.: Die Bodenkarte 1 : 5 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung, ihre Herstellung und ihre Verwendungsmöglichkeiten. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., Band 8, Krefeld 1960.
- Dubber, H.J. und Mertens, H.: Die Bodenkarte 1 : 5 000 auf der Grundlage der Bodenschätzung. 4. Auflage, Düsseldorf 1988 (Herausgegeben vom Landesauschuß für landw. Forschung, Erziehung u. Wirtschaftsberatung beim MURL des Landes NRW).
- Die Herstellung und Fortführung der Deutschen Grundkarte 1 : 5 000 (Bodenkarte) in Nordrhein-Westfalen (BodKartErl.) - RdERL. d. Innenministers v. 28.7.1982.
- Mertens, H.: Über die Verwertbarkeit der Bodenschätzungsergebnisse für die bodenkundliche Kartierung.- Forsch. u. Beratung, B, 10, Düsseldorf 1964.

## Bodenschätzung von Neukulturen

von

SCHRÖDER, D. und R. SCHNEIDER\* )

### **Einleitung**

Die Schätzung von gewachsenen Böden nach dem Bodenschätzungsgesetz vom 16. Oktober 1934 hat sich trotz vielfach geäußelter Kritik bewährt und breite Anerkennung gefunden. Neben gewachsenen Böden wurden und werden aber auch gestörte Böden, sog. Neukulturen geschätzt. Während für die Schätzung der gewachsenen Böden drei Kriterien herangezogen werden können, nämlich Bodenart, Entstehungsart und Zustandsstufe, sind es für die Neukulturböden nur zwei, die Bodenart und i.d.R. die Entstehungsart. Die Zustandsstufe ist entweder nicht oder nur unsicher anzusprechen.

Dennoch sollten Neukulturen "wie alle anderen landwirtschaftlichen Nutzflächen grundsätzlich nach den natürlichen Ertragsverhältnissen beurteilt werden". Das bedeutet, daß der Erfahrung des Schätzers großes Gewicht zukommt. Damit wird der objektive Anteil der Schätzung geringer und der subjektive größer, so daß die Gefahr der Fehlschätzung steigt. Tatsächlich gibt es über die Bonitierung von Neukulturen auch häufig Klagen. Da aber der Anteil von Neukulturen, also anthropogen veränderter Standorte ständig zunimmt, gewinnt eine Objektivierung auch ihrer Schätzung an Bedeutung.

Aus Gründen der Kontinuität der Schätzung können zwar keine weiteren Kriterien zur Verbesserung der Schätzgenauigkeit herangezogen werden. Es ist aber möglich, im "Vorfeld der Schätzung" analytische Bodendaten zum Vergleich der Eigenschaften natürlicher und gestörter Böden heranzuziehen, und dadurch die Bodenschätzer zu "eichen" bzw. die gewachsenen Böden zu "gedachten Musterstücken" für die gestörten zu machen.

Die Unterschiede der Eigenschaften zwischen gewachsenen und gestörten Böden sind also ein wichtiges Kriterium für eine Verbesserung der Schätzgenauigkeit von gestörten Böden (Neukulturen).

Im folgenden sollen für einige Substrate (Entstehungsarten) vergleichende Betrachtungen zu Eigenschaften und Bodenschätzung angestellt werden.

### **Material und Methoden**

Der Vergleich von Eigenschaften gewachsener und gestörter Böden soll am Beispiel von Lößböden der Rekultivierungsgebiete Niederrheinische Bucht und Wetterau, der Hafenschlickablagerungen bei Emden (Daten aus SCHNEIDER 1992) und der Rekultivierungen im Bimsabbaugebiet des Neuwieder Beckens (Daten aus DETTKE u. SCHRÖDER 1988 sowie HENZLER und SCHRÖDER, 1987) gezogen werden. Die angewendeten Methoden sind zitiert bei SCHNEIDER (1992).

Die jeweils ausgewählten Böden sind repräsentativ für ihre Gruppe; die Altlandböden sind in der Niederrheinischen Bucht Parabraunerden, in der Wetterau Schwarzerde-Parabraunerden, in Emden Seemarschen, im Neuwieder Becken durchschlammte Braunerden.

Die Bodenarten der verschiedenen Neulandböden sind über die gesamte Tiefe wegen der Durchmischung recht einheitlich. Beim Löß-Neuland des Rheinischen Braunkohlenreviers handelt es sich um schluffigen Lehm bis lehmigen Schluff, in der Wetterau um schluffig tonigen Lehm, der Hafenschlick ist ein lehmiger Ton, das Bims-Neuland besteht aus sandigem Lehm bis lehmigem Sand. Die Parabraunerden des Rheinischen Reviers haben die Bodenart schluffiger Lehm, die Schwarzerde-Parabraunerden der Wetterau schluffig toniger Lehm, wobei der Tongehalt in den Unterböden etwas ansteigt. Die Bodenarten der Marschen sind toniger Lehm bis schluffig toniger Lehm, die der Braunerden aus Bims lehmiger Sand, wobei der Sandgehalt mit der Tiefe stark zunimmt.

\* Universität Trier, FB VI -Bodenkunde-, Postfach 3825, 5500 Trier

## Ergebnisse

In den Tab. 1 und 2 sind wichtige bodenphysikalische, bodenchemische und bodenbiologische Eigenschaften für die untersuchten Standorte dargestellt. In den Lößgebieten Rheinland und Wetterau sind nahezu sämtliche Eigenschaften der Altlandböden günstiger als die der Neulandböden (Ausnahme pH-Wert, da im Neuland freier Kalk vorhanden ist), im Marschgebiet sind dagegen die Eigenschaften der Neulandböden besser als die der Altlandböden. Im Bimsgebiet schließlich sind biologische und chemische Eigenschaften der Altlandböden günstiger, während die physikalischen sich nicht sehr unterscheiden. Die Vorbelastung der Neu- und Altlandböden im Rheinischen Braunkohlenrevier und in der Wetterau ist in den obersten 50 cm ähnlich. Darunter steigt sie nur beim Neuland nochmals deutlich an. Während die höheren Vorbelastungswerte im Altland auf eine gute Aggregation zurückzuführen und damit positiv zu bewerten sind, ergeben sich die hohen Vorbelastungen beim Neuland aus anthropogener Verdichtung, was negativ zu bewerten ist (vgl. LEBERT, 1989). Das Hafenschlick-Neuland weist reifungsbedingt Werte der Vorbelastung auf, die im Unterboden deutlich geringer sind als die der kohärent und dicht gelagerten Marschen.

## Fazit:

In den Lößgebieten werden Neulandböden geringfügig niedriger eingestuft als Altlandböden, im Marsch- und Bimsgebiet etwa gleich hoch. Im Marsch- und Bimsgebiet akzeptieren die Landwirte die Einstufung - in den Lößgebieten erachten sie die Bewertung für zu hoch. Die Erfahrung der Bodenschätzer geht also nicht mit der der Landwirte konform. Die vorgelegten Daten belegen, daß die Erfahrung der Landwirte fundierter ist als die der beamteten Schätzer. Zahlreiche Standorte sind stärker geschädigt, als die hier beschriebenen. Sie werden nur um wenige Punkte zurückgestuft, obwohl der Aufwand für Dünger und Bodenbearbeitung deutlich höher und der Ertrag deutlich niedriger sein kann als bei gut rekultivierten Böden. Insbesondere die mit der Bodenumlagerung vielfach verbundenen Gefügeschäden - gerade bei schluffigem Löß - finden in der Bodenschätzung keine hinreichende Berücksichtigung. Dies ist um so gravierender, als heute nicht mehr die bodenchemischen sondern vielmehr die bodenphysikalischen Eigenschaften ertragslimitierend sind (vgl. DIEZ 1991). Die Bodenschätzung ist also aufgerufen, diesen Aspekt insbesondere bei der Schätzung von Neukulturen - stärker zu berücksichtigen (vgl. SCHRÖDER 1986), andernfalls wird sie künftig weniger berücksichtigt werden. Rekultivierte Böden aus Bims können ebenfalls verdichtet, allerdings nicht staunaf sein. Hafenschlickböden sind nach der Reifung relativ tragfähig.

## Literatur:

- DETTKE, R. und SCHRÖDER, D. (1988): Eigenschaften und Entwicklung von rekultivierten Böden aus Laacher See Pyroklastika. - Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 56, 339-344
- HENZLER, B. und SCHRÖDER, D. (1987): Böden auf Pyroklastiten im Laacher See-Gebiet. - Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 55/II, 771-776
- LEBERT, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. - (= Bayreuther Bodenkundlicher Bericht, 12), Bayreuth
- SCHNEIDER, R. (1992): Gefügeentwicklung in Neulandböden aus Löß und Hafenschlick und deren Auswirkung auf bodenphysikalische und -mechanische Parameter. - Dissertation Universität Trier, in Vorbereitung
- SCHRÖDER, D. (1986): Probleme der Bodenschätzung bei rekultivierten Böden aus Löß. - Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, 27, 318-325
- DIEZ, T. (1991): Beurteilung des Bodengefüges im Feld - Möglichkeiten, Grenzen und ackerbauliche Folgerungen. - In: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Bd. 2., Bodengefüge, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (HRSG.), (= Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 204, 96-103), Hamburg, Berlin

Tab. 1.: Bodenphysikalische Eigenschaften von Neu- (N) und Altlandböden (A) im Rheinischen Braunkohlenrevier (Neuland n = 5; Altland n = 2), im Braunkohlengebiet der Wetterau (Neuland n = 5; Altland n = 4), im Emdener Raum (Neuland n = 5; Altland n = 3) und im Neuwieder Becken (Neuland n = 8; Altland n = 3)

Tiefe [cm]	GPV [%]		P > 50 $\mu\text{m}$ [%]		P10-0,2 $\mu\text{m}$ [%]		K <sub>f</sub> [cm/d]		E <sub>w</sub> [kPa]		Vorbelastung [kPa]	
	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A
<b>Rheinisches Braunkohlenrevier (Löß):</b>												
0-30	41,0	45,7	7,2	9,2	17,8	19,4	34	392	256	213	50	90
30-50	36,3	43,2	3,0	5,0	17,0	21,0	7	16	394	253	125	123
50-70	36,9	42,7	2,7	5,4	16,6	17,4	13	52	384	300	160	117
70-90	38,4	41,2	3,2	3,8	17,3	19,1	15	20	310	393		
<i>Bodenschätzung</i> ≈: A = L3 L $\ddot{o}$ 80/84, N = L L $\ddot{o}$ 75/70												
<b>Braunkohlengebiet der Wetterau (Löß):</b>												
0-30	43,6	48,9	4,9	11,5	13,8	15,3	28	420	200	192	66	39
30-50	35,6	45,1	1,8	7,8	10,8	15,3	12	25	490	230	84	115
50-70	36,3	46,0	1,6	7,3	11,9	15,3	4	22	500	270	154	129
70-90	38,6	44,4	2,2	6,2	13,6	14,1	4	40	450	290		
<i>Bodenschätzung</i> ≈: A = L2 L $\ddot{o}$ 85/90, N = L L $\ddot{o}$ 70/65												
<b>Emdener Raum (Hafenschlick, Marschen):</b>												
0-30	57,9	45,2	7,1	2,7	19,6	16,8	281	11	186	146	64	45
30-50	64,7	47,3	6,0	3,4	17,7	15,2	153	3	202	217	64	45
50-70	66,0	50,0	5,8	2,3	21,6	18,6	220	7	211	175	106	186
70-90	66,8	51,5	5,1	1,4	23,3	15,9	371	9	184	168		
<i>Bodenschätzung</i> ≈: A = LT1 A1 85/85, N = LT A1 85/85												
<b>Neuwieder Becken (Bims):</b>												
0-30	63,8	55,3	33,0	26,2	18,2	14,9	3877	663	234	172	n.b.	n.b.
30-50	60,3	60,7	29,4	32,8	15,5	15,1	5123	1503	327	125	n.b.	n.b.
50-70	64,7	61,9	29,5	39,8	18,3	14,7	7259	2546	335	76	n.b.	n.b.
70-90	65,5(61,9)*		28,0(39,8)*		21,4(14,7)*		79,15(2546)*		359	(74)*	n.b.	
<i>Bodenschätzung</i> ≈: A = sL4 V 55/52, N = sLV 52/50												

\* Daten der Altland-Standorte wurden aus 50-90 cm Tiefe ermittelt

Tab. 2: Bodenchemische und -mikrobiologische Eigenschaften von Neu- (N) und Altlandböden (A) im Rheinischen Braunkohlenrevier (Neuland n=5; Altland n=2), im Braunkohlengebiet der Wetterau (Neuland n=5; Altland n=4), im Emdener Raum (Neuland n=5; Altland n=3) und im Neuwieder Becken (Neuland n=8; Altland n=3)

Tiefe [cm]	pH (CaCl <sub>2</sub> )		KAK [mval/100 g B.]		C [%]		N [%]		Mikrob. Biom. [µg C/g B.]		DHA [γTPF/g B.]	
	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A
<b>Rheinisches Braunkohlenrevier (Löß):</b>												
0-30	7,6	6,6	11,3	13,7	0,44	1,15	0,06	0,12	342	389	57	113
30-50	7,6	7,0	10,9	9,2	0,22	0,35	0,03	0,05				
50-70	7,6	7,0	11,0	9,8	0,17	0,30	0,02	0,05				
70-90	7,6	7,1	10,9	11,0	0,13	0,25	0,02	0,03				
<b>Braunkohlengebiet der Wetterau (Löß):</b>												
0-30	7,5	7,0	17,2	18,9	0,67	1,56	0,06	0,14	620	565	94	124
30-50	7,6	6,9	17,6	16,2	0,21	0,87	0,03	0,09				
50-70	7,6	7,1	16,5	17,2	0,25	0,59	0,03	0,07				
70-90	7,6	7,3	15,9	17,6	0,27	0,41	0,04	0,05				
<b>Emdener Raum (Hafenschlick, Marschen):</b>												
0-30	7,4	7,5	28,1	19,6	3,34	1,48	0,28	0,16	751	346	96	47
30-50	7,5	7,4	29,7	25,6	2,88	1,00	0,27	0,10				
50-70	7,4	7,4	28,6	22,6	3,22	0,62	0,27	0,06				
70-90	7,4	7,4	25,2	20,1	3,04	0,56	0,26	0,06				
<b>Neuwieder Becken (Bims):</b>												
0-30	6,6	5,4	11,5	14,9	0,66	1,00	0,05	0,17	235	463	9,5	63,7
30-50	6,4	6,5	10,5	13,1	0,33	0,37						
50-70	6,7	6,7	9,9	10,2	0,18	0,10						
70-90	6,8	(6,7)*	10,0(10,2)*		0,22(0,10)*							

\* Daten der Altland-Standorte wurden aus 50-90 cm Tiefe ermittelt

## Die Musterstücke der Bodenschätzung als eine Informationsgrundlage für ein Bodenbelastungskataster

von

Siem. H.-K., E. Cordsen u. H. Finnern \*)

Der Schutz des Bodens ist ein erneut aufgelegtes Schwerpunktthema bundesdeutscher Umweltpolitik. Die Gründe liegen im zunehmenden Verlust von Böden und in der zunehmenden physikalischen, chemischen und biotischen Belastung von Böden und Gesteinen. Dabei genügt es nicht, diese z.B. nutzungs- und produktionsbedingten Wirkungen nur als solche zu identifizieren und über Kataster zu inventarisieren und zu verwalten.

In einer Antwort der Bundesregierung auf eine große Anfrage im Jahre 1984 (BT-Dr 10/948) führte diese u.a. aus: "Umfassende Daten über die Höhe des Eintrags, der Anreicherung und über die Entwicklung in den vergangenen Zeiträumen liegen nicht vor. Um das Ausmaß der Belastung des Bodens mit einzelnen Schadstoffen bzw. Schadstoffgruppen beziffern zu können, ist die Bundesregierung in Zusammenarbeit mit den Ländern bemüht, diese Belastungen nach einheitlichen Kriterien zu ermitteln und zu bewerten. Sofern bei Stoffen gesundheitlich oder ökologisch schädliche Wirkungen zu erwarten sind, werden Gegenmaßnahmen ergriffen, wie dies mit der Klärschlammverordnung bereits geschehen ist. Es ist beabsichtigt, zu wissenschaftlich abgesicherten Grundlagen und darauf basierenden Regelungen zu gelangen, die langfristig kritische Entwicklungen ausschließen".

Sieht man von den bereits eingesetzten Verfahren "Boden-Dauerbeobachtung" und "Bodenzustandserhebung im Wald" ab, fehlt es bis heute an bundeseinheitlichen Verfahren der "Ermittlung" und "Bewertung" von Bodenbelastungen.

Eine allgemein anerkannte Definition des Begriffes Bodenbelastungskataster liegt derzeit nicht vor. Hier wird unter Bodenbelastungskataster eine Sammlung von pedosphärisch gebundenen Aufschlüssen eines Erfassungsgebietes verstanden, deren Menge und Lage u.a. eine hinreichende Aussage über Schadstoffbestand, -menge, -herkunft, -mobilität und -migration zuläßt.

\*) Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein  
Mercatorstr. 7, 2300 Kiel

Die Ausdehnung der zu analysierenden Merkmalsräume und des Erfassungsgebietes hängt von verschiedenen Faktoren ab. So kann das Erfassungsgebiet politisch (Bundesland, Kreis, Regierungsbezirk, Amt, Gemeinde), pedologisch, lithologisch, hydrologisch oder klimatologisch definiert werden. Der Aufschluß (Beprobungsraum) ist dagegen pedologisch (horizontbezogen) zu definieren.

Hervorzuheben ist, daß es eine häufig behauptete "flächendeckende" Erfassung, Aufnahme, Erhebung, Inventarisierung, Inventur oder Kartierung der Bodendecke bzw. Bodenbelastung nicht gibt. Jede geowissenschaftliche Analyse, i.S. einer Gewinnung von Daten und Informationen, erfolgt an mehr oder weniger "großen" Ausschnitten (punktartigen Bohr-/Nutkernen, Schürfwänden u.a. Aufschlußarten) der Geosphäre und die chemische Analyse an Materialproben aus diesen Aufschlüssen zunehmend im Milligrammbereich. Dabei ist die "richtige" Extrapolation der so gewonnenen Daten auf den Analysen- bzw. Proben-Umgebungsraum, verbunden mit der Findung der Gültigkeitsgrenzen (Regionalisierung), ein erhebliches Analysenproblem.

Darin lag einer der Gründe, bei der Konzeptionierung des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein - BBKSH - zunächst in der ersten Beprobungsphase auf die ca. 230 landesweit verteilten (Reichs-) Musterstücke der (Reichs-) Bodenschätzung als Such- und Stützkriterium bei der Festlegung der Beprobungsorte zurückzugreifen. Außerdem konnte aufgrund des Auswahlverfahrens der Musterstücke davon ausgegangen werden, daß sie den unter land- und gartenwirtschaftlicher Nutzung befindlichen Bodenbestand Schleswig-Holsteins hinreichend abbilden (repräsentieren) und infolge ihres gesetzlichen Schutzes nur eine nutzungs- und standortsbedingte Änderung seit Einrichtung erfahren haben. Die Musterstücke wurden nicht gleichzeitig, sondern, u.a. bedingt durch Verlust, in verschiedenen Zeitpunkten eingerichtet. Deshalb wurden nur die ältesten noch vorhandenen Musterstücke aus der Liste im Anlagenband zum Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 72 vom 28. Dezember 1990 ausgewählt und ihre Position aus den Schätzungsfolien der jeweiligen Katasterämter in das aktuelle Topographische Kartenwerk 1 : 25 000 (TK 25, früher Meßtischblatt) mit je einem vergleichbaren und räumlich benachbarten Ersatzstandort übertragen.

Unter dem Aspekt der Nahrungs- und Futterkette (Bioakkumulation) ist es zunächst sinnvoll, die land- und gartenwirtschaftlich genutzten Böden im Rahmen des Bodenbelastungskatasters auf Problem- und Schadstoffe hin zu analysieren, zumal in Schleswig-Holstein ca. 80 % der Landesgrundrißfläche derartig genutzt werden.

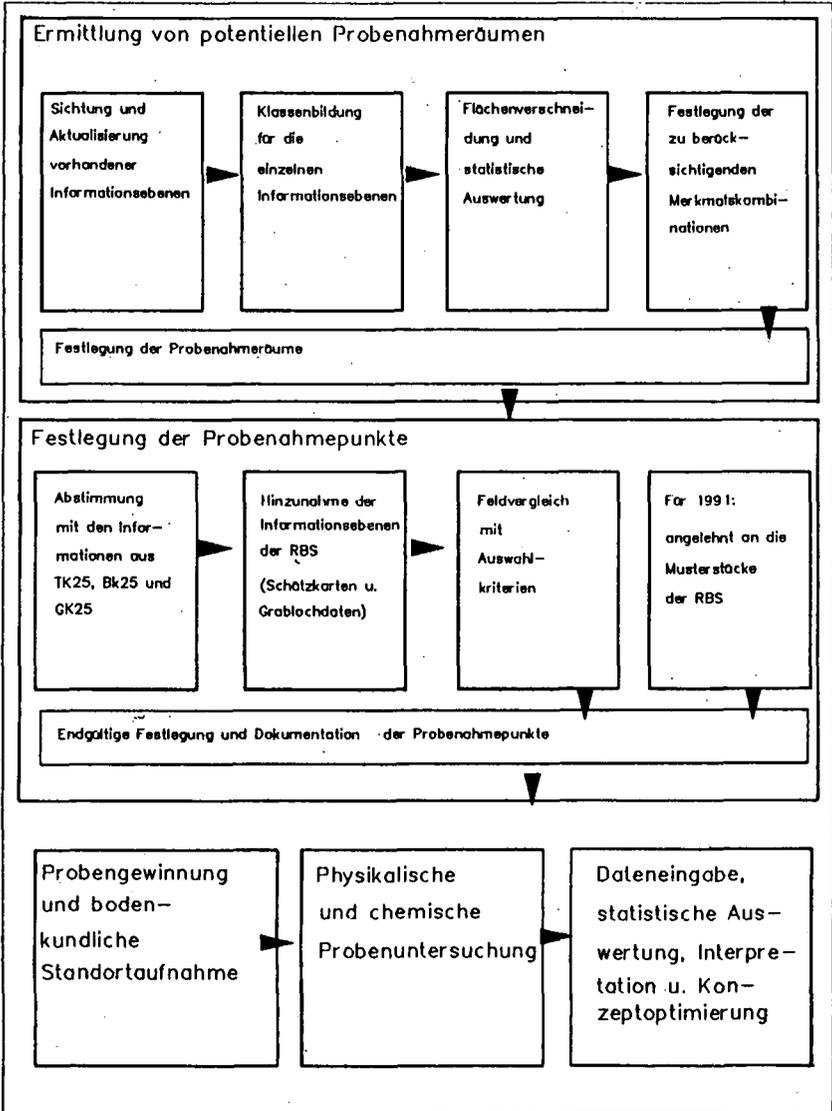
Im Gegensatz zum Verfahren Regionalisierung im Rahmen der Bodenkartierung, in dem zu einem Bodenprofil durch weitere Bodenaufschlüsse der dazugehörige Bodenkörper gesucht wird, kommt es bei der Konzeptionierung eines landesweiten Bodenbelastungskatasters u.a. aus Kostengründen auf "richtig verteilte" und authentische Bodenprofile an. Denn im Vordergrund des Interesses steht zunächst die Bodenmaterialentnahme eines bestimmten Bodens für eine weitergehende Analyse bis hin zum ionaren Stoffbestand. Beide Kriterien erfüllen z.Z. für Schleswig-Holstein und in Verbindung

mit den Nutzungsobjekten Acker (A), Grünland (Gr), Acker/Grünland (AGr) und Grünland/Acker (GrA) nur die Musterstücke.

Ergänzung und Verifizierung erhalten sie durch die Bodenprofile der landesweit verteilten Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF), die Bodenprofile der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE), die Bodenprofile des Bodenbelastungskatasters und durch die Bodenprofile der bodenkundlichen Landesaufnahme (Bodenkartierung), in die ebenso die Stadtbodenkartierung (Bodenkartierung urban, industriell und gewerblich überformter Flächen) eingebunden ist. Diese und weitere Projekte aus der hydrogeologischen, lithologischen, geomorphologischen und geobotanischen Aufnahme lassen sich unter dem Begriff geowissenschaftliche oder geoökologische Landesaufnahme zusammenfassen.

Neben den Musterstücken, die aus verfahrensrechtlichen Gründen im Rahmen des Bodenbelastungskatasters nicht beprobt, sondern lediglich als Suchkriterien für die Auswahl von benachbarten und ähnlichen Beprobungsböden herangezogen wurden, kamen weitere Auswahlkriterien für Beprobungsräume und -orte hinzu: so u.a. Informationen aus dem Depositionsmeßnetz, der Erhebung der Nutzungsobjekte (incl. relevanter Emittenten, Abfalldeponien, anthropogene Abtrags- und Auftragsflächen von Gesteins- und Bodenmaterial), über Ab- und Überschwemmungs- und Überflutungsgebiete u.a.. Über die Verfahrensschritte informiert nachstehende Abbildung.

### Bodenbelastungskataster Schleswig-Holstein: Schematische Darstellung des Arbeitsablaufes



Nutzung der Bodenschätzung für Maßnahmen  
zum Bodenschutz in Niedersachsen

von

Sponagel, H. u. K.-H. Oelker <sup>1)</sup>

In den letzten Jahren hat sich der Gedanke des Bodenschutzes immer mehr auch in den politischen Parteien etabliert. Zum Ausdruck kommt dieses unter anderem in den von den Ländern und dem Bund angekündigten Bodenschutzgesetzen, die im Referentenentwurf vorliegen oder - wie bereits in Baden-Württemberg - in Kraft getreten sind.

In Kenntnis dieser Notwendigkeit wurde in den einzelnen Bundesländern schon vor einigen Jahren damit begonnen, Bodeninformationssysteme aufzubauen, die neben einer ausreichenden Datenbasis (Punkt-, Flächen- und Labordaten) auch Methoden bereithalten, die es erlauben, Unterlagen für vorbeugende bzw. direkte Bodenschutzmaßnahmen zu liefern. Hierzu sind allerdings wegen der ausgeprägten räumlichen Differenzierung der Böden Bodendaten in hoher räumlicher Auflösung erforderlich. Diese Datengrundlage - und hier liegen die eigentlichen Probleme - konnte trotz 30jähriger intensiver bodenkundlicher Landesaufnahme i. M. 1:25 000 in Niedersachsen wie auch in den anderen Bundesländern nicht geschaffen werden. Flächendeckend liegt in Niedersachsen nur die Bodenkundliche Standortkarte i. M. 1:200 000 vor, Bodenkarten i. M. 1:25 000 decken nur 35 % ab, Bodenkarten i. M. 1:5 000 15 %.

Daher wurden im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung schon vor Jahren Überlegungen angestellt, wie in einem vertretbaren Zeitraum eine hinreichende landesweite Datenbasis mit entsprechenden Auswertungsmöglichkeiten geschaffen werden kann. Es zeigte sich sehr schnell, daß dieses Problem nicht mit der herkömmlichen Bodenkartierung gelöst werden kann, sondern, daß - flankierend zu der Geländeerhebung - alle bereits vorliegenden bodenkundlich interpretierbaren Daten verfügbar gemacht werden müssen. Diese in einheitliche Form gebrachten und ins NIBIS überführten Daten sind, fachlich ausgewertet, bereits ein bodenkundliches Basiswissen, das sowohl schon erste Auswertungen zu aktuellen Fragen zuläßt, als auch

---

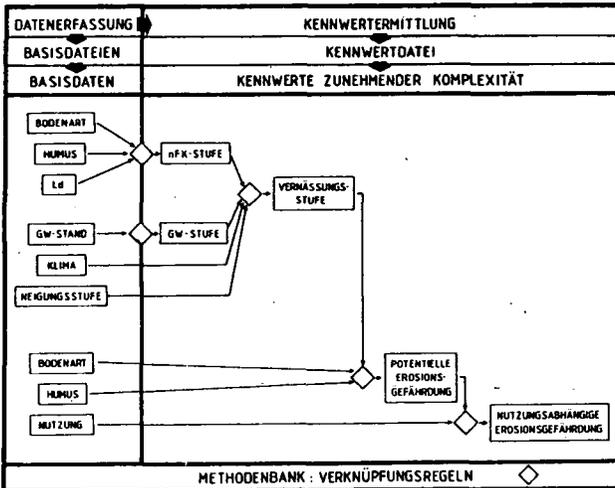
<sup>1)</sup> Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung,  
Stilleweg 2, D - 3000 Hannover 51

die Entwicklung einer bodenkundlichen Konzeptkarte ermöglicht, die eine gezieltere und effektivere Bodenkartierung erlaubt. So können zukünftig Bodeneinheiten z. B. hinsichtlich ihrer Eigenschaften, Vergesellschaftung und regionalen Verbreitung schneller und umfangreicher beschrieben werden.

In diesem Zusammenhang sind neben den bodenkundlich ableitbaren Unterlagen aus Geologie, Forst, Historie, Klima sowie Relief vor allem Daten der Reichsbodenschätzung von besonderem Wert. Aufgrund ihres Umfangs (Profil- und Flächendaten) bei hoher räumlicher Auflösung sind diese Informationen besonders geeignet, das Defizit der bodenkundlichen Datenbasis vor allem im Bereich der Parzellenschärfe auszugleichen. Allerdings muß einschränkend gesagt werden, daß die Daten der Bodenschätzung für viele Fragen des Bodenschutzes nicht ausreichen. Neben der Umsetzung in den modernen bodenkundlichen Sprachgebrauch müssen die Daten durch Verschneidung insbesondere mit Daten der Bodenkunde und Geologie ergänzt werden. So z. B. Erweiterung des Bodenschätzungsprofils (z. Z. 1 m Tiefe) auf 2-m-Angaben im Bereich der Lockergesteinböden.

Aber auch ohne Verschneidung der Bodenschätzung mit anderen Daten kann diese schon für einen Teil von Auswertungsfragen zum Bodenschutz eingesetzt werden. So lassen sich z. B. einfache Kennwerte aus den Schätzungsdaten ableiten (s. Abb. 1).

Abb. 1: KENNWERTERMITTLUNG AUS BASISDATEN



Nutzung der Bodenschätzung für Maßnahmen  
zum Bodenschutz in Niedersachsen

von

Sponagel, H. u. K.-H. Oelker \*)

In den letzten Jahren hat sich der Gedanke des Bodenschutzes immer mehr auch in den politischen Parteien etabliert. Zum Ausdruck kommt dieses unter anderem in den von den Ländern und dem Bund angekündigten Bodenschutzgesetzen, die im Referentenentwurf vorliegen oder - wie bereits in Baden-Württemberg - in Kraft getreten sind.

In Kenntnis dieser Notwendigkeit wurde in den einzelnen Bundesländern schon vor einigen Jahren damit begonnen, Bodeninformationssysteme aufzubauen, die neben einer ausreichenden Datenbasis (Punkt-, Flächen- und Labordaten) auch Methoden bereithalten, die es erlauben, Unterlagen für vorbeugende bzw. direkte Bodenschutzmaßnahmen zu liefern. Hierzu sind allerdings wegen der ausgeprägten räumlichen Differenzierung der Böden Bodendaten in hoher räumlicher Auflösung erforderlich. Diese Datengrundlage - und hier liegen die eigentlichen Probleme - konnte trotz 30jähriger intensiver bodenkundlicher Landesaufnahme i. M. 1:25 000 in Niedersachsen wie auch in den anderen Bundesländern nicht geschaffen werden. Flächendeckend liegt in Niedersachsen nur die Bodenkundliche Standortkarte i. M. 1:200 000 vor, Bodenkarten i. M. 1:25 000 decken nur 35 % ab, Bodenkarten i. M. 1:5 000 15 %.

Daher wurden im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung schon vor Jahren Überlegungen angestellt, wie in einem vertretbaren Zeitraum eine hinreichende landesweite Datenbasis mit entsprechenden Auswertungsmöglichkeiten geschaffen werden kann. Es zeigte sich sehr schnell, daß dieses Problem nicht mit der herkömmlichen Bodenakartierung gelöst werden kann, sondern, daß - flankierend zu der Geländeerhebung - alle bereits vorliegenden bodenkundlich interpretierbaren Daten verfügbar gemacht werden müssen. Diese in einheitliche Form gebrachten und ins NIBIS überführten Daten sind, fachlich ausgewertet, bereits ein bodenkundliches Basiswissen, das sowohl schon erste Auswertungen zu aktuellen Fragen zuläßt, als auch

---

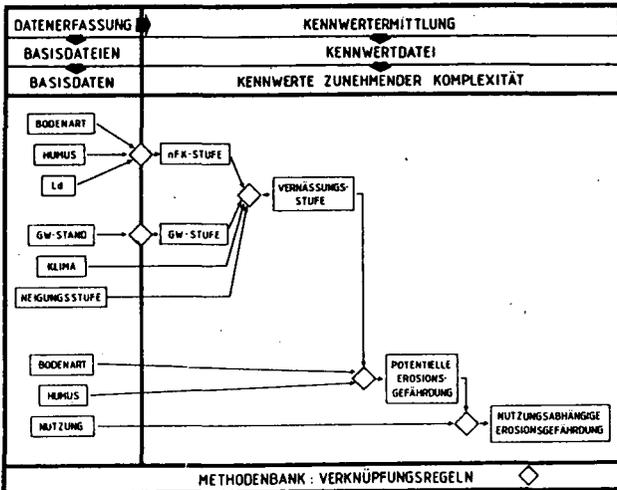
\*) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung,  
Stilleweg 2, D - 3000 Hannover 51

die Entwicklung einer bodenkundlichen Konzeptkarte ermöglicht, die eine gezieltere und effektivere Bodenkartierung erlaubt. So können zukünftig Bodeneinheiten z. B. hinsichtlich ihrer Eigenschaften, Vergesellschaftung und regionalen Verbreitung schneller und umfangreicher beschrieben werden.

In diesem Zusammenhang sind neben den bodenkundlich ableitbaren Unterlagen aus Geologie, Forst, Historie, Klima sowie Relief vor allem Daten der Reichsbodenschätzung von besonderem Wert. Aufgrund ihres Umfanges (Profil- und Flächendaten) bei hoher räumlicher Auflösung sind diese Informationen besonders geeignet, das Defizit der bodenkundlichen Datenbasis vor allem im Bereich der Parzellenschärfe auszugleichen. Allerdings muß einschränkend gesagt werden, daß die Daten der Bodenschätzung für viele Fragen des Bodenschutzes nicht ausreichen. Neben der Umsetzung in den modernen bodenkundlichen Sprachgebrauch müssen die Daten durch Verschneidung insbesondere mit Daten der Bodenkunde und Geologie ergänzt werden. So z. B. Erweiterung des Bodenschätzungsprofils (z. Z. 1 m Tiefe) auf 2-m-Angaben im Bereich der Lockergesteinböden.

Aber auch ohne Verschneidung der Bodenschätzung mit anderen Daten kann diese schon für einen Teil von Auswertungsfragen zum Bodenschutz eingesetzt werden. So lassen sich z. B. einfache Kennwerte aus den Schätzungsdaten ableiten (s. Abb. 1).

Abb. 1: KENNWERTERMITTLUNG AUS BASISDATEN



Für die Arbeiten in der Modellgemarkung Bliesen wurden die Daten der Bodenschätzung und der Geologischen Karte auf Blätter der Deutschen Grundkarte im Maßstab 1: 5 000 mit Höhenschichtlinien aufgeplottet, da das digitale Geländemodell seitens des Katasteramtes nicht rechtzeitig zur Verfügung gestellt werden konnte.

### 3 Primärdatenerhebung und Erstellung der Konzeptbodenkarte

In der Primärdatenerhebung wurden auf Teilflächen der Untersuchungsfläche stichprobenhaft in den ausgewiesenen Bodenschätzungseinheiten eine bodenkundliche Kartierung durchgeführt. Die Profilbeschreibung erfolgte auf den Formblättern des GLA für die bodenkundliche Landesaufnahme.

Zusammenhängende Schätzungsflächen wurden mehrfach abgebohrt, wenn sie unterschiedliche Reliefformen (Mulden, Kulminationsbereiche, Hangflächen) oder unterschiedliche geologische Substrate aufweisen. Wurden innerhalb solcher Flächen unterschiedliche Böden aufgenommen, erfolgt eine neue Grenzziehung im Gelände. Die Schätzungseinheit wurde geteilt. Bei homogenen Bodenverhältnissen blieben die Grenzen der Konzeptkarte existent. Im Anschluß an die Feldarbeiten wurden Bodeneinheiten gebildet.

Für die Erstellung der Konzeptbodenkarte wurden zunächst die Formblätter der Geländeerhebung mit den Bodeneinheiten in die Profildatenbank eingegeben. Danach fand ein erster Abgleich der Profilbeschreibungen mit den Datenbankeinträgen der Bodenschätzung statt. Es folgte eine erste Auswertung über die Beziehungen zwischen Kartiereinheiten und Klassenzeichen bzw. Schätzungsbuch, um Gesetzmässigkeiten bei der Umsetzung der Bodenschätzung in Bodenareale abzuleiten. Diese Auswertung bildete die Grundlage für eine weitere Unterteilung der Klassen- und Klassenabschnittsflächen in Abhängigkeit vom Relief, z. B. durch die Abgrenzung von Kolluvium in Mulden innerhalb einer Bodenschätzungseinheit. Als weitere Gliederungsebene konnten Informationen aus der geologischen Karte sowie Erfahrungen aus der Feldbeobachtung eingebracht werden.

Der auf dieser Basis erstellte Umsetzungsschlüssel für Bliesen weist jeder Schätzungseinheit mit gleichem Klassenzeichen für die verschiedenen Reliefeinheiten und ggf. geologischen Substrate Bodenareale mit Leit- und Begleitböden zu. Er stellt die Grundlage der KBK 5 dar.

Bei Bedarf kann auf der Grundlage der Konzeptkarte eine neue Grenzziehung erfolgen. Diese Veränderungen in der Grenzziehung werden digital umgesetzt, sodaß als Endprodukt die digitale Konzeptbodenkarte 1: 5 000 vorliegt.

Die Konzeptbodenkarte entspricht hinsichtlich Datenqualität und Datenschärfe einer Bodenkarte gleichen Maßstabs. Da sich die Grenzziehung zwischen den einzelnen Bodeneinheiten weitgehend an den Klassengrenzen der Bodenschätzung orientiert, wird sie in Abgrenzung zur traditionellen Bodenkarte als Konzeptbodenkarte bezeichnet.

Methodik einer modellhaften Primärdatenerhebung im ruralen  
Raum mit SAAR-BIS

von

STEINRÜCKEN, Ulrich\*

Ulrich Steinrücken \*

## 1 Einleitung

Für eine funktionelle Nutzung eines Bodeninformationssystems sind Verbreitungskarten von Böden und die Kenntnis ihrer ökologischen Eigenschaften eine Grundvoraussetzung. Im Zuge der Einrichtung von SAAR-BIS, dem Bodeninformationssystem des Saarlandes, stellte sich schnell heraus, daß derartige Bodenkarten großmaßstäbige Formate aufweisen müssen (FETZER ET AL. 1992). Es lag daher nahe, flächendeckend eine Bodenkarte im Maßstab 1: 5 000 anzustreben, die sowohl für einen Anwender gut nutzbar, als auch in ihrer Erstellung effizient und in ihrer Aussage präzise ist. Bei der Erstellung dieser Konzeptbodenkarte (KBK 5) kommt den Daten der Bodenschätzung der Finanzämter eine Schlüsselrolle zu. Entwicklung und Umsetzung des Modells erfolgte in der Gemarkung Bliesen im östlichen Saarland im Auftrag des Geologischen Landesamtes des Saarlandes und gefördert vom Umweltbundesamt.

## 2 Vorbereitung der Kartierung und Aufbau der Konzeptkarte

Zur Vorbereitung der Umsetzung wurden alle verfügbaren Daten über das Untersuchungsgebiet in SAAR-BIS digital erfaßt. Hierfür wurden die Grenzen der Bodenschätzung (Klassen-, Klassenabschnitts- und Sonderflächengrenzen) und das bestimmende Grabloch jeder Fläche mit einem Geografischen Informationssystem (ARC/INFO) aufgenommen. Gleichzeitig erfolgte die Erfassung der Beschreibungen im Schätzungsbuch mit der Datenbank ORACLE im Maßstab 1: 1. Eine Fachdatenreferenznummer stellte die Verbindung zwischen einem Datensatz in ORACLE und der grafischen Ebene ARC/INFO dar (KRÄMER ET AL. 1991).

Weiterhin waren geologische Karten (Maßstab 1:10 000) und, teilweise, ein Geländemodell mit Höhenschichtlinien digital withheld.

Aus diesen Informationen wurde zur Unterstützung der Geländearbeit eine Konzeptkarte (s. Abb. 1) erstellt, die die Grundlage der Primärdatenerhebung bildete. Dem Kartierer standen in der Konzeptkarte die Grenzen der Bodenschätzung mit dem zugehörigen Klassenzeichen, Geologie, Wege- und Gewässernetz, Schlagparzellierung und die Höhenschichtlinien zur Verfügung. Sie ermöglichte neben der inhaltlichen Information ein gutes Orientieren im Gelände.

---

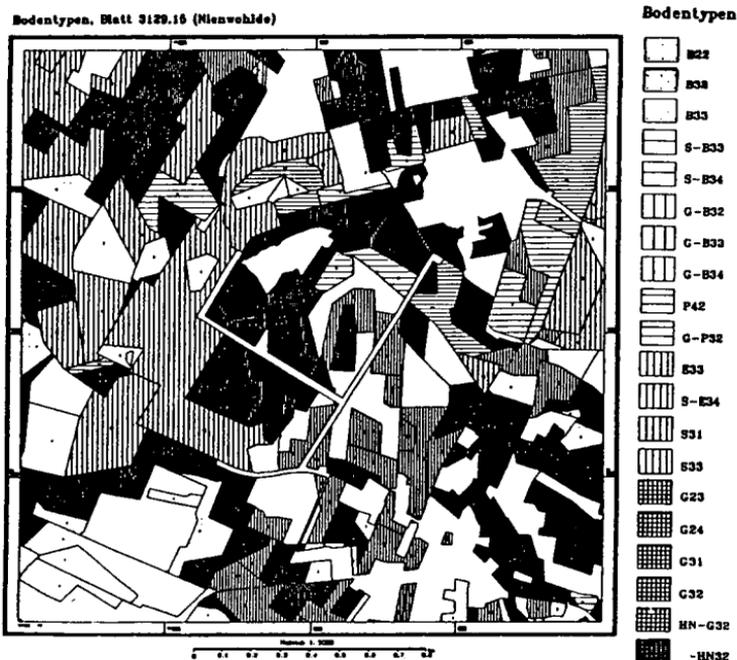
\*) Ingenieurbüro für Boden- und Naturschutz  
Langfuhrstr. 3  
6800 Saarbrücken

LITERATUR:

- CORD-LANDWEHR, SALOMO, SCHWERDTFEGER, SPONAGEL & URBAN-KÜTTEL (1992): Auswertung von Daten eines Bodeninformationssystems für Planungen im Wasserschutzgebiet Stadensen unter Berücksichtigung der altlastenproblematik (im Druck). - Mitt. DBG.
- GEHRT, E. & SPONAGEL, H. (1991): Bodenkartierung in unterschiedlichen Maßstäben unter Nutzung des Bodeninformationssystems.- Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., 65: 83-86; Göttingen.
- HENNINGS, V. & SPONAGEL, H. (1991): Wege der zukünftigen Bodenkartierung in Niedersachsen. - Geol. Jb., A 126: 21-36; Hannover.
- MÜLLER, U. (1990): Niedersächsisches Bodeninformationssystem NIBIS. Dokumentation zur Methodenbank.- Archiv Nds. Landesamt f. Bodenforsch., 107670, 2. Aufl.; Hannover.
- OELKERS, K.-H. & VINKEN, R. (1989): Neue Wege bei der Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen für den Bodenschutz im Rahmen eines Bodenkundlichen Dienstes. - In: ROSENKRANZ, D. & EINSELE, G. & HARRESS, H.-M. [Hrsg.]: Bodenschutz: 3060 S.; Berlin (E. Schmidt).

Eine weitere Möglichkeit ist die Auswertung der Bodenschätzung durch Übersetzung der schichtbezogenen Merkmale in Bodenhorizonte und deren Ableitung zu Bodentypen, wie in der Abb. 2 dargestellt.

Abb. 2: BODENTYPEN AUF GRUNDLAGE DER AUSWERTUNG DER BODENSCHÄTZUNG



Eine wesentliche Verbesserung der Nutzung der Bodenschätzung für den Bodenschutz ist zukünftig von dem neuen Geländeformblatt der Bodenschätzer zu erwarten. Dieses Formblatt ist gemeinsam mit der Bodenkartierung des NLfB entwickelt worden und enthält neben den traditionellen Angaben des Feldschätzbuches auch differenzierte Angaben zum Bodenwasserhaushalt, zum Relief, zu den Bodenhorizonten und zum Bodentyp.

Erste Ergebnisse zeigen, daß sich die Daten der Bodenschätzung anhand des neuen Formblattes wesentlich leichter und fehlerfreier für die Bodenkunde umsetzen lassen, und es ist zu wünschen, daß das in Niedersachsen erprobte Verfahren möglichst bald in eine bundesweite Regelung umgesetzt wird.

#### 4 Abschließende Betrachtung

Mit dem Aufbau eines Bodeninformationssystemes im Saarland (SAAR-BIS) wurde ein Verfahren zur Erstellung von Konzeptbodenkarte im Maßstab 1: 5 000 entwickelt. Hierbei kommt den Daten der Bodenschätzung der Finanzämter eine Schlüsselrolle zu. Für die Modellgemarkung Bliesen wurde ein Umsetzungsschlüssel erstellt, mit dessen Hilfe die Klassenzeichen der Bodenschätzung in Bodeneinheiten transferiert werden können. Die bisherigen Ergebnisse in dem welligen Hügelland der Gemarkung Bliesen zeigen, daß dem Mikrorelief eine große Bedeutung bei der Prognose von Bodeneinheiten auf Grundlage der Bodenschätzung zukommt.

#### 5 Literatur

- FETZER, K.D., CH. KÖNIG, K. LARRES, M. LOBENHOFER, A. PORTZ & P. SCHLICKE: Aufbau und Implementierung des saarländischen Bodeninformationssystems (SAAR-BIS).- Zeitschrift für angewandte Umweltforschung, Jg. 5, H. 1. S.58-67
- KRÄMER, V., J. OST, J. DITTMER, W. MROSEK, P. MARX, R. PATSCHICKE & G. MERKER-STÜBING (1991): Datenerfassung und Datenorganisation im Modellgebiet Bliesen unter besonderer Berücksichtigung der Daten der Bodenschätzung.- unveröff. Manuskript, 70 S., Anl.

### Entwicklung der Konzeptkarte als Grundlage der Geländearbeit

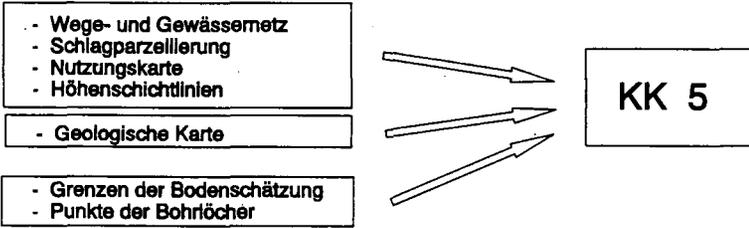


Abb. 1: Aufbau der Konzeptkarte

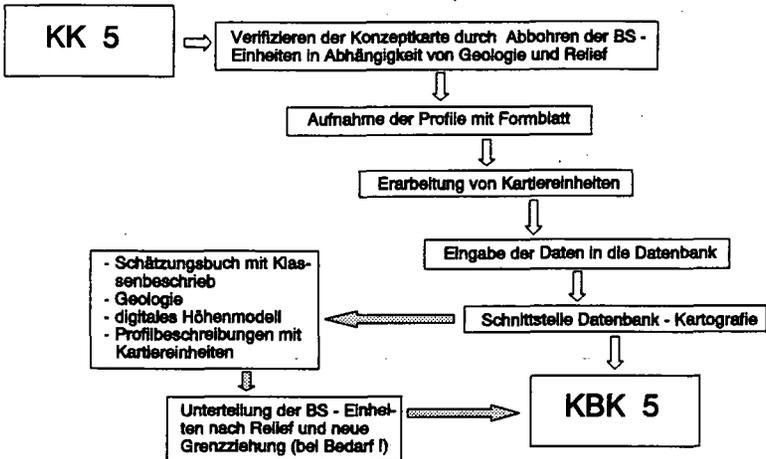


Abb. 2: Erstellung der Konzeptbodenkarte

**Gewinnung und Nutzung schlagbezogener Standortinformationen für  
landwirtschaftliche Nutzflächen**

von

THIERE, J.\*)

1. Die Entscheidungen zur Durchsetzung einer standortgerechten Bodennutzung sind primär für die elementaren Nutzflächeneinheiten, Schläge und Teilschläge zu treffen. Bezogen auf diese Einheiten müssen deshalb nach Abschluß der Schlagprojektierung die standörtlichen Bedingungen vergleichbar ermittelt und dokumentiert werden.
2. Für die ehemaligen Pflanzenproduktionsbetriebe der neuen Bundesländer war die Führung einer einheitlichen Schlagkartei verbindlich. Die Schlagkarte 1 dieser Kartei enthielt neben anderen Daten Angaben zu den Boden-, Hangneigungs-, Wasser- und Steinigkeitsverhältnissen. Diese Daten wurden in den Bezirken in Zusammenarbeit mit den Betrieben von speziellen Arbeitsgruppen aus Unterlagen und Ergebnissen der Bodenschätzung, der Ergänzung der Bodenschätzung und der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung gewonnen. Als verbindliches Arbeitsmittel zur reproduzierbaren Datengewinnung diente eine "Richtlinie zur standortkundlichen Kennzeichnung von Acker- und Graslandschlägen".
3. Für Forschungszwecke zur technologischen Standortbonitur wurden in ausgewählten Betrieben für ca. 6.000 Schläge Zusatzdaten zur Charakterisierung der Schlaggestalt erfaßt (Schlagform, Schlaglänge, Schlagbreite, Besatz mit Flurelementen).
4. Mit den Arbeiten zur Schlagkennzeichnung ist 1979 begonnen worden. Der Bearbeitungsstand war in den einzelnen Bezirken unterschiedlich; insgesamt wurden bis 1989 auf den Territorien der neuen Bundesländer ca. 70% der Ackerschläge bearbeitet.
5. Genutzt wurden die schlagbezogenen Grunddaten für die
  - standortdifferenzierte Planung und Durchführung von acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen
  - Transformation von Bodenparametern auf Schläge
  - Vorgabe von Normativen und Richtwerten
  - technologische Standortbonituren
  - standortbezogene Ergebnis- und Aufwandsanalysen
  - Durchführung mehrstufiger Standortvergleiche für Einzelschläge, Fruchtfolgebereiche, Betriebe und Kreise
6. Die Realisierung einer standortgerechten Bodennutzung erfordert ökologische, technologische, ressourcenschützende Aspekte und ökonomische Gegebenheiten integriert zu berücksichtigen, und zwar im Sinne einer Optimierung von Nutzung und Bewahrung der standörtlichen Bedingungen.
7. Die Bodennutzung erfolgt vorherrschend individuell - negative Neben- und Folgewirkungen haben dagegen häufig eine gesellschaftliche Dimension. Daraus ergibt sich ein Konfliktpotential. Eine Steuerung der Bodennutzung im gesellschaftlichen Gesamtinteresse erfordert ein Management auf der Grundlage von Informationen bezogen auf alle relevanten Entscheidungsträger und Prozeß- und Entscheidungsräume. Für diese Aufgabe ist die Bodenkunde als Disziplin dringend gefordert.

\* ZALF Müncheberg, Inst. f. Bodenforschung, Arbeitsst. Eberswalde  
Dr. A.-Zinn-Weg, 0-1300 Eberswalde-Finow

## Standortgrunddaten der Schlagkartei (Auswahl)

### Gesamtboden

- Standorttyp
  - bestimmender
  - mitbestimmender
- Bodenformen
  - bestimmende
  - mitbestimmende
  - begleitende

### Substratverhältnisse

- Substratflächentyp (SFT)
- Oberbodensubstrat (OFT)
- Feinanteil im Ap (Ton + Feinschluff)

### Wasserverhältnisse

- Hydromorphieflächentyp (HFT)

### Hangneigungsverhältnisse

- Hangneigungsflächentyp (NFT)
- Hangneigung
  - 9 - 14 % (ha)
  - 14 - 23 % (ha)
  - > 23 % (ha)

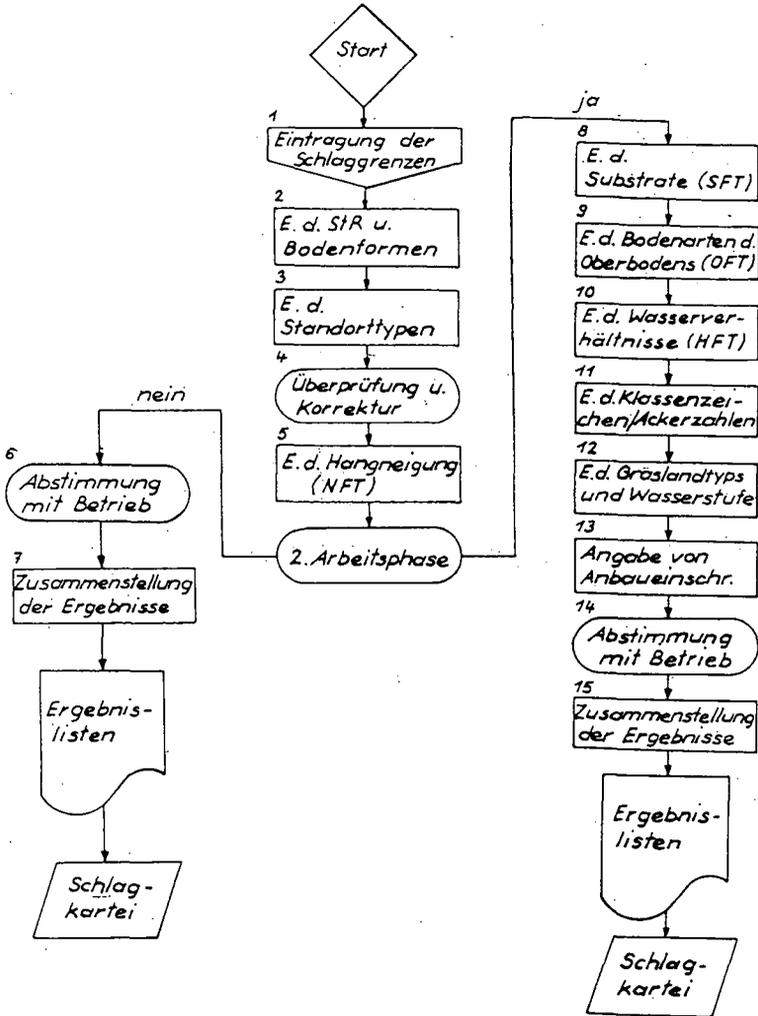
### Steinigkei

- Steinigkeit im Oberboden (EO)

### Abgeleitete Kenngrößen

- Bodengruppe für Düngungssystem
- Anbaueignungsklasse

# Ablaufplan zur standortkundlichen Schlagkennzeichnung



E. d. = Ermittlung der/des  
FT = Flächentyp

## Funktionen schlagbezogener Standortdaten

- Objektivierter Nachweis wesentlicher natürlicher Produktions- und Nutzungsbedingungen für elementare Bewirtschaftungseinheiten
- Mehrstufiger Vergleich der Standortbedingungen von Nutzungs- und Behandlungseinheiten (Schläge, Fruchtfolgebereiche, Betriebe, Gemeinden, Kreise, Schutz- und Schongebiete, Wassereinzugebiete)
- Voraussetzungen für Standortbeurteilungen und -bewertungen
- Standortdifferenzierte Anwendung von Maßnahmen und Verfahren zur Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit und Vorgabe von Normativen zur Landespflege
- Grundlage für schlagbezogene Aufwands- und Ergebnisanalysen für innerbetriebliche und zwischenbetriebliche Leistungsvergleiche und zur differenzierten Förderung von Leistungen zur Landespflege

**Digitale Erfassung der Musterstücke der  
Bundesrepublik Deutschland**

von

B.-P. Uhlmann \*

In Zusammenarbeit mit dem Geologischen Landesamt Baden-Württemberg, der Oberfinanzdirektion Freiburg und dem Bundesministerium für Finanzen wurde ein Programm auf IBM-kompatiblen Personalcomputern zur Erfassung der Musterstücke entwickelt. Eine zentrale Aufgabe dieses Programmes war, die anschließende Erfassung so durchzuführen, daß die gespeicherten Daten für steuerliche wie bodenkundliche Auswertungen brauchbare Werkzeuge darstellen.

Mittlerweile sind alle Musterstücke der alten Bundesländer erfaßt. Mit über 3000 Musterstücken, die in den meisten Fällen auch im Labor ermittelte Analysenwerte beinhalten, steht damit ein einmaliger Datenpool zur Verfügung.

---

\* DIGITARIA, Datenverarbeitung und Ökologie, Windastr. 2,  
7800 Freiburg i. Br.



**Die Übersetzung Bodenarten beschreibender Signa aus Gefügebeschrieben der Bodenschätzung in Boden- und Körnungsarten**

von

WALLBAUM, E.<sup>+)</sup>

Im Zuge der Entwicklung eines rechnergestützten Verfahrens zur Interpretation von Bodenschätzungsergebnissen im Bereich Bodenkunde des Forschungszentrums für Bodenfruchtbarkeit der AdL in Eberswalde wurden Möglichkeiten der Interpretation von Bodenmerkmale beschreibenden Zeichenketten (Signa) aus Gefügebeschrieben zu Grablöchern der Bodenschätzung untersucht.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die besonders erfolgversprechende Ableitung von Körnungs- bzw. Bodenarten aus den Gefügebeschrieben der Feldschätzungsbücher und auf die darauf aufbauende Ableitung von Aussagen zu Substratverhältnissen in Flächeneinheiten der Bodenschätzung.

**Aufgabenstellung**

Gefügebeschriebe aus Feldschätzungsbüchern enthalten einheitlich verschlüsselte Beschreibungen der Merkmale Boden- bzw. Körnungsart. Die dafür am häufigsten benutzten Verschlüsselungen sind 's'(sandig), 'l'(lehmig), 't'(tonig), 'fs'(feinsandig) sowie 'S'(Sand), 'L'(Lehm), 'T'(Ton). Die Adjektive (s,l,t,fs) können dabei in jeweils sechs Intensitätsstufen mit den Substantiven (S,L,T,Me) kombiniert werden. Eine Interpretation der Kombinationen erfordert die Zuordnung von Boden- (KA3) oder Körnungsarten (TGL 24300). Dabei entstehen Schlüssel zur Übersetzung von Signa der Gefügebeschriebe in Boden- bzw. Körnungsarten.

**Die Ermittlung von Übersetzungsschlüsseln**

Zur Ermittlung der 'richtigsten' Übersetzung für die möglichen Beschreibungen der Bodenschätzung konnten Korngrößenanalysen zu ca. 3000 Bodenlagen von Reichmusterstücken ausgewertet werden. Die ausgewerteten Datensätze enthielten sowohl Korngrößenanteile nach KOPECKY als auch eindeutige Substratbeschreibungen (Signa) im Gefügebeschrieb.

+ )Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, 1000 Berlin 33

Zur Bestimmung der Körnungs- bzw. Bodenart (KA3 bzw. TGL 24300) für die ausgewerteten Bodenlagen mussten aus den Fraktionen nach KOPECKY (Grobsand: 0,1-2 mm; Mittelsand: 0,05-0,1 mm ; Staubsand: 0.01-0.05 mm; tonige Bestandteile: <0.01 mm) die Fraktionen Sand, Schluff und Ton nach KÖHN abgeleitet werden.

Dazu war die Modellierung von Kornsummenkurven mit Hilfe der vorhandenen Analysedaten für alle vorliegenden Datensätze erforderlich.

Im folgenden Schritt erfolgte eine Bestimmung der Boden- bzw. Körnungsarten (lt. KA 3 bzw. TGL 24300) für die ausgewerteten Datensätze zu Bodenlagen von Reichsmusterstücken. Im Ergebnis konnten Häufigkeiten der Zuordnung von Datensätzen, die von der Bodenschätzung mit charakteristischen Signa beschrieben wurden, zu Körnungs- bzw. Bodenarten ermittelt werden. Die Häufigkeiten wurden für Bodenlagen der vier Hauptentstehungsarten und für Ober- und Unterbodenlagen gesondert bestimmt. So ergab die Auswertung von D-Standorten im Oberboden die folgenden (als Beispiele dargestellten) prozentualen Häufigkeiten bei der Übersetzung in Körnungsarten (TGL 24300):

Gefügebe- schrieb	Körnungsart lt. TGL 24300												
	rS	l'S	l'S	l+S	sL	L	lT	T	uS	lU	U	UL	uT
'S'	<u>43</u>	35	19	1	1				1				
'l'S'	1	11	<u>43</u>	19	8				18				
'lS'		3	11	23	<u>32</u>		1		<u>28</u>	1			1
'sL'			4		<u>66</u>		26						4
'fsL'						12			12	<u>38</u>		<u>38</u>	

Auf der Grundlage der häufigsten und somit 'richtigsten' Übersetzung eines Signums der Bodenschätzung konnten Übersetzungsschlüssel aufgestellt werden, die als 'Standardschlüssel', ermittelt auf der Grundlage von repräsentativen Reichsmusterstücken, anzusehen sind.

Bei einer Reihe von Signa der Gefügebeschriebe ist eine eindeutige Zuordnung zu einer 'schluffarmen' oder 'schluffreichen' Alternative erforderlich (Beispiel: 'lS'). Dazu wurden potentielle Kennzeichner erhöhten Schluffgehaltes (z.B.: 'f' - fein, 'sch' - schluffig, 'fs' - feinsandig) gesondert für Ober- und Unterbodenlagen bei den Hauptentstehungsarten auf Häufigkeiten der Zuordnung zu schluffreichen Körnungsarten überprüft.

Die Ergebnisse ermöglichten die Aufstellung von Schlüsseln charakteristischer 'Schluffkennzeichner' im Gefügebeschrieb.

Diese Schlüssel ermöglichen eine Entscheidung über die Zuordnung einer 'schluffreichen' oder 'schluffarmen' Körnungs- oder Bodenart bei gleichen Boden- bzw. Körnungsarten kennzeichnendem Gefügebeschrieb.

Auswertung von Grablochbeschrieben

Mit Hilfe von PC-Programmen können Gefügebeschriebe aus Feldschätzungsbüchern der Bodenschätzung erfasst, gespeichert und durch Anwendung der o.g. Übersetzungsschlüssel interpretiert werden. Dazu erfolgt ein Prüfen der Gefügebeschriebe auf Auftreten der im jeweiligen Übersetzungsschlüssel erfassten Signa zur Beschreibung von Boden- bzw. Körnungsarten. Bei Auftreten interpretierbarer Signa wird eine Boden- bzw. Körnungsart zugeordnet. Die vertikale Aufeinanderfolge der Körnungsarten eines Profils wird zur Ableitung einer Klassifikationseinheit, die dem Substrattyp nach TGL 24300 angelehnt ist, genutzt.

Die Auswertung z.B. aller Grablochbeschriebe einer Gemarkung erlaubt die Aufstellung von Übersichten zur Häufigkeit des Auftretens von Substrattypen unter den erfassten Grablochbeschrieben auf Gemarkungsebene aber auch für Flächen gleicher Bodenart, Zustandsstufe oder gleichen Klassenzeichens. Die folgende Tabelle zeigt derartige Übersichten für die Gemarkung Parstein im Kreis Eberswalde bei den Klassenzeichen '1S 3 D' und 'SL 4 D':

1S 3 D			SL 4 D		
Substrattyp	Anzahl	rel. Häuf.	Substrattyp	Anzahl	rel. Häuf.
m	12	21,8	m/p	54	67,5
m/s//p	10	18,2	m/p//m	8	10,0
em/es	6	10,9	m	6	7,5
em	4	7,3	em/p	3	3,8
em/s	4	7,3	p/q//m	3	3,8
s	4	7,3	p	2	2,5
m/s	3	5,5	p/q	2	2,5
m/s//m	3	5,5	s/p	1	1,3
...			m'O	1	1,3

Die Übersichten zeigen, dass für Flächen der untersuchten Klassenzeichen sich deutlich unterscheidende Substratverhältnisse von der Bodenschätzung ausgewiesen wurden.

Die Substrattypenspektren zeigten bei Nachkartierungen in Beispielgemarkungen gute Übereinstimmung mit tatsächlichen Verhältnissen.

### Test der Auswertungsverfahren durch Nachkartierung

Zur Überprüfung der nach dem beschriebenen Algorithmus ermittelten Ergebnisse wurden in vier Beispielgemarkungen mit Böden pleistozänen Ursprungs Felderhebungen durchgeführt.

Der Vergleich von Ergebnissen der Nachkartierung und Ergebnissen der Interpretation von Bodenschätzungsunterlagen ergab eine differenziert nach der Qualität der Schätzungsunterlagen zu bewertende Übereinstimmung.

Es zeigte sich, dass in drei der vier Gemarkungen Auswertungen von Grablochbeschrieben mit Nachkartierungsergebnissen weitgehend übereinstimmten. Kartiereinheiten waren in nur zwei Gemarkungen gut interpretierbar.

Im Durchschnitt ergab sich in Bezug auf das Merkmal Substrattyp eine ca. 60%ige Übereinstimmung von Nachkartierungsergebnissen und Bodenschätzungsinterpretation. 20% der Interpretationsergebnisse erwiesen sich als stark von den tatsächlichen Ergebnissen abweichend.

### Fazit

Unterlagen zu Reichsmusterstücken der Bodenschätzung ermöglichen die Erstellung von Übersetzungsschlüsseln für das Merkmal Boden- bzw. Körnungsart auf der Grundlage von Analyseergebnissen.

Daraus abgeleitete Interpretationsergebnisse zu Grablochbeschrieben aus Feldschätzungsbüchern zeigten in Beispielgemarkungen (gute Qualität der Schätzungsunterlagen vorausgesetzt) hohe Übereinstimmungen mit tatsächlichen Bodenverhältnissen.

Kartiereinheiten der Bodenschätzung (z. B. Klassenflächen oder Klassenzeichen) können durch Auswertung von Grablochbeschrieben entsprechender Klassifikationseinheiten interpretiert werden.

### Literatur:

Wallbaum, E.: Dokumentation zum Programmsystem BOIN. - 1991. -

Eberswalde-Finow (unveröff.), 94 S.

Wallbaum, E.: Ableitung von Informationen zur Bodenkartierung aus Ergebnissen der Reichsbodenschätzung. - 1991. - Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau HUBerlin, Dissertation, 118 S.

Entwicklung und Bedeutung der Auswertung der Bodenschätzung  
für nichtsteuerliche Zwecke

von

Wittmann, O. \*

Entwicklung

Durch Erlaß des damaligen Reichsministers der Finanzen vom 10.08.1938 (S 3372-30 III) ergänzt durch die "Richtlinien für die Nutzbarmachung der Ergebnisse für nichtsteuerliche Zwecke" wurde hinsichtlich der Auswertung des bodenkundlichen Inhaltes der Bodenschätzung folgendes angeordnet:

"...Für andere Zwecke, insbesondere für Planungen, müssen die Schätzungsergebnisse in Bodenkarten bildmäßig, also durch verschiedene Farben und Signaturen dargestellt werden. Solche Bodenkarten können einmal als großmaßstäbliche Karten im Maßstab der Katasterpläne (1:1000 bis 1:5000), für zusammenhängende Gebiete im Rahmen der Katasterplankarte (Deutsche Grundkarte 1:5000) oder auch in Übersichtskarten im Maßstab 1:25000 oder in noch kleineren Maßstäben hergestellt werden.... Damit aber eine Gewähr dafür gegeben wird, daß die Bodenschätzungsergebnisse in zweckmäßiger Weise verwendet und ausgewertet werden, daß ferner überall im Reich gleichmäßig vorgegangen wird und dabei mit der Zeit ein einheitliches Kartenwerk entsteht..." wurden die von der bodenkundlichen Untersuchungsstelle des Bayerischen Oberbergamtes München, der Vorläuferin der jetzigen Abteilung Bodenkunde des Bayer. Geologischen Landesamtes, nach vielfachen Beratungen mit dem Reichsfinanz- und Reichswirtschaftsministerium von A. HOCK, F. KOHL u. anderen ausgearbeiteten und von W. ROTHKEGEL 1938 veröffentlichten Kartenmuster A, B, C in den Maßstäben 1:5000 und 1:25000 als maßgebend für die Durchführung der Bodenschätzungskartierung im Reichsgebiet erklärt (F. VOGEL u. A. GRADER 1952).

Darüber hinaus hatte der damalige Reichsminister der Finanzen durch Erlaß vom 28. November 1938 alle in Frage kommenden Zentralstellen davon in Kenntnis gesetzt, daß die bodenkundliche Untersuchungsstelle des Bayer. Oberbergamtes in München als Zentralstelle für das damalige Reichsgebiet mit der Erstellung von Bodenkarten aufgrund der Bodenschätzungsergebnisse beauftragt wurde und daß die diesbezüglichen Anträge an diese Stelle zu richten waren.

In diesem Zusammenhang muß erwähnt werden, daß es neben der damals amtlich sanktionierten ersten Auswertungsrichtung nach dem Kartenmuster A, B und C noch zwei weitere Arbeitsrichtungen gab: eine zweite bestand seit 1935 in mannigfachen Versuchen zur Kartierung von Bodenarten und Bodentypen nebeneinander und eine dritte befaßte sich mit der Herstellung von Bodenwertkarten oder Bodengütekarten unter Verwendung der Bodenzahlen (in Bayern realisiert durch die Bodengütekarte 1:100 000). Für Bayern wegweisend war die erste

---

\* Bayerisches Geologisches Landesamt, Heßstr. 128, 8000 München 40

## Arbeitsrichtung.

Die Darstellungsweise der sogenannten Gemeindebodenschätzungskarte auf Katasterplangrundlage 1:5000 wird bestimmt vom bodenartigen Profilaufbau: Die zusammenfassende Bodenart des Klassenbeschriebs repräsentieren bei Ackerböden 11 Flächenfarben. Bei Grünlandböden sind es bodenartenabhängig 4 abgestufte Grüntöne. Moore haben eine eigene Farbe. Die Eintragungen in den Flächen geben den Klassenbeschrieb einschließlich der Wertzahlen wieder. Die Eintragungen in den Flächen geben den Klassenbeschrieb einschließlich der Wertzahlen wieder. Die Wasserverhältnisse differenziert nach naß und trocken (jeweils Wasserstufen 4 und 5), werden durch blaue bzw. rote Strichsignaturen gekennzeichnet. Der Schichtenaufbau der Böden geht aus der randlichen Darstellung von typischen Profilen aus den Schätzungsbüchern hervor, wobei die gleichen Farben verwendet werden wie in der Kartenfläche, z.B. gelb für Sandschichten, violett für Tonschichten. (Diese Art der Kartierung konnte für Bayern Ende der 70er Jahre abgeschlossen werden.)

Die Bodenschätzungsübersichtskarte 1:25000 ist durch leichte Generalisierung aus der Schätzungskarte 1:5000 entwickelt worden. Die Flächenfarben und Strichsignaturen sind identisch. Der Klassenbeschrieb wird ohne Wertzahlen wiedergegeben. Umgezeichnet auf die TK 25, in den 40er Jahren auf Positionsblätter mit Schummerung, ist sie als Rahmenkarte die für die Landesaufnahme sicherlich wertvollste Unterlage. (Das gesamte Kartenwerk liegt seit Mitte der 80er Jahre für ganz Bayern fertig vor.)

Darüberhinaus wurde noch eine Bodenschätzungsübersichtskarte 1:100000 entwickelt. Sie folgt den Prinzipien der Karte 1:25 000. Als Eindruck in den Flächen enthält sie die Zustandsstufe des Klassenbeschriebs. Hinsichtlich kleinerer Flächen ist sie stärker generalisiert. (Die Übersichtskarte 1:100000 wurde für die Regierungsbezirke Schwaben, Oberpfalz und Niederbayern ganz, für Oberbayern zum Teil hergestellt.)

Mit dem Erlaß vom November 1938 wurde von der Bodenuntersuchungsstelle am Bayer. Oberbergamt in München (seit 1939 eingeschlossen in die "Reichsstelle für Bodenforschung", seit 1941 Zweigstelle des "Reichsamtes für Bodenforschung") unverzüglich die Auswertung der Bodenschätzung für das ganze Reichsgebiet in Angriff genommen. Bis zum Jahr 1945 lagen immerhin 1427 Gemeindebodenschätzungskarten 1:5000 fertig vor, und zwar hauptsächlich aus Bayern, der Rheinpfalz und dem Saargebiet, daneben aus Lothringen, Thüringen, Hessen und anderen Ländern.

Seit 1945 wurde die Auswertung der Bodenschätzung von München aus nur noch für das Gebiet des Freistaates betrieben. Obwohl das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Bonn mit Entschliebung vom 18. Juni 1951 sämtliche Landwirtschaftsministerien der westdeutschen Länder darauf hingewiesen hat, daß die Kartierung der Bodenschätzungsergebnisse in den Maßstäben 1:5000 und 1:25 000 nach dem bayerischen Muster fortgesetzt bzw. länderweise aufgenommen werden sollte, und zwar unter Hinweis darauf, daß für die Durchführung dieser Aufgabe die bodenkundliche Abteilung des jeweiligen geologischen Landesamtes zuständig ist, haben sich in einzelnen Ländern, z.B. in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen neue Richtungen entwickelt. Sie versuchen die zusätzliche Interpretation nach modernen

bodentypologischen Gesichtspunkten. In einer Reihe anderer Länder wurde und wird diese Aufgabe zwar betrieben, aber nicht systematisch und konsequent, zum Teil ist sie offensichtlich in Vergessenheit geraten.

### Bedeutung

Die Bedeutung der Bodenschätzungskartierung liegt an sich schon allein darin, daß sie bis zur Stunde die einzige flächendeckende großmaßstäbliche Bodenaufnahme der landwirtschaftlichen Nutzflächen der Bundesrepublik darstellt. Die Leistung dieser umfassenden Aufnahme kann nicht hoch genug gewürdigt werden. Sie hat Vorbildfunktion, denn vielerlei Vorhaben auf diesen und ähnlichen Gebieten der Erfassung der Naturraumausstattung unserer Landschaften sind begonnen aber nicht fertiggestellt worden. Das Wesentliche an solchen Projekten ist, daß sie nach einem einmal festgelegtem und schließlich bewährtem Konzept konsequent zu Ende gebracht werden, auch wenn es am Schluß nicht die modernste Lösung ist. Zwischenzeitliche Richtungsänderungen sind sehr wohl zu überlegen, aber sie können das Gesamtwerk gefährden. Nicht nur aus diesem Grund ist eine zügige Kartierung, die schon deswegen Aussicht hat, vollendet zu werden, immer von großem Vorteil. Solche Gedanken richten sich an die Geologischen Ämter, denen die bodenkundliche Landesaufnahme aufgetragen ist, aber auch an die Ministerien, die darauf Einfluß nehmen können und sollten.

Daß die Bodenschätzungskarten eine unverzichtbare Hilfe bei der bodenkundlichen und geologischen Neuaufnahme darstellen, hat sich schon in den 40er Jahren herausgestellt, wenngleich in jener Zeit andere Gesichtspunkte im Vordergrund standen. Nach A. GRADER, der für die Bodenschätzung am bayerischen Geologischen Land damals zuständig war, sollten die an den Landwirtschaftsämtern aufliegenden Gemeindebodenschätzungskarten 1:500 vorrangig in folgenden Bereichen Hilfe leisten:

- für den Bauern bei innerbetrieblichen Überlegungen (Anbau, Fruchtfolge, Düngung, Melioration, Kauf, Verkauf, Tausch oder Beteiligung von Grundstücken)
- für die Gemeinde und das Landratsamt als Planungsunterlage
- für den Landwirtschaftsberater als Beratungsgrundlage und Anschauungsmaterial
- als Unterrichtsmittel in den Landwirtschaftsschulen.

Ein sehr weites und vielfältiges Feld bildet die systematische größerflächige Umsetzung der Bodenschätzungskarte

1. in thematische Karten mit dem Inhalt von **Einseleigenschaften der Böden**,
2. in thematische Karten mit dem Inhalt von **komplexen Bodeneigenschaften**,
3. in **Bodenkarten modernen Inhalts** als vorläufigem Ersatz oder auch Vor-

stufe einer Bodenkartenneuaufnahme ("Konzeptbodenkarte") mit umfassend vielschichtigem Eigenschaftsinhalt.

Keines dieser Umsetzungsverfahren ist ohne Voruntersuchungen möglich. Selbst bei der Umsetzung nach Ertragspotential bedarf die Bodenschätzung einer Überprüfung.

### 1. Beispiele für die unmittelbare Umsetzung in Einzeleigenschaften

Bodenmächtigkeit in Abhängigkeit von Acker- bzw. Grünlandzahl und Bodenart des Klassenbeschriebs (K. AUERSWALD 1987).

Beziehungen zwischen Erodibilität der Böden und den Klassenbeschrieben (K. AUERSWALD 1986).

### 2. Beispiele für die unmittelbare Umsetzung in komplexe Bodeneigenschaften

Beziehungen zwischen Ertragsserhebungen und Bodenbewertung durch die Bodenschätzung (O. WITTMANN 1979).

Agrarleitplanung in Bayern: Unter Heranziehung der Bodenschätzungskarten werden Wertungskarten für die natürlichen Erzeugungsbedingungen erstellt (Differenzierung nach günstigen, durchschnittlichen und ungünstigen Erzeugungsbedingungen).

Flurbereinigungsverfahren: Nach § 28 Flurb. Gesetz sind bei der Ermittlung der Wertverhältnisse im Flurbereinigungsverfahren die Bodenschätzungsergebnisse zugrunde zu legen.

### 3. Umsetzung in Bodenkarten modernen Inhalte

Unmittelbar im Gelände angewendet, wird durch die Bodenschätzungskarte, die Grenzfindung erleichtert, präzisiert und beschleunigt. Ihr 50m-Bohr raster deckt auch kleinflächige Bodenartenunterschiede auf. In Abhängigkeit von Klima und Ausgangsgestein bietet sie allerdings nicht in allen Gebieten gleich gute Interpretations- und Unterscheidungsmöglichkeiten.

Die Neuaufnahme von Bodenkarten im Gelände ist eine zeitbeanspruchende Aufgabe. Da moderne Bodenkarten dringend und rasch gebraucht werden, hat Bayern mit der sogenannten Boden-Grundinventur des 1982 begonnenen Bodenkatasters Bayern - einem Teil des bayerischen Bodeninformationssystems - einen eigenen Weg der Bodeninventarisierung beschritten, der zugleich auf eine rationelle Umsetzung der Bodenschätzungskarten hinzielt. Die Boden-Grundinventur stützt sich auf die Aufnahme von über alle bayerischen Bodenland-

schaften verteilten Toposequenzen mit Bohrungen bis 1,5 m Tiefe - z.T. auch tiefer-, auf umfassende Probennahmen für bodenphysikalische, boden- und geochemische Untersuchungen. Ziel ist die vollständige Erfassung der einzelnen Bodenformen, ihres Substrat- und Profilaufbaues und ihrer Eigenschaften. Eine derartige Dokumentation des Bodenformeninventars Bayerns, wie sie für einen Teilraum, nämlich für das Tertiärhügelland, die Iller-Lechplatte und das Donautal in Form eines Datenhandbuchs derzeit gedruckt wird, ist zugleich der bodenformensystematische Teil jeglicher Boden-Flächeninventur. Da mit Hilfe der zahlreichen Bohr- und Aufgrabungsprofile aus den Sequenzaufnahmen die Beziehungen zwischen den flächenkennzeichnenden Klassenbeschrieben der Bodenschätzung einerseits und der modernen Bodenformen- und Deckschichtenansprache einschließlich der Beziehungen der Geländedeposition andererseits in den einzelnen Landschaften so gut wie möglich hergestellt werden, erlaubt das Datenhandbuch eine ± objektivierte Umsetzung der Bodenschätzungskarte in eine moderne Konzeptbodenkarte. Durch Hinzuziehung von (z.B. der bestimmenden Grablöcher) könnte die Umsetzung weiter präzisiert werden, allerdings mit unvergleichbar höherem Aufwand und in rationeller Form nur EDV-gestützt. In der Umsetzung der Bodenschätzung in moderne Bodenkarten darf wohl die am meisten herausragende Nutzungsmöglichkeit des bodenkundlichen Inhalts der Bodenschätzung gesehen werden, auch weil ihr auf diese Weise die ganze Fülle der in der Bodenform - in Bayern im Datenhandbuch - enthaltenen Bodeneigenschaften und Eigenschaftenparameter zufließt.

Das alles klingt zwar sehr vielversprechend, gilt jedoch nur mit Einschränkungen. Dazu noch einige grundsätzliche Bemerkungen:

Die Interpretation und Umsetzung der nach Klassen ausgegrenzten Bodenschätzung in eine moderne, nach Bodenformen definierte Karte ist nicht in allen geologischen Landschaften gleich gut möglich. Gute Voraussetzungen bieten sich in der Trias, im Jura und in der Kreide Nordbayerns sowie südlich der Donau im Tertiärhügelland. Allerdings kann man auch in diesen Gebieten immer wieder feststellen, daß z.B. bei den sehr kompliziert aufgebauten polygenetischen Böden unserer Altflächen und bei sonstigen Mehrschichtböden die Bodenschätzer zum Teil große Schwierigkeiten hatten, nicht mit den Wertzahlen an sich, sondern mit der konsequenten einheitlich-vergleichbaren Einstufung von Bodenart und Zustandsstufe der Klasse.

Weit weniger Interpretationsspielraum als in den vorher genannten Landschaften bietet sich im bayerischen Grundgebirge, hauptsächlich aber in den Moränen und Schotterarealen des Alpenvorlandes, weil dort die weniger aussagekräftige Grünlandschätzung vorherrscht, wobei die hohen Niederschläge noch zu einer zusätzlichen Nivellierung der Bewertung führen. Nicht selten ist eine plausible Umsetzung der Bodenschätzung auch nicht möglich.

Allgemein läßt sich zusätzlich feststellen, daß Schätzungen aus den 30er bis in die 60er Jahre detaillierter und für unsere Zwecke geeigneter sind, als spätere Nachschätzungen. Das hängt wohl vor allem auch mit den durch die Flurbereinigung veränderten Flurstücksgrößen zusammen.

Unsere Erfahrungen zeigen, daß eine brauchbare Umsetzung der Bodenschätzung nur nach geologischen Landschaften getrennt vorgenommen werden kann, nach Regeln, die für jede geologische Landschaft eigens erarbeitet werden müssen. Auch wenn diese Beziehungen hergestellt sind und wie im Fall unseres Datenhandbuchs geordnet zur Verfügung stehen, so bedarf es immer noch der umfassenden Geländeerfahrungen eines Bodenkundlers, der seine Kenntnisse und Intuitionen über die regionalen Zusammenhänge zwischen Gestein, Relief, Deckschichten und Böden voll einbringen muß, wenn die Konzeptbodenkarte überhaupt gelingen soll.

#### Verwendete Literatur

- AUERSWALD, K. (1986): Einstufung der Bodenerodibilität (K-Faktor) nach dem Klassenbeschrieb der Reichsbodenschätzung in Südbayern.- Z. f. Kulturtechn. u. Flurber., 27, 344-351.
- AUERSWALD, K. (1987): Bestimmung der Bodengründigkeit aus dem Klassenbeschrieb der Reichsbodenschätzung zum Festlegen von tolerierbaren Bodenabträgen (T-Wert) - J. Agronomy & Crop Science, 158, 132-139.
- VOGEL, F. u. A. GRADER (1952). Entwicklung, Stand, Zweck und Bedeutung der gemeindeweisen Bodenschätzungskartierung in Bayern i.M. 1:5000. - Geol. Bavarica, 14, 182-193.
- VOGEL, F. (1962): Die Bodenkartierung in Bayern. - Bayer. Landw. Jb., 39, 720-744.
- WITTMANN, O. (1979): Beziehungen zwischen Ertrag und Bodenbewertung durch die Bodenschätzung. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 29, 849-856.

## Zur Schätzung pseudovergleyter Löß-Parabraunerden

von

W. Zeller \*)

Das Bodenschätzungsgesetz vom 16. Oktober 1934 ist ein Steuergesetz. Zunächst läßt sich diese Feststellung nicht ohne weiteres erkennen, weil eine exakte Definition fehlt. Doch sieht man sich die Abgabenordnung an, das ist - sehr laienhaft ausgedrückt - eine Art Grundgesetz für die Finanzverwaltung, mit dem die Beziehungen zwischen Steuergeber und Steuernehmer geregelt werden, so findet sich in § 171 Abs. 10 AO der Begriff des Grundlagenbescheids. Er gilt nicht nur für die Steuerfestsetzung, sondern auch für sogenannte Verwaltungsakte. Die Offenlegung der Ergebnisse der Bodenschätzung nach § 9 BodSchätzG ist ein solcher Verwaltungsakt und damit ein Grundlagenbescheid.

Daß die AO darüberhinaus unmittelbar in die Bodenschätzung eingreift, geht im übrigen aus § 10 BodSchätzG hervor. Dort ist vermerkt, daß beim Beschwerdeverfahren die Vorschriften der AO maßgebend sind.

Was haben nun diese rechtlichen Vorschriften mit der Schätzung pseudovergleyter Löß-Parabraunerden zu tun?

Die für die Durchführung der Bodenschätzung zuständigen und damit auch verantwortlichen Personen, die amtlichen landwirtschaftlichen Sachverständigen, sind Angestellte oder Beamte der Finanzverwaltung. Sie haben gelernt, wie es in der Finanzverwaltung üblich ist, ihre Arbeiten rechtmittelsicher zu erledigen, das heißt, ihre Arbeitsergebnisse so sorgfältig erarbeitet vorzulegen, daß sie einem Widerspruch standhalten. Das gilt für ihre Aufgabengebiete Bodenschätzung und andere steuerliche Bereiche gleichermaßen. Für sie ist es selbstverständlich, die für die Bodenschätzung geltenden Vorschriften stets zu beachten, weil sie wissen, nur so den hohen Qualitätsansprüchen gerecht zu werden. Das trifft insbesondere auch für die Anwendung der nach § 2 BodSchätzG und in Verbindung mit § 3 der Durchführungsbestimmungen ausgestellten Schätzungsrahmen für die Schätzung des Ackerlandes und des Grünlandes zu.

Allen, die mit der Beurteilung von Böden zu tun haben, ist bekannt, daß sich viele Böden unschwer in Systeme einreihen lassen, wie z.B. die Schätzungsrahmen. Ebenso ist aber auch bekannt, daß es Bodenentwicklungen gibt, die dieser systematischen Zuordnung erhebliche Schwierigkeiten bereiten. Dazu gehören in beachtlichem Umfang besondere Arten von Lößbodenentwicklungen.

---

\*) 1956 bis 1988 Oberfinanzdirektion Stuttgart

Der finanzamtliche Bodenschätzer, erzogen zur korrekten Einhaltung geltender Vorschriften, kann hier vor für ihn schwer lösaren Problemen stehen. So ist es nicht verwunderlich, daß, wie geschehen, bei der Schätzung eines Hangfußbodens die Entstehungsbezeichnung LÖDAIV gewählt worden ist. Auch wenn innerlich zuzugestehen ist, daß dieser Wahl ein durchaus folgerichtiger Gedanke zugrunde liegen mag, der Schätzer wählte die Reihenfolge der Entstehung nach deren Gewichtung, so ist ein solches Vorgehen dennoch nicht statthaft. Die Musterstücke nämlich, als Hauptstützpunkte der Bodenschätzung, zeigen auch bei schwierigen Verhältnissen keine vergleichbaren Entstehungsbezeichnungen auf.

Pseudovergleyte Löß-Parabraunerden sind solche für die Bodenschätzung schwierige Bodenentwicklungen, die nicht nur in Süddeutschland in beträchtlichem Umfang vorkommen. dort aber sind sie sogar oft der beherrschende Bodentyp der Lößlandschaften. Diese Böden sind fast immer Stauwasserböden. Sie sind durch Konkretionsbildung, Naßbleichung und Marmorierung gekennzeichnet, sind oft stark versauert, entbast und verwittert, sind häufig rohhumusangereichert, im Oberboden tonverarmt, im Unterboden tonangereichert und in beiden Schichten verdichtet. Bei diesen Böden mit unterschiedlicher Buntfleckigkeit wird das aus den Niederschlägen stammende Sickerwasser am vertikalen Abzug gehindert.

Im Jahr 1950 hatte ich erstmals in größerem Umfang mit diesen Böden zu tun, die bei der Bodenschätzung als "degradierte Lößböden" bezeichnet werden. Sie lagen auf Lettenkeuper und wurden von ihren Bewirtschaftern als kalt und wegen der fahlen Farbe als "weißmalmig" bezeichnet. Die Bauern sagten auch, auf diesen Flächen seien die Erträge deutlich geringer, als auf den unverbildeten Lößböden gleicher Mächtigkeit, wobei die letzteren dem durchlässigeren Muschelkalk aufgelagert waren. Nach den Vorschriften zur Ermittlung der Zustandsstufen waren für beide Lößbildungen Zuordnungen u. a. nach den Zustandsstufen 3 und 4 vorzunehmen. Für die degradierten Löss jedoch erschienen die entsprechenden Bodenzahlen der Lößentstehung des Schätzungsrahmens deutlich zu hoch. Weil einerseits Informationen über Musterstücke zu solchen Böden fehlten, andererseits aber, selbst wenn sie vorhanden gewesen wären, wegen fehlender Fahrzeuge eine Besichtigung gar nicht möglich gewesen wäre, stand damals der Schätzer mit seinen Problemböden allein in der Landschaft.

In dieser Zeit unterhielt ich mich oft mit Ulrich über diese besonderen Böden. Wir entnahmen gemeinsam an verschiedenen Stellen Bodenproben, die er eingehend untersuchte und in seiner Diss. "Schnelle Bestimmung der Kationensorptionskapazität und Beiträge zu ihrer Anwendung in der Bodenuntersuchung und Bodengenetik" auswertete. Dabei ordnete er diese degradierten Löss auf wasserstauenden Tonen den Braunerden mit Tonanreicherungshorizont zu und beschrieb, daß der verdichtete B-Horizont den Wurzelraum verkleinere und die Wasserführung verschlechtere. Ulrich verglich auch die bodenkundlichen Erkenntnisse mit den für diese Böden festgestellten Ergebnissen der Bodenschätzung und wies dabei auf die erheblichen Schwierigkeiten hin, die diese Böden der Bodenschätzung bereiten, weil sie morphologisch schwer erkennbar sind.

Bei einem Flurbereinigungsverfahren im gleichen Gebiet, dem auch die Bodenschätzungsergebnisse zugrundegelegt worden sind, wurde eine Art Generalinventur aller natürlichen Verhältnisse vorgenommen. Dabei wurde seitens der Bodenschätzung der Pflanzensoziologen Ellenberg auf das Problem der degradierten Löss aufmerksam gemacht. Daraus entstand die Diss. von Serno "Die Pflanzenstandortskarte als Hilfsmittel bei Bodenbewertung und Beratung". Die Untersuchungen ergaben, daß die zunehmende Vergleyung pflanzensoziologisch über die Kamillengruppe (vor allem *matricaria Chamomilla* u. *maritima*, *alchemille arvensis* u. *raphanus raphanistrum*),

die Sumpfruhrkrautgruppe (*gnaphalium uliginosum*, *sagina procumbens*, *plantago intermedia*) und die Krötenbinsengruppe (*juncus bufonius*, *riccia glauca*) erkannt und abgegrenzt werden kann.

Die eingeschränkte Zeit läßt es leider nicht zu, auf weitere Ergebnisse einzugehen, die Ellenberg in anderen Schriften über die Abgrenzung staunasser Böden auf der Grundlage von Pflanzengesellschaften im Vergleich mit der Bodenschätzung aufzeigte. Im übrigen lehrte mich eine mehr als 40-jährige Bodenschätzungs-Praxis, daß pflanzensoziologische Mindestkenntnisse Voraussetzung für eine zutreffende Bodenschätzung sind. Das entspricht auch dem Hinweis in Ziff. 3 Abs. 1 der Erläuterungen zum Grünland-schätzungsrahmen, dem zu entnehmen ist: "Daher ist im allgemeinen nur eine mittelbare Beurteilung der Wasserverhältnisse aufgrund des nachhaltigen und durchschnittlichen Feuchtigkeitszustandes des Bodens möglich, dieser aber kommt in der Regel am besten zum Ausdruck in dem Pflanzenbestand". Und gerade dieser Hinweis sollte meines Erachtens besser beachtet werden. Das ließe sich sicher auch mit der Wiedereinführung der früheren Übung leichter bewerkstelligen, in die Beschreibung von Grünland-Musterstücken auch Aussagen über den Pflanzenbestand einzubeziehen.

Interessant und sicher ungleich wichtiger sind die Arbeiten aus der Bodenkunde selbst zu den Fragen der staunassen Lößböden. So hat vor allem auch Blume vergleichende Untersuchungen über Entstehung und Standorteigenschaften von Stauwasserböden in Baden-Württemberg, Ostholstein sowie der Dänischen Inseln durchgeführt. Er stellt dabei fest, daß der beherrschende Bodentyp der Lößlandschaften um Stuttgart eine mehr oder weniger pseudovergleyte Parabraunerde ist, bei der der Wasserhaushalt der Böden und damit der Grad der Pseudovergleyung in starkem Maße durch begrabene Bodenhorizonte reliktscher Parabraunerden und/oder Fließerden beeinflusst wird. Weitere Arbeiten liegen von Schlichting, Zakosek und auch Scheffer/Schachtschabel vor. Darüberhinaus sind die Stauwasserböden in mehreren Dissertationen sehr gründlich beschrieben und beurteilt worden.

Was aber hat nun die Finanzverwaltung unternommen, um diese schwierigen pseudovergleyten Löß-Parabraunerden bei der Bodenschätzung richtig zu erfassen und einzuordnen?

Dazu greife ich auf ein Gespräch zurück, das ich vor Jahren führte. Gesprächspartner war Heinrich Herzog, einer der besonders maßgebenden Väter der Bodenschätzung. Herzog war nach seiner Pensionierung noch viele Jahre Mitglied des Bewertungsbeirats und damit nach § 63 Abs. 3 BewG auch Mitglied des Schätzungsbeirats. Letzterer ist nach § 5 Abs. 2 BodSchätzG mit dem Auftrag zur Schätzung von Musterstücken als das oberste Bodenschätzungs-gremium anzusehen. Anlässlich der Besichtigung und Bewertung landwirtschaftlicher Betriebe als Bewertungsstützpunkte durch den Beirat sind regelmäßig Bodenprofile auf Betriebsflächen aufgegraben und vorgezeigt worden. Bei einem dieser fahlfarbenen, mit Eisen- und Mangankonkretionen durchsetzten Lößprofil mit der Schätzung L 4 LÖD 62 erläuterte Herzog sinngemäß:

LÖD als Entstehungsangabe ist im Grunde paradox, weil in unseren Breiten die Lösses stets diluvialer Herkunft sind. Bei der seinerzeitigen Erarbeitung des Acker-Schätzungsrahmens waren uns die Besonderheiten der Stauwasserböden noch nicht bekannt, erst bei der praktischen Schätzungsarbeit erkannten wir sie. Etwa Mitte der 30er Jahre zogen wir die Konsequenz aus den inzwischen gewonnenen Erkenntnissen. Wir entschlossen uns, bei der Schätzung dieser degradierten Lösses vom Schätzungsrahmen abzuweichen und ihnen die Entstehungsbezeichnung LÖD zu geben. Gleichzeitig wurde gegenüber den ungestörten Lössen die Bodenzahl der degradierten Lösses je nach Bodenart und Zustandsstufe um 4 bis 6 Punkte vermindert. Wenn also nach dem

Schätzungsrahmen z.B. beim L 4 L<sub>ö</sub> die Bodenzahlen von 65 bis 73 gehen, so haben sie beim L 4 L<sub>ö</sub>D eine Spanne von 60 bis 68. Dieses Vorgehen, so Herzog, dokumentierte der Schätzungsbeirat etwa ab 1936 bei der Einstufung entsprechender Musterstücke.

Wenn man sich von der L<sub>ö</sub>D-Seite aus einmal die Musterstücke ansieht, die für die alten Bundesländer zum letzten Mal im Anlageband zum Bundesgesetzblatt, Teil I Nr. 72 vom 28.12.1990, veröffentlicht worden sind, ergibt sich folgendes:

Nach meiner Zählung sind darin insgesamt 3.163 rechtskräftige Musterstücke der Bodenschätzung aufgeführt, davon sind 2.175 Musterstücke für das Ackerland und 988 Musterstücke für das Grünland.

Beim Ackerland sind 455 Musterstücke mit dem Entstehungsmerkmal L<sub>ö</sub> versehen, davon sind 43 als L<sub>ö</sub>D gekennzeichnet. Aus der doch recht beachtlichen Zahl von 43 L<sub>ö</sub>D-Musterstücken läßt sich erkennen, daß der Schätzungsbeirat konsequent hinter den Erkenntnissen stand, die wir aus dem Gespräch mit Herzog kennen.

Ich finde diese Lösung, die der Schätzungsbeirat zur Schätzung pseudovergleyter L<sub>ö</sub>b-Parabraunerden gefunden hat, ist gut, sie ist praktikabel und paßt in den Aufbau des Schätzungsrahmens. Vor allem aber kommt sie auch den Bedürfnissen der Anwender der Bodenschätzung zugute, die mit dem L<sub>ö</sub>D Stauwasserböden in L<sub>ö</sub>blandschaften auf Anhieb erkennen können.

Gestatten Sie mir noch eine Bemerkung:

Meine erste Begegnung mit der Bodenschätzung hatte ich im Sommersemester 1948 an der Uni Kiel. Im Rahmen einer von Schlichting vorbereiteten Bodenkundeexkursion führte Laatsch u.a. auch die Bodenschätzung vor. Es ist mir unvergeßlich, wie er den konsequenten Ablauf des Verfahrens aufzeigte, nämlich, daß zunächst und mit aller Sorgfalt bei der Bodenschätzung die Bestandsaufnahme zu erfolgen hat, aus der sich dann fast zwangsläufig die dem Schätzungsrahmen zu entnehmende Bodenzahl oder Grünlandgrundzahl ergibt. Gleichzeitig warnte er vor dem umgekehrten Weg, das ist die Schätzung der Boden- bzw. Grünlandgrundzahl mit der anschließenden Frage: Wo paßt diese Zahl nun eigentlich hin?

Genau wie Laatsch brachte man mir dann in der Finanzverwaltung im Herbst 1948 die Grundsätze der Bodenschätzung und die Pflicht für eine überaus sorgfältige und verantwortungsbewußte Arbeit in diesem Bereich bei. Ich selbst gab diese strenge Auffassung zur Bodenschätzung in über 40 Jahren an viele von mir ausgebildete Bodenschätzer weiter. Ich vermittelte dieses Wissen, aber auch in vielen Jahren in Seminaren und Vorlesungen an Hochschulen und Fachhochschulen immer darauf achtend, daß den Vorschriften der Bodenschätzung und vor allem auch der Schätzung der Musterstücke ohne Abweichung gefolgt wird. Nur auf diese Weise, so meine ich, wird es möglich sein, den Anwendern der Bodenschätzung eine Qualität auf gleichmäßig hohem Niveau zur Verfügung zu stellen, so, wie es gestern war, wie es heute ist und wie es morgen sein wird.

**Exkursionsführer**

Tagung Kommission V

Bodenkartierung - gestern, heute, morgen -

am 14. und 15. Mai 1992

in

HALLE/Saale



Exkursionsführer (Auszug) für die Fachtagung der Kommission V  
"Bodenschätzung gestern - heute - morgen"  
in Halle und Eickendorf am 14. und 15. Mai 1992

von

ALTERMANN, M.<sup>+) , P.G. HOFFMANN<sup>++)</sup> u. M. SCHRÖDTER<sup>\*)</sup></sup>

### 1. Anliegen der Exkursion nach Eickendorf

Im Rahmen der Tagung "Bodenschätzung - gestern - heute - morgen" führte eine Halbtagesexkursion nach Eickendorf. Dort befand sich der Spitzenbetrieb der Bodenschätzung. In Anwesenheit der Tagungsteilnehmer wurde nach Ansprachen des Präsidenten der DBG, Herrn Prof. Kuntze, und des Finanzministers von Sachsen-Anhalt, Herrn Dr. Böhmer, am Wohnhaus des Gehöfts Haberhauffe/Jäger zur Erinnerung an die Leistung der Bodenschätzung eine Tafel von Prof. Schönhals, Gießen, und Diplom-Landwirt Pantel, Jena, mit folgendem Text enthüllt:

Zur Würdigung aller Bodenschätzer, die mit der Kartierung der landwirtschaftlich nutzbaren Böden eine herausragende bodenkundliche Leistung erbracht und bleibende Bewertungsgrundlagen geschaffen haben

Nach den Ergebnissen der ab 1934 von der Finanzverwaltung durchgeführten Bodenschätzung gehörten zu diesem Betrieb der Familien Haberhauffe und Jäger die höchstbewerteten Böden Deutschlands

Der Bundesminister  
der Finanzen

15. Mai 1992

Deutsche Bodenkund-  
liche Gesellschaft

---

<sup>+) )</sup> Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Landw. Fakultät,  
Inst. f. Standortkunde und Agrarraumgestaltung  
Weidenplan 14, O-4020 Halle

<sup>++)</sup> OFD Hannover, Waterloostr. 5, W-3000 Hannover

Damit sollten die Arbeiten der Bodenkartierung und Bodenbewertung gewürdigt und die Bedeutung solcher bodenkundlichen Aufgaben für Gegenwart und Zukunft herausgestellt werden.

In den neuen Bundesländern erlangt gegenwärtig die Bodenschätzung ihre Bedeutung für die Bodenbewertung zurück. Für diesen Neubeginn wird mit der Pflege bodenkundlicher Traditionen ein gutes Zeichen gesetzt.

Im zweiten Teil der Halbtagesexkursion wurden 2 Bodenprofile bei den Reichsmusterstücken des damaligen Spitzenbetriebes Haberhauffe/Jäger vorgeführt, wobei unter anderem die verschiedenen Methoden der Bodenaufnahme diskutiert wurden.

## 2. Einführung in das Exkursionsgebiet (Fahrtroute inbegriffen)

Von Halle aus führte die Route in nordöstlicher Richtung nach Zörbig. Der Raum Halle - Zörbig zählt geographisch noch zum Östlichen Harzvorland. In diesem Teil wird die weite Ebene von einzelnen Porphyrdurchragungen unterbrochen. Die pliozäne Rumpffläche ist mit saalezeitlichem Geschiebemergel und Schmelzwassersand bedeckt. Diese Bildungen sind von weichselzeitlichem LÖB verhüllt. Dieser ist hier meist nur ca. 1 m mächtig und etwas sandiger als im zentralen Teil des Östlichen Harzvorlandes. Degradierete Tschernoseme und Braunerde-Tschernoseme dominieren.

Nördlich von Zörbig schließt sich die Köthener Ebene an - eine tischebene Landschaft. Die Rumpfebene hat sich hier nur wenig verändert. Sie ist durch saalezeitliche Sedimente überlagert, und die Oberfläche bilden weichselzeitliche äolische Decken. Durch die Köthener Ebene verläuft die Lößgrenze, an der geringmächtiger LÖB durch Sandlöß und dieser schließlich durch Geschiebedecksand abgelöst wird. An der Lößgrenze gehen die degradierten Schwarzerden in Griserden und Parabraunerden/Fahlerden über.

Nach der Saaleüberquerung bei Nienburg beginnt die Magdeburger Börde. Sie wird im Norden von der Ohre, im Westen von der Elbe und Saale, im Süden durch die Linie Bernburg - Staßfurt und im Westen etwa durch die Linie Oschersleben - Haldensleben begrenzt. In der Hohen Börde (westlicher Teil) erreichen die Höhen 130 m NN, in der Niederen Börde (Ostteil) 80 m NN.

Nach der großräumigen geologischen Gliederung gehört dieser Raum zum Subherzynen Becken, das im Norden vom Flechtinger Höhenzug und

im Süden vom Harz begrenzt wird. Unter känozoischer Bedeckung dominieren im Nordteil des Subherzynen Beckens Triassedimente, so daß dieser Bereich auch als Weferlinger-Schönebecker Triasplatte ausgewiesen wird. Im Exkursionsgebiet kommen Triassedimente, im wesentlichen Muschelkalk, lokal im tieferen Untergrund der Böden vor (bei Eickendorf). Im Quartär erhielt das Exkursionsgebiet die entscheidende Prägung durch die Ablagerung von Schmelzwassersanden, Geschiebemergel und Löß. Östlich von Eickendorf tangieren Endmoränen der saalezeitlichen Eisrandlage (drenthezeitlich, Petersberger Randlage) das Exkursionsgebiet. Diese auffälligen Hügelgruppen heben sich mit etwa 30 m Höhenunterschied von den Platten der Magdeburger Börde (Niedere Börde) ab. Im Bereich dieser Endmoränen wird Löß meistens durch Sandlöß abgelöst.

In der Magdeburger Börde dominieren typische und degradierte Tschernoseme, lokal auch kalkhaltige Tschernoseme (z. B. im Raum Bernburg, auch lokal in der Gemeinde Eickendorf) aus unterschiedlich mächtigen Lößdecken (1 - 2 m) mit unterschiedlichen Unterlagerungen.

Das Klima der Magdeburger Börde wird - wie das des gesamten subherzynen Schwarzerdegebiets - insbesondere durch den Lee-Effekt des Harzes bestimmt (Mitteldeutsches Trockengebiet, Regenschatten des Harzes).

Einige Klimadaten sollen das veranschaulichen:

#### Klimadaten für die Station Schönebeck

##### Niederschläge (1951 - 80) -langjähr. Mittel- (in mm)

Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
29	25	28	33	47	60	56	55	36	33	35	35	472

##### Lufttemperatur (1951 - 80) -langjähr. Mittel- (in °C)

Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
-0.6	0.1	3.7	8.6	13.4	17.0	18.1	18.0	14.5	9.4	4.7	1.2	9.0

### 3. Zur Bodenschätzung in der Gemeinde Eickendorf

Die Reichsbodenschätzung wurde in der Gemeinde Eickendorf, damals Kreis Calbe, heute Kreis Schönebeck, im März/April 1935 durchgeführt. Der amtliche Bodenschätzer war Siegel, als ehrenamtliche Bodenschätzer fungierten Dr. Schulze, Stöhr, Büchner, Herold, der Vermessungstechniker hieß Hübner.

Gegen die Ergebnisse der Bodenschätzung wurden damals Einsprüche geltend gemacht, wie aus den Unterlagen hervorgeht:

"Die für die Festsetzung der Klimazuschläge zugrundegelegte jährliche Niederschlagsmenge von 483 mm ist in den letzten 10 Jahren bei weitem nicht erreicht worden. ...

In den letzten 6 Jahren ist der Grundwasserstand wesentlich gesunken. Aus diesem Grunde erscheint es uns nicht gerechtfertigt zu sein, noch einen Klimazuschlag von 4% zu machen." (1. 7. 1936)

Der von der Bodenschätzung ausgewählte Spitzenbetrieb für das ehemalige Deutsche Reich liegt in Eickendorf. Eigentümer des Hofes war damals die Witwe Else Haberhauffe, bewirtschaftet wurde er von der Familie Willy Jäger (s. Beitrag Altermann, Jäger "Der Spitzenbetrieb der Bodenschätzung Haberhauffe/Jäger in Eickendorf" in diesem Heft).

### 4. Die Reichsmusterstücke des Spitzenbetriebes

Im Spitzenbetrieb liegen 3 Reichsmusterstücke, die nachfolgend aufgeführt werden (Lage siehe Skizze des Spitzenbetriebes in Beitrag Altermann, Jäger "Der Spitzenbetrieb der Bodenschätzung Haberhauffe/Jäger in Eickendorf" in diesem Heft):

Muster- stück Nr.	Par- zelle	Größe a	See- höhe m	Jahres- nieder- schlag mm	Jahres- wärme °C	Boden- gefüge	Klassen- zeichen
M82	<u>547</u> 54	62	80	480	9	hmiL 3 hmiL 3 kaLö	L1Lö 100/104
M83	1	122	72	480	9	hmiL 3 hmiL 5-6 kaLö	L1Lö 100/104
M84	<u>171</u> 23	50	82	480	9	h-hmiL 3 h-hmiL 2 kaLö	L1Lö 95/99

Nachfolgend werden die Bodenprofile für die Reichsmusterstücke  
M82; Parzelle T 547  
54,

M83; Parzelle T 1 beschrieben.

Neben der Wiedergabe der Originalaufnahmen von 1934 sind Neuauf-  
nahmen 1992 gemäß der BodSchätzTechnAnw, der Methodik des Nieder-  
sächsischen Finanzministeriums, der KA 3 und der  
TGL 24 300 der ehemaligen DDR angeführt.

5. Exkursionspunkt Reichsmusterstück M 82

Profilbeschreibung 1934

Parzelle	Größe	See- höhe	Jahres- nieder- schlag	Jahres- wärme	Boden- gefüge	Klassen- zeichen
	a	m	mm	°C		
<u>547</u> 54	62	80	480	9	hmiL 3 (Pr.1)	L1Lö 100/104
					hmiL 3 (Pr.2) (Pr.3)	
					kaLö (Pr.4)	

Analysenergebnisse der Bodenschätzung

Pro- ben (s. o.)	Tiefe der untersucht. Schicht (dm unter Flur)	Korngröße im mm					pH
		> 2	2-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	<0,01	
Pr.1	0-2,8		5,6	4,8	60,0	29,6	7,3
Pr.2	2,8-4		2,8	7,2	61,2	28,8	7,35
Pr.3	4-5,8		1,2	6,0	64,8	28,0	7,3
Pr.4	ab 5,8		1,2	6,8	60,0	32,0	> 7

## Beschreibung des Musterstücks für Acker Nr. 821

Landesfinanzamt Magdeburg      Regierungsbezirk Magdeburg  
 Finanzamt Schönebeck <sup>an</sup> Elbe      Kreis Calbe  
 Katasteramt Schönebeck <sup>an</sup> Elbe      Gemeinde Eickendorf

Tag der Besichtigung	Gemarkung	Planblatt	Parzelle	Eigentümer	Größe		Klima			Bodengefüge
					ha	a	Seehöhe m	Jahresniederschläge mm	Jahreswärme °C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10.5 1934	Eickendorf	2	547 54	Haberhauffe, Witwe Else geb. Wiegand	62	82 87	483 447	9	h mi L3 h mi L3 ka-Lö	
Klasse			Besonderheiten			Allgemeines Klima ± v. H.		Ackerzahl		Bemerkungen.
Bodenart	Zustandsstufe	Entstehung	Bodenzahl	(Verschieben, Geländegestaltung u.ä.)	± v. H.	± v. H.	± v. H.	± v. H.		
11	12	13	14	15	16	17	18	19		
L	1	Lö	100					100 +4 104		

Originalbeschreibung des Musterstückes 82  
(Auszug aus der Gemeindeakte)

# Feldschätzungsbuch

Gemarkung		Flur	Feuchtigkeitszustand des Bodens			Tag der Schätzung	Seite
Eickendorf		2	feucht			30.03.92	
Kulturart	Grabl. Nr.	Profilbeschreibung	Klasse	Boden-zahl, Grün-land grund-zahl	Klima ± v. H. Wertzahlen der Klassen-fläche	Best. Grab-loch	Bemerkungen, insbesondere über Besonderheiten
Rahmenkarte							
1	2	3	4	5	6	7	8
A	M82	h fs mi L 3.0	L	100	+4		Fl 2 Fest 547/54
		h-h ka'fs mi L 3-3.5	1				
		ka fs L	Lö				

Neuaufnahme 1992 des Reichsmusterstückes M82  
 gemäß Bod Schätz Techn Anw 1935

## Feldschätzungsbuch

Gemarkung <i>Eickendorf</i>	Flur <i>2</i>	Feuchtigkeitszustand des Bodens <i>feucht</i>	Datum <i>30.03.92</i>	Seite
--------------------------------	------------------	--	--------------------------	-------

Nr. der Bodenbeschreibung				DGK 5	Rahmenkarte	Nr. der best. Bodenbeschreibung			weit. Kz.
									<i>M 82</i>
				Position d. Grablochs	Hangrichtung	neigung	freies Wasser ab... dm	Wachst. d. Entst. nach Schicht	Bodentyp
				<i>E</i>				<i>T</i>	
KultArt	BoZahl Grgz	Bodenart		ZuSt./BoSt.	Entstehungsart	Klimast.	Wasserst.	Wertzahlen	Bodenwechsel %
<i>A</i>	<i>100</i>	<i>L</i>		<i>1</i>	<i>Lö</i>			<i>100/104</i>	
Allg. Klima (± %)	M, L, V	T, N	Wa +, Wa - Wa gt, RiWa W, Hu, Sir		Besonderheiten				
<i>+4</i>	<i>M</i>								
Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart		Schichtmächt.	Horizont
<i>h4</i>						<i>L, fs 3, mi 3</i>		<i>3.0</i>	<i>Ap</i>
<i>h3-h4</i>	<i>ka2</i>					<i>L, fs 3, mi 3</i>		<i>3-3.5</i>	<i>Ah</i>
	<i>ka5</i>					<i>L, fs 3</i>			<i>Cv</i>

Neuaufnahme des Reichsmusterstückes M 82  
 nach der Methodik des Niedersächsischen Finanzministeriums  
 (Aufnahme Hoffmann, u. a., Hannover)

aufgenommen von		Jahr	Monat	Tag	Industrie- erlaubnis	Aufschlüsselung	m NN		Koordinaten (Gauß-Krüger)		Sonstiges, Projektbezeichnung												
AUFNEM		DATUM			INTENS	ALFART	HOEHE	RECHTS	HOCH	TSONST													
Altermann		1	9	20	3	30	N	80	4	4	7	7	9	20	5	7	5	7	5	20	Profil beim Reichsmusterstück M82		

Witterung												Form		Reibel		Neigungs- stufe (°)		Hang- richtung		Kulturart, Nutzung		Pflanzengesellschaft, ökologische Hinweise		Meliorationen		Erosions- erscheinungen		Klassenrechen		Bodenschätzung		Wertzahlen		Besonder- heiten		Sonstiges	
WT1		RELFORM		BORPOS		MEGS		MFGRICH		KULTUR		PFLGESEL		MELIOR		EROSI		BODENZ		ACKERZ		BESOND		ASONST		T547/54		100		104		L1L0		EW,EA			
WT4				E-HU		0,2		S		AS																											

HORIZONT- und SCHICHTBESCHREIBUNG																																				
Tiefe cm		Horizont		Bodenart, Torfart, Festgestein		Zerset- zungs- grad		Geologie		Farbe		Humus		Zusatzangaben			Wasser- und Lufthaushalt		Durch- wurzel.		Beimeng- ungen, Beläge		Bodengefüge		Sonstiges, Probenart, Entnahmetiefe, CSNR											
LITF		HORIZ				ZER		STRAT		GEOGEN		FARBE		HUMUS		EISEN			CARBON		pH, Lage- rung		FEUCHTE		KONS		WURZELN		BELEG		FORM, Größe, Lagerungsart, Verfestigungsgrad		Gänge, Horizonte		MSONST	
30		Ap		e'u (Ue3)				qw		LO		7,5YR2/2		h 3		c 1			ld 2		1 4		ko 4		w 4		V4		bro				gest. Pr. 15			
50		Ah		e'u (Ue3)				qw		LO		7,5YR2/2		h 2		c 1			ld 2		1 4		ko 4		w 3		kru2, La2				"		35			
65		BvAh		e'u (Ue3)				qw		LO		7,5YR3-4/3		h 2		c 3,2			ld 3		1 4		ko 4		w 2		kru2, La2		Kraton- viten		"		55			
120		eCc		e'u (Ue3)				qw		LO		10YR6/4-6		h 1		c 4			ld 3		1 2		ko 2		w 1		koh, Vf3		"		"		100			
150		eCw		g,gsm5(g3m5gs)				qs		gf		10YR 6/4		h		c 3,2			ld 2		1 2		ko		w		ein, Vf1		"		"		130			
												h				c			ld		f		ko		w											
												h				c			ld		f		ko		w											
												h				c			ld		f		ko		w											
												h				c			ld		f		ko		w											

PROFILKENNZEICHNUNG																									
freies Wasser, ab dm Tiefe		mittl. Grund- wasser- hochstand		mittl. Grund- wasser- niedrigstand		Ver- nässungs- grad		bodenkd. Feuchte- stufe (BF)		relativer mittl. Grund- wasser- hochstand		relativer mittl. Grund- wasser- niedrigstand		Humusform		Bodentypologische Klassifikation						Sonstiges			
WAGU		WALOH		MHGW		MNGW		VERNAS		FEUCHS		R MHGW		R MNGW		HUMFORM		BOTYP						PSONST	
				GW56		GWS6												Typischer Tschernosem							

ANMERKUNGEN, z.B. zur KARTIEREINHEIT												ANGABEN zum FELDBLATT													
Steinsohle an der Basis des Lösses												bei Rahmenkarten: Nr. der						Bohrung Nr.							
												TKR 25		DGK 5		BOHRN									

Nutzung: Acker Datum: 3.3.92 Bearbeiter: Altermann Retribsnummer: 4036 Kartenblatt-Nr.: 4036 Lageangabe: H5757520R4477920 Schurf (Profil): M / 82

Vorhaben: Agargenossenschaft Biere; Reichsmusterstück M82 Geologie bzw. Ausgangssubstrat: Löb (Weichsel-Kaltzeit) über Schmelzwassersand (Saale-K.)  
 Ort, Betrieb: Schönebeck Sachsen-Anhalt Mesorelief: flachwellige Platte Naig. < 2° Expos. SE Form:  
 Fruchtart, Vegetation: Raps Sonstiges:  
 Zeigerpflanzen: regnerisch Klimatische Besonderheiten:  
 Vorausgegangene Witterung: regnerisch (Hydratog. Bes., meliorative Veränderungen, ertragsbeeinfluss. Faktoren)

Rohproben	Analysen	Dia	1																	19				
			Wasser	Hydromer.- Eintrag	Schichtung	Gesteins- Klasse	Steine	Kies/Grus	Körnungs- art	Tiefe dm	Horizont	Hor.-Nr.	Färbung	Feuchte	Gefüge (Struktur)	Festigl.	Humus bzw. ZG	Ca CO <sub>2</sub>	Elektr.- Leitfähigkeit	Sonstige Merkmale (Flecke, Bänder, Beläge)		Proben		
																					Beauf.	Leiter- Nr.	Zylinder	
			0	I	4	0	0	lu		Ap	1	75YR 2/2	3	Br	2	3	1	0				1		
			0		4	0	0	lu		Ah	2	75YR 2M-2/3	Kr, Pa	2	2	1	0		WUR.			2		
			0		4	0	0	lu		AhBv	3	75YR 3-4/3	Kr	2	1	2	1		CaA2, CaR, WUR, Kro			3		
			0		4	0	0	lu		Cc	4	10YR 6/4-8	2	Ka, Pa	2	0	4	0	CaA'1, WUR, Steinsohle an der Basis			4		
			0	II	3	0	4	mS		C	5	10YR 6/4	2	Ek	1	0	2	0				5		

Regenwettertyp d. MMK L01a1  
 Naturraumtyp  
 Klassensymbol der Bo Scha L1L0 100/104  
 Bodenformensymbol 01

Hauptbodenform: L0B-Schwarzerde Boden: schwach de-  
 Lokalbodenform: sandunterlagerte L0B-Schwarzerde Subtyp: gradiente Schwarz-  
erde Si  
 Wasserstufe  
 geprüft:  
 übertr.:

Standortaufnahme-Formular n. TGL 24-100

Analysenergebnisse 1992

Profil M 82 ( in ( ) gesetzte Ziffern sind Analysenergebnisse des NLF8 aus separaten Probenahmen)

Schicht	Horizont-symbol		Tiefe cm	Skelett Vol. %	Korngrößen < 2 mm M. %							Humus %	pH	CaCO <sub>3</sub> %
	KA 3	TGL			gS	mS	fS	gU	mU	fU	T			
I	Ap	Ap	0-30	0	2 (1)	2 (3)	3 (3)	47 (47)	19 (26)	13 (20)	14	3,7 (2,8)	7,0 (7,3)	0,4 (0,6)
	Ah	Ah	-50	0	0 (0)	1 (1)	2 (1)	49 (47)	21 (29)	10 (22)	17	1,9 (1,8)	7,1 (7,6)	0,5 (0,7)
	BvAh	AhBv	-65	0	0	1	2	51	21	9	16	1,1	7,5	3,1
	lCc	Cc	-120	0	1 (0)	2 (1)	3 (3)	52 (52)	22 (30)	5 (14)	15	0,4 (0,4)	7,7 (7,9)	17,7 (18,4)
II	lCv	C	-150+	10	24	50	18	2	1	1	4	n.b.	7,9	2,9

6. Exkursionspunkt Reichsmusterstück M 83

Profilbeschreibung 1934

Parzelle	Größe a	See- höhe m	Jahres- nieder- schlag mm	Jahres- wärme °C	Boden- gefüge	Klassen- zeichen
1	122	72	480	9	hmiL 3 (Pr.1)	L1LÖ 100/104
					hmiL 5-6 (Pr.2) (Pr.3) (Pr.4)	
					kaLÖ (Pr.5)	

Analysenergebnisse der Bodenschätzung

Pro- ben (s. o.)	Tiefe der untersucht. Schicht unter Flur)	Korngröße in mm					pH
		> 2	2-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	< 0,01	
Pr.1	0-3		3,2	5,2	59,6	32,0	7,2
Pr.2	3-5		0,8	2,0	62,8	34,4	7,1
Pr.3	5-7,1		0,8	6,0	65,6	27,6	> 7
Pr.4	7,1-9		3,2	6,0	58,8	32,0	> 7
Pr.5	ab 9		3,2	7,2	59,2	30,4	> 7

# Feldschätzungsbuch

Gemarkung		Flur	Feuchtigkeitszustand des Bodens		Tag der Schätzung		Seite
Eidkendorf		1	feucht		30.03.92		
Kulturart	Grabl. Nr.	Profilbeschreibung	Klasse	Boden- zahl, Grün- land- grund- zahl	Klima ± v. H.	Best. Grab- loch	Bemerkungen, insbesondere über Besonderheiten
Rahmenkarte					Wertzahlen der Klassen- fläche		
1	2	3	4	5	6	7	8
A	M	h fs mi L 3.0	L	100	+4		Fl 1 Flst 1
		h fs mi L 4.0	1		104		
		ka fs L	Lö				

Neuaufnahme 1992 des Reichsmusterstückes M 83  
 gemäß Bod Schätz Techn Anw 1935

# Feldschätzungsbuch

Gemarkung <i>Eickendorf</i>	Flur <i>1</i>	Feuchtigkeitszustand des Bodens <i>feucht</i>	Datum <i>30.03.92</i>	Seite
--------------------------------	------------------	--	--------------------------	-------

Nr. der Bodenbeschreibung				DGK 5	Rahmenkarte	Nr. der best. Bodenbeschreibung				weit. Kz.
										<i>M</i>
				Position d. Grablochs	Hangrichtung	Neigung	freies Wasser ab ... dm	Wechsel d. Entst. nach Schicht		Bodentyp
				<i>E</i>						<i>T</i>
Kult.Art	BoZahl Grgz	Bodenart		ZuSt./BoSt.	Entstehungsart	Klimast.	Wasserst.	Wertzahlen		Bodenwechsel %
<i>A</i>	<i>100</i>	<i>L</i>		<i>1</i>	<i>Lö</i>			<i>100/104</i>		
Allg. Klima (± %)	M, L, V	T, N	Wa +, Wa - Wa gr, RiWa W, Hu, Sü		Besonderheiten					
<i>+4</i>	<i>M</i>									
Humus	Kalk	Farbe	Eisen	Feuchte	Sonstiges	Bodenart			Schicht-mächt.	Horizont
<i>h4</i>						<i>L, fs3, mi 3</i>			<i>3.0</i>	<i>Ap</i>
<i>h4</i>						<i>L, fs3, mi 3</i>			<i>4.0</i>	<i>Ah</i>
	<i>ka5</i>					<i>L, fs3</i>				<i>Cl</i>

Neuaufnahme des Reichsmusterstückes M83  
 nach der Methodik des Niedersächsischen Finanzministeriums  
 (Aufnahme Hoffmann, u.a., Hannover)

TITELZEILEN																	
aufgenommen von		Jahr	Monat	Tag	Anteil an Intensität	Aufschüttart	in NN	Koordinaten (Junkt-Kruger)			Sonstiges, Projektbezeichnung						
AUFNEM		DATUM			INTENS	AUFART	HOHE	RECHTS	HOCH			TSONST					
Altermann		1	9	9	20	3	30	N	72	44	78	45	05	75	80	10	Profil beim Reichsmusterstück M 83

AUFNAHME-SITUATION														
Witterung	Form	Rebel Position des Bohrpunktes	Mangungs-stufe (M)	Mang-richtung	Kulturart, Nutzung	Pflanzengesellschaft, ökologische Hinweise		Mekorationen	Erosions-erscheinungen	Klassifizieren	Bodenschätzung	Wurzeln	Brunden-tieren	Sonstiges
WITT	RELFORM	BORPOS	MEIGS	MEIRICH	KULTUR	PFLGESEL		MELIOR	EROSI		BODENZ	ACKERZ	BESOND	ASONST
WT4		E	02	E	A						L1 L0	100	104	T1

HORIZONT- und SCHICHT-BESCHREIBUNG																		
Tiefe cm	Horizont	Bodenart, Torfart, Festgesten		Zerset-zungs-grad	Geologie		Farbe	Humus	Zusatzangaben			Wasser- und Luft-haushalt		Durch-wurzel	Beimen-gungen, Seilage	Bodengeluge		Sonstiges, Probenart, Entnahmetiefe, CBNR
UTIEF	HORIZ			ZER	STRAT	GEOGEN	FARBE	HUMUS	EISEN	CARBON	pH	FEUCHT	KONS	WURZLN	BEIMENG	Format, Größe, Lagerungsart, Verfestigungsgrad	Gänge, Hohlräume	HSONST
											LDSV	FLUCHT	KONS					
30	Ap	EU (Vt4)			qw	LO	7,5YR 2/1	h 3		c 1	La 2	4	Ko 4	w 3	V4	bro,		gest. Pr. 20
65	Ah	EU (Ue4)			qw	LO	7,5YR 1,7/1	h 3		c 2	La 2	4	Ko 4	w 3		pla3, kru2, La2		Krotow " 50
75	Ach	EU (Ue4)			qw	LO	10YR 6/3	h 2		c 5	La 3	4	Ko 4	w 2		kru2, La2		Krotow " 70
100	cc	e'u (Ue3)			qw	LO	10YR 6/6	h 1		c 4	La 3	3	Ko 3	w 1		kalk-rohren koh, Vf3		Krotow " 95
140	SwCc	e'u (Ue2)			qw	LO	10YR 6/3+6/6	h	ehfL3gr2	c 4	La 3	3	Ko 3	w		kalk-adern koh, Vf3		Krotow " 120
190	ISdc	ES (S4)			qs	Mg	7,5YR 4/6	h		c 3,3	La 3	2	Ko	w		kalk-adern pol4, Vf3		" 150
								h		c	Ld	1	Ko	w		Sand-linsen		
								h		c	Ld	1	Ko	w				
								h		c	Ld	1	Ko	w				
								h		c	Ld	1	Ko	w				

PROFILKENNZEICHNUNG												
freies Wasser, ab dm Tiefe		mittl. Grund-wasser-hochstand	mittl. Grund-wasser-nied-standsgrad	Ver-nässungs-grad	bodenkd. Feuchte-stufe (BF)	relaktischer mittl. Grund-wasser-hochstand	relaktischer mittl. Grund-wasser-nied-standsgrad	Humusform	Bodentypologische Klassifikation			Sonstiges
in Bohrgut	in Bohrbch	MHGW	MNGW	VERNAS	FEUCHS	R MHGW	R MNGW	HUMFORM	BOTYP			PSONST
		GWS6	GWS6						Typischer Tschernosem			

ANMERKUNGEN, z.B. zur KARTIEREINHEIT				ANGABEN zum FELDLAT			
Steinhäufung/Steinsohle an der Basis des Lösses				bei Rahmenkarten: Nr. der Bohrung Nr.			
				TKNR 25		DCK 5	
						BOHREN	

-318-



Analysenergebnisse 1992

Profil M 83 ( in ( ) gesetzte Ziffern sind Analysenergebnisse des NLfB aus separaten Probenahmen)

Schicht	Horizont-symbol		Tiefe cm	Skelett Vol.%	Korngrößen <2 mm M.%						Humus %	pH	CaCO <sub>3</sub> %	
	KA	TGL			gS	mS	fS	gU	mU	fU				T
I	Ap	Ap	0-30	0	1 (1)	2 (2)	2 (2)	50 (45)	20 (28)	6 (22)	19 (22)	3,8 (3,3)	7,2 (7,4)	0,4 (1,2)
	Ah	Ah	-65	0	0 (0)	1 (1)	2 (1)	50 (43)	21 (31)	6 (24)	20 (24)	3,2 (3,2)	7,5 (7,7)	0,7 (1,4)
	Ach	AhCc	-75	0	0	0	3	46	19	6	26	1,2	7,7	33,1
	lCc	Cc	-100	0	0 (0)	0 (1)	3 (2)	57 (48)	19 (31)	6 (18)	15 (18)	0,7 (0,8)	7,8 (7,9)	21,2 (22,6)
	SwCc	Ccg'	-140	0	0	1	2	59	22	5	11	n.b.	7,7	14,1
II	SdC	C	-190	3	10	27	25	13	6	3	16	n.b.	7,8	4,6