

**Z 81/61**

# **MITTEILUNGEN**

der

**DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN  
GESELLSCHAFT**



Band 61

1990

**I S S N - 0343-107X**

Schriftleitung: P. Hugenroth, Oldenburg

**Unredigierte Mitgliederinformationsschrift**

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

**Die Herausgabe dieses Bandes der  
MITTEILUNGEN**

**der DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT  
erfolgt mit freundlicher Unterstützung  
des BUNDESARBEITSKREISES DÜNGUNG e.V.**

MITTEILUNGEN  
der  
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT

Referate

Sitzung der AG BODENEROSION

21. und 22.Mai 1990

BASEL

Referate

Gemeinsame Sitzung der Kommissionen I und V  
und des AK URBANE BÖDEN

17. und 18.Mai 1990

HANNOVER

**I. AG BODENEROSION - BASEL**

AUERSWALD, K. & W. JUNG:	Erstellung hochauflösender Erosionsprognosekarten mit Hilfe der DABAG	9
ERDMANN, K.-H.	Die GMK-25 als Instrument zur Abschätzung der Erosionsanfälligkeit	13
HERWEG, K. & V. PRASUHN	Bodenerosionsbekämpfung auf der Grundlage großmaßstäbiger geomorphologischer Karten	17
KLAGHOFER, E.:	Die Verwendung von EPIC zur Erstellung von Bodenabtrags-Prognosekarten	21
LESER, H. & V. PRASUHN:	Möglichkeiten der Erosionsschadenskartierung im Felde und daraus entwickelte Schadens- und Gefährdungskarten. Überlegungen zu deren methodischen und arbeitstechnischen Prinzipien	25
MURSCHEL, B.:	ARC-INFO als Teil eines Informationssystems zur umweltgerechten Nutzung landwirtschaftlicher Flächen	35
PRASUHN, V., D. SCHAUB & E. UNTERSEHER	Vorschlag zur Klassifizierung und Nomenklatur von Erosionsformen	39
ROHR, W.:	Bodenerosionsschäden auf Ackerflächen; Schadenskartierung und Materialfangkästen - eine kombinierte Methode	43
SCHLEUSS, U., J. FLEISCH- MANN und H. P. BLUME	Darstellung und Auswertung von Erosions- und Akkumulationsvorgängen durch Detailbodenkartierung	47

**II. Gemeinsame Sitzung der KOMMISSIONEN I und V und des  
AK URBA NE BÖDEN - HANNOVER**

AK STADT- BÖDEN:	Stadtbodeninventur. Definition - Anlaß - Methoden - Ziele	53
BACHMANN, J. u. K. H. HARTGE:	Vergleich mehrerer Sondierungsverfahren zur Homogenitätsprüfung städtischer Böden	57
BARTSCH, H. U.:	Ein Prototyp eines Bodeninformationssystems für urbane Räume	61
BURGHARDT, W.:	Zur Konzeption der Bodenforschung im Ökosystem verdichteter Siedlungsformen	65

BURGHARDT, W., M.BAHMA- NI-YEKTA u. Th.SCHNEIDER	Merkmale, Nähr- und Schadstoffgehalte von Kleingarten- böden im nördlichen Ruhrgebiet	69
CORDESEN,E.:	Möglichkeiten des Einsatzes von Daten der Reichsboden- schätzung bei Stadtbodeninventuren	73
CORDESEN,E., H.-K.SIEM, H.P.BLUME u. H.FINNERN	Die Böden der Stadt Kiel und ihres Umlandes	77
DÖBEL,C., N.MEYER u. W.BURGHARDT	Untersuchungen zur Erfassung der Gefährdung von Stra- ßenbäumen - Bodenmerkmale, Schad- und Nährstoffgehalte, Vegetation und Fauna	81
GÄTH,S. u. H.-G.FREDE:	Der Schwermetallgehalt von Straßenabflußwasser dargestellt am Beispiel der Elemente Zink, Blei, Kupfer und Cadmium	85
HORN,R., M.LEBER u. H.TAUBNER	Untersuchungen zum Wasserhaushalt und zu den Sorptions- verhältnissen in einem Phytosol aus Geschiebemergel	89
KAMIETH,H.:	Böden im besiedelten Bereich - Substrate, Dynamik, Planungsansätze	93
KNEIB,W.D. & A.BRASKAMP:	Vier Jahre Stadtbodenkartierung von Hamburg - Probleme und Ergebnisse -	97
LANGNER, Silvia und U. RICHTER:	Bodenschutz in Verdichtungsräumen - Abgrenzung hoch- wertiger Böden für die Aufstellung regionaler Raumord- nungsprogramme	105
LAUBER,B., Th.SCHMIE- GELT u. W. BURGHARDT	Trophie städtischer Böden, dargestellt an ausgewählten Stand- orten im Stadtgebiet Essen-Rellinghausen und Steele	107
LEBERT,M. & K.H.HARTGE:	Standorteigenschaften der Abdeckung der rekultivierten Feststoffdeponie Pogenhagen im Landkreis Hannover	111
LESSING,R.:	Anforderungen einer Kommune an bodenkundliche Fach- informationen am Beispiel der Stadt Hannover	115
MELCHIOR,S. u. G.MIEHLICH	Aufbau und Eigenschaften von Deponieabdecksystemen	121
PRUESS,A., G.TURIAN, v.SCHWEIKLE u.T.NÖLTER	Bestimmung pflanzenverfügbarer Schwermetallgehalte in Böden	123
SBRESNY,J., J.KUES u. J.HAMMER- SCHMIDT	Erstellung einer Sickerwasserratenkarte von Hannover nach einer Methode von Renger, Wessolek und Plath - ein Beispiel für den flächendeckenden Einsatz eines Simulationsmodells	127
SCHMIDT- BARTELT,D., R.BEHNKE u. W.BURGHARDT	Friedhöfe auf Löß und urban-industriell überprägten Substraten im Ruhrgebiet - Bodenmerkmale, Probleme und Lösungsansätze	131

SCHNEIDER, J. & J.KUES:	Erstellung einer bodenkundlichen Konzeptkarte für urbane Ballungszentren - Konzeption des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung	135
SIEM, H.-K., H.FINNERN u. R.KINZEL:	Geophotogrammetrie, Aufnahme und Auswertung von Bodenprofil-Meßphotos unter lithologischen, archäologischen und pedologischen Aspekten	137
SIEM, H.-K.:	Anthropogene Gesteine als Ausgangsmaterial der Bodenbildung unter besonderer Berücksichtigung gebrannter Steine	141
SPEERSCHNEIDER, R., H.G. BROD u. K.H.HARTGE	Einfluß unterschiedlicher Gefüge - gemessen durch Penetrometer - auf den Salztransport in Straßenrandböden	145
WERITZ, N. u. D.SCHRÖDER:	Die Bewertung mikrobieller Aktivitäten in Stadtböden als Beitrag zum städtischen Bodenschutz	149
WESSOLEK, G., R.PLATH, M. FACKLAM u. M.RENGER	Aspekte zum Wasser- und Wärmehaushalt versiegelter Standorte	153
WOLFF, R., U. KILIAN, G.MIE- LICH, H.PREI- SINGER, N. PRANZAS, L. BERLEKAMP, H.KAMITH u. B.AUGSTEIN	Erfassung und funktionale Bewertung urban und industriell überformter Böden	159
ZINGK, M.:	Zur Barrierewirkung von Böden unter Gleisanlagen gegenüber Herbizidausträgen - Erhebungsstrategie und erste Ergebnisse -	163

**Exkursionsführer für die Tagung der Kommissionen I, V und  
AG Stadtböden in Hannover am 17. u. 18. Mai 1990**

BOHNE, H. u. K.H.HARTGE:	EXKURSIONSPUNKT 1: Gas-, Wasser- und Temperaturmessungen in unterschiedlich rekultivierten Deponieabschnitten und Auswirkungen auf den Wuchs von angepflanzten Gehölzen	169
SCHNEIDER, J.:	EXKURSIONSPUNKT 2: Schadstoffbelastung in Böden in der Umgebung eines Industriestandorts	177
BROD, H.-G., R.SPEER- SCHNEIDER u. K.H.HARTGE	EXKURSIONSPUNKT 3: Charakteristische Kennwerte eines innerstädtischen Straßenbaumstandortes	189

Referate

Sitzung der AG BODENEROSION

21. und 22.Mai 1990

BASEL



Erstellung hochauflösender Erosionsprognose-  
karten mit Hilfe der dABAG

von

AUERSWALD, K.<sup>+</sup> & W. JUNG<sup>++</sup>

**EINLEITUNG:**

Der Bodenabtrag hängt sehr stark von der Geländemorphologie ab. Eine Abtragsprognose muß daher das Gelände in seiner Gesamtheit erfassen. Die hohe räumliche Variabilität der Einflußfaktoren erfordert dabei eine hohe Auflösung. Da aber Bodenerosion unterschiedliche Ökosystemkompartimente verknüpft, ist gleichzeitig eine großräumige Betrachtung notwendig. Die damit erforderliche hochauflösende, trotzdem großflächige und die geomorphologische Situation berücksichtigende Berechnung des Bodenabtrags wurde durch die Kombination der ABAG mit einem Geographischen Informationssystem (ARC/INFO) erreicht. Dieses Verfahren wird "differenzierende Allgemeine Bodenabtragungsgleichung" dABAG genannt.

Die Grundlagen der Erosionsberechnung sind bei AUERSWALD et al. (1988), die Behandlung im Geographischen Informationssystem bei FLACKE et al. (1990) beschrieben. Die Erweiterungen zur Berechnung des Sediment- und Nährstoffeintrags in die Gewässer und die verschiedenen Anwendungsbereiche der dABAG sind mit Beispielen bei NEUFANG et al. (1989) dargestellt.

---

<sup>+</sup> Lehrstuhl für Bodenkunde, 8050 Freising, Hohenbachernstraße

<sup>++</sup> ESRI, 8051 Kranzberg, Ringstr. 7

## DAS VERFAHREN:

Die ABAG errechnet den im langjährigen Mittel zu erwartenden Abtrag. Sie wurde erweitert zur Berechnung des Sediment- und Nährstoffeintrags in die Gewässer.

ARC/INFO verwaltet mit Hilfe eines triangulierten, irregulären Netzwerks (TIN) ohne vorgegebene Rasterung Geländedaten und erlaubt die Verschneidung und Vernetzung entsprechend der Fließrichtung des Wassers.

---

Die dABAG berücksichtigt in Gefällerrichtung wechselnde Hangneigungen, Bodenerodierbarkeiten und Bodennutzungen. Sie differenziert entsprechend der hangabwärts zunehmenden erosiven Kraft des Oberflächenabflusses, und sie berücksichtigt die Wirkung konvergenter und divergenter Hangquerprofile. Mit Hilfe eines Sediment Delivery Ratio's und eines Enrichment Ratio's werden die mittleren Sediment- und Nährstoffeinträge in die Gewässer berechnet und abschnittsweise dargestellt.

## EINSATZGEBIETE:

Das Verfahren wurde so konzipiert, daß es in der Praxis großflächig und flexibel angewendet werden kann. Es ist in Bayern seit mehreren Jahren im Einsatz:

In der Flurbereinigung (Maßstab i.d.R. 1:5000)

für Karten der maximal zulässigen Hanglänge

für Karten des Abtrags im Ist- und Planzustand

In der Landwirtschaftsberatung (meist 1:10000)

für Karten der maximal zulässigen Fruchtfolge (DIEZ & KAGERER, 1988)

für Karten der Umweltverträglichkeit der gegenwärtigen Landnutzung, z.B. Abträge, Toleranzüberschreitungen, Phosphor- und Sedimenteinträge (BLBP, 1989)

## RÄUMLICHE AUFLÖSUNG:

Aus der Zahl der Geländefacetten läßt sich die Auflösung abschätzen. Im Beispielsgebiet (dem ca. 200 km<sup>2</sup> großen Hügelzug zwischen Moosach und Amper im Tertiärhügelland nördlich von Freising) wurden ca. 70000 Facetten mit einer mittleren Größe von 1210 m<sup>2</sup> erzeugt. Im Abbildungsmaßstab (1:50000) entspricht dies einer Auflösung von 0.48 mm<sup>2</sup>.

Bei stärkeren Änderungen in der Geländemorphologie nimmt die Facettengröße ab. Damit wird die Geländeabbildung besser, als es dem Mittel entspricht. Für größere Maßstäbe ist bei gleicher Facettenzahl die mittlere Facettengröße entsprechend kleiner.

## AUFWAND DER KARTENERSTELLUNG:

Arbeitszeitbedarf für die Digitalisierung (Anhaltswerte):

Topographische Information .....	2 d/100 km <sup>2</sup>
Bodenkundliche Information.....	2 d/100 km <sup>2</sup>
Nutzungsinformation.....	8 d/100 km <sup>2</sup>

Rechenzeitbedarf (Prime 6150):

Verschneiden der Basisinformation.....	10-70 CPU-h/100 km <sup>2</sup>
Kaskadierung.....	2-20 CPU-h/100 km <sup>2</sup>

Hardwarebedarf:

Workstation
200 MB/km <sup>2</sup> Plattenspeicherkapazität
Digitalisierbrett DIN A0
Elektrostatplotter DIN A0 (oder Stiftplotter bei eingeschränkter Informationsdichte)

Liegt ein Teil der Daten bereits digital vor, z.B. ein Digitales Höhenmodell aus der Orthophotoherstellung, verkürzt sich der Arbeitszeitbedarf entsprechend.

## GÜTE DER GELÄNDEWIEDERGABE:

An Hand der Abweichungen der kartierten und der errechneten Gerinne läßt sich die Güte abschätzen. Im Mittel betrug die Abweichung im Beispielsgebiet 0.4 mm ( $\equiv$  20 m). Die Abweichungen sind nur z. T. modellbedingt. In manchen Fällen

verlaufen die Gräben durch menschliche Eingriffe nicht in der Tiefenlinie.

In ebenen Gebieten werden die Gerinne bei gleicher Informationsdichte durch das Modell nicht mehr gefunden. Dies liegt nicht nur an der unzureichenden Geländeerfassung, sondern vor allem auch an menschlichen Eingriffen, da die Gräben in ebenen Gebieten prinzipiell an Grundstücksgrenzen verlaufen. Bei größeren Maßstäben mit genauerer Digitalisierung und höherer Punktdichte sind kleinere Abweichungen zu erwarten.

Abweichung .....	Minimum	Mittel	Maximum	
Erosionsgebiet.....	< 5	20	100	[m]
<hr/>				
Moosach-Aue .....	< 5	50	500	[m]
Isartal .....	< 5	300	500	[m]
Ampertal.....	< 5	200	600	[m]

### Literatur:

- AUERSWALD, K.; FLACKE, W.; NEUFANG, L. (1988): Räumlich differenzierende Berechnung großmaßstäblicher Erosionsprognosekarten - Modellgrundlagen der dABAG. Z. Pflanzenemähr. Bodenkd. 151: 369-373
- BLBP (1989): Umweltgerechte Landwirtschaft - Modellvorhaben für das Untersuchungsgebiet Esterndorf (Lkr. Erding). BAYRISCHE LANDESANSTALT FÜR BODENKULTUR UND PFLANZENBAU (Hrsg.), München, 51 S. + Anhang
- DIEZ, T.; KAGERER, J. (1988): Die C- Faktorkarte als Planungshilfe bei der Fruchtfolgegestaltung. In: FLURBEREINIGUNGSDIREKTION MÜNCHEN (Hrsg.): Flurbereinigung Freinhausen. 34-35
- FLACKE, W.; AUERSWALD, K.; NEUFANG, L. (1990): Combining a modified Universal Soil Loss Equation with a digital terrain model for computing high resolution maps of soil loss. Catena 17: (im Druck)
- NEUFANG, L.; AUERSWALD, K.; FLACKE, W. (1988): Räumlich differenzierende Berechnung großmaßstäblicher Erosionsprognosekarten - Anwendung der dABAG in der Flurbereinigung und Landwirtschaftsberatung. Z. Kulturtechn. Flurber. 30: 233-241
- NEUFANG, L.; AUERSWALD, K.; FLACKE, W. (1989): Automatisierte Erosionsprognose- und Gewässerverschmutzungskarten mit Hilfe der dABAG - ein Beitrag zur standortgerechten Bodennutzung. Bayer. Landw. Jahrb. 66: 771-789

DIE GMK-25 ALS INSTRUMENT ZUR  
ABSCHÄTZUNG DER EROSIONSANFÄLLIGKEIT

von  
Erdmann, K.-H.<sup>1</sup>

Synopsis

In agricultural areas of the Federal Republic of Germany too, soil erosion represents a very serious threat to the geopotential of the soil. On the basis of mapping work done within the DFG programme focused on a 1:25.000 geomorphological map (DFG-Schwerpunktprogramm "Geomorphologische Karte, GMK-25) possibilities are discussed of how, using the "Universal Soil Loss Equation" (USLE), a map showing areas threatened by soil erosion can be developed from GMK-25 without further topographic surveying being required. Taking a section of the countryside south of Bonn as a model, a map is being developed which, based on the compilation of a landscape inventory shows the potential risk of natural soil erosion in its varying degrees throughout the area.

1. DIE GEOMORPHOLOGISCHE KARTE 1:25.000 (GMK-25)

Nach einer vierjährigen Vorlaufphase wurden ab 1976 im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogrammes "Geomorphologische Detailkartierung der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1 : 25.000 (GMK-25)" Kartierungen zu Formenschatz und Genese typischer Landschaften der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt (vgl. u.a. STÄBLEIN 1978; LESER/STÄBLEIN 1979).

Die GMK-25 ist als komplexe geomorphologische Detailkarte konzipiert. Maßstab und Blattschnitt machen es möglich, für einen größeren Raum bzw. eine typische Landschaftseinheit verschiedene Informationsschichten wie Morphographie, Substrat, Prozesse und Dynamik, Geomorphogenese und oft auch Morphochronologie nebeneinander abzulesen (MÖLLER/STÄBLEIN 1986). Für anwendungsorientierte Zwecke können nach dieser Methode die Informationsschichten einzeln oder beliebig miteinander kombiniert und in Auszugskarten separat dargestellt werden (BARSCH/MÄUSBACHER 1986).

2. ZUKUNFTSAUFGABE BODENSCHUTZ

Aufgrund der allgemein feststellbar wachsenden Bodenbelastung verabschiedete das Bundeskabinett am 06. Februar 1985 die "Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung". Sie wurde am 07. März 1985 als Bundesdrucksache 10/2977 veröffentlicht (BUNDESMINISTER DES INNEREN 1985). Hierzu ergänzend publizierte das UMWELTBUNDESAMT (1985) den Textband "Materialien zur Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung", der die Ergebnisse der "interministeriellen Arbeitsgruppe Bodenschutz" (IMAB) zusammenfaßt.

---

<sup>1</sup>Geschäftsstelle für das UNESCO-Programm "Der Mensch und die Biosphäre", c/o Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (BFANL), Konstantinstr. 110, D-5300 Bonn 2

Diese am Vorsorgeprinzip orientierte Schutzkonzeption hat zum Ziel, vermeidbaren Bodenschäden bereits im Vorfeld entgegenzuwirken. Erstmals werden in dieser rahmengebenden Darstellung alle derzeit bekannten bodenrelevanten Gefahrenpotentiale im Überblick dargestellt.

Als besonders bodengefährdendes Problemfeld wird das Phänomen der Bodenerosion hervorgehoben. Im Rahmen der Erarbeitung politischer Richtlinien zeigte sich jedoch sehr schnell, daß auch im Bereich 'Bodenerosion' trotz beachtlicher Grundlagenkenntnisse noch erhebliche Wissensdefizite existieren. Beispielsweise mangelt es an Abtragsprognosekarten, mit Hilfe derer besonders gefährdete Flächen im Landschaftsgefüge zu identifizieren sind. Nachdem bereits klein- (u.a. AUERSWALD/SCHMIDT 1986) und großmaßstäbliche Karten (u.a. AUERSWALD/FLACKE/NEUFANG 1988) vorgelegt wurden, fehlen derzeit vor allem Kartenentwürfe mittleren Maßstabs (1:25.000).

### 3. ENTWICKLUNG EINER BODENEROSIONSGEFÄHRDUNGSKARTE

Seit 1984 führt das Geographische Institut der Universität Bonn geomorphologische Erhebungen im südlichen Nordrhein-Westfalen durch, als Beitrag zu einer umweltverträglicheren Bodennutzung. Am Beispiel eines südlich von Bonn gelegenen Landschaftsausschnittes wurde untersucht, ob und inwieweit es möglich ist, aus der GMK-25 eine Bodenerosionsgefährdungskarte ohne zusätzliche Geländeaufnahme abzuleiten (vgl. ERDMANN/HARDENBICKER 1989). Unabhängig von der aktuellen Nutzung und agrarstrukturellen Faktoren wird das "natürliche Bodenerosionsgefährdungspotential" (nBGP) als Konstante des Naturhaushaltes bestimmt. Die notwendige Inventarisierung (Erosivität der Niederschläge, Hangneigung, Erodibilität der Böden) erfolgte unter Verwendung der ABAG (SCHWERTMANN/VOGL/KAINZ 1987; ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1982, S. 172 - 175) in ihrer räumlichen Differenzierung.

Mittels Verschneidung der 'Karte der potentiellen Bodenerosionsgefährdung' (vgl. ERDMANN/HARDENBICKER 1989, S. 1053) mit der 'Karte der aktuellen Bodennutzung' konnte die Verteilung der verschiedenen Bodenerosionsklassen auf unterschiedliche Bodennutzungstypen ermittelt werden. Das in Abb. 1 dargestellte Er-

Bodennutzung	%Anteil an der Gesamtfläche	%Anteile der verschiedenen Bodenerosionsklassen auf den verschiedenen Bodennutzungstypen					
		< 1	1-5	5-10	10-15	15-30	>30
Wald	37,0	10,0	4,9	2,2	6,8	3,9	9,2
Grünland	9,6	0,8	2,3	1,5	1,4	1,3	2,3
Acker	12,4	1,5	0,6	1,0	2,3	1,9	5,1
Siedlung	41,0	0,6	9,8	12,9	3,8	4,3	9,6
Gesamt	100,0	12,9	17,6	17,6	14,3	11,4	26,2

Abb. 1: Verteilung der Bodenerosionsklassen auf die verschiedenen Bodennutzungstypen 1987 im Untersuchungszeitraum

gebnis verdeutlicht, daß - unter Vernachlässigung der Siedlungsfläche von derzeit 41% - 23,7% der Fläche des Untersuchungsraumes auf die zwei höchsten Erosionsgefährdungsstufen entfallen, gegliedert in Wald- (13,1%), Acker- (7,0%) und Grünlandnutzung (3,6%).

Besonders fällt der hohe waldbaulich genutzte erosionsgefährdete Flächenanteil auf. Er verdeutlicht, welche bedeutende bodenkonservierende Funktion der Wald im Untersuchungsraum besitzt. Vor allem die steilen Hanglagen des Rheintals sind durch ausgedehnte Waldpflanzungen vor Abtrag gesichert und sollten deshalb zukünftig auch ganz besonderen Schutz erfahren. Trotz des geringen Ackeranteils von 12,4% im Untersuchungsraum sind - da es sich fast ausnahmslos um lößbedeckte Areale handelt - bodenschützende Maßnahmen einzuleiten, denn mehr als die Hälfte dieser Flächen ist stark erosionsgefährdet.

#### 4. AUSBLICK

Die bisherigen Ergebnisse zur Entwicklung einer Bodenerosionsgefährdungskarte auf der Basis der GMK-25 beruhen auf:

- a einer Grobabschätzung des R-Faktors (unter Verwendung der Regressionsgleichung nach ROGLER/SCHWERTMANN 1981, S. 106),
- b der Klassenbildung für K- und S-Faktoren und anschließende Verknüpfung sowie
- c einer normierten Hanglänge von 100 m.

Um die Ergebnisse zu präzisieren und mögliche Fehlerquellen zu eliminieren, ist für die nahe Zukunft geplant:

- a die Erstellung einer Isoerodentkarte für Nordrhein-Westfalen (basierend auf der Auswertung von Regenschreiberaufzeichnungen); angestrebt wird eine Präzisierung des R-Faktors für den Untersuchungsraum
- b die Abschätzung des Fehlerpotentials der vorgestellten Methode.

Ziel der projektierten Untersuchungen ist es, auf einer modifizierten Datengrundlage und mittels Einsatz eines Geographischen Informationssystems (GIS) eine Abschätzung des natürlichen Bodenerosionsgefährdungspotentials für die TK-25-Blätter 5208, 5209, 5308 und 5309 vorzunehmen.

#### 5. LITERATUR:

- ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung.- Hannover, 3. verbesserte und erweiterte Auflage, 331 S.
- AUERSWALD, K./FLACKE, W. und NEUFANG, L. (1988): Räumlich differenzierende Berechnung großmaßstäblicher Erosionsprognosekarten. Modellgrundlagen der dABAG in: Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 151, S. 369 - 373
- AUERSWALD, K. und SCHMIDT, F. (1986): Atlas der Erosionsgefährdung in Bayern. Karten zum flächenhaften Bodenabtrag durch Regen = GLA-Fachberichte 1, 74 S.

- BARSCH, D. und MÄUSBACHER, R. (1980): Auszugs- und Auswertungskarten als mögliche nutzungsorientierte Interpretation der Geomorphologischen Karte 1:25.000 = Berliner Geographische Abhandlungen 31, S. 31 - 48
- BUNDESMINISTER DES INNEREN (Ed.) (1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. Bundestags-Drucksache 10/2977 vom 7. März 1985. - Stuttgart, 229 S.
- ERDMANN, K.-H. und HARDENBICKER, U. (1989): Erfassung der Bodenerosion mit Hilfe der GMK-25 = Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 59/II, S. 1049-1054
- LESER, H. und STÄBLEIN, G. (1979): Das GMK-Schwerpunktprogramm der DFG. GMK-25-Legende, 4. Fassung in: Geographisches Taschenbuch - Jahrbuch für Landeskunde, S. 115-134
- MÖLLER, K. und STÄBLEIN, G. (1986): Die Geomorphologische Karte 1:25.000, Blatt 17, 4725 Bad Sooden-Allendorf. Erkenntnisse und Anwendungen = Berliner Geographische Abhandlungen 41, S. 227-255
- ROGLER, H. und SCHWERTMANN, U. (1981): Erosivität der Niederschläge und Isoerodentkarte Bayerns in: Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 22, S. 99 - 112
- SCHWERTMANN, U./VOGL, W. und KAINZ, M. (1987): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. - Stuttgart, 64 S.
- STÄBLEIN, G. (1978): Feldaufnahme zur geomorphologischen Detailkartierung in: Geomorphologische Detailaufnahme. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm = Berliner Geographische Abhandlungen 30, S. 21-31
- UMWELTBUNDESAMT (Ed.) (1985): Materialien zur Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung = UBA-Texte 27/85, 499 S.

Bodenerosionsbekämpfung auf der Grundlage großmaßstäbiger geomorphologischer Karten

von  
Herweg, K.<sup>+</sup>) & V. Prasuhn<sup>++</sup>)

1. Einleitung

Von 1984 bis 1987 wurden Bodenerosionsuntersuchungen im mediterranen Winterregenklima der Toscana (Testgebiet in den Colline Metallifere zwischen Siena und Grosseto) durchgeführt (K.HERWEG 1988b). Die am Basler Geographischen Institut entwickelte mehrstufige Meßmethodik mit punktuellen (Testflächen), quasiflächenhaften (Feldkästen) und flächenhaften (Schadenskartierung) Messungen und Kartierungen wurde mit einer geomorphologischen Detailkartierung kombiniert. Wegen der großen Abtragsbeträge (durchschnittlich 30 t/ha/Jahr, Spitzenwerte einzelner Felder über 190 t/ha/Jahr) mußten sofortige Schutzmaßnahmen durchgeführt werden. Wichtigster Steuerfaktor der Bodenerosion war neben Bodenbedeckung und -bearbeitung die Hangform. Ein Bodenkonservierungsprogramm wurde deswegen über die geomorphologische Kartierung entwickelt und in der Praxis getestet.

2. Kartiermethodik

Das methodische Konzept besteht aus einer Vielzahl von Meß- und Kartierebenen mit unterschiedlichen Inhalten, Genauigkeiten und räumlicher Ausdehnung (s. Abb.1). Die Interpretation dieser Ebenen führt zur Aufstellung von Bodenkonservierungsplänen. Dabei beinhaltet die flächendeckende Landeignungsklassifikation (LEK) allgemeine Landnutzungsempfehlungen, während Bodenkonservierungsprogramm und -karte (BKP, BKK) die für jedes Feld individuell zu ergreifenden Schutzmaßnahmenkombinationen regeln. Zwischen den Erosionsmeßebenen und den Interpretationsebenen steht die geomorphologische Kartierung als Bindeglied.

<sup>+</sup>) Soil Conserv. Res. Proj., P.O.Box 2597, Addis Abeba, Ethiopia

<sup>++</sup>) Geogr. Inst. Univ. Basel, Spalenring 145, CH-4055 Basel

Interpretationsebenen

Meß- und Kartierebenen

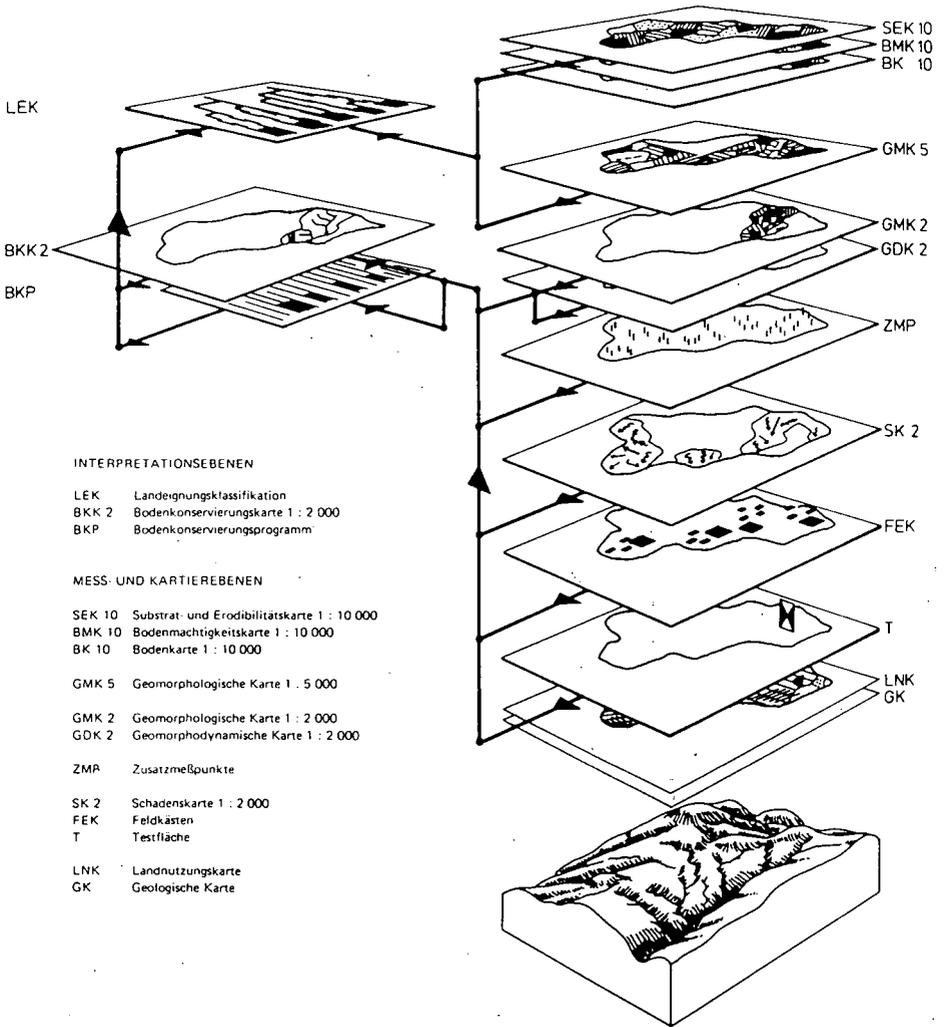


Abb.1: Meß-, Kartier- und Interpretationsebenen

Beispiele für den Einsatz geomorphologischer Kartierungen (meist 1 : 25 000 oder kleiner) in der Bodenerosionsforschung zeigen A.R.WILLIAMS & R.P.C.MORGAN (1976) und G.STÄBLEIN (1987). Aus den Vorgaben des GMK 25-Konzeptes (H.LESER & G.STÄBLEIN 1975) wurde von K.HERWEG (1987 u. 1988b) eine bodenerosionsspezifische GMK abgeleitet, die zur Aufstellung von komplexen Bodenschutzprogrammen für einzelne Felder oder Fluren führt. Für eine solche großmaßstäbliche GMK wurde gegenüber der GMK 25 der Reliefgestalt Priorität eingeräumt; geomorphographische und geomorphometrische Inhalte treten in den Vordergrund.

- Aus der Geomorphologische Karte 1 : 5 000 (GMK 5) lassen sich allgemeine Vorschläge zur landwirtschaftlichen Nutzung ableiten. Sie stellt die Grundlage für die Landeignungsklassifikation (LEK) dar. Eine ausreichende Genauigkeit spezieller Erosionsphänomene ist in diesem Maßstab noch nicht gegeben.
- Die Schadenskarte 1 : 2 000 (SK 2) bzw. die Geomorphodynamische Karte 1 : 2 000 (GDK 2) beinhalten die Aufnahme und Vermessung aller Erosions- und Akkumulationsformen sowie die Hydrographie. Sie geben Aufschluß über die gebietsspezifische Art und Verbreitung der Erosionsformen sowie über das Ausmaß des Bodenabtrages.
- Die Geomorphologische Karte 1 : 2 000 (GMK 2) stellt in Kombination mit der GDK 2 die Grundlage dar, die zur Planung und Anwendung von Schutzmaßnahmen benötigt wird. Durch die GMK 2 werden die einzelnen Erosionsformen bzw. geschädigten Felder in einen gesamtäumlichen Zusammenhang, also in ihrer Reliefabhängigkeit, dargestellt. Ein direkter Vergleich der GMK 2 und der GDK 2 gibt Aufschluß über bestimmte gebietstypische Erosionsprozessabläufe (Toposequenz der Erosionsformen und -prozesse).

Es konnte gezeigt werden, daß ein Großteil der Erosionsschäden an bestimmten, bevorzugten Geländepositionen auftritt. Der Oberflächenabfluß orientiert sich an natürlichen Tiefenlinien und ist häufig auf Fremdwassereinträge von Wegen und Straßen, fehlerhafte Entwässerungssysteme, exfiltrierenden Subsurface flow etc. zurückzuführen. Dadurch entstehen überwiegend lineare Erosionsformen.

- Die Bodenkonservierungskarte 1 : 2 000 (BKK 2) mit erläuterndem Programm wird aus der GMK 2 und GDK 2 abgeleitet und zeigt spezielle Schutzvorkehrungen, d.h. sie ist auf bestimmte Schläge zugeschnitten und für die direkte Anwendung an Ort und Stelle bestimmt. Sofortmaßnahmen (Anlage von Drainagegräben, Solchi) konnten in der Praxis erfolgreich angewendet werden.

### 3. Bodenkonservierung

Die entwickelte Bodenkonservierungsstrategie beinhaltet eine allgemeine, für das ganze Untersuchungsgebiet gültige Prioritätenliste an Schutzmaßnahmen. Für jede landwirtschaftliche Nutzung konnten Bodenkonservierungsstufen unterschiedlicher Intensität und Wirksamkeit angegeben werden. Ein über diese allgemeinen Angaben hinausgehendes komplexes Bodenkonservierungsprogramm mit einer zugehörigen Bodenkonservierungskarte (BKK 2) erläutert für jedes Feld die geeignete Maßnahmenkombination. Eine direkte Anwendung der vorgeschlagenen Schutzvorkehrungen konnte die Erosion erheblich, z.T. um über 90%, reduzieren.

### 4. Literaturverzeichnis

- HERWEG, K.: Die geomorphologische Karte (GMK) als Instrument bei der Bodenerosionsbekämpfung. - In: Natur u. Landschaft 62 (1987), 434-439
- HERWEG, K.: Bodenerosion und Bodenkonservierung in der Toscana, Italien (Testgebiet Roccatederighi, Provinz Grosseto). = Physiogeographica, Bd. 9, Basel 1988a, 175 S.
- HERWEG, K.: The applicability of large scale geomorphological mapping to soil erosion control and soil conservation in a research area in Tuscany. - In: Z. f. Geomorph., N.F., Suppl.-Bd. 68 (1988b), 175-187
- LESER, H. & STÄBLEIN, G. (Hrsg.): Geomorphologische Kartierung - Richtlinien zur Herstellung geomorphologischer Karten 1 : 25 000. = Berliner Geogr. Abh., Sonderheft, (1975), 39 S.
- STÄBLEIN, G.: Bodenerosion und geomorphologische Kartierung. Probleme und Ansätze einer angewandten Geomorphologie. - In: Münstersche Geogr. Arb. 27 (1987), 29-41
- WILLIAMS, A.R. & MORGAN, R.P.C.: Geomorphological mapping applied to soil erosion evaluation. - In: Journal Soil a. Water Conserv. 31 (1976), 164-168

Die Verwendung von EPIC zur Erstellung von  
Bodenabtrags-Prognosekarten

von  
Klaghofer, E.\*)

EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator) dient zur Berechnung von schlagbezogenen Erosionsprozessen und zur Simulation des Pflanzenwachstums (inkl. der Erträge), der Nährstoffverlagerungen etc. sowie auch deren ökonomischen Auswirkungen (WILLIAMS et al., 1984). Da EPIC im wesentlichen zur Beschreibung von langfristigen Prozessen Verwendung finden soll, langfristige Wetterdaten meist aber nicht verfügbar sind und daher generiert werden müssen, wurde als erstes versucht, generierte Daten mit gemessenen Daten zu vergleichen (Abb. 1).

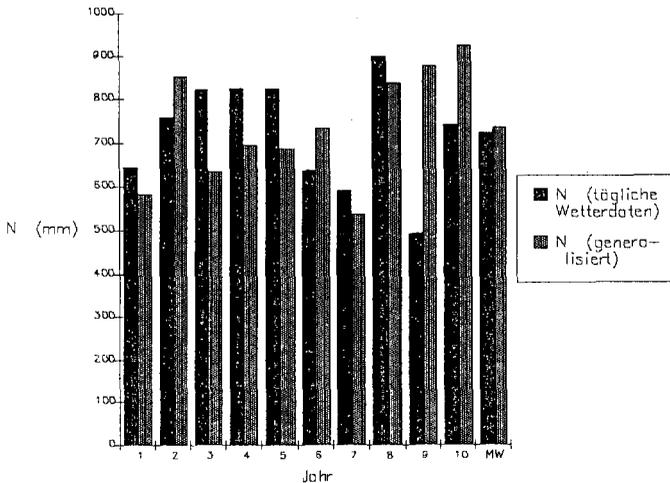


Abb. 1: Vergleich der gemessenen Niederschläge mit denen aus EPIC

\*) Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt,  
Pollnbergstraße 1, A-3252 Petzenkirchen

Zur Generierung von Niederschlagsdaten wurden im wesentlichen monatliche Niederschlags-Durchschnittswerte verwendet, die den täglichen Meßdaten gegenübergestellt wurden. Anschließend wurde mit EPIC in einer Bodenabtragsmatrix bei verschiedenen Hangneigungsklassen und typischen Hanglängen die auf den einzelnen Bodenformen des Einzugsgebietes auftretenden langfristigen Bodenabträge errechnet (Tab. 1).

Tab. 1: Bodenabtragsmatrix, Bodenabtrag in t/ha, a

Bodenformen:	Hangneigungsklassen (Neigung in %)													
	< 0,4		0,4-1,4		1,4-4		4-9		9-13		13-19		> 19	
	Eingabewert (%)													
	0,2		0,9		2,7		6,5		11		16		20	
Bodenformen:	Hanglänge (m)													
	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
Auenböden	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	4,0	6,0	9,0	12,5	16,0	22,5	23,0	32,0
Gleye	0,5	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	7,0	10,0	15,0	21,0	27,0	38,0	39,0	54,0
Pararendsinen, Gebirgsschwarzerden, Felsbraunerden	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	4,5	6,0	9,5	13,0	17,0	23,5	24,0	33,5
Lockersediment- braunerden	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0	2,0	5,5	8,0	12,0	17,0	22,0	30,5	31,0	43,5
vergleyte Locker- sedimentbraunerden	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0	2,5	6,0	8,0	12,5	17,5	22,5	31,0	32,0	44,5
Parabraunerden	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0	2,5	6,5	9,5	14,5	20,0	26,0	36,5	37,0	51,5
Pseudogleye	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0	2,5	6,0	8,0	12,5	17,5	23,0	32,0	32,5	45,5
Kulturrehbböden	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0	2,5	6,0	8,5	12,5	18,0	23,0	32,0	33,0	46,0
Ranker	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	5,0	7,0	10,5	14,5	19,0	26,5	27,0	37,5

Über ein Geografisches Informationssystem (GIS) besteht damit die Möglichkeit, die ermittelten Bodenabträge flächenhaft zuzuordnen (Abb. 2, KLAGHOFER u. SUMMER, 1990).

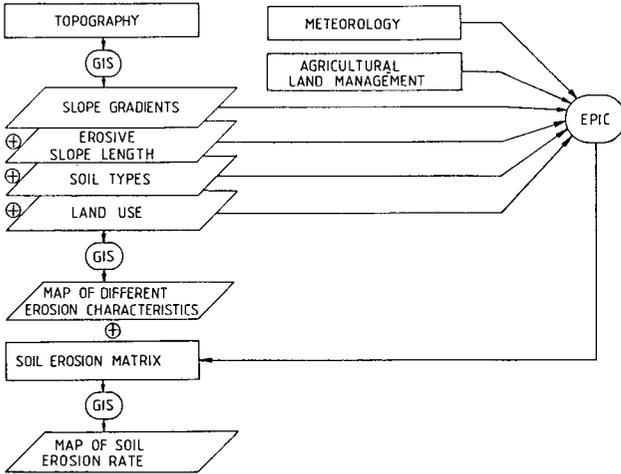


Abb. 2: Verknüpfungsmöglichkeiten

### Literatur

- KLAGHOFER, E. u. W. SUMMER, 1990: The estimation of the soil erosion from a lower alpine catchment (im Druck).
- WILLIAMS, J.F., JONES, C.A. & P.T. DYKE, 1984: A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity, Transactions of the ASEA.



Möglichkeiten der Erosionsschadenskartierung im Felde und daraus entwickelte Schadens- und Gefährdungskarten. Überlegungen zu deren methodischen und arbeitstechnischen Prinzipien

von

Leser, H.<sup>+) & V. Prasuhn<sup>++)</sup></sup>

**1. Einleitung: Die "Entdeckung" des altbekannten Handwerkzeugs**

Fernerkundung, mathematische und empirische Modelle, Modellsimulationen, Prozeßfassung - Schlagwörter, die nicht nur die Bodenerosionsforschung heute kennzeichnen, sondern die klassischen Geo- und Biowissenschaften ebenso wie Hydrologie, Klimatologie oder diverse Ökologien. Fasziniert von den beeindruckenden Möglichkeiten der elektronischen Datenerfassung im Felde und der Weiterverarbeitungsmöglichkeiten mit den Computern wird zwangsläufig vergessen, daß es zugleich die klassischen Arbeitstechniken zu pflegen gilt. So wie in der Fernerkundung vor lauter Satellitenbildern die konventionellen Luftbilder an den Rand der Betrachtung gerieten und deren methodische Möglichkeiten unter veränderten Technologien mit einem Male "entdeckt" werden, schien sich eine ähnliche Entwicklung in den Geowissenschaften abzuzeichnen.

Es wurde nicht vor den neuen Techniken gewarnt, sondern vor der Vernachlässigung der bewährten Arbeitsweisen. Solange die Geowissenschaften sich als Raumwissenschaften verstehen, besteht die Notwendigkeit einer zwei- bis dreidimensionalen Raumaussage und deren Darstellung. Diese erfolgt in Karten - seien es konventionelle ("analoge") oder seien es digitale. Soll deren Güte erhalten bleiben, muß vor Ort eine Kartierung in großem Maßstab erfolgen bzw. in einer Auflösung, daß verschiedenmaßstäbige - auch sehr großmaßstäbige - Darstellungen möglichen werden.

Auch in der Bodenerosionsforschung werden sich Gedanken über die Aufnahme- und Darstellungsmöglichkeiten gemacht. Der Bodenerosionsforscher liefert

- \* die Bestandsaufnahme, aufzunehmen vor Ort,
- \* die Bewertung mit Hilfe von Schlüsseln für praktische Zwecke sowie
- \* die Schadensprognose.

An dieser Stelle wird sich mit den Möglichkeiten und Grenzen der Schadenskartierung auseinandergesetzt. Es sei bei der Behandlung des Themas von folgenden Prämissen ausgegangen:

- \* Bodenerosionsschäden müssen - im Sinne von Grundlagenaufnahmen - vor Ort erfaßt werden.

†) Geogr. Inst. Univ. Basel, Forschungsgruppe Bodenerosion, Klingelbergstr. 16, CH-4056 Basel

++) Geogr. Inst. Univ. Basel, Forschungsgruppe Bodenerosion, Spalenring 145, CH-4055 Basel

\* Sollen diese Erfassungen nicht zum realitätsfernen Modell geraten, sind sie möglichst großmaßstäbig durchzuführen ("schlagbezogen") - unabhängig von der Weiterverarbeitung und dem finalen Zweck der Daten.

\* Bodenerosion ist ein geoökologisches Phänomen, weil es sich um einen Prozeß handelt, der sich im Landschaftsökosystem abspielt. Er muß daher im Zusammenhang mit geoökologischen Grundlagen erfaßt, dargestellt und ausgewertet werden.

Vor diesem Hintergrund erweist sich die Schadenskartierung nicht als eine geowissenschaftliche Spezialkartierungstechnik, sondern als ein Handwerkszeug, das

\* Bestandteil der landschaftsökologischen Methodik

ist und das über eine gewisse universelle Anwendbarkeit in verschiedenen Fachbereichen der Grundlagenforschung und der Praxis verfügt. Dazu gehören: Forst- und Agrarwirtschaft, Landschaftsökologie, Bodenkunde, Geomorphologie, Historische Kulturlandschaftsforschung, Landeskultur, Landschaftspflege, Meliorationswesen, Umweltschutz - um die wichtigsten und größeren Fachbereiche zu nennen.

Der geoökologische Ansatz der Bodenerosionsschadenserfassung wird im Konzept der Methodik deutlich; die bei der Feldforschung angewandt wird. Dabei spielt die Kartierung eine sehr große, um nicht zu sagen eine zentrale Rolle.

Im gesamten Verfahren spielen großmaßstäbige Feldkartierungen eine wichtige Rolle. Es sind dies:

\* Geomorphographische Kartierung der Eigenschaften des Georeliefs (= "Geomorphologie")  
= Kartierung von Raumstrukturmerkmalen und Regeleigenschaften

\* Geomorphodynamische Kartierung der Prozeßspuren  
(= "Aktualgeomorphodynamik")  
= Kartierung der rezenten bzw. aktuellen Prozeßspuren

Im Rahmen so konzipierter geomorphologischer Kartierungsverfahren werden demzufolge die geomorphologischen Voraussetzungen der Bodenerosion und deren Formen ("Prozeßspuren") kartiert.

Um die Bodenerosions korrekt zu erfassen, müssen mindestens noch zwei Sachverhalte im gleichen (großen) Maßstab kartiert werden:

- \* Landnutzung
- \* Böden bzw. Substrat (bzw. Bodenformen).

Nur am Rande sei erwähnt, daß diese Kartierungen Bestandteil der landschaftsökologischen Komplexanalyse sind. Auch unter stärksten Vereinfachungen dieses Ansatzes, z.B. bei der Bodenerosionsbekämpfung in Entwicklungsländern, wird zumindest mit einem Grundbestand dieser Methodik gearbeitet.

## 2. Bodenerosionsschadenskarten - Sinn und Zweck

Zunächst werden einige Bemerkungen zur Entwicklung und allgemeinen Bedeutung der Schadenskartierung gemacht. Es folgen Überlegungen über die Bedeutung.

## 2.1 Komplexe Schadenskartierung - nichts Neues!

Bereits vor Jahrzehnten wurde erkannt, daß Bodenerosion

- \* ein komplexer ("geoökologischer" / "landschaftsökologischer") Prozeß ist, der Formenspuren im Relief schafft, und
- \* daß Schäden ein flächenhaftes Phänomen sind, das nur mittels Kartiertechniken erfaßt werden kann.

Daraus resultierten zwei Ansätze (s. Abb.1):

- (1) Kartierung der Prozeßspuren der Bodenerosion  
= Schadenskartierung
- (2) Kartierung der Randbedingungen der Bodenerosion (Geoökofaktoren und Landnutzung)  
= Gefährdungskartierung

In den fünfziger Jahren wurden diese methodischen Unterschiede noch nicht gesehen oder nicht beachtet. Das zeigen einzelne Kartierungsmethoden. Die Ansätze sind verschieden, die Aufarbeitung der Daten erfolgt nur teilweise in Karten und bedingt quantitativ und die Karten sind - gemessen am Objekt - relativ Kleinmaßstäbig. Zu erwähnen wären:

### \* Schadensprotokollverfahren

- \*\* J.H. SCHULTZE (1952): Befragung mit einzelnen Schadensaufnahmen 1 : 1 000 bis 1 : 5 000. Ergebnis: Karten 1 : 25 000 mit Formendarstellung.
- \*\* R. FLEGEL (1958): Ausführliche Schadensprotokolle und Aufnahme der Mächtigkeit des humosen Oberbodens. Ergebnis: Nichtquantitative Karten der Schadensstufen, z.T. als Gefährdungskarten interpretiert.

### \* Echte Schadenskartierungen

- \*\* L. HEMPEL (1951, 1954): Semiquantitative Schadenskartierung in großem Maßstab und Ausweisung von drei Intensitätsstufen.  
Einschränkung: Zielt auf Wirkungen der Normalniederschläge, nicht der Kleinkatastrophen (Starkregen) ab. Ergebnis: Rasche überschlägige Schadenskartierung. Weiterentwicklung: Gefährdungskarten nach Diagrammen der Erosionsempfindlichkeit und Karten der Schadensstufe. Starker Bezug zur Bodenbearbeitung.
- \*\* O. SCHMITT (1955): Zeichenschlüssel für Normal- und Katastrophenformen der Bodenerosion, weitgehend quantitativ, mit Bezug zur Bodennutzung und Mikroreliefformen Ergebnis: Sehr großmaßstäbige Schadenskarten (>1 : 10 000 mit Darstellungsoptimum in 1 : 5 000/1 : 2 000).
- \*\* R.-G. SCHMIDT (1979): Zeichenschlüssel für Normal- und Katastrophenformen mit sehr umfassender quantitativer Kennzeichnung der Einzelformen. Bezug zur Bodennutzung. Weitgehend maßstabsunabhängig in >1 : 10 000. Ergebnis: Sehr großmaßstäbige, parzellenscharfe quantitative Schadenskarten.

- \*\* W.ROHR, T.MOSIMANN & R.BONO (1990): Systematische Kartierung und Protokollierung der Normal- und Katastrophenschäden großer Flächen in 1 : 5 000 mit starkem Bezug zur Bodennutzung. Ergebnis: Karten 1 : 5 000 und edv-gerechte Schadendokumentation zur Ergänzung der Karte und für die Ursachenforschung.

Fazit: Zunehmende Präzisierung und Systematisierung der Schadensaufnahmen durch

- \* stärkeren Maßstabsbezug der Kartierungsschlüssel,
- \* quantitative Formenerfassung,
- \* deutliche Trennung zwischen Bestandsaufnahmekarte und Auswertung dieser als Gefährdungs- und/oder Konservierungskarte.

## 2.2 Was bringt die Schadenskartierung heute?

Eingangs wurde darauf hingewiesen, daß man sich um eine Weiterentwicklung bewährter geowissenschaftlicher Arbeitsweisen bemühen sollte. Wie die Anforderungen der Praxis zeigen, gibt es für Bodenerosionsschadenskarten zwei Anwenderebenen:

- (1) Landwirtschaft: Parzellenscharfe Aussage im Hinblick auf Schadensvermeidung bzw. Bodenkonservierung.
- (2) Raumplanung : Größerräumige Gebietsaussagen 1 : 25 000 und <1 : 25 000 für Nutzungsplanungen und Abwägen von Nutzungsalternativen im Rahmen von Raumbewertungen.

Dieser Unterschied wird bei der folgenden Diskussion der Bedeutung von Schadenskarten nur teilweise berücksichtigt. Er würde eine ausführliche Erörterung verdienen. Eine andere Vorbemerkung geschieht im Hinblick auf Bodenerosions- und Schadensmodelle, die kartographisch ausgedrückt werden. Sie gelten als Ersatz oder Alternative zu den herkömmlichen Schadenskartierungen und werden rein gefühlsmäßig als "moderner" eingestuft. Generell kann man dies aber so nicht formulieren, sondern man sollte die Zweckgebundenheit der beiden Verfahrensgruppen (Schadenskartierung einerseits und Schadensmodellkarten andererseits) bedenken. Daraus leitet sich eher eine komplementäre Stellung zueinander ab.

Bodenerosionsschadenskarten (= BESK) weisen wissenschaftlich und praktisch interessante Qualitäten auf, die sowohl für den Grundlagenforscher als auch für den Praktiker verschiedene Zwecke erfüllen:

- \* Exakte Verbreitung der Schadensformen
  - \*\* Flächendarstellung
  - \*\* Beziehung zu geoökologischen Randbedingungen ersichtlich, besonders zu Regelfaktor Georelief und Bodennutzung
- \* Exakte und direkte Unterscheidungsmöglichkeiten der
  - \*\* Schadensformen
  - \*\* Schadenstypen
  - \*\* qualitativen Merkmale

\* Sofortige (erste) Ursachenanalyse im Felde

- \*\* Erosions- und Akkumulationsverhältnis als Korrelat im Raum
- \*\* Folgerungen aus der Ursachenanalyse für Anwender in Praxis (und wissenschaftlicher Grundlagenforschung)
- \*\*\* Direktableitung schlagbezogener Maßnahmen, z.B. Methode K.HERWEG (1987, 1988)
- \*\*\* Entscheidung über Verschiedenartigkeit der Bekämpfungs- und Schutzmaßnahmen aus Erkenntnis über unterschiedliche Dynamik/unterschiedliche Formen
- \*\*\* Prozeßkenntnisse als Basis für
  - \*\*\*\* Modell"fütterung"
  - \*\*\*\* Modellvalidierung
  - \*\*\*\* Weiterentwicklung der Theorie (Geomorphologische Prozesse und Bodenentwicklung)

Aus der Fülle der praktischen Einsatzmöglichkeiten soll kurz lediglich auf die Anwendung der Schadenskartierung in der planerischen Praxis eingegangen werden, wo ein großer Bedarf an geowissenschaftlichen Kartengrundlagen besteht. Dieser Bedarf wird seitens der Geowissenschaften immer noch nicht gedeckt. In manchen Praxisbereichen, vor allem dort, wo eine naturwissenschaftsferne Ausbildung betrieben wurde, wäre dieser Bedarf erst zu wecken.

Aus den o.a. Qualitäts- und Inhaltsmerkmalen der Bodenerosionsschadenskarte (= BESK) lassen sich folgende Anwenderperspektiven formulieren:

\* Die Kartierungsschlüssel sind meist einfach und in unterschiedlichen Maßstäben einsetzbar - auch für den Nichtspezialisten.

\* Die Erfahrung lehrt, daß sich Bodenerosionsereignisse und somit deren Formenspur immer wiederholen. Bei Niederschlagsnormalität reicht demzufolge auch eine Kartierung aus, wenn sie gründlich und nicht nur als Übersichtskartierung durchgeführt wird.

\* Die Ergebnisse einer Bodenerosionsfachkartierung (durch den Spezialisten) können auf Nachbargebiete übertragen werden, wenn eine gewisse Übereinstimmung der Hauptfaktoren der Bodenerosion registriert werden kann (Kartenvergleiche!). Dazu gehören Niederschlag, Bodenform, Georelieftyp (Hanggestalt, Neigungsverhältnisse), Bodennutzungssystem.

\* Die praktische Anwendung der BESK muß maßstabsbezogen erfolgen. Kleinmaßstäbige Aussagen gelten nur großräumig und großmaßstäbige Aussagen nur kleinräumig. Bei Beachtung dieses Leitsatzes lassen sich aber vielfältige Anwendungen durch Übertragungen realisieren:

- \*\* Siehe o.a. diskutierte Übertragbarkeit von Ergebnissen.
- \*\* Ausschnittskartierungen als Repräsentanten größerer Gebiete.
- \*\* Unterscheiden zwischen regionalplanerischer Aussage und Bodenschutzkonzepten vor Ort.

Fazit: Die BESK weist einen hohen praktischen Wert auf, der bei den Anwendern auch überwiegend bekannt ist. Die Bodenerosions-

forscher und -kartierer müßten jedoch

- \* mehr Karten liefern,
- \* zweckbezogener die Inhalte strukturieren (d.h. maßstabsbezogen sein),
- \* andere Geowissenschaftler zur "Mitaufnahme" von Bodenerosion bewegen (z.B. in der GMK, BK, GÖK 25), womit vor allem regionalplanerische Bedürfnisse gedeckt werden, während die schlagbezogene Erhebung und Aussage dem Bodenerosionsforscher vorbehalten bleibt,
- \* mehr Aufklärungsarbeit bei Anwendern und Nachbarwissenschaftlern betreiben.

### **3. Beispiele von Bodenerosionsschadenskarten aus der Bodenerosionsforschungsgruppe Basel**

In der hiesigen Bodenerosionsforschungsgruppe werden seit 1975 Schadenskartierungen im Rahmen umfassender Bodenerosionsforschungsprogramme (Daueruntersuchungsgebiete) durchgeführt. Diese Kartierungen erfolgen in großen und größten Maßstäben, d.h. in der Regel um 1 : 5 000 oder größer. Gesamtgebietsdarstellungen gibt es zwischen 1 : 10 000 und 1 : 25 000.

#### **3.1 Bodenerosionsschadenskarten (BESK)**

1. Schlagbezogene BESK 1: T.JENNE & T.STAUSS (1988)
2. Schlagbezogene BESK 1 (oder größer) mit Anwenderaspekt: S.VAVRUCH (1988)
3. Verschiedene BESK 5 mit Formenverbreitung und Schätzungen der Schäden bzw. Abtragsmengen: K.HERWEG (1988), W.ROHR, T.MOSIMANN & R.BONO (1990), M.RÜTTIMANN (1989)

Diese Schadenskartierungen waren zunächst einmal Bestandteil der Grundlagenforschung. Ihre Ziele waren:

- \* Regionale Bestandsaufnahmen der Schäden in den Testgebieten.
- \* Anwendung und Weiterentwicklung der Kartiersysteme.
- \* Erarbeitung von
  - \*\* Kartierungsstandards (W.ROHR, T.MOSIMANN & R.BONO 1990)
  - \*\* Bereinigung der Nomenklatur und Klassifizierung von Bodenerosionsformen (V.PRASUHN, D.SCHAUB & E.UNTERSEHER 1990).

Ein zweiter Zweck ist die praktische Anwendung. Dabei erfolgte entweder ein Direkteinsatz der Karten (K.HERWEG 1987, 1988 in der Toscana, Weiterentwicklungen davon in Äthiopien; R.LEHMANN 1989 ff. auf Naxos). Anwendungen erfolgen auch im Hochrheintal und im Jura, d.h. in den Daueruntersuchungsgebieten. - Ebenfalls für Anwendungszwecke wurden Gefährdungskarten (Prognosekarten) entwickelt (siehe Kap. 3.2).

#### **3.2 Bodenerosionsgefährdungskarten (BEGK)**

Je mehr Bodenerosion als Umweltproblem erkannt wurde, umso mehr wurden angewandte Karten verlangt. Zur Zeit mangelt es noch an Konzepten der systematischen Überführung von BESK in BEGK. Das setzt voraus, die Bedürfnisse der Anwender (Agrarwirtschaft, Raumplanung, Boden- und Umweltschutz) genauer zu kennen. Auch dort herrscht noch keine Klarheit, was man eigentlich genau vom

Bodenerosionsforscher wissen möchte. Oft ist man sich über einfache Grundlagen, z.B. die Möglichkeiten und Grenzen maßstabsbezogener kartographischer Aussagen nicht im klaren.

Auch in der hiesigen Forschungsgruppe wurden empirische BEGK entwickelt, ohne daß dies endgültige Lösungen sein können. Einen anerkannten Standard der BEGK wird es erst geben, wenn allgemeingültige Konzepte der BESK bestehen und die Nomenklatur-, Systematisierungs-, Erfassungs- und Darstellungsprobleme dieser "Grundlagenkarte" gelöst sind. Als Beispiele können genannt werden:

1. Schlag- und nutzungsbezogene BEGK 1: T.JENNE & T.STAUSS (1988). Sie dient der Bekämpfung immer wieder auftretender Schadensstellen durch angepaßte Bodennutzung und konkrete Einzelmaßnahmen. Die Karte ist parzellenscharf.
2. Schlag- und nutzungsbezogene BEGK 5: A.CROLE-REES, P.BARIL & D.SCHAUB (1988). Die aus verschiedenen Ansätzen hervorgehenden drei Karten sind noch parzellenscharf, verschaffen aber gleichzeitig eine erste Übersicht.
3. Substrat- und reliefbezogene BEGK (ca.) 10: S.VAVRUCH (1988). Sie dient der Übersicht und einer gezielten, aber schon nicht mehr parzellenscharfen Kennzeichnung des Gefährdungsgrades.
4. BEGK 10 auf Grund der USLE: S.VAVRUCH (1988). Sie dient ebenfalls der Gebietsübersicht und einer raschen Einschätzung des Gefährdungspotentials, ohne konkrete Messungen.
5. Aus geomorphologischen und Nutzungsparametern konstruierte BEGK 25: D.SCHAUB (1989). Sie dient einer ersten Übersicht und der Vorerkundung.

Fazit: Die Beispiele zeigen, daß die Aussage der BEGK davon abhängt, in welchem

- \* Maßstab gearbeitet wird,
- \* welche Parameter dem Inhalt zugrunde gelegt werden und
- \* ob Messungen/Feldbeobachtungen oder Berechnungen die Grundlage bilden.

### 3.3 Modellkarten gegen Kartierungen?

Wenn es so einfach wie in der Überschrift wäre, hätte die Bodenerosionsforschung weniger Probleme. Vor allem die weitverbreiteten Karte auf USLE-Basis verleiten zu Vorstellungen wie:

- \* Feldarbeit kann reduziert werden
- \* Karten sind genauer
- \* Karten liefern flächenhafte Aussagen gleicher Informationsdichte und gleicher Informationsbasis.

Von diesen drei Feststellungen ist nur die dritte richtig. Demgegenüber können die BEGK auf Kartierungsbasis nur eine eher punktuell-flächenhafte Aussage realisieren. Die Extrapolationsverfahren gelten noch als Forschungsgegenstand. Andererseits haben sie gegenüber den Modell-BEGK wichtige Vorteile, die bereits in Kap. 2.2 dargestellt wurden. Hervorgehoben sei eine generelle Aussage. Die BEGKn auf Feldkartierungsbasis sind

- \* konkreter, weil von realen Objekten ausgehend,
- \* dort genauer, wo die Daten direkt erhoben wurden,
- \* mehr auf die Vielfalt der Formen und Prozesse der Bodenerosion eingestellt und
- \* in großem und größten Maßstab "unschlagbar", d.h. sie erlauben
  - \*\* sehr gezielte Bekämpfungs- und Schutzmaßnahmen, die wegen des Objektbezug auch greifen,
  - \*\* die Herstellung enger Bezüge zu den geoökologischen Randbedingungen im Gebiet und
  - \*\* lassen im regionalen Rahmen gezielte Ergebnisübertragungen zu.

Auch die Bodenerosionsmodelle, die immer zahlreicher und aufwendiger werden, sind nur so gut, wie ihre Grundlagendaten. Diese werden in erster Linie von Erhebungssystemen geliefert, die eine quantitative Objektbeschreibung im großen Maßstab leisten. Dazu gehört die BESK 1 bis 10 ebenso wie die daran anknüpfenden Datenerhebungs- und Darstellungssysteme ERODAT (D.SCHAUB & W.DETTLING 1987) und ERODOP (W.ROHR, T.MOSIMANN & R.BONO 1988).

Der Vergleich von Karten nach den beiden Verfahren ist nur selten möglich, weil beide Systeme nur selten im gleichen Gebiet angewandt werden (z.B. S.VAVRUCH 1988). Dabei zeigt sich bei Arbeit in gleichem Maßstab, daß unterschiedliche Ergebnisse herauskommen. Vermutlich muß man mehr dem Zweckmäßigkeitsgrundsatz der Forschung für Anwendung folgen:

\* Bei Erfordernis großräumiger Gebietsaussage (und relativ schnell) sowie bei beschränkten Feldarbeitsmöglichkeiten sollten die Modellkarten eingesetzt werden. Dies wäre eine kleinmaßstäbige Aussage. Die weitere Forschung sollte versuchen, die Modellkarten auch im großen Maßstab gültig zu machen.

\* Bei konkreten Gebietskennzeichnungen und der Notwendigkeit von Parzellenschärfe, vor allem wenn gezielt Bodenschutzmaßnahmen eingesetzt werden sollen, ist die BESK sicherlich die geeignete Methode, groß- und größtmaßstäbige Aussagen zu liefern.

Fazit: Es gibt bei den Bodenerosionskarten kein Entweder-Oder, sondern nur ein Sowohl-Als auch, weil die Kartierungskarten und die Modellkarten methodisch zwei Ansätzen folgen, die zu anderen Aussagen auf unterschiedlichen Maßstabsebenen führen. Es ist also beim Einsatz dem Zweckmäßigkeitsgrundsatz zu folgen. Dies darf die Forschung nicht hindern, beide Ansätze in die jeweils andere Richtung auszuweiten.

#### 4. Literaturverzeichnis

- CROLE-REES, A., BARIL, P. & SCHAUB, D.: Cartographie des risques d'érosion: une approche multidisciplinaire. - In: Bull. ORSTOM (Réseau Erosion), 8 (1988), 37-48
- FLEGEL, R.: Die Verbreitung der Bodenerosion in der Deutschen Demokratischen Republik. - In: Bodenkde. u. Bodenkultur 6 (1958), 104 S.
- HEMPEL, L.: Über die Meßbarkeit von Bodenerosion. - In: Z. Pflanzenern. u. Bodenkde. 55/100 (1951), 106-110

Zusätzlich wird durch dieses Verfahren hochauflösend die Exposition, die Tiefenlinien und Teilwassereinzugsgebiete des Gebiets abgeleitet. Damit können weitere Berechnungen, z.B. Wassermengen für Teilwassereinzugsgebiete oder Rinnenerosion, mit geeigneten Modellansätzen durchgeführt werden.

#### *Abschätzung der Nährstoffverluste in Folge der Bodenerosion*

Das GIS ARC-INFO ist Teil eines komplexen Informationssystems (MURSCHEL et al. 1989) und dient primär der flächenhaften Darstellung negativer Effekte der landwirtschaftlichen Produktion. Problemstandorte lassen sich hierdurch besser erkennen.

Bei der Betrachtung der Bodenerosion erlangen zunehmend sogenannte "offsite-Schäden", also Schäden, die durch Bodenerosion verursacht werden und außerhalb des eigentlichen Schlags liegen, an Bedeutung. Hier ist in erster Linie an die Gefährdung der Gewässer durch Nährstoff- und Chemikalieneintrag zu denken.

Um diesem Problem Rechnung zu tragen, werden neben der schlags- und betriebsspezifischen Berechnung der Umweltwirkung einer landwirtschaftlichen Produktion Nährstoff- und Pestizideinträge in Vorfluter berechnet. Dies geschieht durch den Einsatz eines standortkundlichen Simulationsmodells (CREAMS; KNISEL 1980).

Dadurch wird neben dem bestehenden statischen Flächenaspekt durch das GIS ARC-INFO ein dynamischer, zeitlicher Aspekt integriert.

#### *Herleitung von alternativen Bewirtschaftungsweisen.*

Mit der Anwendung des GIS ARC-INFO werden Problemstandorte erkannt. Diese Standorte bedürfen zur Ableitung von Handlungsalternativen für Landwirte, hinsichtlich einer Verbesserung des momentanen Zustands, der weiteren Bearbeitung. Dazu werden schlagspezifisch alternative Szenarien der Bodenbewirtschaftung mit Hilfe des Simulationsmodells CREAMS gerechnet und im Hinblick auf ihre Umweltwirkung beurteilt. Angestrebt wird eine Bewirtschaftungsweise, die den geforderten Ansprüchen genügt.

#### *Betriebswirtschaftliche Bewertung*

Im Hinblick auf eine Akzeptanz und Realisierbarkeit vorgeschlagener Bewirtschaftungsweisen und Maßnahmen, werden in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftlichen Betriebslehre der Universität Hohenheim (JAROSCH 1990) die Kosten der Bewirtschaftung und mögliche Kosten für Maßnahmen zum Schutz der Umwelt kalkuliert. Dazu wird ein Lineares Programm (LP) in das Informationssystem integriert. Das Informationssystem wird so eingesetzt, daß die Minimierung des Bodenverlusts und die Optimierung des Betriebseinkommens angestrebt wird.

#### *Ergebnisse und Schlußfolgerungen*

Durch den Einsatz eines GIS lassen sich flächenhafte Darstellungen der Bodenerosion erreichen. Dynamische Betrachtungen erfolgen durch eine Kopplung mit dem standortkundlichen Simulationsmodell CREAMS. Dadurch können für einzelne Betriebe bzw. Schläge Maßnahmen für eine umweltgerechte Nutzung abgeleitet werden. Diese Maßnahmen können so gestaltet werden, daß im Bereich der Erosion bodenerhaltende Methoden angewendet werden, die den Abtrag unterhalb einer tolerierbaren Grenze halten.

ARC-INFO als Teil eines Informationssystem zur umweltgerechten  
Nutzung landwirtschaftlicher Flächen.

von

Murschel, B.<sup>\*)</sup>

*Einführung*

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 183 "Umweltgerechte Nutzung von Agrarlandschaften" an der Universität Hohenheim werden Erosions- und Eutrophierungsuntersuchungen in der lössgeprägten Hügellandschaft des Kraichgau durchgeföhrt. Sowohl die Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer, als auch die hohen Bodenverluste sind in dieser Landschaft als Problem erkannt.

Die Kopplung eines Geographischen Informationssystem (GIS), mit einem standortkundlichen Simulationsmodell (CREAMS) und einem betriebswirtschaftlichen Linearen Programm (LP) zu einem Informationssystem ermöglicht die Herleitung alternativer Bewirtschaftungsweisen und deren Beurteilung hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Auswirkungen.

In dem vorliegenden Beitrag soll das Informationssystem kurz erläutert werden.

*Abschätzung der Bodenerosion*

Das Geographische Informationssystem (GIS) ARC-INFO wird im Rahmen eines komplexen Modells eingesetzt, um flächenhafte Darstellungen der Bodenerosion für ein Wassereinzugsgebiet zu erhalten. Eine wesentliche Verbesserung gegenüber einer schlagspezifischen Berechnung der Bodenabträge wird durch die hohe Flächenauflösung bei Einsatz des GIS möglich.

Die Schätzung der Bodenabträge erfolgt mit Hilfe der Universellen Bodenabtragsgleichung (UBAG). Dazu werden die notwendigen Parameter der UBAG (Regenfaktor R, Bodenfaktor K, Pflanzenfaktor C, Hanglänge und Hangneigung LS, Bewirtschaftungsfaktor P) aus digitalisierten Grundkarten abgeleitet. Der Regenfaktor R wird für das Untersuchungsgebiet als konstant angenommen und aus meteorologischen Daten berechnet. Die Hangneigung und die Hanglänge werden aus der topographischen Karte und der Bodenerodierbarkeitsfaktor K aus der Reichsbodenschätzung berechnet (SCHWERTMANN et al. 1987). Der Pflanzenfaktor C wird durch Kartierung der Flächen und Befragung der Landwirte erhalten. Alle Parameter werden kartenmäßig dargestellt.

Durch Triangulierung und verschneiden dieser Grundkarten werden Polygone erzeugt, die hinsichtlich morphologischer, bodenkundlicher und pflanzenbaulicher Eigenschaften homogen sind. Innerhalb eines Polygons werden die Faktoren der UBAG miteinander multipliziert und es wird in hoher Auflösung die aktuelle langjährige mittlere Bodenerosion erhalten (Abbildung 1).

<sup>\*)</sup> Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, Postfach 700 562, 7000 Stuttgart-70.

Thema/Inhalt			SCHADENSKARTIERUNG	GEFÄHRDUNGSKARTIERUNG
Fragen zu Ansatz, Methodik, Aussage, Ziele				
GENERELL	Was wird aufgenommen? Was wird dargestellt? Parameter quantitativ/qualitativ?		Konkrete Schadensfälle/Prozeßspuren Erosions- u. Akkumulationsformen Formen/Sedimente quantitativ	Geoökologische u. landwirtschaftliche Randbedingungen Stufen potentieller Bodenerosionsgefahren qualitativ; quasi-quantitativ bewertend
FELD- ARBEIT	<u>Feldaufnahmen/Darstellung</u> * Maßstab?  * areale Geschlossenheit?  * Wiederholung?		Feldarbeit = Grundvoraussetzung > 1 : 10 000; 1 : 2 000 - 1 : 500  nur reale Schadensareale  ideal: mehrfach; minimal: einfach möglich	bedingt oder nicht nötig: Empirisches Verfahren 1 : 25 000 und < 1 : 25 000 – Rechenmodelle für Gesamtgebiet ermittelt – Schätzmodelle  nicht nötig
AUSSAGE	<u>Aussagemöglichkeiten</u> * Raumgröße? * Auswertung direkt? * Nutzer?		vor allem im Schadensgebiet kleinräumig; im Team: großräumig Schadensfestlegung; Schadensbekämpfung Landwirt, Landespfleger, Bodenschützer	überall eigentlich unbegrenzt Abschätzen von Präventivmaßnahmen Raumplaner
BASIS- MATERIAL	<u>Bewertung/Informationsbasis</u> * Informationsdichte im Gebiet * Homogenität der Informationsbasis * Übertragbarkeit der Basisdaten		Kartierungsdaten; qualitativ-quantitativ ungleichmäßig, gemäß Schadensfällen heterogen ("real-natürlich") ökologisch gleiche Nachbarlandschaften	empirische Kennzeichnung (verbal bis quasi-quantitativ) gleichmäßig homogen, entsprechend Grunddaten überall empirische Direktmittlung möglich
ZIEL	<u>Ergebnis</u>		BESK 10 - 0,5; mit oder ohne Auswertungs- karten für Bodenschutz, Landschaftspflege und Melioration	BEGK 25 und < 25; Auswertungskarten im kleinen Maß- stab fragwürdig

Abb. 1: Methodische Prinzipien der Schadens- und Gefährdungskartierung.

- HEMPEL, L.: Beispiele von Bodenerosionskarten im niedersächsischen Bergland sowie Bemerkungen über Berücksichtigung der Erosionsschäden bei der Bodenschätzung. - In: Neues Archiv f. Niedersachsen 4/6 (1954), 140-143
- HERWEG, K.: Die geomorphologische Karte (GMK) als Instrument bei der Bodenerosionsbekämpfung. - In: Natur u. Landschaft 62 1987, 434-439
- HERWEG, K.: Bodenerosion und Bodenkonservierung in der Toscana, Italien (Testgebiet Roccatederighi, Provinz Grosseto). = Physiogeographica Bd. 9, Basel 1988, 175 S.
- JENNE, T. & STAUSS, T.: 8 Jahre Bodenerosionsforschung in einem Kleinzugsgebiet des Basler Tafeljuras (Anwil BL): Extremereignisse, Bodenerosionsgefährdung, Gegenmassnahmen. - In: Regio Basiliensis 29 (1988), 29-41
- PRASUHN, V., SCHAUB, D. & UNTERSEHER, E.: Vorschlag zur Klassifizierung und Nomenklatur von Erosionsformen. - In: Mitt. DBG 1990 (in diesem Band)
- ROHR, W., MOSIMANN, T. & BONO, R.: Kartieranleitung zur Aufnahme von Bodenerosionsformen und -schäden auf Ackerflächen. - In: Materialien z. Physiographie 14, Basel 1990, 9-39
- RÜTTIMANN, M.: Bodenerosion im Feuerbachtal (Markgräfler Hügelland): Bestandesaufnahme und Risikobestimmung mittels zwei vereinfachter Verfahren. = Diplomarb. Geogr. Inst. Univ. Basel (Manusk.), Basel 1989, 199 S.
- SCHAUB, D.: Die Bodenerosion im Lössgebiet des Hochrheintales (Möhliner Feld - Schweiz) als Faktor des Landschaftshaushaltes und der Landwirtschaft. = Physiogeographica Bd. 13, Basel 1989, 228 S.
- SCHAUB, D. & DETTLING, W.: Die Bodenerosionsdatenbank ERODAT und ihre Anwendungsmöglichkeiten. In: Mitt. DBG 53 (1987), 255-260
- SCHMIDT, R.-G.: Probleme der Erfassung und Quantifizierung von Ausmaß und Prozessen der aktuellen Bodenerosion (Abspülung) auf Ackerflächen. Methoden und ihre Anwendung in der Rheinschlinge zwischen Rheinfeldern und Wallbach (Schweiz). = Physiogeographica Bd. 1, Basel 1979, 240 S.
- SCHMITT, O.: Zur Kartierung und quantitativen Erfassung von Abspülschäden durch Bodenerosion. - In: Notizbl. hessisches Landesamt f. Bodenforsch. 83/6 (1955), 246-256
- SCHULTZE, J.H.: Die Bodenerosion in Thüringen; Wesen, Stärke und Abwehrmöglichkeiten. - In: Petermanns Geogr. Mitt., Erg. 247 (1952), 186 S.
- VAVRUCH, S.: Bodenerosion und ihre Wechselbeziehungen zu Wasser, Relief, Boden und Landwirtschaft in zwei Einzugsgebieten des Basler Tafeljuras (Hemmiken, Rothenfluh). = Physiogeographica Bd. 10, Basel (1988), 348 S.

Durch Erosion entstehen Kosten für Landwirte durch Ertragsdepression und Folgemaßnahmen. Zusätzlich kommen offsite-Schäden hinzu, die hinsichtlich ihres volkswirtschaftlichen Schadens nur schwer zu kalkulieren sind. SCHUHMAN et al. (1973; zit. in Quist 1987) ermittelte für Flächen im Kraichgau Stickstoffausträge mit Boden und Oberflächenwasser um 30 kg N pro Hektar und Jahr. Bei einer Simulation über 11 Jahre (1978-1988) sind für eine Fruchtfolge Zuckerrüben, Winterweizen und Körnermais die Stickstoffverluste geschätzt worden (Tabelle 1). Dabei zeigt sich, daß bei einem mittleren jährlichen Bodenabtrag von ca. 15 Tonnen ca. 35 kg N mit dem Bodenabtrag und ca. 4 kg N mit dem Oberflächenwasser den Schlag verlassen. Durch Mulchsaat in Mais (Zwischenfrucht nach Winterweizen, flache Bodenbearbeitung zur Maissaat) können die Bodenverluste deutlich gesenkt werden. Die N-Verluste mit dem Boden werden mehr als halbiert, die Verluste von N mit dem Oberflächenabfluss reduzieren sich auf ein viertel der ursprünglichen Verluste. Im 11-jährigen Mittel wird eine Konzentration von 18 mg N in einem Liter Oberflächenwasser bei konventioneller Bewirtschaftung berechnet. Die betriebswirtschaftlichen Kosten durch die N-Verluste sind eher unbedeutend, während die Kosten für die Sanierung eines eutrophierten Gewässers sehr viel höher zu veranschlagen wären.

An vielen Schlägen zeigt sich, daß schon einfache Maßnahmen zu einer deutlichen Reduzierung des Bodenabtrags und der damit verbundenen externen negativen Effekte führen können. Im Problembereich des Boden- und Gewässerschutzes wird deutlich, daß vermehrte Anstrengungen notwendig sind, umweltgerechte Formen der Landnutzung zu entwickeln. Diese müssen so gestaltet oder in politische Maßnahmen eingebettet sein, daß die Kosten für die Landwirtschaft in einem vertretbaren Rahmen bleiben.

Tabelle 1: Stickstoffverluste durch Bodenerosion und Oberflächenwasser (kg N/ha\*a bzw. t/ha\*a).

Maßnahme	N-Verluste mit Oberflächenabfluss	N-Verluste mit Sediment	Bodenabtrag
1. Ausgangssituation	3.8	35.1	14.38
2. Spurlockerung in Mais	3.7	33.5	13.50
3. 2 Reihen Wintergerste in Fahrspur bei Mais	2.0	26.3	10.80
4. Mulchsaat Mais	0.9	15.2	6.40

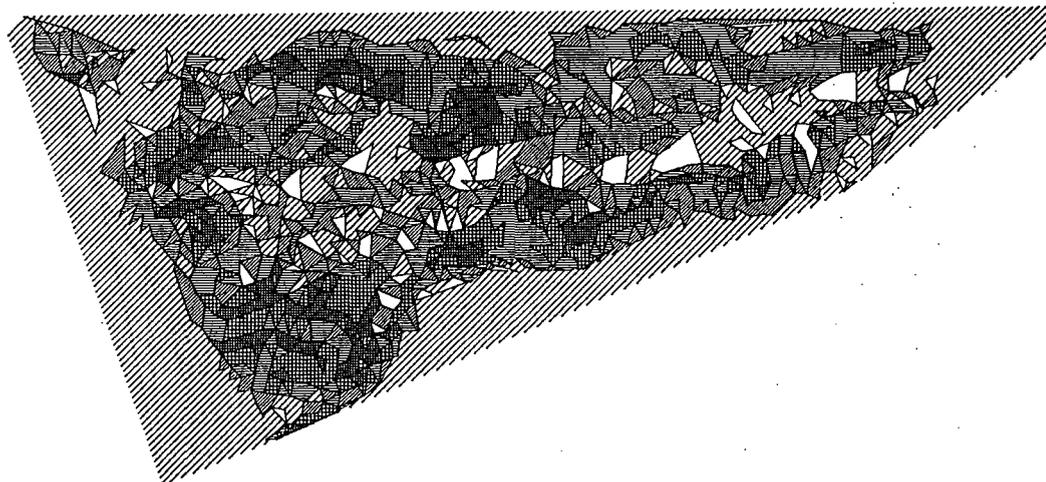
#### Literatur:

- Jarosch, J.: Methodik, Einsatzmöglichkeiten und Anwendung ökologischer-ökonomischer Planungsmodelle. Dissertation Universität Hohenheim, 1990.
- Knisel, W.G.: CREAMS: a Field-Scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems. USDA. Conservation Research Report No. 26, Tucson, Arizona (USA), 1980.
- Murschel, B., J. Jarosch und R.R. van der Ploeg: Ein ökologisch-ökonomisches Informationssystem als Entscheidungskriterium für die Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Einzelbetrieben. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 59/II, S.943-948, 1989.
- Quist, D.: Zur Bodenerosion im Zuckerrübenanbau des Kraichgaus. Dissertation Universität Hohenheim, 1984.
- Schwertmann, U., Vogl, W. und M. Kainz: Bodenerosion durch Wasser. Eugen Ulmer Verlag, 1987.

# Bodenerosion

jaehrlicher mittlerer Bodenverlust

## Legende



- Sedimentation
- ▨ 5 t/ha
- ▩ < 10 t/ha
- ▧ < 20 t/ha
- ▦ < 30 t/ha
- > 30 t/ha

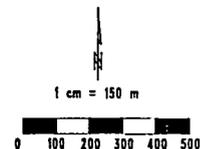


Abbildung 1: Langfristige mittlere jährliche Bodenerosion in einem Wassereinzugsgebiet im Kraichgau.

Vorschlag zur Klassifizierung und Nomenklatur von Erosionsformen

von

Prasuhn, V.<sup>+</sup>, D.Schaub<sup>++</sup>) & E.Unterseher<sup>+</sup>)

## 1. EINLEITUNG

In der deutschen und angelsächsischen Literatur finden sich eine Vielzahl verschiedener Bezeichnungen und Typisierungen von Erosionsformen (z.B. G.RICHTER 1965, R.-G.SCHMIDT 1979, R.P.C. MORGAN 1986, G.R.FOSTER 1988). Dies führt leicht zu Mißverständnissen und Fehlanwendungen. Durch die im folgenden vorgestellte Klassifikation soll der Versuch unternommen werden, eine Vereinheitlichung der Begriffsverwendung - insbesondere zwischen deutscher und angelsächsischer Terminologie - zu erreichen.

Die Abgrenzungskriterien orientieren sich am Prozeßgeschehen, womit u.a. auch eine Eignung für Modellierungen gegeben ist. Die Klassifikation ist relativ einfach und übersichtlich, eine weitere Differenzierung, beispielsweise für die Kartierung im Feld (s. W.ROHR et al. 1990), kann je nach Untersuchungsziel vorgenommen werden.

## 2. FLÄCHENHAFTE EROSION (INTERRILL EROSION)

### 2.1. Regentropfenerosion (splash erosion, rainsplash erosion)

Die kinetische Energie der aufprallenden Regentropfen führt zu einer Zerstörung von Aggregaten und Ablösung von Bodenpartikeln (detachment). Durch die Spritzwirkung werden Bodenteilchen über kurze Distanzen hinweg verlagert. Als Folge stellt sich eine Nivellierung des Mikroreliefs sowie eine Verschlammung und Verkrustung (surface sealing, crusting) ein. Regentropfenerosion als Initialstadium der Bodenerosion stellt das Material für andere Erosionsprozesse bereit.

### 2.2. Flächenspülung (sheet erosion)

Flächenhaft abfließendes Oberflächenwasser führt zu einer Vielzahl von Kleinstrillen oder transportiert in einem dünnen Wasserfilm Bodenmaterial ab. Daraus ergibt sich ein homogenes Schadensbild, Erosions- und Akkumulationsformen liegen meist kombiniert vor. Die Formen lassen sich für die Zwecke der Feldforschung in der Regel nicht vermessen und nur durch den Einsatz von Materialfangkästen quantifizieren.

---

<sup>+</sup>) Geogr. Inst. Univ. Basel, Forschungsgruppe Bodenerosion, Spalenring 145, CH-4055 Basel

<sup>++</sup>) Versuchsanst. f. Wasserbau, Hydrologie u. Glaziologie (VAW), ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich

### 3. LINEARE EROSION (RILL EROSION)

#### 3.1. Rillenerosion (rill erosion)

Flächenhafte Erosion geht der Rillenbildung voraus. Wird der Wasserabfluß konzentriert, so entstehen durch Lateral- und Tiefenerosion Rillen. Ihre Ausprägung ist abhängig vom Substrat und von Hydraulikeigenschaften wie z.B. Fließgeschwindigkeit, Wassermenge und Oberflächenrauigkeit. Ab 2 cm mittlerer Tiefe und mittlerer Breite handelt es sich um Rillen, ab diesen Maßen sind die Formen kartierbar und quantifizierbar (mit großem - aber akzeptablen - relativen Fehler bei der Vermessung). Ab 50 cm mittlerer Tiefe sprechen die Verfasser von Gräben.

Bei einer Häufung von Erosionsrillen kann diese Erosionsform auch als flächenhafte Rillenerosion auftreten (auch als "Runsenpflung" und "Netzwerk von Rillen" bezeichnet).

#### 3.2. Talwegerosion (talweg erosion, concentrated flow erosion)

Der altdeutsche Begriff "Thalweg" taucht in der angelsächsischen und französischen Literatur gelegentlich wieder auf (z.B. F.PAPY & J.BOIFFIN 1989). Aufgrund von konzentriertem Abfluß (Zusammenfließen von Rillen- und/oder Flächenspflung) in natürlichen Wasserleitbahnen (waterways) wie Geländemulden oder Eintiefungen entsteht Talwegerosion. Die Erosionsformen erreichen oft mehrere Meter Breite, bleiben aber meistens flach (Tiefe <12 cm). Die durch Erosion geschädigte Fläche betrifft in der Regel nur die Erosionsform selbst.

#### 3.3. Grabenerosion (gully erosion)

Rillen- und Talwegerosionsformen, die eine Tiefe von 50 cm überschreiten, werden als Grabenerosion bezeichnet. Die Beseitigung erfordert spezielle Maßnahmen. Grabenerosion tritt in Mitteleuropa im Vergleich zu den anderen linearen Erosionsformen außer in Sonderkulturen relativ selten auf.

### 4. SONDERFORMEN

Folgende Erosionsformen sollten wegen des Einflusses spezieller Prozeßgrößen gesondert ausgeschieden werden:

#### 4.1. Erosion in Traktorspuren (wheeling)

Im Bereich von Fahrspuren kommt es zu einer z.T. massiven Bodenverdichtung. Die Infiltrationskapazität wird dadurch erheblich herabgesetzt, die Oberflächenrauigkeit erniedrigt. Fahrspuren in Gefällsrichtung dienen als Leitlinien für den Oberflächenabfluß und führen zu linearen Erosionsformen.

#### 4.2. Erosion in Ackerrandfurchen (furrow)

In Ackerrandfurchen sammelt sich oberflächlich abfließendes Wasser. Liegen sie in Gefällsrichtung, dienen sie als Abflußleitlinien. Eine Ausräumung der Ackerrandfurchen und eine seitliche Verbreiterung sind die Folge. Liegen sie mehr oder weniger hangparallel, kann es zu sogenannten "Dammbrüchen" kommen. In

beiden Fällen entstehen häufig auch Erosionsschäden auf angrenzenden Feldern (Fremdwasser).

#### 4.3. Erosion durch Hangwasser-Austritte (exfiltrating subsurface flow)

Nach langanhaltenden Dauerniederschlägen und großen Niederschlagsmengen kann es zu Oberflächenabfluß durch Hangwasseraustritte - beispielsweise im Bereich austreichender geologischer Schichten oder Schichtwechsel - kommen. Dieser z.T. tagelang anhaltende Abfluß führt zu stark eingetieften linearen Erosionsformen.

#### 4.4. Erosion durch Fremdwasserzufluß (run on)

Vor allem von Straßen und Feldwegen kommt es häufig zu Fremdwassereinbrüchen auf Ackerflächen, die, bedingt durch die großen Wassermengen und die hohe Fließgeschwindigkeit, zu beträchtlichen Schäden führen. Aber auch nicht erosiver Oberflächenabfluß von Grünland kann tiefergelegene Ackerflächen erheblich schädigen.

#### 4.5. Massenverlagerung (mass movement)

Massenverlagerungen unterscheiden sich von allen vorher genannten Formen in ihrem Prozeßgeschehen deutlich. Sie sind jedoch auch abhängig von Niederschlagsparametern, Relief, Substrat und Nutzung und daher zu den Bodenerosionsformen zu zählen.

### 5. FAZIT

Die vorgestellte Klassifikation von Erosionsformen soll zum Verständnis des Erosionsgeschehens beitragen. Dies geschieht vor allem auch vor dem Hintergrund der Anwendbarkeit der USLE. Nach W.H.WISCHMEIER & D.D.SMITH (1978) gilt die USLE für interrill und rill erosion, wobei von diesen Autoren die Begriffe nicht näher definiert werden. Unserer Meinung nach gilt die USLE nur für die oben genannte Flächenspülung und Rillenerosion; also nicht für Talweg- und Grabenerosion sowie die aufgeführten Sonderformen. In einigen Gebieten wie z.B. im Mediterranraum (Toscana: K.HERWEG 1988, Naxos: H.LESER & V.PRASUHN 1990) oder im kleinräumig reliefierten Schweizer Jura (V.PRASUHN & D.SCHAUB 1990) haben Schadenskartierungen gezeigt, daß Talwegerosion, Grabenerosion und Sonderformen eindeutig den größten Teil der Erosionsformen und -schäden ausmachen, so daß ein Einsatz der USLE hier zu keinen brauchbaren Ergebnissen führt.

### 6. LITERATURVERZEICHNIS

- FOSTER,G.R.: Modeling soil erosion and sediment yield. - In: LAL,R. (ed.): Soil erosion research methods. Ankeny, Iowa 1988, 97-117
- HERWEG,K.: Bodenerosion und Bodenkonservierung in der Toscana, Italien (Testgebiet Roccatederighi, Provinz Grosseto). - Phytogeographica 2, Basel 1988, 175 S.

- LESER, H. & PRASUHN, V. (Hrsg.): Probleme des Naturraumpotentials auf Naxos. - Materialien z. Physiogeographie 13, Basel 1989, 138 S.
- MORGAN, R.P.C.: Soil erosion and conservation. - Longman 1986, 298 S.
- PAPY, F. & BOIFFIN, J.: The use of farming systems for the control of runoff and erosion. (Example from a given country with thalweg erosion). - In: Soil Technology Series 1 (1989), 29-38
- PRASUHN, V. & SCHAUB, D.: The different erosion dynamics of loess and clay soils and the consequences for soil erosion control. - In: Z. f. Geomorph. 1990, (im Druck)
- RICHTER, G.: Bodenerosion. Schäden und gefährdete Gebiete in der Bundesrepublik Deutschland. - Forsch. z. Deutschen Landeskunde 152 (1965), 592 S.
- ROHR, W., MOSIMANN, T., BONO, R., RÜTTIMANN, M. & PRASUHN, V.: Kartieranleitung zur Aufnahme von Bodenerosionsformen und -schäden auf Ackerflächen. - Materialien z. Physiogeographie 14, Basel 1990, 56 S.
- SCHMIDT, R.-G.: Probleme der Erfassung und Quantifizierung von Ausmaß und Prozessen der aktuellen Bodenerosion (Abspülung) auf Ackerflächen. Methoden und ihre Anwendung in der Rheinschlinge zwischen Rheinfeldern und Wallbach (Schweiz). = Physiogeographica 1, Basel 1979, 240 S.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D.: Predicting rainfall erosion losses. - A guide to conservation planning. = USDA Agriculture Handbook No. 537, Washington D.C. 1978, 58 S.

BODENEROSIONSSCHADEN AUF ACKERFLÄCHEN: SCHADENSKARTIERUNG  
UND MATERIALFANGKASTEN - EINE KOMBINIERTE METHODE

von

Rohr, W. \*

1. Einleitung und Problemstellung

Im Rahmen des Projektes "BODENEROSION IN DER SCHWEIZ" beobachteten wir in den Jahren 1986 bis 1989 das Erosionsgeschehen im Testgebiet "SEEDORF-GROSSAFFOLTERN-RAPPERSWIL". Das Projekt steht unter der Leitung von Prof. Th. Mosimann (Hannover und Basel) und wird vom Schweizerischen Nationalfond (Nationales Forschungsprogramm, Nutzung des Bodens, NFP 22) und vom Geographischen Institut der Universität Basel (Prof. H. Leser) getragen.

Die Untersuchungen in diesem Testgebiet haben zum Ziel, das Erosionsgeschehen und die jeweiligen erosionsauslösenden Hauptursachen auf den Ackerflächen unter realen, landwirtschaftlichen Nutzungsbedingungen zu erfassen und die schon von den Landwirten ergriffenen Gegenmassnahmen auf ihre Wirksamkeit hin zu prüfen.

Das Testgebiet liegt im tieferen, moränenbedeckten Molassegebiet des schweizerischen Mittellandes. Es umfasst eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von 4300 Hektaren. Wir mussten eine Methodik wählen, die es uns erlaubt, a) das Erosionsgeschehen schlagbezogen möglichst flächendeckend bei b) einer genügend genauer, zeitlichen Auflösung zu erfassen. Zudem mussten wir c) die jeweilig erosionsauslösende Faktorenkombination für statistische Auswertungen und für Fallstudien genügend genau festhalten.

2. Konzept: Verknüpfung von schlagbezogenen und flächendeckenden Methoden

Es wurden drei Arbeitsebenen gewählt (vgl. Abb. 1):

I. Ebene TESTGEBIET:

zwei Regenschreiber für die Niederschlagsparameter

II. Ebene KARTIERGEBIET:

- zehn kleinere, über das Testgebiet verteilte Kartiergebiete (Gesamtfläche von 680 ha), drei Mal kartiert nach Winter-, Hauptkultur-, herbstlicher Übergangsperiode

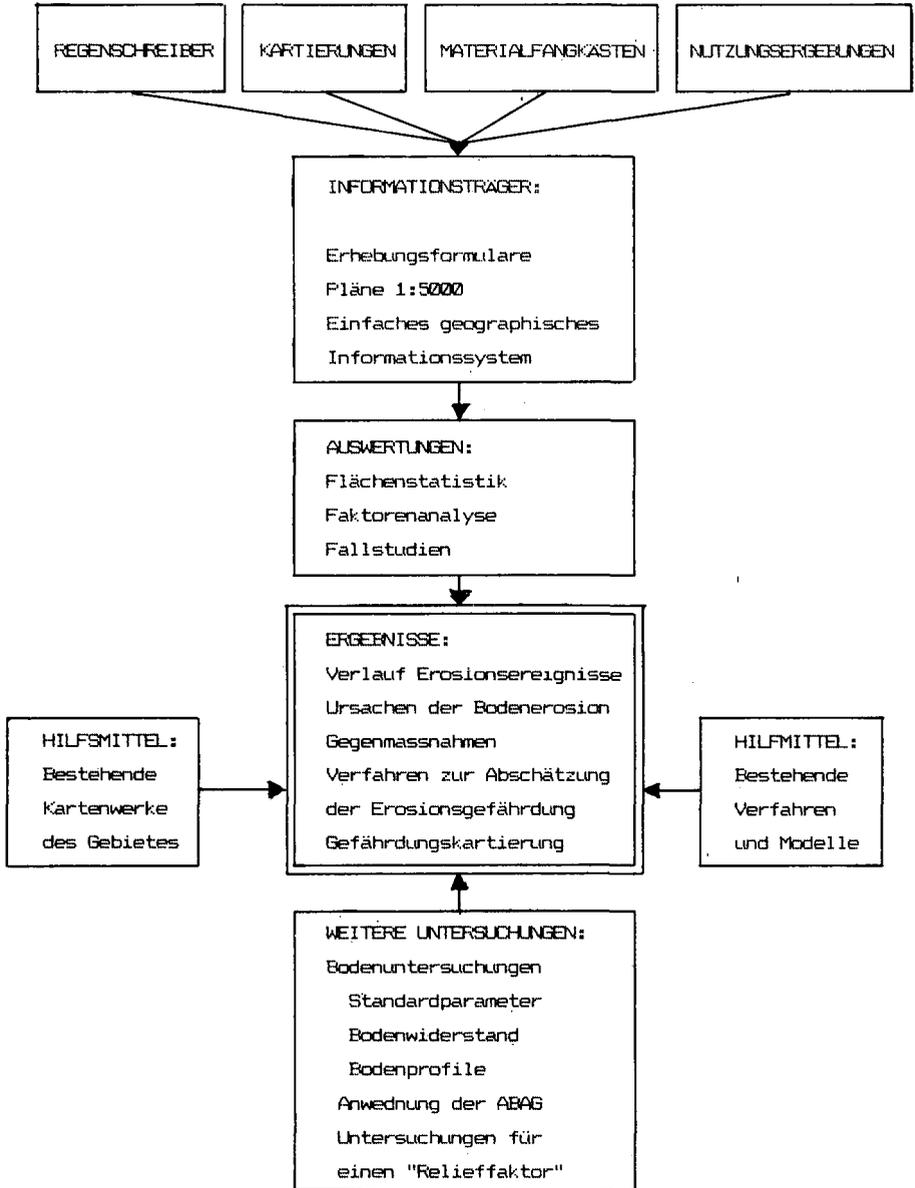


Abb. 1: Konzept der Untersuchungen im Testgebiet "SEEDORF-GROSSAFFOLTERN-RAPPERSWIL"

- ein grosses, zusammenhängendes Kartiergebiet von 1307 ha,

ein Mal nach der Winterperiode kartiert

### III. Ebene ANGEBAUTER SCHLAG:

- Einbau von 40 Materialfangkästen in 33 Einzelschlägen bei 22 Landwirten, die Kästen blieben mehrheitlich stationär (Wiedereinbau am gleichen Ort) und wurden ereignisbezogen geleert.

Um alle Ergebnisse gebiets- und schlagbezogen auswerten zu können, entwickelten wir ein einfaches geographisches Informationssystem auf der Basis von TURBOBASIC (W. ROHR 1990): alle Daten werden schlagbezogen, nach Erhebungsart getrennt, abgespeichert. Auf Plänen im Massstab 1:5000 sind die entsprechenden Schläge eingezeichnet. Mit eigenen Programmen in TURBOBASIC erstellen wir verschiedene Flächenstatistiken und analysieren das Zahlenmaterial mit einem graphisch-statistischen Programm (STATGRAPHICS). Ergebnisse können parzellenscharf durch Handübertragung in Plänen im Massstab 1:5000 dargestellt werden.

### 3. Schadenskartierung und Materialfangkästen

Die Methodik von Schadenskartierungen und Materialfangkästen gehen auf die Forschungsarbeiten am Geographischen Institut der Universität Basel zurück (H. LESER & R.-G. SCHMIDT 1980). Neu zu früheren Messkonzepten ist die messtechnisch konsequent getrennt erhobene flächen- und linienhafte Erosion und derer EDV-gerechte Erfassung in Formularen.

Mit Hilfe der Kartieranleitung (W.ROHR, TH. MOSIMANN, R.BONO et. al 1990) werden alle flächen- und linienhaften Erosionsformen auf einem Plan im Massstab 1:5000 eingetragen. Bei der flächenhaften Erosion (Flächenspülung und Kleinstrillen) wird die geschädigte Fläche eingetragen, bei der linienhaften Erosion (Rillen/Rinnen) das Volumen des erodierten Bodens. Zudem werden bis zu 35 Einzel-daten pro Schadenssituation (Umfang des Schadens und erosionsrelevante Faktoren) mit einem Formular erhoben.

Im Gegensatz zu den Kartierungen lieferten die eingesetzten Materialfangkästen quantifizierbare Abtragsmengen durch flächenhafte Erosion. Nach jedem erosionsauslösendem Niederschlagsereignis wurden sie geleert, die visuell erfassbaren erosionsrelevanten Daten auf einem EDV-gerechten Formular eingetragen und das Abtragsmaterial zur Analyse ins Labor des Geographischen Institutes nach Basel geschickt.

#### 4. Diskussion der eingesetzten Methodik

Die Auswertungsarbeiten zeigen, dass die gewählten methodischen Ansätze der genannten Zielsetzung genügen. Bis jetzt konnten folgende Arbeitsschritte durchgeführt werden:

- Flächenstatistik: Darstellung der geschädigten und ungeschädigten Schläge, deren Grösse, Hangneigung, Hanglänge und Schädigungsgrad und der angebauten Kultur
- Gebietsanalysen: Vergleich der Ergebnisse aus der Flächenstatistik mit Parametern der Kartiergebiete wie Oberflächenformen, Verbreitung der Böden und der landwirtschaftlichen Bodennutzung
- Faktorenanalyse: Die einzelnen Datengruppen (Schadensdokumentation aus Kartierungen und der Erosionsereignisse bei Materialfangkästen und Auswertungen der Niederschläge) wurden mit Hilfe von Häufigkeitsverteilungen und linearer und nicht linearer Regression analysiert

Vor allem zwei Problembereiche erschwerten die Auswertungen:

1. Der Umfang der Datensätze: Für statistisch gesicherte Beziehungen zwischen einzelnen erosionsrelevanten Faktoren ist der Umfang der Datensätze in einem ersten Schritt oft zu klein.
2. Die Verknüpfung einzelner Datengruppen ist oft nur mit erheblichen Bereinigungsarbeiten möglich, da nachträglich die erhobenen Daten für eine kombinierte Auswertung noch klassiert und vergleichbar gemacht werden müssen.

In weiteren Auswertungen wird vermehrt die Methode der Gruppenbildung und schrittweisen Regression angewendet. Zudem sollen fallstudienartig an konkreten Erosionssituationen die erosionsrelevanten Faktoren erarbeitet und untereinander verglichen werden.

LESER, H. & SCHMIDT, R.-G.: Probleme der grossmasstäblichen Boden-erosionskartierung. In: Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, 21 (1980), S. 357-366.

MOSIMANN, Th.: (Projektleitung): Bodenerosion im schweizerischen Mittelland, Ausmass und Gegenmassnahmen. = Nationales Forschungsprogramm "Boden", Bericht Nr. 51, Liebefeld-Bern 1990.

ROHR, W., MOSIMANN, Th., BOND R., et. al.: Kartieranleitung zur Aufnahme von Bodenerosionsformen und -Schäden auf Ackerflächen. Materialien zur Physiogeographie, Heft 14, Geographisches Institut Basel, Basel 1990.

ROHR, W.: Bodenerosion auf Ackerflächen im tieferen, moränenbedeckten Molassegebiet des schweizerischen Mittellandes (GEBIET SEEDORF-GROSSAFFOLTERN-RAPPERSWIL). Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel (in Vorbereitung).

## Darstellung und Auswertung von Erosions- und Akkumulationsvorgängen durch Detailbodenkartierung

Schleuß, U.<sup>1</sup>, J. Fleischmann<sup>1</sup> u. H.P. Blume<sup>2</sup>

### 1. Einleitung

Im Rahmen des vom BMFT geförderten Forschungsvorhabens **Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette** wurde in den Jahren 1987- 89 eine Bodenkartierung des Untersuchungsraumes vorgenommen, um einerseits die ökologischen Eigenschaften der Böden und andererseits ihr Verbreitungsmuster zu ermitteln. Das Untersuchungsgebiet 'Bornhöveder Seenkette' liegt etwa 30 km südlich von Kiel im Randbereich der Weichselvereisung.

Im Schwerpunktraum des Untersuchungsgebietes herrscht sandiges Ausgangsmaterial (Geschiebesand, glazifluviatile Sande) vor. Als Böden sind hier vor allem sandige Braunerden in Übergängen zu Rostbraunerden entwickelt. An den Unterhängen treten sandige Kolluvisol-Braunerden in Vergesellschaftung mit z.T. mächtigen Kolluvisolen auf; in den Senken sind Kolluvisol-Gleye, Gleye, Kolluvisol-Niedermoore sowie Nieder- und Übergangsmoore entwickelt (Veiga-Reinhardt et al, 1989).

### 2. Methodik

Bei der Bohrstockkartierung wurden aktuelle ökologisch relevante Eigenschaften der Bodenlagen (u.a. Mächtigkeit, Körnung, Skelett, pH, Humusgehalt, Lagerungsdichte) ermittelt (AG Bodenkunde, 1982, Oelkers, 1984). Die Bohrpunkte (500 Peilstangenbohrungen auf 2m Tiefe) wurden relief-, nutzungs- und landschaftsbezogen ausgewählt. Die daraus abgeleitete digitale Bodenkarte (Ausschnitt s. Abb.1) ist mit Hilfe des Softwarepaketes Arc-Info (ESRI, 1989; Schaller, 1987) bearbeitet worden.

Aus der pat-Datei des Info-Datenbankteils wurde die Flächengröße der Bodeneinheit entnommen und zur Berechnung der akkumulierten Bodenmenge verwendet.

Bei der Kartierung wurde die Mächtigkeit des Kolluiviums (MAP bzw. MAh) zur Abgrenzung verschiedener Bodeneinheiten herangezogen. Für die Bodenabfolge zwischen einer Typischen Braunerde und einem Typischem Kolluvisol wurde folgende Untergliederung gewählt:

MAP bzw. MAh-Horizont < 4 dm :	Typische Braunerde
MAP bzw. MAh-Horizont >4 < 6 dm:	Kolluvisol-Braunerde
MAP bzw. MAh-Horizont >6 < 8 dm:	Braunerde-Kolluvisol
MAP bzw. MAh-Horizont > 8 dm:	Typischer Kolluvisol

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Flächenauswertung

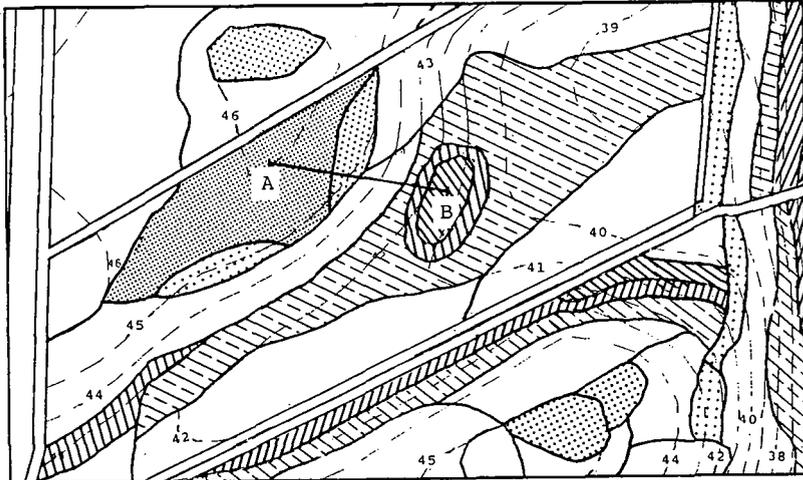
Der digitalen Bodenkarte können die Flächenanteile der erodierten und kolluvierten Bodeneinheiten entnommen werden.

<sup>1</sup> Projektzentrum Ökosystemforschung, Schauenburger Str. 112, 2300 Kiel

<sup>2</sup> Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Kiel, Olshausenstr.40-60, 2300 Kiel

Dabei lassen sich enge Beziehungen zum Relief und der Nutzung ableiten. Eine Verschneidung verschiedener Karteninhalte (z.B. Bodenart, Relief und Nutzung) kann zusätzlich zur Einschätzung der potentiellen Erosionsgefährdung herangezogen werden.

R 3581.375  
H 5996.710



R 3581.100  
H 5996.550    -- Höhenlinien    — Bodenformen    Maßstab 0 m 50

-  erodierte mittel-basische Typische Braunerde aus Geschiebesand
-  erodierte mittel-basische Rostbraunerde aus Geschiebesand
-  erodierte basenreiche Braunerde mit Tonbändern aus Geschiebesand
-  basenreiche Kolluvisol-Braunerde aus Kolluvium ü. glazifl. Sand
-  basenreicher Braunerde-Kolluvisol aus Kolluvium ü. glazifl. Sand
-  basenreicher Typischer Kolluvisol aus Kolluvium ü. glazifl. Sand

Abb.1: Ausschnitt aus der Bodenformenkarte mit den erodierten und kolluvierten Bodeneinheiten des Schwerpunktraumes 'Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette' und der Lage des Landschaftsschnittes (Abb.2) A-B

Die vorwiegend an den Unterhängen und am Hangfuß vorhandenen kolluvierten Böden nehmen einen Flächenanteil von ca. 10% ein, auf ca.8% lassen sich erodierte Böden nachweisen.

Innerhalb der Gruppe der kolluvierten Böden dominieren im Untersuchungsgebiet die Kolluvisol-Braunerden und die Braunerde-Kolluvisole. Bei den erodierten Böden handelt es sich vor allem um erodierte Typische Braunerden.

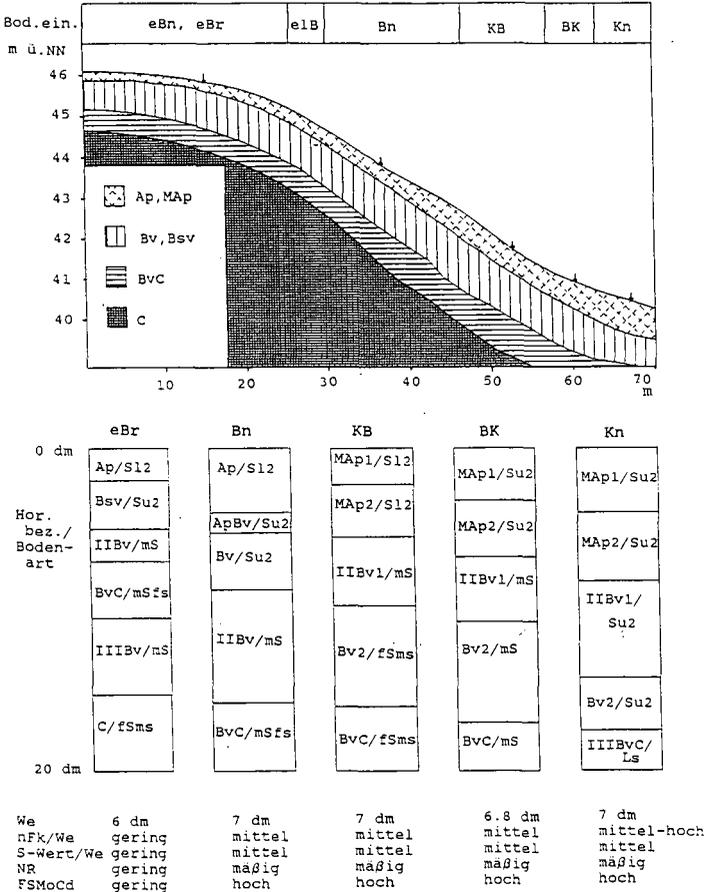
### 3.2. Akkumulationsmenge

Aus der Flächengröße, der Mächtigkeit der Kolluvien (wobei die Mächtigkeit der fAh bzw. fAp-Horizonte zu berücksichtigen ist) und der Lagerungsdichte läßt sich die im Untersuchungsgebiet akkumulierte Bodenmenge berechnen:

Insgesamt sind in dem 68,26 ha großen Schwerpunktraum auf 6,7 ha Kolluvien unterschiedlicher Mächtigkeit festgestellt worden. 32500 t Boden sind auf diese Flächen durch Erosion aufgetragen worden, woraus sich bei einer mittleren Lagerungsdichte eine durchschnittliche Kolluvienmächtigkeit von 3,45 dm ergibt.

### 3.3. Änderung ökologischer Eigenschaften der Böden

Erosion einerseits und Akkumulation andererseits führen zu veränderten ökologischen Eigenschaften der Böden (Abb.2).



Abk.: We= effektiver Wurzelraum, nFK/We= nutzbare Feldkapazität/We, NR= Nährstoffreserven, FSMocd= relative Bindungsstärke im Oberboden für Cd

Quellen: AG Bodenkunde,1982; Blume u. Friedrich,1978; DVWK, 1982; DVWK,1988

Abb.2: Schematischer Landschaftsschnitt (Verlauf des Schnittes A-B s. Abb.1) mit den Eigenschaften repräsentativer Böden

Es wird deutlich, daß die kolluviierten Böden infolge ihres höheren Gehaltes an org. Substanz eine höhere nutzbare Feldkapazität und einen höheren S-Wert im eff. Wurzelraum sowie ein höheres Bindungsvermögen im Oberboden (0-3 dm) aufweisen (Frielinghaus, 1986). Bei erodierten Böden sind aufgrund der geringeren Gehalte an org. Substanz und einer geringeren Mächtigkeit der Ap-Horizonte Ertragseinbußen zu erwarten (Battiston et al, 1987; Goeck et al, 1988).

#### 4. Zusammenfassung

Mit Hilfe einer Detailbodenkartierung wurden die erodierten und kolluviierten Flächen eines Untersuchungsgebietes ermittelt und Flächenberechnungen durchgeführt. Die durch Erosion und Akkumulation veränderten ökologischen Bodeneigenschaften werden dargestellt.

#### 5. Literatur

- AG Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Aufl., Schweizerbart'sche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- Battiston, L.A.; Miller, M.H. u. I.J. Shelton (1987): Soil erosion and corn yield in Ontario, I. Field evaluation, Can.J. Soil Sci., 67, 731-745
- Blume, H.-P. u. F. Friedrich (1978): Bodenkartierung, Standortbewertung und Ökoplanung, Verh. Gesell. Ökologie, 145-152, Göttingen
- DVWK (1982): Bodenkundliche Grunduntersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten meliorationsbedürftiger Standorte, Teil II: Ermittlung von Standortkennwerten mit Hilfe der Grundansprache der Böden, DVWK-Regeln 116/1982, P. Parey Verlag, Hamburg und Berlin
- DVWK (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen, Teil I: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren, DVWK-Merkblätter, 212/1988, P. Parey Verlag, Hamburg und Berlin
- ESRI, 1989: Arc-Info-Handbook, Environmental Systems Research Institute, California
- Frielinghaus, M. (1986): Erosionsbekämpfung, Jahresbericht der Forschungsanstalt Müncheberg, 35-38
- Goeck, J., E. Cordsen, G. Geisler u. H.-P. Blume (1988): Einfluß der Erosion auf die Standortproduktivität im Silomaisanbau, J. Agronomy Crop Sci., 161, 57-64
- Oelkers, K.H. (Hrsg) (1984): Datenschlüssel Bodenkunde, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter der Bundesrepublik Deutschland, Hannover, 100 S.
- Schaller, J. (1987): Anwendung flächenbezogener Informationssysteme für aktuelle Fragen des Bodenschutzes, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 53, 61-67
- Veiga-Reinhardt, A., U. Schleuß u. H.-P. Blume (1989): Typische Böden im Bereich der Bornhöveder Seenkette, 1. Mitteilung: Waldböden, Interne Mitteilungen Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette, 5, 19-32

Referate

Gemeinsame Sitzung der KOMMISSIONEN I und V

und des AK URBANE BÖDEN

in

HANNOVER

am 17. und 18. Mai 1990



Stadtbodeninventur

Definition - Anlaß - Methoden - Ziele

vom

Arbeitskreis Stadtböden\*  
der Kommission V der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft

Definition

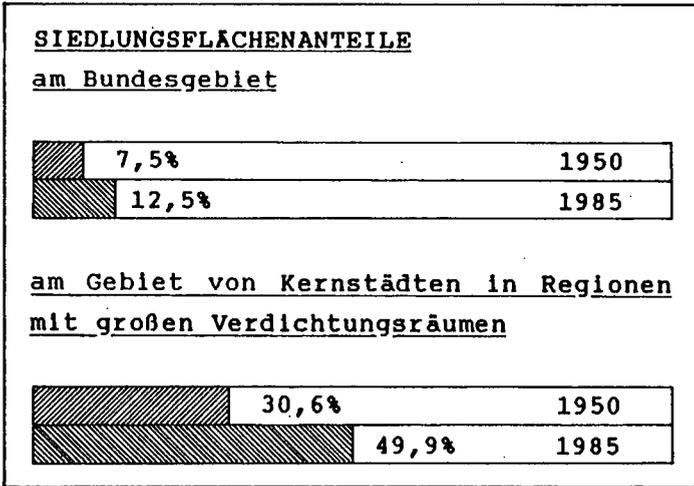
Bodenkundliche Aufnahme der Böden urban, gewerblich und industriell überformter Flächen in den Ökosystemen Dorf und Stadt.

Anlaß

- Unzureichende Kenntnis über Entwicklung, Stoffbestand und räumliche Verteilung sowie Wirkung und Leistung urbaner Böden.
- Fragen zur Benutzbarkeit, Belastung, Belastbarkeit, Gefährdung und zum Schutz von Böden und Gesteinen.
- Unzureichende Berücksichtigung der Böden bei bodenrelevanten Entscheidungen, insbesondere auf der gemeindlichen Fachplan- und Eingriffsebene.

- 
- \* H.-P. Blume, Universität Kiel  
W. Burghardt, Universität - Gesamthochschule Essen (Vorsitz)  
E. Cordsen, Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Kiel  
H. Finnern, Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Kiel  
G. Fried, Bayerisches Geologisches Landesamt, München  
R. Grenzius, Geologisches Landesamt des Saarlandes, Saarbrücken  
W. D. Kneib, Büro für bodenbewertung, Kiel  
J. Kues, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover  
G. Miehllich, Universität Hamburg  
E. Pluquet, Bodentechnologisches Institut Bremen  
W.-G. Schrap, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld  
H.-K. Siem, Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Kiel

Abb.1:



Methoden

Verfahren der Typisierung, Klassifizierung, Regionalisierung und Funktionalisierung sind für urbane Böden unzureichend oder fehlen. Probleme:

- Nutzbarmachung von Vorinformationen
- Auswahl der Untersuchungsstandorte
- Merkmalsauswahl und -erfassung
- Abgrenzung von Bodengesellschaften
- Bewertung der Eigenschaften von urbanen Böden
- Prognose der Bodenentwicklungen.

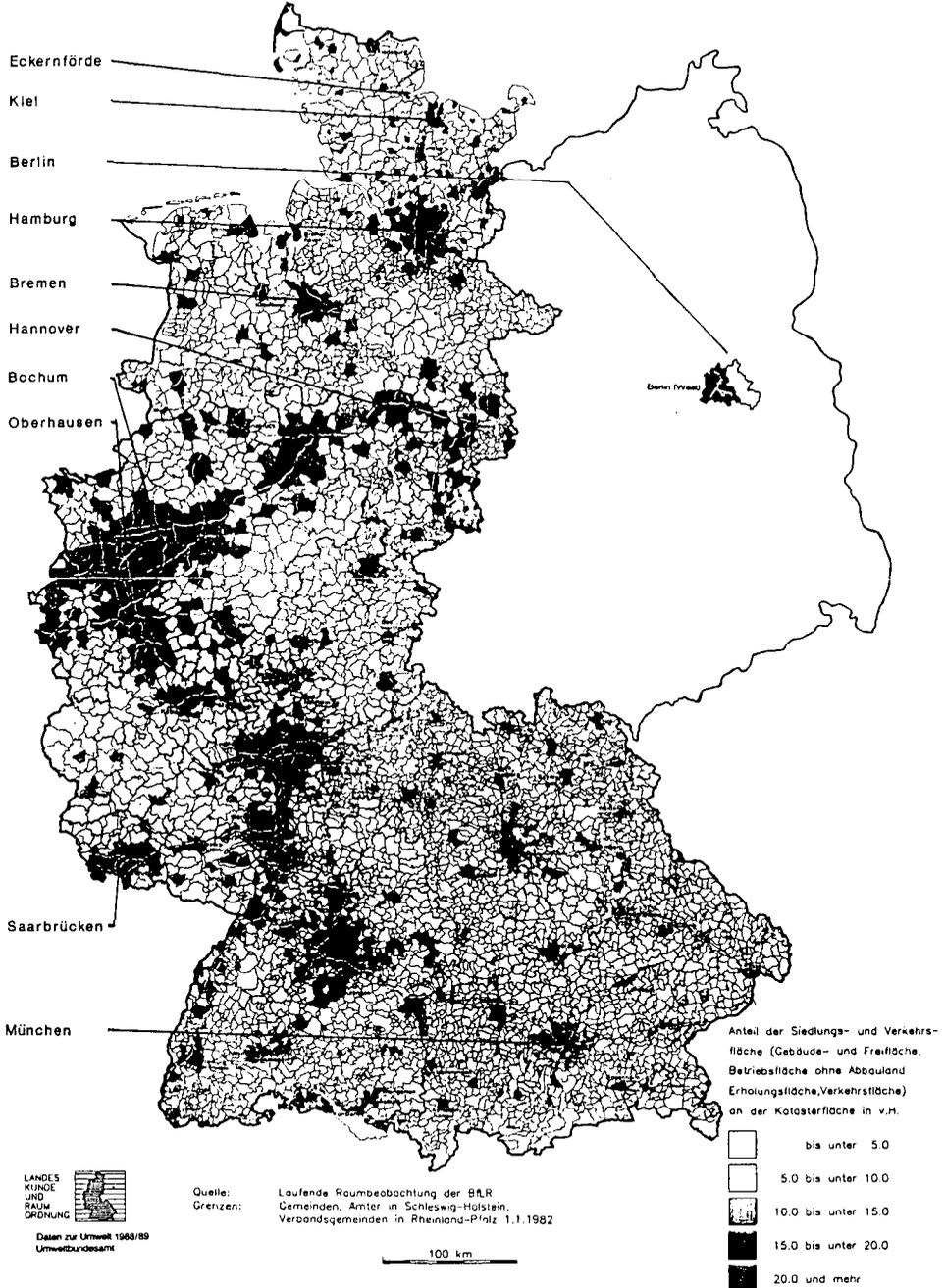
Vorschläge dazu enthalten die im Auftrag des Umweltbundesamtes seit 1987 erarbeiteten und 1989 herausgegebenen "Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden)" (UBA-Texte 18/89, Umweltbundesamt, Berlin 1989).

Ziele

Abbau von Defiziten in den Bereichen

- Inventurvorbereitung
- Kennzeichnung der Böden und Substrate
- Beurteilung des aktuellen Zustandes der Böden
- Prognose des Verhaltens von Böden, Substraten und Eintragsstoffen
- Bodenregionalisierung.

Abb.2: Siedlungs- und Verkehrsfläche in den Gemeinden der Bundesrepublik Deutschland 1985 sowie Standorte von durchgeführten, laufenden und geplanten Stadtbodeninventuren



Die Anwendbarkeit der Empfehlungen des Arbeitskreises soll durch Pilotprojekte in den Städten (Abb.2)

- Eckernförde (Schleswig-Holstein)
- Hamburg (Hamburg)
- Bremen (Bremen)
- Hannover (Niedersachsen)
- Oberhausen (Nordrhein-Westfalen)
- Saarbrücken (Saarland)
- München (Bayern)

überprüft werden.

Damit sind Faktoren wie Stadtgröße, -alter und -entwicklung, Industriearten, Baukultur, Klima, Gestein und Relief berücksichtigt.

Der Arbeitskreis Stadtböden könnte die Pilotprojekte koordinieren und Ansprechpartner für andere Fach- und Anwenderbereiche sein sowie die Projektergebnisse im Hinblick auf eine Fortschreibung seiner Empfehlungen für die Inventur urbaner Böden auswerten.

### Literatur

Arbeitskreis Stadtböden (1988):

Aufgaben, Inhalte und Aufbau eines Konzeptes zur Stadtbodenkartierung.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 56, 317-322.

Arbeitskreis Stadtböden (1989):

Kartierung von Stadtböden - Empfehlung des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden).

UBA-Texte 18/89.

Bundesministerium für Forschung und Technologie,

Projektträger Biologie, Energie, Ökologie Forschungszentrum Jülich (1990):

Statusseminar Bodenbelastung und Wasserhaushalt 28.2.1990 - 2.3.1990 in Bonn; Themenkreis III: Ökosystemare Fragestellungen des Bodenschutzes anhand von Untersuchungen der Auswirkungen verdichteter Siedlungsformen.

Projektliste des BMFT-Förderschwerpunktes und unveröffentlichte Manuskripte zur Vortragsveranstaltung.

Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (1982):

Referate des Internationalen Symposiums über Bodenkundliche Probleme städtischer Verdichtungsräume im Rahmen der Jahrestagung vom 6.9. - 12.9.1981 in Berlin.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 33, 1-280.

Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (1988):

Referate der Sitzung der Kommission V zum Thema 'Urbane Böden' am 6. und 7. Mai 1988 in Kiel.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 56, 309-404.

Vergleich mehrerer Sondierungsverfahren zur Homogenitätsprüfung  
städtischer Böden

Bachmann, J. und K. H. Hartge<sup>+</sup>

EINLEITUNG

Bei der Entnahme von Bodenproben stellt sich die Frage nach der Repräsentativität der Meßergebnisse. Dies gilt in besonderem Maß für Stadtböden, deren natürliche Variabilität zusätzlich durch anthropogene Einflüsse überformt werden kann.

Zur Beschreibung der Heterogenität wurden drei Sondierungsverfahren auf einer Testfläche erprobt. Die Untersuchungen wurden mit dem Ziel durchgeführt, die Struktur einer Fläche in Hinblick auf die folgenden Fragestellungen zu bewerten:

- Wie homogen ist die Fläche ?
- Wo sind die Extrempositionen ?
- Wo ist der Bereich mit der höchsten Variabilität ?

Bei den statistischen Auswertungen stand die Analyse der räumliche Verteilung der Meßwerte durch Semi- Variogramme<sup>x</sup> (Anlauf, 1988) im Vordergrund.

Die Untersuchungsfläche befindet sich im Stadtgebiet Hannover in einem öffentlichen Park im Bereich der Leineau (Georgengarten). Dort findet sich Auelehm in einer Mächtigkeit von ca. 60 cm über fluviatilen Sanden. Der Grundwasserflurabstand beträgt ca. 1.2 m. Im zweiten Weltkrieg wurde der Park erheblich in Mitleidenschaft gezogen.

METHODEN

Die Meßfläche von 50 x 100 m wurde in Quadrate mit der Kantenlänge 10 m aufgeteilt; an 8 zufällig ausgewählten Traversen wurde im Abstand von 1 m ergänzend gemessen (Ausnahme Troxler Sonde).

Folgende Geräte wurden eingesetzt:

1: Handpenetrometer (EIJKELKAMP)

Meßtiefe: 0-100 cm unter Geländeoberfläche

Meßprinzip: mechanische Verformbarkeit, Sondenspitze 1 und 2 cm<sup>2</sup>

Meßgröße: Eindringwiderstände

2: Oberflächen- Feuchtigkeits- und Dichtemeßsonde (TROXLER 3411B)

Meßtiefe: 0-20 cm; beim Einbringen der Quelle in den Boden bis 45 cm

Meßprinzip/ Gamma Absorption für Trockendichtemesseung

Meßgröße: Quelle: Cs-137 (Aktivität 8 mCi)

Neutronenstreuung für Wassergehaltsmessung

Quelle: Am-Be (40 mCi, 70000 Neutronen/s)

3: Boden- Leitfähigkeitssonde (GEONICS EM-31)

Meßtiefe: ca. 0-3m

Meßprinzip: Induktion eines elektromagnetischen Feldes im Boden

Meßgröße: Spezifischer elektrischer Widerstand im Boden

---

x Die Programme wurden freundlicherweise von Dr. R. Anlauf zur Verfügung gestellt

+ Institut für Bodenkunde, Herrenhäuser Str. 2, 3000 Hannover 21

## ERGEBNISSE UND DISKUSSION

In der Abb. 1a und 1b sind die Summenwerte der Eindringwiderstände in der Bodentiefe 0-40, bzw. 0-45 cm flächendeckend dargestellt. Die räumliche Verteilung der Meßwerte zeigt für die unterschiedlichen Zeitpunkte (durchschnittliche Wassergehalte Abb.1a 14 Gew-%, Abb.1b 23 Gew-%) ein kongruentes Verteilungsmuster von Teilbereichen mit hohen, bzw. geringen Summenwerten.

Im Vergleich Lagerungsdichte - Eindringwiderstand besteht eine verhältnismäßig gute Übereinstimmung (Abb.1c) in dem Tiefenbereich 0-40 cm. In gleicher Weise, wenn auch kleinräumiger differenziert, verteilen sich die Extremwerte bei den Eindringwiderständen.

Eine abweichende, in höherem Maß zonale Anordnung gleicher Meßwertklassen liefert die elektromagnetische Sondierung (Abb. 1d).

Bei allen Sondierungen werden Bereiche mit Extremwerten am oberen rechten Kartenrand und mittlere Werte im Zentralbereich der Meßfläche festgestellt.

Die flächenhafte Variabilität des untersuchten Bodens sowie die unterschiedliche Größe der mit den verschiedenen Methoden erfaßten Bodenvolumina haben Unterschiede in der räumlichen Abhängigkeit (Range) zur Folge.

Bei den Eindringwiderständen ist in den Meßtiefen 10 cm und 100 cm keine räumliche Abhängigkeit erkennbar; im Bereich dazwischen ist sie deutlich ausgebildet und hat in 60 cm Tiefe ihr Maximum (Abb.2, Abb.3a).

Die Meßwerte der Lagerungsdichte lassen keine Tiefenzuordnung zu. Ihre räumliche Abhängigkeit erstreckt sich auf ca. 40 m.

Ein ähnliches Ergebnis zeigt die räumliche Abhängigkeit des spezifischen elektrischen Widerstandes. (Abb.3b).

Abschließend kann festgestellt werden, daß die Wahl der genauen Position für den Einbau einer registrierenden Meßanlage oder für die Entnahme als repräsentativ anzusprechender Proben mit allen Verfahren objektiviert werden kann. Das Verfahren mit der mechanischen Sonde ermöglicht eine Tiefenzuordnung der Werte. Das Dichtemeßverfahren ist ähnlich empfindlich, liefert aber nur bedingt eine Tiefenauflösung. Beiden Verfahren gegenüber ist das EM-Verfahren einfacher zu handhaben. Es gibt aber eine prinzipiell andere räumliche Verteilung der Meßwerte an. Die Aussage, welche Positionen auf der untersuchten Fläche Extremwerte darstellen und welche zu dem flächenmäßig häufigsten Anteil gehören, fällt daher für alle Methoden nicht einheitlich aus.

## LITERATUR

Anlauf, R. et al (1988) Modelle für Prozesse im Boden  
Enke Verlag, Stuttgart

Abb.1a)

SUMME DER EINDRINGWIDERSTÄNDE DER TIEFE 0 - 45 cm (14.6.89)  
156 MESSPUNKTE; MESSTIEFE 10 20 30 45 cm

KLASSENGRENZEN: 130 160 190 220 250 >250 kp/cm<sup>2</sup>  
hell <-----> dunkel

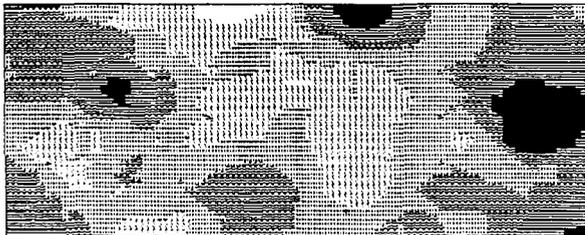


Abb.1b)

SUMME DER EINDRINGWIDERSTÄNDE DER TIEFE 0 - 40 cm (4.4.90)  
156 MESSPUNKTE 2 TIEFEN

KLASSENGRENZEN: 25 35 45 55 65 >65 KP/cm<sup>2</sup>

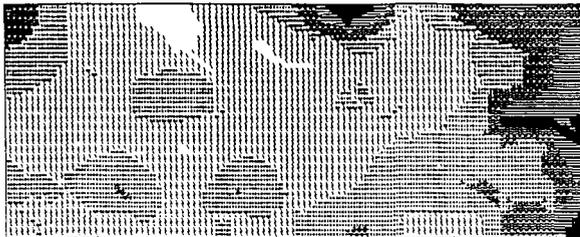


Abb.1c)

DURCHSCHNITTLLICHE LAGERUNGSDICHTE IN DER TIEFE 0 - 40 cm  
66 MESSPUNKTE

KLASSENGRENZEN: 1.35 1.40 1.45 1.50 1.55 >1.55 g/cm<sup>3</sup>

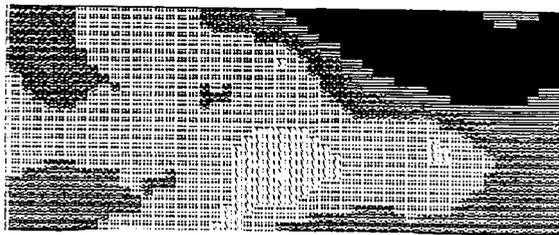


Abb.1d)

Spezifischer elektrischer Widerstand im Boden (3.8.89)  
156 MESSPUNKTE

KLASSENGRENZEN: 10 12 14 16 18 <18 Ωm

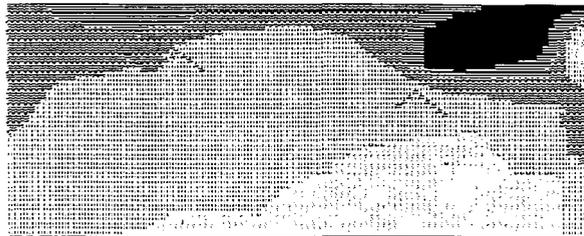


Abb.2)

Räumliche Abhängigkeit (Range) der Eindringwiderstände als Funktion der Tiefe. Mittelwerte von 3 Sondierungen zu verschiedenen Terminen auf der Fläche Georgengarten.

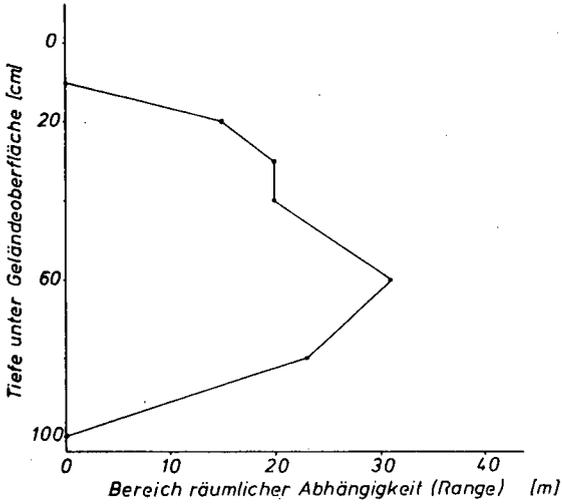


Abb.3a)

Semivariogramm der Eindringwiderstände in der Tiefe 0-10 cm einer Parkrasenfläche

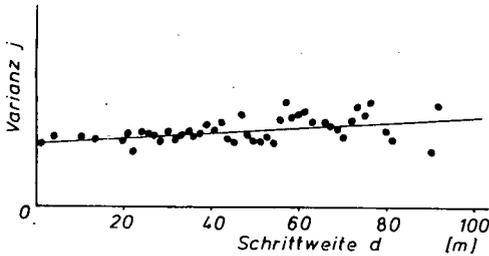
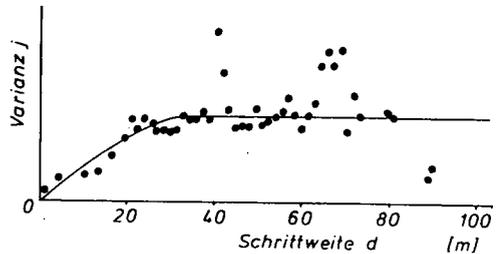


Abb.3b)

Semivariogramm der EM-31 Meßwerte einer Parkrasenfläche



Ein Prototyp eines Bodeninformationssystems für urbane Räume

H. U. Bartsch\*

Im Rahmen des ökologischen Forschungsprogrammes Hannover soll ein Umweltinformationssystem entwickelt werden. Ein wichtiger Bestandteil davon ist ein Bodeninformationssystem, das beim Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung erstellt wird. Das gesamte System soll in der Stadt in den Verwaltungsvollzug integriert werden.

Einige Merkmale des geplanten Systems können mit dem vorgestellten Prototyp anhand von Anwendungsbeispielen dargestellt werden:

- Der Nutzer des Systems hat die Möglichkeit, sachbezogen oder vom Raum ausgehend Informationen aus der Sachdatenbank abzufragen. Konkret werden Gewerbestandorte betrachtet, denen automatisch Schadstoffe entsprechend einer Matrix (s. Kinner et al. 1986, S. 68 ff.) zugeordnet werden. In gleicher Weise können Daten (z.B.: Bodenart, Horizontierung etc.) zu unterschiedlichen Bodeneinheiten aus dem Stadtgebiet abgefragt werden.

- Der Zugriff auf die in dem System vorhandenen Methoden ist in direkter und einheitlicher Weise möglich. Der Nutzer muß keine Angaben zu den benötigten Daten vorgeben. Das System ist in der Lage, sich diese selbst auszuwählen. In dem Prototypen werden zwei Methoden eingesetzt: Schwermetallgefährdungspotential (nach DVWK 1988) und Sickerwasserratenbestimmung (nach Renger et al. 1987 und Plath 1987).

- Die Methoden können nicht nur mit vorhandenen Basisdaten (solche, die im Gelände erhoben werden, die im Labor gemessen werden und/oder die aus weiteren Unterlagen stammen) "betrieben" werden. Es ist ebenfalls möglich, mit ihnen Szenarien zu rechnen und auf diese Weise wertvolle Informationen zu unterschiedlichen Handlungsalternativen zu erlangen. Anhand der Bestimmung des Schwermetallgefährdungspotentials (DVWK 1988) kann beispielsweise gezeigt werden, wie sich Veränderungen des pH-Wertes auf die Grundwassergefährdung durch

---

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

Schwermetalle auswirken. Der Nutzer kann diese Erkenntnisse - z.B. durch entsprechende Kalkgaben - in konkrete Handlungen umsetzen.

- Die Vielfalt der in dem System schon jetzt oder zukünftig vorhandenen Daten und Methoden muß sich auch durch weniger geübte Benutzer bzw. "Nichtbodenkundler" sinnvoll einsetzen lassen. Es sind entsprechende Möglichkeiten im System vorhanden, um bodenkundliches Wissen auf einem sehr hoch aggregierten Niveau darzustellen. So werden bodenkundliche Informationen in die Denk- bzw. Handlungsdimensionen unterschiedlich ausgebildeter Nutzer transferiert. Die problemorientierte und systemgesteuerte Verknüpfung von Daten und Methoden kann an der Ableitung "sinnvoller" Baugrundzahlen als Maß der Versiegelung für hypothetische Bebauungsgebiete gezeigt werden. Grundlage für die hierbei nötige Bewertung der Bodenverhältnisse ist folgender Ansatz:

Erzielung von möglichst hohen Versickerungsraten - bezogen auf die hannoverschen Verhältnisse (siehe auch Sbresny et al. 1990) - bei möglichst geringer Beeinträchtigung des Grundwassers durch Schadstoffe

#### Weiteres Vorgehen und Probleme beim Systemaufbau

Der Ausbau des Systems wird in modularer Weise vorgenommen. Neben den technischen Schwierigkeiten, die hierbei zu überwinden sind, zeigte die anschließende Diskussion besonders zwei Problembereiche:

- Es ist noch nicht befriedigend geklärt, welche Informationen später von welchen Nutzern abgefragt werden sollen. Die Leistungsmerkmale solcher Systeme können nur durch einen Rückkoppelungsprozess zwischen potentiellen Anwendern und Systementwicklern bzw. Bodenkünlern definiert werden. Es zeichnet sich ab, daß die Bodenkünlern in dieser Diskussion eine führende Rolle übernehmen müssen.

- Für die technisch machbare problemorientierte Integration von Daten und Methoden - insbesondere auf hoch aggregierter Ebene - müssen zwei wesentliche Voraussetzungen geschaffen werden. Auf der einen Seite müssen die aufzunehmenden Daten und Methoden genau beschrieben sein; hierzu gehört auch die Angabe ihrer jeweilig "sinnvollen Einsatz-

bereiche". Gerade für den Bereich der Methoden bedeutet es, daß ein Schwerpunkt in ihrer Valedierung für bestimmte Einsatzbereiche liegen muß. Weiterhin müssen sie in Richtung des maximalen praktischen Aussagewertes bei minimalem Datenbedarf und einfacher Handhabbarkeit optimiert werden. Auf der anderen Seite müssen handlungsbezogene Bewertungsansätze für die aus Daten und Methoden ableitbaren Erkenntnisse geschaffen werden.

Ein solchermaßen aufgebautes System sollte bei unterschiedlichsten Fragestellungen entscheidende Hinweise liefern können, um bei bodenrelevanten Entscheidungen das Potential dieser wichtigen Resource möglichst zu erhalten, zu verbessern und optimal einzusetzen.

#### Literatur

DVWK-Merkblatt 212 (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. Teil I: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren, Verlag Paul Parey.

KINNER, U. et al. (1986): Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen - ein erster Schritt zur Gefährdungsabschätzung für ehemalige Betriebsgelände, UBA TEXTE 31/86.

PLATH, R. (1987): Ermittlung der Grundwasserneubildung für Berliner Standorte, Diplomarbeit am Institut für Ökologie, Fachgebiet Bodenkunde der TU Berlin.

RENGER, M. et al. (1987): Boden- und Nutzungskarten als Grundlage für die Bestimmung der Grundwasserneubildung mit Hilfe von Simulationsmodellen am Beispiel von Berlin (West), Mitteilungen Dtsch. Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 53.

Sbresny, J. et al. (1990): Erstellung einer Sickerratenkarte von Hannover nach einer Methode von Renger, Wessolek und Plath - Beispiel für den flächendeckenden Einsatz eines Simulationsmodells, in diesem Band.



Zur Konzeption der Bodenforschung im Ökosystem  
verdichteter Siedlungsformen

von  
W. Burghardt \*

1. Einleitung

Die Bodenforschung in verdichteten Siedlungsformen ist eine noch junge Teildisziplin der Bodenkunde. Daraus folgen die Feststellungen

1. der Kenntnisstand ist weitgehend defizitär.
2. Der Dialog zwischen Bodenkunde und Anwender bodenkundlicher Kenntnisse in der Stadt steht am Anfang und ist dementsprechend unterentwickelt.
3. Anwendungsmöglichkeiten und Anforderungsbedarf sind unzureichend bekannt und müssen entwickelt werden.

Weltweit ist die Bodenforschung verdichteter Siedlungsformen ähnlich unterentwickelt wie in der Bundesrepublik Deutschland.

Eine Konzeption der Bodenforschung muß daher nicht nur die Inhalte der Bodenforschung in verdichteten Siedlungsformen aufzeigen, sondern sich auch mit den Verknüpfungsstrukturen zwischen Anwender und Bodenkunde auseinandersetzen, wie dies im ländlichen Raum längst geschehen ist. Dies soll jedoch in dieser Arbeit nicht weiter vertieft werden.

2. Systemverständnis

Die folgende Konzeption baut auf dem Verständnis verdichteter Siedlungsformen als Ökosystem auf (Tabelle 1). Im Ökosystem Landschaft wirken einzelne Elemente als Faktoren, die Prozesse auslösen, damit Eigenschaften der Elemente verändern und dadurch Potentiale für eine Nutzung der Böden und zur Erfüllung von Funktionen sowie die Empfindlichkeit der Böden gegenüber Belastungen beeinflussen.

In der Stadt wird die natürliche faktorielle Ausstattung der Landschaft durch Eingriffe des Menschen erweitert oder überdeckt. Auf der Ebene der Prozesse erfolgt die Verknüpfung der Faktoren. Dies geschieht durch die auch in der Stadt wirksamen Naturgesetze, was zu neuen Eigenschaften des Ökosystems Stadtlandschaft führt. Diese Kausalkette der Genese und Funktion des Ökosystems verdichteter Siedlungsformen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Kurz einige Anmerkungen zur Begriffswahl "verdichtete Siedlungsformen": Merkmale von Stadtböden werden auch in anderen Siedlungsformen auftreten. Daher wird als

---

\* Angewandte Bodenkunde, Universität-GHS Essen, Universitätsstr.5, 4300 Essen 1

umfassender Begriff verdichtete Siedlungsformen vorgeschlagen.

### 3. Struktur der Forschungskonzeption

Aus obigen Ausführungen ergibt sich die in Tabelle 2 dargestellte Struktur der Forschungskonzeption. Ich möchte an dieser den Vorschlag der Forschungskonzeption erläutern.

In den bisherigen Arbeiten zur Stadtbodenforschung lag der Schwerpunkt auf der faktoriellen Ebene. Dies war auch sinnvoll, da von ihr die wesentlichsten Wirkungen ausgehen und diese Ebene am einfachsten beeinflussbar, d.h. Entscheidungen und Handlungen zugänglich ist.

Jedoch darf nicht übersehen werden, daß die Kenntnisse der Ausstattung der faktoriellen Ebene noch nichts über deren Wirkung aussagt. Eine Schwerpunktsetzung zur Erforschung der Faktorenausstattung und -strukturen macht nur einen Sinn, wenn sie sich an deren Wirkung orientiert. Es müssen daher der Boden als Ort der Prozesse bzw. die im Boden ausgelösten und über diesen wirkenden Prozesse bekannt sein. Obiger Zusammenhang wurde bisher in der Umweltforschung nur untergeordnet thematisiert. Der Boden als Regelungsgröße muß somit in den Vordergrund der Forschungskonzeption gestellt werden.

Betont werden muß, daß Böden nicht einzelne, isoliert betrachtbare Körper sind, sondern daß sie flächendeckend in der Landschaft auftreten. Bodeneigenschaften sind daher in ihrer räumlichen Verteilung zu erfassen. Dazu ist eine Kartierung und die Regionalisierung der Böden erforderlich. Dies betrifft sämtliche in der Tabelle 2 aufgeführten Ebenen, von den Faktoren bis hin zu den Funktionen. Auf sämtliche Ebenen können weiterhin Entscheidungsprozesse und Handlungen ansetzen, worauf auf der rechten Seite der Tabelle 2 hingewiesen wird.

### 4. Inhalte der Forschungskonzeption

Ein Ausgangspunkt der bisherigen Bodenforschung verdichteter Siedlungsformen war die Wirkung der Flächennutzungsformen auf den Boden und die Beeinflussbarkeit der durch diese bedingte Konstellation der Bodenbelastung. Dabei versuchte man, die Kenntnisse über Bodenmerkmale und -prozesse der freien Landschaft zu übernehmen. Wenngleich die Gesetzmäßigkeit der Prozesse die gleichen in ländlichen wie in Gebieten verdichteter Siedlungsformen sind, besteht eine Vielzahl von Besonderheiten und damit ein erheblicher Ergänzungsbedarf. Im wesentlichen tritt eine Verschiebung der Ausprägung, Kombination und Häufigkeit des Vorkommens einzelner Bodeneigenschaften und damit der Intensität einzelner Prozesse auf. Dabei treten Themen in den Vordergrund des Forschungsinteresses, die im ländlichen Raum von untergeordneter Bedeutung waren und daher unbearbeitet blieben.

Wie bereits ausgeführt, erscheint es sinnvoll, daß sich die Bodenforschung in verdichteten Siedlungsformen überwiegend auf der faktoriellen Ebene der Bodenentwicklung zunächst betätigt.

In Tabelle 3 sind wesentliche Faktoren verdichteter Siedlungsformen, die auf Prozesse und damit auf die Bodenbildung Einfluß nehmen, dargestellt.

Ein zweiter Schwerpunkt ist die Stadtbodeninventur mit den Inhalten

- Vorbereitung der Kartierung, Entwicklung einer Konzeptkarte
- Merkmalerfassung, Horizont- und Profilbeschreibung
- technologischen Überprägungen und geprägte Substrate
- Ableitung von Schätzgrößen und funktionale Kennzeichnung von Böden
- Bodenentwicklung und Prognosen zur Bodenbildung
- Klassifikation
- Regionalisierung

Die Stadtbodeninventur verschafft die Kenntnisse über den Bodenbestand und damit die Grundlage einer bodengerechten Flächennutzung. Zu deren Entwicklung ist eine Zusammenführung der Inhaltsbereiche Inventur und Forschung zur faktoriellen Konstellation und zu Prozessen der Bodenentwicklung erforderlich. Dabei sollten die eingangs genannten Ziele Abbau der defizitären Kenntnisse, Dialog zwischen Anwender und Bodenkunde sowie Entwicklung der Anwendungsbereiche bodenkundlicher Kenntnisse Berücksichtigung finden.

Tabelle 1: Kausalkette der Genese und Funktion des Ökosystems verdichteter Siedlungsformen

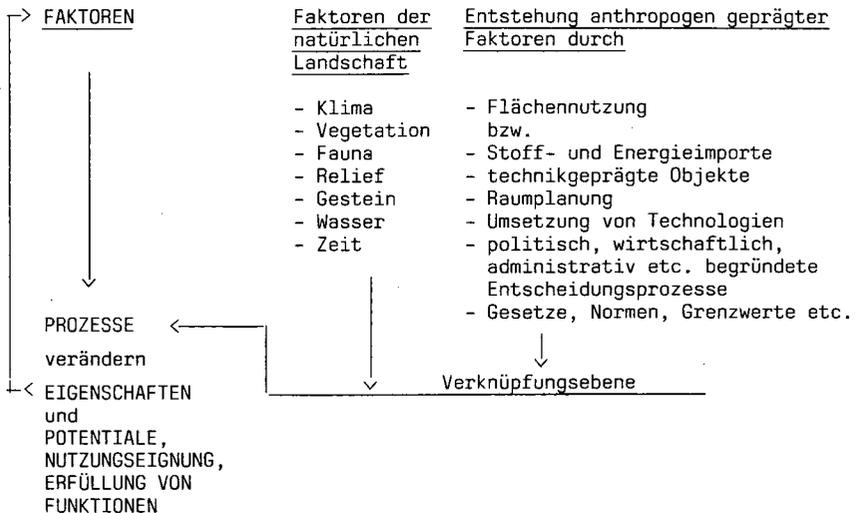


Tabelle 2: Strukturierung der naturwissenschaftlichen, ökosystemaren und technischen Grundlagen der handlungsorientierten Bodenforschung in verdichteten Siedlungsformen

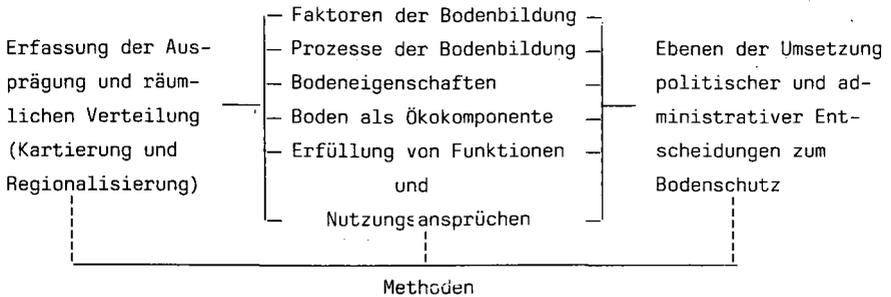


Tabelle 3: Spezielle Faktoren, Prozesse und Merkmale verdichteter Siedlungsformen

1. Veränderter Stoffbestand durch
  - Feststoffaufträge von natürlichen und technogenen Substraten oder Gemengen aus diesen
  - Stoffeinträge, gasförmig, gelöst oder fest aus Atmosphäre, Produktions- und Siedlungsstätten, Infrastruktureinrichtungen
  - Humusbildung
2. Veränderter Stoffaustausch zwischen den Sphären durch
  - Klima
  - Bodenverdichtung
  - Versiegelung
  - Wassereinzugsgebietsveränderung
3. Überprägung natürlicher Merkmals- und Prozeßstrukturen durch anthropogene Raummuster
4. Zeit, Flächennutzungswandel

Merkmale, Nähr- und Schadstoffgehalte von Kleingarten-  
böden im nördlichen Ruhrgebiet

von

Burghardt, W., M. Bahmani-Yekta und Th. Schneider <sup>+</sup>

1. Einführung

Diese Untersuchungen sollten einen Einblick in das Ausmaß der Schwermetallbelastungen in Kleingartenanlagen im nördlichen Ruhrgebiet geben. Solche Untersuchungen beschränken sich bisher auf die Erfassung von Schwermetallen im Königswasseraufschluß von Grabelandböden. Kenntnisse zum Einfluß von Nutzungsformen, pflanzenverfügbaren Schwermetallen, Nährelementen und dem Volumengewicht liegen nicht oder nur selten vor. Diese Arbeit soll hierzu einen Beitrag leisten.

2. Standorte und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten an 4 Kleingartenanlagen der Stadt Bottrop. Die Verteilung der untersuchten Nutzungsformen Grabeland, Rasen, Kompost und Wiese zeigt die Tabelle 1.

Die Probenahme erfolgte in Stechzylindern à 250 bzw. 1000 ml, aus denen nach Volumengewichtsbestimmung Boden für die übrigen Untersuchungen gewonnen wurde. An einem Teil der Proben wurde die Korngrößenverteilung ermittelt. Bei sämtlichen Proben wurde der pH-Wert in 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -Lösung, Gesamtgehalte an C und N, die Schwermetalle Zn, Pb, Cd, Cu, Ni im Königswasseraufschluß sowie 0,1 M  $\text{CaCl}_2$ -Lösung, P und K nach der Doppellaktatmethode gemessen. In diesem Bericht werden die Ergebnisse aus dem ca. 30 cm mächtigen Bearbeitungshorizont des Grabelandes, aus Komposthaufen und aus 0-5 cm Tiefe des Rasens mitgeteilt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Als dominierende Bodenart wurde in sämtlichen Kleingartenanlagen lehmiger Sand vorgefunden. Bei einer Gartenanlage traten teilweise auch sandiger Lehm und sandig toniger Lehm auf.

---

<sup>+</sup> Angewandte Bodenkunde, Universität-GHS Essen, Universitätsstr. 5, 4300 Essen 1

Die Mittelwerte, Streuung und Häufigkeitsverteilung der bestimmten Elemente enthält die Tabelle 2.

Die C-Gehalte lagen überwiegend zwischen 4 und 6%, im Rasen auch bei 6-8%. Die Kompostvarianten wiesen Gehalte zwischen 8 und 9% auf. Die untersuchten Kompostvarianten wiesen auf eine starke Mineralisierung der kompostierten Pflanzenreste hin. Die Gesamt-N-Gehalte konzentrierten sich bei den Nutzungsformen Grabeland und Wiesen im Bereich von 2-3%, beim Rasen von 2-4%. Die Kompostvarianten waren teilweise N-reicher. Die C/N-Verhältnisse streuten über den weiten Bereich von 14 bis 28. Die Kompostvarianten waren mit 15,9 und 23,4 uneinheitlich hinsichtlich der C/N-Verhältnisse.

Die pH-Werte streuten beim Rasen in einem weiten Bereich von pH 5,3 bis 6,9. Beim Grabeland konzentrierten sie sich im Bereich von pH 6-7. Die Komposte entsprachen mit pH 6,2 und 6,7 etwa dem Grabeland.

Hoch bis extrem hoch waren die P- und K-Gehalte. Besonders deutlich tritt die hohe Aufdüngung mit P bei den Grabelandvarianten hervor. Auch beim Kalium lag die Versorgung beim Grabeland über der des Rasens.

Die aus dem Königswasseraufschluß ermittelten Zink-, Blei-, Cadmium-, Kupfer- und Nickelgehalte wiesen deutlich auf die merklich Schwermetallkontamination der Böden hin.

Insgesamt waren für Rasenflächen bei Zink und Cadmium geringere Gehalte als beim Grabeland feststellbar, für Blei und Nickel etwas höhere. Die beiden Kompostvarianten unterschieden sich hinsichtlich Zn, Cd- und Cu-Gehalte deutlich. Im Vergleich zur Belastung der Wiese waren bei Zink, Kupfer und Nickel die Gartengehalte deutlich höher, während für Blei und vor allem Cadmium eine Belastung der Wiese wie bei den Nutzungsformen der Gärten festgestellt wurde.

In 0,1 M  $\text{CaCl}_2$ -Lösung wurden pflanzenverfügbare Schwermetalle ermittelt. Zink-Gehalte wiesen in Abhängigkeit vom pH-Wert einen weiten Schwankungsbereich auf. Wie das Verhältnis der in 0,1 M  $\text{CaCl}_2$ -Lösung zu im Königswasser bestimmten Zinkgehalten zeigt, besteht eine enge Beziehung der löslichen Zinkfraktion zum pH-Wert (Abbildung 1). Entsprechend ist die Zn-Verfügbarkeit im Rasen häufig höher als im Grabeland.

Die Volumengewichte im Grabeland waren deutlich niedriger als bei der Mehrzahl der Rasenflächen. Die Volumengewichte streuten allerdings im Grabeland erheblich, was auf die unterschiedlichen Bearbeitungszeitpunkte zurückzuführen ist.

Die untersuchten Komposte wiesen keine erheblich höheren C-Gehalte als die Gartenböden auf. Auch ihr Schwermetallgehaltsspektrum war ähnlich. Damit scheint die Kompostwirtschaft zur Stabilisierung des Schwermetallgehaltsniveaus der Kleingärten wie auch der Menge durch Pflanzen entzogener Schwermetalle beizutragen.

**Tabelle 2: Mittelwerte und Häufigkeitsverteilung von chemischen und physikalischen Bodenmerkmalen in Abhängigkeit von der Nutzungsform**

Nutzung	Merkmal	-		Häufigkeit, n					Merkmal	-		Häufigkeit, n							
		X	S	-5,5	-6,0	-6,5	-7,0	-7,5		X	S	-0,9	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5			
	pH																		
Ra		5,9	--	1	3	5	4	0	Volumengewicht	1,12	0,26	1	4	2	5	1			
Gr		6,5	--	0	0	8	5	1	g/cm <sup>3</sup>	1,06	0,25	2	5	4	2	1			
Wi		4,8	--	1	0	0	0	0		1,00	----	0	1	0	0	0			
Ko		6,4	--	0	0	1	1	0		1,03	----	0	1	1	0	0			
	C, %																		
Ra		5,7	1,5	-2	-4	-6	-8	-10	Zn(KW)			-150	-200	-300	-350	-650			
Gr		5,2	1,6	0	1	6	6	0	ppm	283	139	0	1	9	1	2			
Wi		5,2	---	0	2	8	3	1		243	116	1	3	6	3	1			
Ko		8,6	---	0	0	1	0	0		196	---	0	1	0	0	0			
				0	0	0	0	2		294	---	0	0	1	0	1			
	N, %																		
Ra		2,9	0,7	-2	-3	-4	-5	-6	Pb(KW)			-60	-80	-100	-120	-160			
Gr		2,6	0,9	0	8	4	1	0	ppm	101	29	0	3	3	4	3			
Wi		2,6	---	1	12	0	1	0		89	30	1	4	6	1	2			
Ko		4,0	---	0	1	0	0	0		86	---	0	0	1	0	0			
				0	0	1	0	1		99	---	0	0	1	1	0			
	C/N																		
Ra		19	4,0	-14	-16	-20	-24	-28	Cd(KW)			-1	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0			
Gr		20	4,5	0	1	7	5	0	ppm	2,3	0,6	0	0	3	7	3			
Wi		20	---	0	1	6	6	1		2,4	0,5	0	0	2	5	7			
Ko		20	---	0	0	0	1	0		2,6	---	0	0	0	0	1			
		20	---	0	1	0	1	0		2,0	---	0	1	0	0	1			
	K <sub>2</sub> O(DL)																		
Ra	mg/100g			-12	-30	-60	-90	-160	Cu(KW)			-20	-40	-60	-100	-160			
Gr	TS								ppm										
Wi		22	10	3	7	3	0	0		46	38	2	6	1	3	1			
Ko		40	33	1	6	4	1	2		47	42	3	5	3	1	2			
		30	--	0	1	0	0	0		19	--	1	0	0	0	0			
		35	--	0	1	1	0	0		47	--	0	1	0	1	0			
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (DL)																		
Ra	mg/100g			-36	-60	-80	-100	-120	Zn(CaCl <sub>2</sub> )			-10	-20	-30	-70	-150			
Gr	TS								ppm										
Wi		56	21	2	4	6	1	0		36	46	5	1	4	1	2			
Ko		77	22	0	2	4	8	0		8,6	4,1	8	6	0	0	0			
		32	--	1	0	0	0	0		142	---	0	0	0	0	1			
		75	--	0	1	0	0	1		6,3	---	2	0	0	0	0			

KW : Königswasseraufschluß

CaCl<sub>2</sub> : Aufschluß in 0,1 M CaCl<sub>2</sub> - Lösung

Ra: Rasen; Gr: Grünland; Wi: Wiese; Ko: Kompost

gen. Zur Bestätigung dieser Aussage sind jedoch umfangreiche Untersuchungen erforderlich.

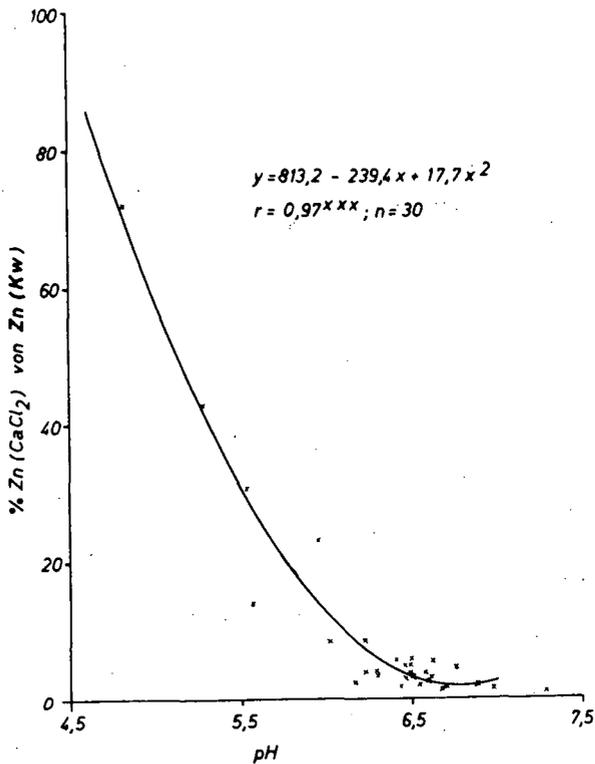
Danksagung: Der Stadt Bottrop danken wir für die Förderung der Arbeit.

Tabelle 1: Verteilung der untersuchten Nutzungsvarianten auf die Kleingartenanlagen

Gartenanlage lfd. Nr.	Grabeland	Rasen	Kompost	Wiese
1	4	5	1	-
2	3	3	-	1
3	4	3	1	-
4	4	2	-	-
Gesamt	15	13	2	1

Abbildung 1:

Beziehung des Verhältnisses aus Zn ( $\text{CaCl}_2$ ) zu Zn (Königswasser) zum pH-Wert



Möglichkeiten des Einsatzes von Daten der Reichsbodenschätzung  
bei Stadtbodeninventuren

VON

CORDESEN, E.\*

Vorwort

Insbesondere die Randbereiche von Siedlungsflächen in den Übergangszonen zu den land- und forstwirtschaftlich genutzten Räumen weisen aus ihrer Lage und Funktion heraus sowohl eine besonders große Vielfalt der Faktoren der Bodenbildung (insbesondere der anthropogenen Nutzung und Überformung, des Ausgangsgesteines und der Vegetation) und damit der vorkommenden Bodenformen (Diversität) als auch, besonders aufgrund der Nutzungsvielfalt, kleinräumigen Wechsel dieser Bodenformen (Variabilität) auf (siehe auch 1). Dementsprechend treffen hier zwei Tätigkeitsfelder mit den dazugehörigen Arbeits- und Untersuchungsansätzen und -methoden aufeinander. Methodisch und konzeptionell können Bodeninventuren in beiden oben genannten Räumen jedoch grundsätzlich nicht voneinander getrennt werden.

Einleitung

Die Daten der Reichsbodenschätzung beinhalten neben ihrer Bestimmung, Grundlage für eine gerechte Besteuerung zu sein, die Möglichkeit und die Aufgabe, als Grundlage für eine sinnvolle Gestaltung der Bodennutzung zu dienen (4). Letzteren Zweck erfüllen sie in einigen Bundesländern als Grundlage der flächenhaften Bodeninventur (3). Gemäß ihrem ersten Erhebungszweck betreffen die Informationen der Reichsbodenschätzung in erster Linie die landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten und nutzbaren Flächen, und zwar mit ihrer Ersterhebung in den dreißiger und vierziger Jahren alle zu diesem Zeitpunkt mit einer entsprechenden Nutzung belegten Flächen.

Stadtbodeninventuren sind verstärkt seit dem Ende der siebziger bzw. Beginn der achtziger Jahre aufgenommen worden. Beweggründe für ihre Durchführung sind allgemein im gestiegenen Umweltbewußtsein zu suchen.

Grundlagen

Gründe für Nutzungsmöglichkeiten der Daten der Reichsbodenschätzung über den Bereich der ländlichen Räume hinaus sind in folgenden Tatsachen zu suchen:

- Auch in den Randbereichen größerer Ansiedlungen sind Bodenaufnahmen und Bewertungen, teilweise in gärtnerischen Kulturen, durchgeführt worden.
- Ehemals landwirtschaftlich genutzte und nutzbare Flächen sind seit Durchführung der ersten Aufnahmen in der Folge durch Siedlungstätigkeit i.w.S. in ihrer Nutzung umgewidmet worden.
- Den Aufnahmen und Bewertungen der Böden durch die amtlich bestellten Bodenschätzer und Schätzungskommissionen ist eine detaillierte Erhebung der Nutzungs- und Kulturarten vorausgegangen, die z.T. auch nicht landwirtschaftlich genutzte Bereiche betraf und heute zudem teilweise Rückschlüsse auf die dortigen Bodenverhältnisse zuläßt.
- Den Aufnahmen und Bewertungen der Böden haben Katasterkarten zugrunde gelegen, die detailliert als Grundlagen für die Darstellung der Ergebnisse der Reichsbodenschätzung neu aufgestellt worden sind (4) und dadurch wichtige

\* Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mercatorstraße 7, 2300 Kiel 1

historische topographische Informationen höchster Auflösung beinhalten.

- Substrate anthropogener Lithogenese sind ausdrücklich als solche gekennzeichnet und in der Fläche ausgegrenzt worden, sofern sie durch Neukultur einer landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt worden sind.
- Nicht nur Böden aus Substraten natürlicher, sondern auch technogener anthropogener Lithogenese sind aufgenommen und nach den damaligen Kriterien bewertet worden, sofern sie landwirtschaftlich nutzbar gewesen sind.

Die Vielfalt an Informationen, die durch die Reichsbodenschätzungsunterlagen zur Verfügung gestellt werden, übersteigt in hohem Maße die bloße Darstellung von Schichtenverzeichnissen. Sie stellen durch ihr hierarchisches System der Abgrenzung von Klassenflächen, Klassenabschnitten und Sonderflächen zudem einen hoch auflösenden Flächenbezug her. Die Reichsbodenschätzungsunterlagen werden fortgeführt, womit sie aktuellen Bezug aufweisen sowie Entwicklungen und Veränderungen dokumentieren.

### Siedlungsflächenentwicklung

Anhand des Untersuchungsgebietes Stadt Kiel und Umland läßt sich der hohe Grad der Flächendeckung der Daten der Reichsbodenschätzung auch in städtischen Bereichen darstellen: Aufgrund der rasanten Entwicklung der Stadt Kiel seit der Jahrhundertwende ist die Siedlungsfläche allein von 2476 ha im Jahre 1949 (entsprechend 37% der damaligen Stadtfläche) auf 6061 ha im Jahre 1985 (entsprechend 55% der derzeitigen Stadtfläche) angestiegen, obwohl weitläufige landwirtschaftlich genutzte Flächen im Süden der Stadt in der Zwischenzeit eingemeindet worden sind. 6624 ha des heutigen Stadtgebietes entsprechend 61% sind im Zuge der Reichsbodenschätzung bodenkundlich aufgenommen worden. Daraus ergibt sich ein Überschneidungsbereich von 1785 ha oder 29% der aktuellen Siedlungsfläche. 9776 ha des heutigen Stadtgebietes entsprechend 89% sind im Zuge der Bodennutzungserhebung im Rahmen der Aufnahmen zur Reichsbodenschätzung dokumentiert worden. Der Überschneidungsbereich mit der aktuellen Siedlungsfläche beträgt 4796 ha oder 79%.

Nur der zum Zeitpunkt der bodenkundlichen Aufnahmen im Rahmen der Reichsbodenschätzung bereits dicht bebaute Bereich der Kieler Innenstadt ist von derselben in keiner Weise erfaßt worden. In kleineren alten, ehemals Kiel vorgelagerten Ortskernen ist zumindest die Nutzung erhoben worden. Bei Gartennutzung in diesen Bereichen sind darüber hinaus auch Bodenbewertungen vorgenommen worden. Flächen, die zur Zeit der Aufnahmen im Rahmen der Reichsbodenschätzung überplant wurden, sind häufig schon in ihrem beginnenden Nutzungswandel erfaßt und beschrieben worden. Auch außerhalb der bisher genannten Teilflächen des Untersuchungsgebietes sind von der Reichsbodenschätzung Böden aus Aufschüttungen aufgenommen worden. Dies ist häufig im Rahmen von Nachschätzungen aufgrund von Aufschüttungen mit nachfolgender Neukultur geschehen. Alle bis zum Zeitpunkt der Aufnahmen unbebauten Flächen (ausgenommen Forsten) sind in der Regel tatsächlich im Rahmen der Reichsbodenschätzung bodenkundlich aufgenommen worden. Aufgrund der starken Überbauung auch dieser Flächen in der Folgezeit sind zwar die aufgenommenen ursprünglichen Böden an diesen Standorten zerstört, jedoch ist die Umgestaltung bis in die sechziger Jahre hinein zumeist noch nicht so tiefgreifend gewesen. So können die Profilaufnahmen der Reichsbodenschätzung für diese Bereiche wertvolle Informationen über den aktuellen näheren Untergrund unterhalb der darauf abgelagerten Aufschüttungen liefern. Nicht bebaute Freiflächen dieser Gebiete weisen häufig sogar noch die beschriebenen Böden auf.

### Bodennutzungserhebung der Reichsbodenschätzung

Der eigentlichen Aufnahme der bodenkundlichen Verhältnisse im Rahmen der Reichsbodenschätzung ist eine Bodennutzungserhebung vorausgegangen, um die als Schätzungsgrundlagen dienenden Kartenunterlagen zu aktualisieren. In diesem Rahmen sind nicht nur die eigentlichen landwirtschaftlichen Kulturarten derje-

nigen Flächen registriert worden, die im weiteren Verlauf bezüglich ihrer Bodengüte bewertet werden sollten, sondern darüber hinaus auch andere Nutzungsarten, die heute zumeist den Siedlungsflächen zugerechnet werden. Über die im Bodenschätzungsübernahmeerlaß (4) angegebenen Nutzungsarten (Tab.1) hinaus sind eine Vielzahl weiterer, davon abweichender Angaben gemacht worden, wie in einer speziellen Auswertung für das Untersuchungsgebiet Stadt Kiel und Umland bereits früher dargestellt worden ist (5).

Tab.1: Nutzungsarten der Reichsbodenschätzung und ihrer Bodennutzungserhebung

<u>1. Die eigentlichen landwirtschaftlichen Kulturarten</u>				
Ackerland	Grünland-Acker	Grünland		Streuweise
Gartenland	Acker-Grünland	unbedingtes Wiesenland		Hutung
<u>2. Sonstige Kultur- und Nutzungsarten des land- und forstwirtschaftlichen Vermögens</u>				
Wald (Holzung; Laubwald, Nadelwald, Mischwald)				
Abbauland (Sand-, Lehm-, Mergel-, Kiesgruben, Torfstiche)				
Weingärten	Wasserflächen (Sümpfe)	Moor (Moos)	Heide	Unland
<u>3. Hof- und Gebäudeflächen</u>				
Gebäudeflächen		Hofflächen		Hofraum
<u>4. Die übrigen Nutzungsarten</u>				
Bauplatz	Bauland	Lagerplatz	Schienenweg	Kraftfahrbahn
Straße	freier Platz	Park	Sportplatz	Flughafen
Friedhof	Deich	Damm	u.a.	

Böden anthropogener Lithogenese

Böden anthropogener Lithogenese nehmen einen hohen Anteil der Pedosphäre von Siedlungsflächen ein: Die Untersuchungen im Stadtgebiet von Kiel und seinem Umland haben einen Anteil dieser Böden von 45 % an der Gesamtheit ergeben. Sie sind beim Entwurf der Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel und Umland (2) weitestgehend der Bodensystematik der Geologischen Landesämter und der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft entsprechend typisiert und klassifiziert worden. Dies gilt auch für die Böden aus Aufschüttungen, die im Rahmen der Erhebungen zur Reichsbodenschätzung aufgenommen worden sind. Anlässlich der Stadtbodeninventuren in Kiel und Eckernförde sind Profilbeschreibungen der Reichsbodenschätzung von Böden aus natürlichen anthropogen umgelagerten wie auch aus technogenen anthropogenen Substraten ausgewertet worden (Tab.2). Neben aufgeschüttetem Sand, Lehm, Geschiebemergel und humosem Oberboden, teilweise über anstehendem Niedermoor, treten technogene Substrate wie Schutt und Asche in den Beschreibungen auf, aus denen sich mehr oder weniger stark entwickelte Böden gebildet haben.

Aufgrund präziser Angaben der Bodenschätzer oder anderer diesbezüglicher Hinweise ist es zuweilen möglich, den Zeitpunkt der Auftragung des jeweiligen Lokermaterialies zu ermitteln. Dies gewährt dann eine recht genaue Kenntnis über die Entwicklungsdauer von Böden aus Aufschüttungen. Ebenso bietet sich die Möglichkeit der Untersuchung der Profilentwicklung junger Böden aus Aufschüttungen, indem man von der Bodenschätzung vor teilweise über fünfzig Jahren untersuchte Standorte heute erneut untersucht. Die Daten der Reichsbodenschätzung geben nicht nur punktuelle Hinweise auf Böden und Auftragungen, sondern kennzeichnen ebenso deren Verbreitung in der Fläche.

Tab.2: Böden anthropogener Lithogenese (Grablöcher der Reichsbodenschätzung)

Lokalität: Kiel-Schwarzenbek	Lokalität: Eckernförde
Nutzung: Acker	Nutzung: Garten (Obstgarten)
Klassenzeichen: SL	Klassenzeichen: S1
Wertzahlen: 40 / 40	Wertzahlen: 40 / 35
Besonderheiten: Auftrag (Kippe)	Besonderheiten: Auftrag
Abgeleitete Bodenform: Pararendzina aus Ton über Lehm	Abgeleitete Bodenform: Lockersyrosem aus Sand über Schutt und Asche
Ap 0- 15 cm stark schluffiger Ton, schwach humos, carbonatreich	Y 0- 20 cm sehr schwach lehmiger Sand, mittel humos
Y 15- 40 cm stark lehmiger Sand, roh	Y 20-100 cm Schutt und Asche, zum Teil schwach humos
Y 40-100 cm mittel schluffiger Ton, carbonatreich	
Original-Schichtdaten: h' me s' L 1,5 r l S 2,5 me t L - S	Original-Schichtdaten: h l' S 2-2,5 (h') Schutt + Asche

Zusammenfassung

Der hohe Wert des Einsatzes der Daten der Reichsbodenschätzung bei Stadtbodeninventuren liegt gleichermaßen in ihren Aussagen zu den Böden an sich wie auch zur Nutzung und Nutzungsgeschichte begründet.

Je höher die Bodenvariabilität ist, desto dringender sind Boden-Konzeptkarten auf Grundlage detaillierter Vorinformationen als Voraussetzung für eine Bodenregionalisierung hoher Flächenscharfe bei vertretbarem Aufwand notwendig. Bodenvariabilität und -diversität steigen von gesteins- und reliefmäßig weitgehend gleichförmigen über stärker reliefierte und lithovariablen Flächen bis hin zu den Siedlungsflächen kontinuierlich an. Die Voraussetzungen dafür, in dieser Hinsicht eine Gruppe der urbanen von derjenigen der nicht überformten Böden abzutrennen, sind nicht gegeben.

Siedlungsflächen haben mit den umliegenden land- und forstwirtschaftlich genutzten Räumen große Überschneidungsbereiche, aufgrund deren eine systematische Trennung beider für den Bereich der Böden in konzeptioneller und methodischer Hinsicht in Bezug auf Bodeninventuren nicht möglich ist. Hier wie dort bilden die Daten der Reichsbodenschätzung eine der wichtigsten Grundlagen für detaillierte, flächenscharfe Bodeninventuren hoher Auflösung.

Literatur

- (1) Braskamp A. und W. D. Kneib (1990): Vier Jahre Stadtbodenkartierung in Hamburg - Probleme der Datenauswertung und ausgewählte Ergebnisse. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., in diesem Band.
- (2) Cordsen, E., H.-K. Siem, H.-P. Blume und H. Finnern (1988): Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel und Umland. Herausgegeben vom Geologischen Landesamt Schleswig-Holstein, Kiel.
- (3) Oelkers, K.-H. und R. Vinken (1988): Neue Wege bei der Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen für den Bodenschutz im Rahmen eines bodenkundlichen Dienstes. In: Bodenschutz, herausgegeben von Rosenkranz, D., G. Einsele und H.-M. Harreß, Berlin: Schmidt.
- (4) Rösch, A. und F. Kurandt (1939): Reichsbodenschätzung und Reichskataster, Berlin.
- (5) Siem, H.-K., E. Cordsen, H. Finnern und J. Lamp (1987): Die Bodennutzungserhebung der Reichsbodenschätzung als Information für eine aktuelle Inventur der Böden. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 53, 69-73.

Die Böden der Stadt Kiel und ihres Umlandes

VON

Cordsen, E.\*, H.-K. Siem\*, H.-P. Blume\*\* u. H. Finnern\*

Die Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel und Umland (CORDSEN u.a. 1988a) stellt die bodenkundlichen Verhältnisse dieses Raumes anhand von 41 Bodeneinheiten in ihrer Verteilung in der Fläche sowie fünf Einheiten des Versiegelungsgrades ergänzend zu den Bodeneinheiten und ihrer Verteilung dar.

Bezüglich der Initiative zur Erstellung dieser Bodenkarte, der Vorgehensweise bei ihrer Erstellung unter Nutzung von Vorinformationen und Umsetzung von Gesetzmäßigkeiten bei der Vergesellschaftung von Böden, der Klassifizierung von Böden anthropogener Lithogenese, der Gestaltung und Inhalte der Bodenkarte sowie der Ableitungs- und Verwendungsmöglichkeiten ist bereits früher bzw. an anderer Stelle berichtet worden (CORDSEN u.a. 1985; CORDSEN u.a. 1987; SIEM u.a. 1987a; SIEM u.a. 1987b; CORDSEN u.a. 1988b; CORDSEN 1990).

Ordnet man das Untersuchungsgebiet Stadt Kiel und Umland nach den naturräumlichen Gegebenheiten ein, rechnet es zur Großlandschaft des Schleswig-Holsteinischen Östlichen Hügellandes, einer weichselzeitlichen Grund- und Endmoränenlandschaft, die von vermoorten Tälern durchzogen und von Gletscherbecken mit darin entstandenen Seen geprägt ist. Grenz man das Untersuchungsgebiet weiter ein, gehört es mit dem kleineren Teil zum Naturraum Schwansen/Dänischer Wohld, dem größeren zum Ostholsteinischen Hügel- und Seenland (NW). Letzterer Naturraum läßt sich den Kieler Raum betreffend weiter in die drei Teillandschaften Westensee-Endmoränengebiet, Moränengebiet der oberen Eider sowie Probstei und Selenter Seengebiet unterteilen.

Entsprechend der naturräumlichen Zugehörigkeit sowie der intensiven urbanen, gewerblichen und industriellen Überformung dieses Raumes ist die Bandbreite der Ausgangsgesteine für Bodenbildungen groß, für die aufgrund unterschiedlicher Sedimentationszeitpunkte der Substrate verschieden lange Zeiträume zur Verfügung gestanden haben. Häufig treten sowohl bei Substraten natürlicher als auch bei solchen anthropogener Lithogenese (anthropogene Umlagerungen natürlicher sowie technogener Substrate) Schichtungen auch mehrerer der genannten Gruppen auf. Auch klimatisch sind innerhalb des Untersuchungsgebietes Unterschiede sowohl aufgrund der natürlichen Gegebenheiten als auch der Einflüsse des städtischen Verdichtungsraumes vorhanden: das langjährige Niederschlagsmittel schwankt regional bedingt zwischen 650 und 750 mm. Durch die Einbeziehung des land- und forstwirtschaftlich geprägten Umlandes der Stadt Kiel in das Untersuchungsgebiet sind eine große Nutzungsdiversität und -variabilität vorhanden, die im Übergangsbereich von der Innenstadt zum Umland ihr Maximum haben.

Glaziär sedimentierte Substrate im Raum Kiel sind Geschiebemergel und -sande sowie Sander- und Schmelzwassersande; spätglaziale Beckensedimente treten in ihrer Verbreitung zurück. Torfe und Mudden, Auenlehme, erodierte Krume und marine Sande sind im Zuge der holozänen Entwicklung natürlicherseits, teilweise schon unter anthropogenem Einfluß auf die Vorgänge, abgelagert worden. Vorrangig in jüngster Zeit sind sowohl alle im Untersuchungsgebiet natürlich vorkom-

\* Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mercatorstraße 7, 2300 Kiel 1

\*\* Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel, Olshausenstraße 40 / 60, 2300 Kiel 1

menden als auch standorttypisch produktionspezifische sowie allgemein verbreitete technogene Substrate wie Metall-Abprodukte, Bau- und Trümmerschutt, Gewerbe-, Industrie- und Hausmüll sowie Klärschlamm deponiert worden.

Böden aller Abteilungen der typologischen Gliederung von Kommission V der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (AG BODENKUNDE 1982) sind aufgenommen und, soweit möglich, nach dieser eingeordnet worden. Böden der Abteilung semi-subhydrische und subhydrische Böden, hier Unterwasserböden, sind in der Legende nicht explizit ausgewiesen worden, verbergen sich jedoch hinter der Signatur für Gewässer und können nach mehreren Untersuchungen (WASMUND 1939, TAPFER 1940, SCHWENKE u. ULRICH 1969, KACHHOLZ 1979) für den Grund der Kieler Förde petrographisch und nach dem Gehalt an organischer Substanz sowie nach weiteren Merkmalen typologisch und regional gegliedert werden.

Böden anthropogener Lithogenese sind entsprechend denen natürlicher Lithogenese unter Annahme gleicher Prozesse der Pedogenese in das System eingeordnet worden. Ausgenommen von dieser Regel sind dabei solche Böden gewesen, in denen offensichtlich eine nicht einzuordnende Pedogenese abläuft, der Stoffbestand im Zusammenhang mit der Dynamik grundlegend abweicht und die Morphe mit den Möglichkeiten des vorhandenen Systemes nicht oder nur unzulänglich zu beschreiben ist. In diese Gruppe gehören Böden folgender Einheiten:

- Methanosol aus Müll und Bauschutt, häufig mit lehmiger Abdeckung, mit Regosol, Gley-Methanosol;
- Methanosol aus Klärschlamm;
- Strandrohglyey, salzhaltig, aus marinen Sanden; mit Strandrohboden, Gley-Lockersyrosem;
- Roh-Gley aus Metall-Abprodukten und Bauschutt; mit Gley mit stark schwankendem Grundwasser, Humus-Gley, Braunerde-Gley, Kalkhaltiger Gley;
- Roh-Gley aus Bauschutt und Bodenaushub, häufig mit humoser Deckschicht; mit Gley mit stark schwankendem Grundwasser, Humus-Gley, Braunerde-Gley, Kalk-gley;
- Aufschüttung aus anthropogen umgelagerten Torfen und Mudden.

Methanosole weisen eine Gasdynamik auf, die unabhängig vom Grundwassereinfluß zu reduzierenden Bedingungen und einer dementsprechenden Morphe führt. Sie sind initiale Bodenbildungen, die je nach Methannachlieferung aus den Deponiekörpern nicht von Dauer sind.

Der Strandrohglyey ist ein Grundwasserboden der gezeitschwachen marinen Bereiche, der nicht der typischen Sedimentation der Marschen unterliegt, jedoch salzhaltig ist und aus diesem Grunde sowohl von den Marschen als auch von den limnischen Gleyen der Täler, Niederungen und Ebenen abgegrenzt werden muß. Er stellt die Initialphase einer Bodenbildung dar, die aber gleichzeitig aufgrund der ständigen küstenparallelen Sedimentumlagerungen im Strandbereich das Klimaxstadium darstellen kann.

Rohglyey sind Böden in Grundwasserbereichen, die aufgrund ihrer kurzen Entwicklungsdauer nach anthropogener Ablagerung des Ausgangsmateriales zwar eine vom Wasser geprägte Morphe aufweisen, jedoch noch keinen ausgeprägten humosen Oberboden ausbilden konnten. Sie entsprechen damit in der Abteilung der semiterrestrischen Böden dem Lockersyrosem der Abteilung der terrestrischen Böden.

Anthropogen umgelagerte Torfe und Mudden lassen sich hinsichtlich des Stades ihrer Pedogenese aufgrund des hohen Humusgehaltes nur sehr schlecht beurteilen. Wegen des in diesem Falle fehlenden Grundwassereinflusses nach Umlagerung in terrestrische Bereiche hinein ist eine Einordnung in die Abteilung der Moore jedoch nicht mehr möglich.

Hinsichtlich der Böden anthropogener Lithogenese sind aufgrund der bisher meist erst verhältnismäßig kurzen Entwicklungsdauer nur schwach ausgebildete Bodenbildungen festzustellen: Lockersyroseme, Regosole und Pararendzinen natürlicher und technogener anthropogen umgelagerter Substrate haben sich gebildet. Unter dem Einfluß ständiger Durchmischung und Humuszufuhr sind Hortisole entstanden, deren mächtiger humoser Oberboden unter diesem Gesichtspunkt auch als ständig neu entstehendes Ausgangsmaterial nachfolgender initialer Bodenbildung gesehen

Abb.1: Flächenanteile zusammengefaßter Einheiten der Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel und Umland

Zusammengefaßte Bodeneinheiten	1 ha	2 %	3	4 ha	5 %
<u>Lockersyroseme</u>	1321,1	8,6	243	5,4	8,5
<u>Regosole</u>	1338,0	8,7	295	4,5	10,3
<u>Pararendzinen</u>	2683,4	17,4	347	7,7	12,1
<u>Braunerden</u>	1727,6	11,2	356	4,9	12,4
<u>Parabraunerden</u>	2691,6	17,5	363	7,4	12,6
<u>Pseudogleye</u>	292,8	1,9	65	4,5	2,3
<u>Kolluvisole</u>	524,0	3,4	165	3,2	5,7
<u>Gleye</u>	627,1	4,1	307	2,0	10,7
<u>Niedermoore</u>	1488,2	9,7	401	3,7	14,0
<u>Hortisole</u>	1655,4	10,8	300	5,5	10,4
<u>Aufschüttungen aus Torfen</u>	1,4	0,0	1	1,4	0,0
<u>Methanosole</u>	103,3	0,7	30	3,4	1,0
<hr/>					
<u>Böden natürlicher Lithogenese</u>	7150,4	46,5	1580	4,5	55,0
<u>Böden anthropogener Lithogenese</u>	7303,5	47,5	1293	5,6	45,0
<u>Gewässerflächen und Verkehrswege</u> (außerhalb von Bodeneinheiten)	926,1	6,0	--	--	--
<hr/>					
1 Gesamtfläche					
2 Anteil an der Gesamtfläche der Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel und Umland					
3 Anzahl der Flächen					
4 Durchschnittliche Flächengröße					
5 Anteil der Anzahl der Flächen an der Gesamtzahl der Bodenflächen der Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel und Umland					

werden kann.

In sandigen terrestrischen Bereichen haben sich Braunerden entwickelt, die teilweise podsoliert, teilweise pseudovergleyt sind, je nachdem, wie hoch die Tonanteile der Substrate bzw. ob Lehmunterlagerungen vorhanden sind. Lehmiige terrestrische Bereiche sind von Braunerden, Parabraunerden, Pseudogleyen und deren Übergängen geprägt. In Hangmulden, Unterhang- und Hangfußbereichen sind Kolluvien unterschiedlicher Mächtigkeiten und Bodenarten sedimentiert worden, deren Verteilung in der Landschaft eine häufig mehr linienhaft ausgeprägte Form aufweist. Die Niederungen sowie deren Randbereiche werden je nach ihrer Lage bezüglich des Grundwasserstandes von Gleyen und Niedermooren eingenommen. Alle Bodeneinheiten bilden Bodengesellschaften, die durch ihre Leitböden (Bodenformen) sowie durch ihre Begleitböden charakterisiert werden: Ihre nutzungs-, relief- und substratbedingten Abfolgen werden im Erläuterungsband zur Bodenkarte beschrieben, Flächenanteile in Abb. I dargestellt.

### Literatur

- Arbeitsgruppe Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Auflage, Hannover.
- Cordsen, E., H.-K. Siem u. J. Lamp (1985): Erfassung der Grablochdaten der Bodenschätzung mit Hilfe von Markierbelegen. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 43/I, 25-30.
- Cordsen, E., H.-K. Siem, H. Finnern u. H.-P. Blume (1987): Vorgehensweise bei der Erstellung der Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 55/II, 729-734.
- Cordsen, E., H.-K. Siem, H.-P. Blume u. H. Finnern (1988a): Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel und Umland. Herausgegeben vom Geologischen Landesamt Schleswig-Holstein, Kiel.
- Cordsen, E., H.-K. Siem, H.-P. Blume u. H. Finnern (1988b): Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel und Umland. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 56, 333-338.
- Cordsen, E. (1990): Möglichkeiten des Einsatzes von Daten der Reichsbodenschätzung bei Stadtbodeninventuren. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., in diesem Band.
- Kachholz, K.-D. (1979): Sedimenttypen der Flachwasserzone im Ostteil der Kieler Außenförde (Schleswig-Holstein). *Meyniana* 31, 15-24.
- Schwenke, H. u. J. Ulrich (1969): Die Kieler Bucht. Schleswig-Holstein - Ein geographisch landeskundlicher Exkursionsführer, 174-194, Kiel.
- Siem, H.-K., E. Cordsen, H. Finnern und J. Lamp (1987a): Die Bodennutzungserhebung der Reichsbodenschätzung als Information für eine aktuelle Inventur der Böden. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 53, 69-73.
- Siem, H.-K., E. Cordsen, H.-P. Blume u. H. Finnern (1987b): Klassifizierung von Böden anthropogener Lithogenese - vorgestellt am Beispiel von Böden im Stadtgebiet Kiel. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 55/II, 831-836.
- Tapfer, E. (1940): Meeresgeschichte der Kieler und Lübecker Bucht im Postglazial. *Geologie der Meere und Binnengewässer* 4, 113-244.
- Wasmund, E. (1939): Flachsee-Beobachtungen bei Sturm-Niedrigwasser an der gezeitenschwachen Kieler Förde (Ostsee). *Geologie der Meere und Binnengewässer* 3, 284-309.

Untersuchungen zur Erfassung der Gefährdung von Straßen-  
bäumen - Bodenmerkmale, Schad- und Nährstoffgehalte, Vegetation  
und Fauna

von

Döbel, C.; N. Meyer und W. Burghardt. +

1. Einleitung

Straßenbegrünung als Maßnahme der Wohnumfeldverbesserung findet in Städten eine st ke Beachtung. So weist die Stadt Essen auf ihrem Stadtareal von 210 qkm 41.000 Straßenbäume auf. An der Verbesserung der Lebensbedingungen der Straßenbäume hat die Stadt ein starkes Interesse, wie die Sanierung von 14.000 Baumbeeten durch Bodenaustausch und Baumbeterweiterung zeigt.

Straßenbäume sind u.A. durch Streusalz- und Schwermetalleinträge in die Böden gefährdet. Davon betroffen sind auch die Bodenorganismen. In diesem Beitrag sollen einige Merkmale von unsanierten und sanierten Baumbeeten behandelt werden.

2. Standorte und Methoden

Die Standortsmerkmale, Baumarten und Vegetationsbedeckung enthalten die Tabellen 2 und 3.

Die Probenahme erfolgte im Stammbereich und im Baumbeet 1,0 - 1,5 m vom Stamm entfernt. Es werden die Ergebnisse aus der Probenahmetiefe 0-10 cm mitgeteilt. Die Schwermetalle wurden im Königswasser und 0,1 M CaCl<sub>2</sub>-Auszug, die Nährstoffe P und K im Doppellaktatauszug, Mg und Na im 0,1 M CaCl<sub>2</sub>-Auszug bestimmt.

Die Bodenfauna wurde an Stechringproben und modifizierten Barber-Fallen (beides nach Dunger 1983) erfaßt. Hingewiesen sei, daß auf den kleinen Baumbeeten eine repräsentative Erfassung der Bodenfauna schwierig ist. Die Ergebnisse haben daher nur stichprobenartigen Charakter.

3. Ergebnisse

Die Gehalte der Nährstoffe streuten über einen weiten Bereich (Tabelle 1). Die Magnesiumgehalte waren gering. Die Matriumgehalte wiesen bis auf eine Ausnahme auf keine Salzbelastung hin. Die unsanierten Baumbeete sind deutlich mit Schwermetallen belastet (Tabelle 2). Besonders Cadmium wurde in höheren Gehalten in den Baumbeeten angetroffen. Bei der geringen oder fehlenden Vegetationsbedeckung

+ Angewandte Bodenkunde, Universität-GHS Essen, Universitätsstr.5, 4300 Essen 1

kann daher in den Baumbeeten ein Kontaminationsherd für Cadmium und andere Schadstoffe vermutet werden, der durch Wind- und Wassererosion wie auch durch Verschleppung über das Schuhwerk wirksam wird. Der vergleichsweise zu Blei erhöhte Zinkgehalt ist typisch für die Böden Essens. Die Untersuchungen an den Parkbäumen machten die Straßenwirkung deutlich, zeigten jedoch auch die weitverbreitete hohe Grundbelastung mit Schwermetallen der mit Bäumen bestandenen Essener Stadtböden an.

Hingewiesen sei auf die Problematik des Verbleibs von ausgetauschtem Boden bei der Baumbeetsanierung. Für Blei war eine deutliche Abhängigkeit der Gehalte von der Verkehrsstärke erkennbar. Ähnliche Abfolgen zeigten sich bei Kupfer und Nickel. Für Cadmium und Nickel war eine solche Abhängigkeit nur noch grob erkennbar. Hier machte sich bemerkbar, daß die teils sehr hohen Schwermetallgehalte auch durch Aschen- und Schlackeneintrag bedingt sein können. Beim Bodenaustausch zur Baumbeetsanierung wurde der Boden im Stammbereich nicht erfaßt. Es muß somit davon ausgegangen werden, daß große Teile des Wurzelwerkes und damit der Baum selbst die angestrebte Entlastung von Bodenschadstoffen nur unvollständig durch Bodenaustausch erfuhr. Die Baumbeetsanierung führte nur teilweise zur erheblichen Minderung der Schwermetallgehalte. Eine deutliche Restbelastung blieb immer bestehen.

Die bodenfaunistischen Untersuchungen zeigten eine Abhängigkeit der Populationsdichte und Artenzahl von dem Vorhandensein einer Kraut- und Grasvegetation auf den Baumbeeten (Tabelle 3). Unter den älteren Bäumen war die Bodenfauna am geringsten entwickelt. Auch auf den sanierten Baumbeeten war der Besatz mit Bodentieren deutlich geringer als auf den unsanierten Baumbeeten. Ein Rückgang der Bodenfauna durch ansteigenden Schwermetallgehalt konnte nicht festgestellt werden. Eine Vegetationsdecke förderte die Entwicklung von Wühlern, was sich auf das Bodengefüge günstig auswirken wird (Tabelle 4). Eine Begrünung mit einer Kraut- und Grasdecke sollte daher ein wesentliches Ziel der Baumbeetsanierung sein.

Tabelle 1: Kalium-, Phosphat-, Magnesium- und Natriumgehalte

		Unsanierete Baumscheibe		Sanierete Baumscheibe		Park	
		$\bar{X}$	Max-Min	$\bar{X}$	Max-Min	$\bar{X}$	Max-Min
K (DL)	ppm	140	79 - 221	207	125 - 417	102	80-124
P (DL)	ppm	216	98 - 303	324	204 - 673	164	131-199
Mg (CaCl <sub>2</sub> )	ppm	38	21 - 54	55	33 - 80	64	64
Na (CaCl <sub>2</sub> )	ppm	31	7 - 44	42	7 - 110	11	8- 13

**Tabelle 2: Standortmerkmale und Schadstoffgehalte**

Standort	Baumart	Alter Jahre	Beetgröße m	Verkehrs- stärke	Bodenart	pH B/S	Zn B/S* ppm	Pb B/S ppm	Cd B/S ppm	Cu B/S ppm	Ni B/S ppm
<b>Unsanierete Baumbeete</b>											
5	PL**	80	3,7x <sup>2</sup> 50	Anlieger	Su3gr3	6,4/5,6	98/ 79	57/ 59	0,6/0,9	12/ 12	8/ 9
4	Ka**	80	2,0x 2,0	schw.-mitt.	Su3gr3	6,1/5,6	396/414	150/147	2,9/3,4	61/ 52	25/27
1	Pl	40	1,6x 1,0	mittel	Sl2gr3	6,7/4,5	522/520	311/520	3,6/4,3	71/103	25/21
2	Ka	30	1,2x 1,4	stark	Sl2gr3	6,7/6,4	505/284	1060/756	2,8/2,8	663/595	37/57
3	Ka	15	1,5x 1,7	"	Sl2gr3	6,7/6,5	709/697	374/335	3,4/5,3	145/118	47/42
<b>Sanierte Baumbeete</b>											
9	Pl	40	3,0x 3,0	mittel	Sl3gr2	5,8/5,2	52/294	25/168	0,2/2,3	10/ 44	9/14
10	Pl	40	3,0x 3,0	"	Sl3gr2	6,1/6,3	63/276	38/109	0,3/1,6	11/ 29	8/ 7
6	Ka	30	2,8x 34	stark	Ul3gr3	6,6/6,1	166/488	65/430	1,3/2,4	28/ 93	19/30
7	Pl	80	3,1x 100	"	Slugr3	6,6/6,4	176/254	99/189	1,0/0,9	25/ 38	19/22
8	Pl	70	3,0x 5,0	"	Sl2gr2	6,9/6,2	473/566	102/223	1,8/2,1	134/148	147/98
<b>Park (ehemaliger Friedhof)</b>											
11	Pl	60	-----	-----	Ul3gr3	3,6/3,6	242/191	153/127	1,9/3,4	45/ 45	22/ 9
12	Ka	60	-----	-----	Ul3gr3	3,8/4,7	642/247	223/199	5,6/2,5	62/ 50	23/20

\*B/S: Baumbeet / Stammbereich; \*\*Pl: Platane; Ka:Kastanie

Tabelle 3: Einfluß der Vegetationsbedeckung und der Baumbeetbehandlung auf die Bodenfauna (Summe Herbst- und Frühjahrserhebung)

Standort	Laub	Kraut- und Grasevegetation	Bodendecker (Schneebeere, Mahonie)	Populationsdichte Artenzahl
1 Platane	mittel	dicht	keine	874/16
2 Kastanie	mittel	dicht	keine	1606/16
3 Kastanie	mittel	dicht	keine	1828/16
4 Kastanie	wenig	keine	keine	648/ 6
5 Platane	wenig	wenig	keine	572/10
6 Kastanie	wenig	wenig	mäßig	403/16
7 Platane	mittel	mittel	mittel	741/16
		Rindenmulch		
8 Platane	mäßig	fast keine	dicht	222/15
9 Platane	mäßig	mäßig	mäßig	214/15
10 Platane	mittel	mäßig	mäßig	281/12
11 Platane	dicht	mittel	keine	692/16
12 Kastanie	mittel	mäßig	keine	367/15

Tabelle 4: Beziehung zwischen Vegetation/Baumbeetbehandlung und Streuersetzern, Wühlern und Räubern (in % der Gesamtindividuen)

Unsanierete Baumbeete

	Streuersetzer %	Wühler %	Räuber %	Artenzahl n
Mit Kraut- und Grasvegetation	38 - 84	7 - 31	8 - 30	16
Geringe Vegetationsbedeckung	89 - 99	0 - 6	0 - 4	6 - 10

Sanierte Baumbeete

Mit Bodendecker dicht bewachsen	70 - 81	11 - 17	7 - 11	15 - 16
Mit Bodendecker spärlich bewachsen	65 - 82	3 - 12	11 - 30	12 - 16

Parkbäume

Mit Gras- und Krautvegetation	71	14	15	16
-------------------------------	----	----	----	----

Streuersetzer: Acarina, Collembola, Nematoda, Enchytraeidae, Lumbricidae, Diplopoda, Gastropoda, Isopoda, Dipoteren- und Coleopteralarven

Wühler: Lumbricidae, Diplopoda, Isopoda, Dermaptera, Hymenoptera, Curculionidae (Coleoptera)

Räuber: Carabiden und Staphyliniden (Coleoptera), Chilopoda, Araneida, Opilionida, Hymenoptera, Rhynchota, Thysanoptera, Dermaptera.

# Der Schwermetallgehalt von Straßenabfließwasser

dargestellt am Beispiel der Elemente Zink, Blei, Kupfer und Cadmium

von

S. Gäth und H.-G. Frede.<sup>1)</sup>

## Einleitung

Urbane Lebensräume sind gekennzeichnet durch hohe Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile, die verbunden sind mit einer intensiven Nutzung der Ressourcen Boden und Wasser. Untersuchungen zum Schwermetallgehalt von Stadtböden zeigen deutliche überhöhte Gehalte. Als Schwermetallquellen kommen nicht verkehrsbedingte und verkehrsbedingte Einträge in Frage.

Zu der verkehrsbedingten Schwermetallbelastung zählen u.a. der Abrieb von Reifen und Bremsbelägen, Tropfverluste von KFZ-spezifischen Flüssigkeiten, Emissionen der Kraftstoffverbrennung, Korrosionsprodukte und Fahrbahnabrieb (MUSCHAK, 1988).

Ziel der vorliegenden Untersuchung sollte es sein, durch Messung der verkehrsbedingten Schwermetalleinträge einer Kraftfahrstraße im Raum Gießen einen Hinweis auf die Belastung urbaner Böden und städtischer Abwasserkanalisationen zu erhalten.

## Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf einem 162,2 m<sup>2</sup> großen Teilstück einer zweispurigen Fahrbahn der autobahnähnlichen Kraftfahrstraße 49n (Gießener Ring) durchgeführt (Längsausdehnung=12,2 m, Breite=13,3 m). Die Straßenoberfläche besteht aus einer wasserundurchlässigen Deckschicht, die über Hochborde und Straßenabläufe entwässert wird. Bei der Verschleißschicht handelt es sich um eine 3,5 cm mächtige Gußasphaldecke (Abb. 1). Die Fläche ist vollständig versiegelt, so daß Versickerungsverluste ausgeschlossen werden können.

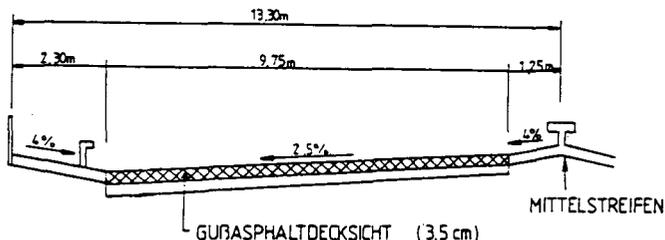


Abb. 1: Querschnitt des untersuchten Straßenabschnittes

Der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) beträgt auf diesem Abschnitt der 49n laut Verkehrsmengenkarte des Landes Hessen (Hessische Landesanstalt für Straßenbau, 1985) 18.129 im Gesamtquerschnitt bzw. 9.065 pro Fahrbahnhälfte. Der LKW-Anteil am Gesamtverkehr beträgt durchschnittlich 7,4 %.

Die vorgestellten Ergebnisse wurden im Zeitraum Dezember 1988 bis Februar 1989 gewonnen. Zur Charakterisierung des Abfließverhaltens wurde auf dem Seitenstreifen mit einem Hellmann-Regenschreiber die Niederschlagsmenge in Abhängigkeit von der Zeit bestimmt. Für die Berechnung der Abfließmengen wurde ein Abfließbeiwert von 0,9 in Rechnung gestellt.

<sup>1)</sup> Inst. f. Landeskultur, Senckenbergstr. 3, 6300 Gießen

Für die Untersuchung der Schwermetallkonzentration wurde der Oberflächenabfluß im einstündigen Rhythmus mittels eines in den Straßengully installierten Probennehmers gewonnen. Die Abflußproben wurden unter Zugabe von HNO<sub>3</sub> und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> aufgeschlossen. Die Zn-, Cu-, Pb- und Cd-Analysen wurden mit der Flammen- bzw. Graphitrohr-AAS durchgeführt.

**Ergebnisse und Diskussion**

In der Tabelle 1 sind die gemessenen durchschnittlichen Schwermetallgehalte für Zink, Blei, Kupfer und Cadmium im Niederschlag und im Straßenabflußwasser dargestellt. Außerdem sind die Schwermetallkonzentrationen anderer Autoren zum Vergleich gegenübergestellt.

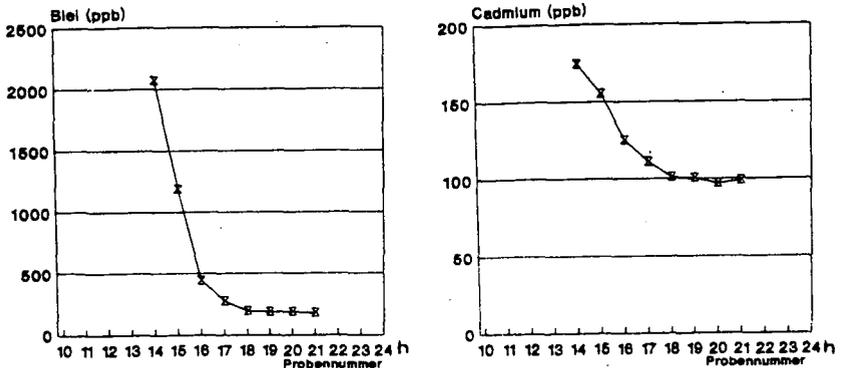
**Tab. 1:** Mittlere Schwermetallkonzentration im Niederschlag und Straßenabflußwasser - Vergleich von eigenen mit anderen Untersuchungen

Element	Regen ppm	Straßenabfluß ppm	diverse Autoren <sup>1</sup> ppm
Zink	0,9	1,94	0,01 - 22,00
Blei	0,08	0,33	0,003 - 14,73
Kupfer	0,03	0,09	0,003 - 0,38
Cadmium	0,001	0,02	0,001 - 13,73

<sup>1</sup> ELLIS and REVITT, 1982 (18 zusammengefasste Untersuchungen)

Die durchschnittliche Schwermetallkonzentration des Niederschlags ist vergleichbar mit Daten anderer Autoren (KRAUTH und KLEIN, 1982). Die Ergebnisse zur Schwermetallkonzentration im Straßenabfluß zeigen eine gute Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen. Aus der Tabelle 1 wird aber auch deutlich, daß die Schwermetallgehalte in Straßenabflußwässern starken Schwankungen unterliegen und demnach nicht verallgemeinerbar sind.

Anhand der Konzentrationsganglinien in Abbildung 2 - beispielhaft für den 13.1.1989 und die Schwermetalle Pb und Cd - läßt sich ableiten, daß die Schwermetallkonzentrationen zum Abflußbeginn hoch sind und im zeitlichen Verlauf asymptotisch bis zu einer mittleren "Grundkonzentration" abnehmen. Dabei bestehen zwischen den einzelnen Schwermetallen nur im Hinblick auf die Anfangs- und Endkonzentration Unterschiede; der Verlauf der Konzentrationsganglinien weist keine starken Differenzen auf.



**Abb. 2:** Konzentrationsganglinien der Elemente Pb und Cd am 13.1.1989 nach Einsetzen eines Niederschlages um 13.00 h von 0,5 mm

Tab. 3: Jahresfrachten von Schwermetallen im Fahrbahnabfluß

Element	Gießen	Pleidelsheim <sup>1</sup>	Schweiz <sup>2</sup>	England <sup>3</sup>
	49n	A 1	N 1	A 38
kg*ha <sup>-1</sup> *a <sup>-1</sup>				
Zink	10,6	2,3	1,9	19,1
Blei	1,8	1,3	2,5	12,8
Kupfer	0,5	0,6	0,4	3,8
Cadmium	0,1	0,04	0,03	-

<sup>1</sup> KRAUTH und KLEIN (1982); <sup>2</sup> DAUBER et al. (1979); <sup>3</sup> HEDLEY and LOCKLEY (1975)

Eine Bewertung der Schwermetallkonzentrationen soll abschließend anhand Tabelle 4 erfolgen. In ihr sind die mittleren gemessenen Konzentrationen denn Richtwerten der EG und den Grenzwerten des Abwasserabgabengesetz (AbwAG) vom 5.3.1987 gegenübergestellt. Außerdem wurde der prozentuale Anteil aller zur Untersuchung herangezogener Proben berechnet, der diese Grenzwerte überschreitet (Überschreitungshäufigkeit).

Tab. 4: Grenzwerte und deren Überschreitungshäufigkeit

Element	Konzentration im Abfluß	Grenz-/ Richtwert		Überschreitungshäufigkeit
		AbwAG	EG	
Zn	1,9 ppm	-	5	2 %
Pb	328,3 ppb	50	50	98 %
Cu	85,7 ppb	100	100	18 %
Cd	24,8 ppb	5	5	30 %

Während beim Zn nur 2% der Proben den Grenzwert überschritten, betragen die Anteile beim Cu 18% und Cd 30%. Auffallend hoch sind die Belastungen durch Pb (98%), obwohl fast ausschließlich bleifreie Kraftstoffe Verwendung finden.

#### Schlußbetrachtung

Aus den gezeigten Ergebnissen wird deutlich, welche Bedeutung dem Straßenverkehr bei der Belastung von Stadtböden und Straßenabwasser mit Schwermetallen zukommt. Diese Ergebnisse sind aber nicht ohne weiteres auf andere Standorte zu übertragen. Sie sollen eher als Anregung für weitere Untersuchungen gelten.

#### Literatur

- DAUBER, L., B. NOVAK, J. ZOBRIST und F. ZÖRCHER, 1979: Schmutzstoffe im Regenwasserkanal einer Autobahn. in Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft **64**, 41-57.
- ELLIS, J.B. and M. REVITT, 1982: Incidence of Heavy Metals in Street Surface Sediments: Solubility and Grain Size Studies. Water, Air and Soil Poll. **17**, 87-100.
- HEDLEY, G. AND J.C. LOCKLEY, 1975: Quality of water discharged from an urban motorway. Wat. Pollut. Control **74**, 659-674.
- KRAUTH, K. und H. KLEIN, 1982: Untersuchungen über die Beschaffenheit des Oberflächenwassers von Bundesautobahnen. in Bundesminister für Verkehr (Hrsg.). Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. H. 363, Bonn.
- MUSCHACK, W., 1988: Belastung des Gewässers durch Straßenoberflächenwasser. Umweltbundesamt Berlin
- PERRY, R. and A.E. McINTYRE, 1986: Impact of motorway runoff upon surface water quality. in: Effects of land use on fresh water. Chichester, 5367 S.

Ein wesentlicher Grund für die hohen Startkonzentrationen ist in der Anlagerung von Schwermetallen an kleine Schmutzpartikel zu sehen, die schon bei geringen Niederschlagsmengen abgespült werden. Dies gilt vor allem für das Blei, dessen Konzentration um den Faktor 5 (alle anderen nehmen um den Faktor 2 ab) abnimmt. Die Abnahme der Konzentration im Zeitablauf dürfte auf Verdünnungseffekte zurückzuführen sein.

Einen entscheidenden Einfluß auf den Schwermetallgehalt des Straßenabflußwassers hat die Dauer der Trockenperiode (Tab. 2).

Tab. 2: Trockenperiode und durchschnittliche Schwermetallkonzentration im Straßenabflußwasser bei Niederschlägen < 1 mm

Termin	Trockenperiode	Niederschlag (mm)	Zink (ppm)	Blei (ppb)	Kupfer (ppb)	Cadmium (ppb)
13.01.89	51 Std.	0,5	3,7	590,9	97,8	120,3
09.12.88	40 Std.	0,9	2,3	425,4	106,5	19,0
10.01.89	<2 Std.	0,4	1,5	403,3	96,0	3,4
11.01.89	<2 Std.	0,5	0,8	211,0	78,4	2,0

Die durchschnittliche Schwermetallkonzentration steigt mit der Dauer der vorangegangenen Trockenperiode an, wenn eine Einteilung in gleich hohe Niederschlagsmengen vorgenommen wird, um Verdünnungseffekten auszuschließen. Die Steigerungsraten sind beim Cd auffallend hoch. Ein Vergleich der Cd-Konzentrationen vom 13.1. mit dem 11.1.89 (Tab. 2a) zeigt einen Zuwachs um den Faktor 60. Demgegenüber steigen die Werte bei den anderen Schwermetallen um 1-5 an.

Ganz allgemein gilt, daß die Schwermetallanreicherung auf der Straße nicht unbegrenzt erfolgt, sondern einem Sättigungsfunktionsverlauf entspricht. Als Ursache sind natürliche und durch den Fahrtwind hervorgerufene Luftströmungen zu nennen, die zu einem Abtransport von Schmutzstoffen führen.

Für eine Bewertung des Straßenabflußwassers sind in Tabelle 3 die Schwermetallfrachten - ausgedrückt in  $kg \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$  - auf der Grundlage der gemessenen durchschnittlichen Konzentrationen<sup>2</sup> und des Jahresniederschlages (609 mm) unter Berücksichtigung eines Abflußbeiwertes von 0,9 berechnet und mit Ergebnissen anderer Autoren vergleichend dargestellt.

Abgesehen von den Ergebnissen aus England liegen die kalkulierten Frachten für Blei und Kupfer in vergleichbarer Größenordnung mit anderen Untersuchungen. Die hohen Frachten in England können mit dem maritimen Klima erklärt werden, was zur Folge hat, daß die Straßen häufiger feucht sind und ein geringerer Anteil der Schwermetalle mit dem Wind verweht wird. Die hohen Zink- und Cadmiumfrachten auf der Gießener Straße sind wahrscheinlich auf Korrosion und unvollständige Kraftstoffverbrennung im Winter zurückzuführen.

<sup>2</sup>) Nach Ergebnisse von PERRY and McINTYRE (1986) gibt es bezüglich der Pb-, Zn- und Cd-Konzentrationen im Straßenabflußwasser keine signifikanten Unterschiede zwischen Sommer- und Winterzeit, so daß angenommen werden kann, daß die in den Wintermonaten gewonnenen Ergebnisse auf das Jahr übertragen werden können.

Untersuchungen zum Wasserhaushalt und zu den Sorptionsverhältnissen in einem Phyrosol aus Geschiebemergel

R. Horn, M. Lebert u. H. Taubner +

Als Bindeglied zwischen der Gesteins-, Wasser- und Lufthülle der Erde hängt von Böden nicht nur das Leben der darin wohnenden Kleinorganismen und darin wurzelnden Pflanzen unmittelbar ab, sondern indirekt auch die Existenz aller übrigen Organismen, die auf oder über dem Boden leben. Böden stellen Ausgangsstoffe zur Nahrungssicherung und Rohstoffgewinnung bereit, sie tragen als poröses Medium zur Grundwasserneubildung und -reinhaltung durch Filterung und Pufferung bei, sie dienen der Erholung sowie dem Natur- und Landschaftsschutz, oder werden als statisch bzw. dynamisch belasteter Baugrund sowie zur Abfallbeseitigung genutzt. Darüber hinaus können sie vor allem in urbanen Räumen durch Umlagerung, Zufuhr von Fremdstoffen etc. in ihren potentiellen physikalischen und chemischen sowie biologischen Eigenschaften beeinflußt werden. Im folgenden soll über einige Untersuchungen an zwei umgelagerten Geschiebemergelstandorten in Kiel hinsichtlich des Wasserhaushaltes und des Sorptionsvermögens berichtet werden.

**Material und Methoden**

Bodentypologisch handelt es sich um einen Phyrosol aus Geschiebemergel (Entwurf des AK. Stadtböden unveröffentlicht), die aus umgelagerten schwach sandigem Lehm bestehen, einen ca. 20 cm mächtigen hY Horizont aufweisen und die darunter folgenden zwei jY Horizonte ab 50 cm Tiefe schwach kalkhaltig, teilweise rotfleckig und nur mäßig durchwurzelt sind. In 120 cm Tiefe steht der Geschiebemergel an. Zur physikalischen Charakterisierung wurden pF/WG und K/ψ Beziehungen sowohl eines unbewachsenen als auch eines bewachsenen Bodens ermittelt, ebenso wie die Änderung der Wasserspannungen in verschiedenen Tiefen sowie des Niederschlagsinputs erfaßt. Außerdem wurde die Kationenaustauschkapazität des homogenisierten und natürlich gelagerten Bodens ermittelt, um einen Überblick über die Erreichbarkeit von Sorptionsplätzen für z.B. in Boden perkolierende Lösungen zu erhalten.

Die Porengrößenverteilung der beiden Standorte weist eine weitgehend gleichmäßige Tiefenverteilung der Feinporen auf, während die Mittel- und Grobporennutzungs- und schüttungsabhängigkeit Unterschiede in der nFK und LK zeigen.

**Ergebnisse und Diskussion**

Während der bewachsene Standort sehr locker gelagert über eine hohe LK ( $65,7 \text{ l/m}^3$ ) verfügt und die nutzbare Feldkapazität, bis 1 m Tiefe ( $131 \text{ l/m}^3$ ) berechnet, als mittel einzustufen ist, zeigt der unbewachsene Standort in dem Oberboden besonders ausgeprägt eine deutliche Abnahme der weiten ( $9 \text{ l/m}^3$ ) und engen Grobporen zugunsten einer entsprechenden Erhöhung des Mittelporenanteils (nFK:  $154 \text{ l/m}^3$ ). Folglich ist bei einer sehr schlechten

+ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Olshausenstr. 40, 2300 Kiel

potentiellen Durchlüftung des Standortes die Menge an nutzbarem Wasser leicht erhöht, sie erreicht jedoch nicht die gleichen Gesamtvolumina wie der bewachsene Standort.

Das ausgeprägte Grobporenvolumen macht sich auch in der  $K/\psi$  Beziehung der einzelnen Bodenprofile und -tiefen bemerkbar. Während erwartungsgemäß der unbewachsene Standort bei einer vor allem im Oberboden geringeren gesättigten auch im Wasserspannungsbereich bis 3000 hPa über eine nur wenig abnehmende ungesättigte Wasserleitfähigkeit verfügt, weist der grobporeereichere bewachsene Standort einen ausgeprägten Abfall der Wasserleitfähigkeit mit der Wasserspannung auf. (Abb. 1)

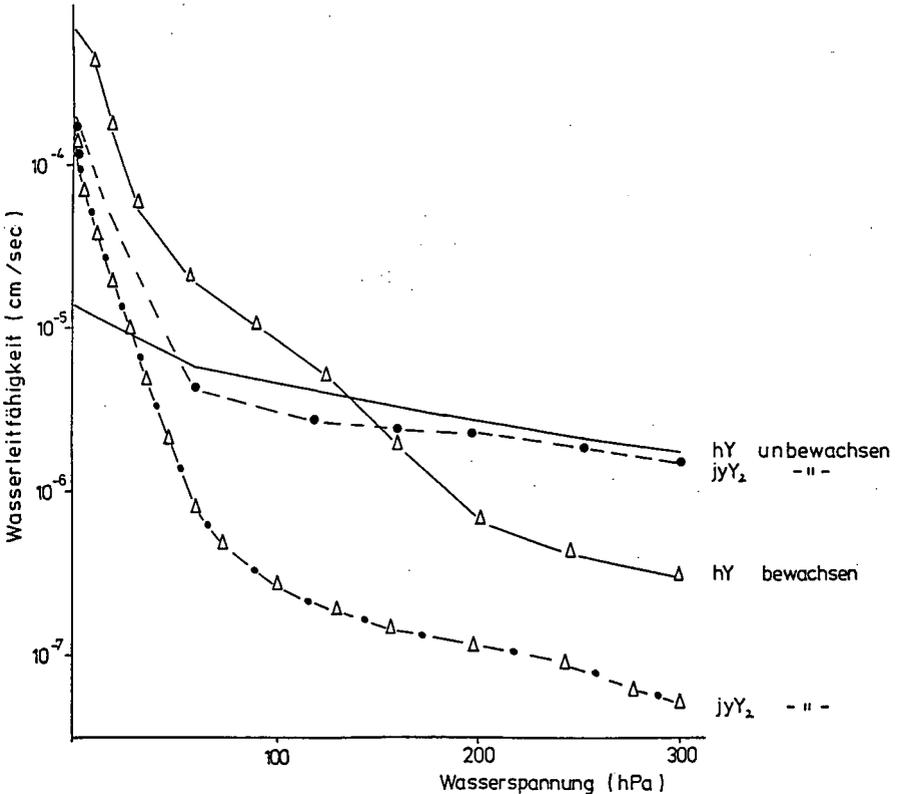


Abb.1: Wasserspannungs- / Wasserleitfähigkeitsbeziehungen (Phytosol aus Geschiebemergel)

In Abb. 2 sind als Maß für die Sorptionsfähigkeit die Werte der Austauschkapazität zum einen ermittelt als effektiver Kapazitätswert und zum anderen an ungestörten Bodenproben als Intensitätswert ermittelt durch Perkolation ebenfalls der ungepufferten Mehlich Lösung bei einem Boden/Wasser Verhältnis von 0.8, exemplarisch für den unbewachsenen Standort dargestellt. Man

erkennt, daß die KAK eff an homogenisierten Bodenproben den auch theoretisch texturabhängig zu erwartenden Wert erreicht. Dahingegen zeigt der Tiefenverlauf für die ungestörten Bodenproben einen deutlich kleineren Wert, der damit zu erklären ist, daß die theoretisch verfügbaren Austauschplätze bei der unter gesättigten Bedingung kf- und schwerkraftabhängig kürzeren Verweildauer der Lösung im Boden nicht für einen vollständigen Kationenaustausch zur Verfügung stehen.

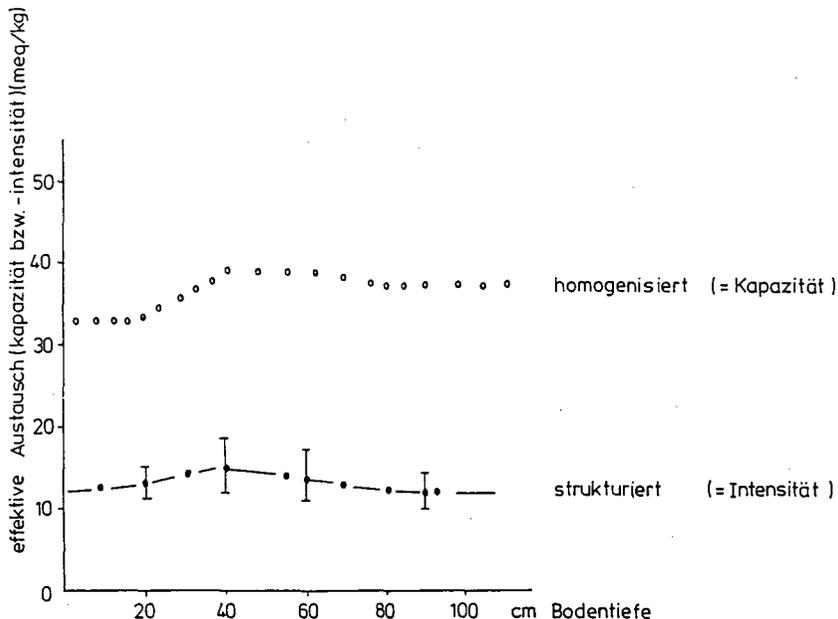


Abb. 2: Einfluß der Bodenstruktur für die effektiven Austauschverhältnisse (unbewachsener Boden)

Folglich ist auch zwischen Zonen mit mobilen Wasser und solchen mit immobilen oder nur sehr verzögert fließendem Wasser zu unterscheiden. Welche Auswirkungen diese reduzierte Zugänglichkeit hinsichtlich der chemischen Belastung auf tieferliegende Bodenhorizonte bzw. des Grundwassers haben kann, läßt sich anhand der Dynamik der hydraulischen Gradienten (dargestellt für den Zeitraum April - Juni 1989) annähernd ableiten. (Abb. 3)

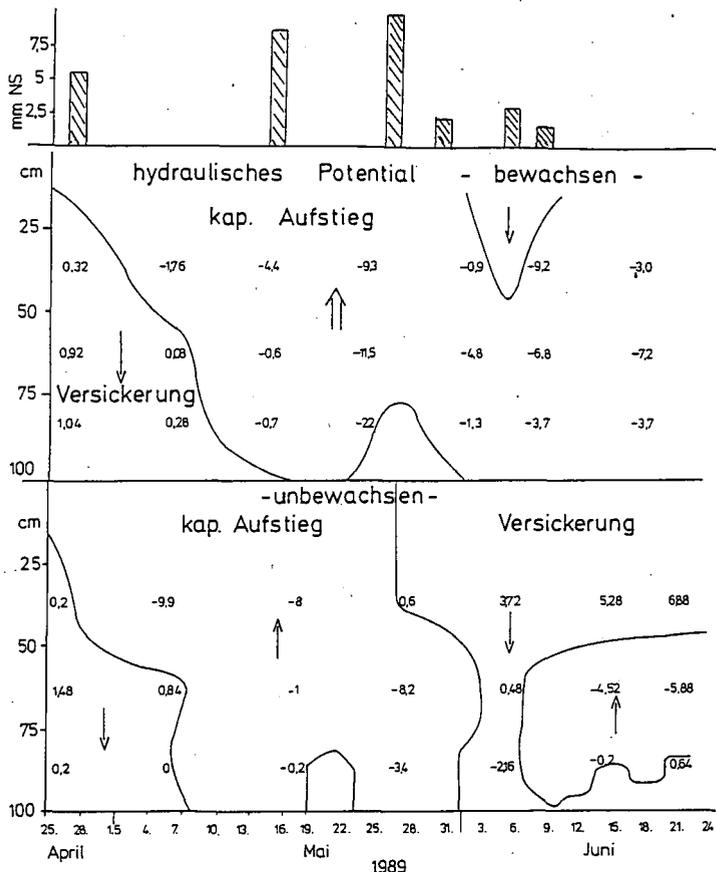


Abb. 3: Änderung der Tieflage der Wasserscheide in dem unbewachsenen und bewachsenen Phytosol aus umgelagerten Geschiebemergel.

Man erkennt, daß im Zeitraum von April bis Juni 1989 bei insgesamt sehr trockenen Bedingungen vorrangig ein kapillarer Aufstieg aus Tiefen bis zu > 100 cm auftrat, zur Vorherrsage z.B. der Tiefensickerung von Nähr- und Schadstoffen nicht nur zur Modellierung der Wasserbewegung die an ungestörten d.h. natürlichen Bodenproben ermittelten  $pF/WG$  und  $k/\psi$  Beziehungen herangezogen werden, sondern auch die entsprechenden chemischen Kennwerten von ungestörten Proben Eingang in die Berechnung finden.

### Schlußfolgerung

Folglich sollten selbst in anthropogen überprägten Stadtböden, wie am Beispiel des Phytosols dargestellt, zur Vorherrsage z.B. der Tiefensickerung von Nähr- und Schadstoffen nicht nur zur Modellierung der Wasserbewegung die an ungestörten d.h. natürlichen Bodenproben ermittelten  $pF/WG$  und  $k/\psi$  Beziehungen herangezogen werden, sondern auch die entsprechenden chemischen Kennwerten von ungestörten Proben Eingang in die Berechnung finden.

Böden im besiedelten Bereich

- Substrate, Dynamik, Planungsansätze -

von  
H. Kamieth\*

Einleitung

Im urban-industriellen Bereich entstehen aufgrund des Nutzungswandels in einem fortwährenden Prozeß anthropogene, häufig kontaminierte Neuböden, über deren Substratzusammensetzung, Eigenschaften und regionale Verbreitung wenig bekannt ist. Auch die Umsetzung umweltpolitischer Bodenschutzrichtlinien weist noch erhebliche Defizite im Bereich "Wissen" und "Methoden" auf. In einem Poster wurden Problemstrukturen und Lösungsmöglichkeiten thesenartig u.a. zu folgenden Bereichen aufgezeigt:

1. Substrate

In einem Ballungsraum wie Hamburg werden pro Jahr mehrere Mio. t mineralische und weit über 100.000 t organische Substrate "potentiell bodenbildend" umgelagert. Teils konzentriert, teils weiträumig verbreitet sind diese Substrate bodenbildend. Standorttypische Böden werden damit verändert, überformt, überschüttet. Böden der Stadt enthalten sedimentiert auch ihre Geschichte; Kulturabfälle wie Porzellan oder gar Coladosen bilden die "Leitfossilien" der Stadtböden.

Welche Mengen an mineralischen Substraten in Hamburg als Abfall umgelagert werden, zeigt Tabelle 1. Umgerechnet auf die Fläche Hamburgs fallen jedes Jahr 65t/ha mineralische (Abfall-) Substrate und ca. 2,5t/ha (erfaßt als kompostierbare Menge) organische Substrate an.

Ein wesentlicher Substratstrom, der bis heute urbane Böden prägt, ist der Trümmerschutt aus dem letzten Weltkrieg. In Essen waren beispielsweise nach dem Krieg 15 Mio. cbm Trümmerschutt zu beseitigen. Ein Teil diente als Bergeversatz, der größere Teil wurde zur Deichverstärkung an der Emscher, zum Auffüllen von Bergsenkungsgebieten, Tälern und Vertiefungen sowie zur Erschließung von Industrieflächen eingesetzt.

Ein regionales Problem sind die Montansubstrate (Bergematerial, Schlacken, Kohleschlamm usw.) in den Bergbaugebieten. Im Ruhrgebiet waren 1981 ca. 1300 ha mit Bergehalden bedeckt, dazu zählen aber noch nicht die unzähligen kleinräumigen Verfüllungen mit Montansubstraten aller Art. Eine Flächenbilanz im Norden der Stadt Essen weist auf ca. 210 ha (von 2000 ha Freifläche) Montansubstrate aus (AUBE, 1986).

---

\* Techn. Universität Hamburg-Harburg, Arbeitsgebiet Stadtökologie/ Methoden der Umweltplanung, Kasernenstraße 10, 2100 Hamburg 90

Tab. 1: Anthropogener Umsatz mineralischer (Abfall-) Substrate in Hamburg (Zus.stellung aus: Abfallwirtschaftsplan)

"Stoff"	t/a	Bemerkungen
Bodenaushub	800.000	In HH fast vollständig "wiederverwendet"
Baureststoffe:		
- Bauschutt	600.000	
- nicht bituminöser Straßenaufbruch	33.000	
- bituminös	83.000	
- Baustellenabfälle	500.000	Mineralisch 50%, Holz 10% Reste 28%, Papier 8%
Sandfanggut	6.000	
Sielreinigung und Trummengut	13.000	Nur Sand
Baggergut	2.000.000	Davon 1.100.000 t Sand
Hafenausbau	500.000	Überwiegend Sand
Schlick aus Alster, Bille und sonstigen Gewässern	30.000	Hoher organischer Anteil
Müllverbrennungsschlacken	275.000	Einsatz im Straßenbau

## 2. Dynamik

Der hohe Umsatz an Substraten resultiert aus dem permanenten Nutzungswandel. Urban-industrielle Böden entstehen als "Koppelprodukte" der Stadtentwicklung und sind damit der Nutzungsdynamik unterworfen. Zur Binnendynamik innerhalb bestehender urbaner Nutzungen kommt die Ausweitung der Siedlungsflächen: 170 ha werden täglich "besiedelt" und die Böden damit in ihrer Substanz und Funktionen verändert. Der Anteil der Siedlungsflächen liegt

- an der Gesamtfläche der Bundesrepublik bei ca. 12 %
- in Nordrhein-Westfalen bei 19 % der Landesfläche (eine Verdopplung seit Kriegsende),
- in 12 kreisfreien Städten der Rhein-Ruhr-Ballung sind schon über 50 % Siedlungsfläche, in der Stadt Essen sind es 64 % .

Bei einer Trendverlängerung der gegenwärtigen Bodeninanspruchnahme bis zur Jahrtausendwende wäre etwa ein Viertel von Nordrhein-Westfalen "Siedlung" (MLS, 1984).

### 3. Erfassung und Bewertung

Intensität und Art der anthropogenen Prägung ist abhängig von der Nutzung bzw. den Nutzungsabfolgen. Dadurch entstehen nutzungsspezifische Merkmale, die weniger Übergänge als vielmehr scharfe Grenzen aufweisen. Nutzungseinheiten empfehlen sich auch unter maßnahmenorientierten Gesichtspunkten als Bezugsflächen für eine planungsorientierte Erfassung und Bewertung von Stadtböden (PIETSCH u. KAMIETH, 1990).

Der Aufbau eines Bodeninformationssystems auf der Grundlage der in der Planungspraxis bewährten Raumgliederung mit Nutzungstypen setzt daher eine differenzierte, für Zwecke der Vergleichbarkeit möglichst standardisierte Systematik der Bodennutzungen voraus (vgl. BERLEKAMP, KAMIETH, PRANZAS, 1990).

Für eine planungsorientierte Bewertung urbaner Böden kommen zwei sich ergänzende Ansätze in Frage:

- a) Eine Einteilung in "natürliche" und "anthropogene" Böden als ein ethischer Ansatz. Ausgehend von dem bodenbildenden Substrat ließen sich hier 4 Standorttypen unterscheiden:
- standortfremde Substrate anthropogener Lithogenese. Dazu zählen: Baustoffe wie Ziegelsteine, Beton bzw. Bruchstücke davon (Festsubstrate). Grus und Sande aus Recyclingmaterial z.B. Schlacken (Lockersubstrate)
  - standortfremde Substrate natürlicher Lithogenese (Verlagerung von Böden), ebenso organische, standortfremde Substrate. Dazu zählen: Montansubstrate oder "Marktböden" (Handelsware) mineralischer und organischer Art
  - standorteigene Substrate natürlicher Lithogenese d.h. natürlich gewachsene Böden
  - Mischformen mit horizontaler Zonierung (durch Nutzungswandel entstandenes kleinräumiges Mosaik an Bodenformen) und vertikaler Zonierung (sedimentierte Standortgeschichte).
- b) Ein funktionaler Ansatz, der Bewertungsmaßstäbe für ein Stadtbodenmanagement ermöglicht.

Voraussetzung einer funktionalen Bewertung und Steuerung von urbanen Bodenqualitäten sind Orientierungswerte, die eine Skala zwischen "gut" und "schlecht" vorgeben.

### 4. Planung

Ein wesentliches Element für den kommunalen Bodenschutz ist eine ökologisch orientierte Bodenhaushaltspolitik auf der Grundlage von Informationssystemen. Als mögliche Basiselemente von kommunalen Bodeninformationssystemen bieten geographische

Informationssysteme (GIS) die Möglichkeit, quantitative Flächeninformationen mit bodenbezogenen qualitativen Daten zu kombinieren.

Durch die kartographische Erfassung und digitale Speicherung der Flächennutzungsdaten wird eine räumliche Zuordnung von ökologischen Informationen ermöglicht. Mit einem GIS besteht die Möglichkeit, die Flächennutzungsdaten mit anderen Datenebenen zu neuen strukturellen Zusammenhängen zu verknüpfen. Die Anwendungsmöglichkeiten auf kommunaler Ebene sind vielfältig:

- Flächendeckende, differenzierte Erfassung und Fortschreibung der vorhandenen und geplanten Bodennutzungen als Grundlage für
  - \* kommunale Flächenbilanzen (Nutzungsdynamik/-verlagerungen)
  - \* räumliche Entwicklungsziele künftiger Bodeninanspruchnahme
- Abbildung des tatsächlichen Umfangs, der Ursachen und Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme durch die Siedlungsentwicklung auf Bodenoberflächen und Bodenqualitäten
- räumlicher Abgleich mit medialen bzw. querschnittsorientierten Konzepten der Umweltvorsorge (z.B. Schutz- und Vorranggebiete)
- Über eine Kopplung mit Datenbanken: Flächendeckendes Bodennutzungskataster mit ökologischen Informationen zur Binnenqualität (Böden, Wasserhaushalt, Oberflächen, Vegetation) von Nutzungstypen in Faktendatenbanken
- Überlagerung mit weiteren digitalen Informationen: Zur Ermittlung von Belastungen oder Nutzungskonflikten können Daten aus anderen Umweltbereichen (Altlastenkartierung, Luftbelastungen) mit Nutzungseinheiten verknüpft werden z.B. für Simulation und Standortvergleiche bei Umweltverträglichkeitsprüfungen.

#### Literatur:

- AUBE (Arbeitsgruppe Umweltbewertung Essen) 1986: Ökologische Qualität in Ballungsräumen - Methoden zur Analyse und Bewertung - Strategien zur Verbesserung. Der Minister für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW (Hersg.) Düsseldorf, 1986
- BERLEKAMP, L., KAMIETH, H. und N. PRANZAS (1990): Eine neue Systematik urbaner Nutzungstypen - Allgemeine planerische Relevanz und ihre besondere Bedeutung für die Erhebung von Bodenversiegelungen; im Druck
- MLS, Minister für Landes- und Stadtentwicklung des Landes NRW (1984): Freiraumbericht 1/84, Düsseldorf
- PIETSCH, J., KAMIETH, H. (1990): Stadtböden - Entwicklungen, Belastungen, Bewertung und Planung. Verlag E. Blottner

**Vier Jahre Stadtbodenkartierung von Hamburg  
- Probleme und Ergebnisse -**

von

Wolfram D. Kneib )<sup>\*</sup> und A. Braskamp )<sup>\*\*</sup>

**Von der Kartierung zur Karte**

von

B. Schemschat und F. Speetzen )<sup>\*\*</sup>

Der folgende Artikel faßt die ersten Ergebnisse einer systematischen Kartierung der Hamburger Böden zusammen, die, initiiert durch mehrere Ämter der Hamburger Umweltbehörde, für das Amt für Boden- und Gewässerschutz im August 1986 begonnen wurde. Dabei sollten zunächst für eine Fläche von etwa sechs Grundkartenblättern die Möglichkeiten der großmaßstäbigen Kartierung in urban überformten Räumen getestet und ihre Aussagekraft überprüft werden. Parallel zum Beginn dieser Pilotkartierung konnte im Rahmen eines interdisziplinären, vom BMFT geförderten Projekts zur "Erfassung und funktionalen Bewertung von Stadtböden" ein wissenschaftliches Begleitprogramm installiert werden, das in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Bodenkunde (Prof. Dr. G. Miehlich) eine Übernahme offener bodenkundlicher und vegetationskundlicher Fragen und deren Abarbeitung sicherstellt.

---

Anmerkung: Der Artikel faßt einen Vortrag und ein Poster zusammen.

)<sup>\*</sup> büro für bodenbewertung, Kiel

)<sup>\*\*</sup> Bodenschutzdienst für Städte und Gemeinden GmbH, Kiel

Die Vorgehensweise der Kartierung folgt nahezu vollständig den Vorgaben des Arbeitskreises "Stadtböden" der DBG (zwischenzeitlich veröffentlicht als UBA-Texte 18/1989) und beinhaltet eine vollständige digitale Erfassung, Bearbeitung und Ablage aller verwendeten Daten im Rahmen eines projektorientierten Bodeninformationssystems.

Die Bodenmerkmale werden je nach Fragestellung profilweise ausgewählt, kombiniert und/oder gruppiert und daraus neue Kennwerte errechnet. Danach wird jedes Profil einer entsprechenden Kategorie zugeordnet und als Punktinformation (mit Symbol) lagerichtig dargestellt. In Überlagerung mit weiteren, bereits digitalisierten Informationen (Konzeptkarte) zum Grundwasserhaushalt, zum Relief, zur Nutzung usw. können qualitativ neue Karten erzeugt werden, die entweder die punktbezogenen Informationen beibehalten oder die Abgrenzung von Flächen erlauben. Je nach Problem des Kartennutzers kann die Punktinformation (z.B. bei einem Unfall als punktförmige Quelle für mögliche Kontamination) oder die Flächeninformation (z.B. Grünflächenplanung) sinnvoll sein.

Die Kartenblätter wurden so ausgewählt, daß sie einem Stadtgradienten folgen. Das heißt, daß in ihnen die durch die urbane Nutzung bestimmte Überformung ein unterschiedliches Ausmaß erreicht hat.

Diese Überformung wirkt gleichermaßen in zwei Richtungen, einerseits in der Veränderung der Bodenoberfläche, andererseits in der zunehmenden Mächtigkeit der Auftragsböden, die von den nahezu naturnahen Böden im unbesiedelten Raum, über den Stadtrand, den verdichteten Siedlungsraum bis zur Kernstadt bis auf fünf Meter und mehr (in Hamburg) anwachsen können (siehe Abb. 1). Die Diversität (Zahl der Qualitäten) und die Variabilität (Zahl der Flächen) nehmen dabei zunächst zu, weil naturnahe und anthropogene Böden vergesellschaftet auftreten. Mit zunehmendem Überformungsgrad im

Abbildung 1:

Stadtgradient sowie Diversität und Variabilität

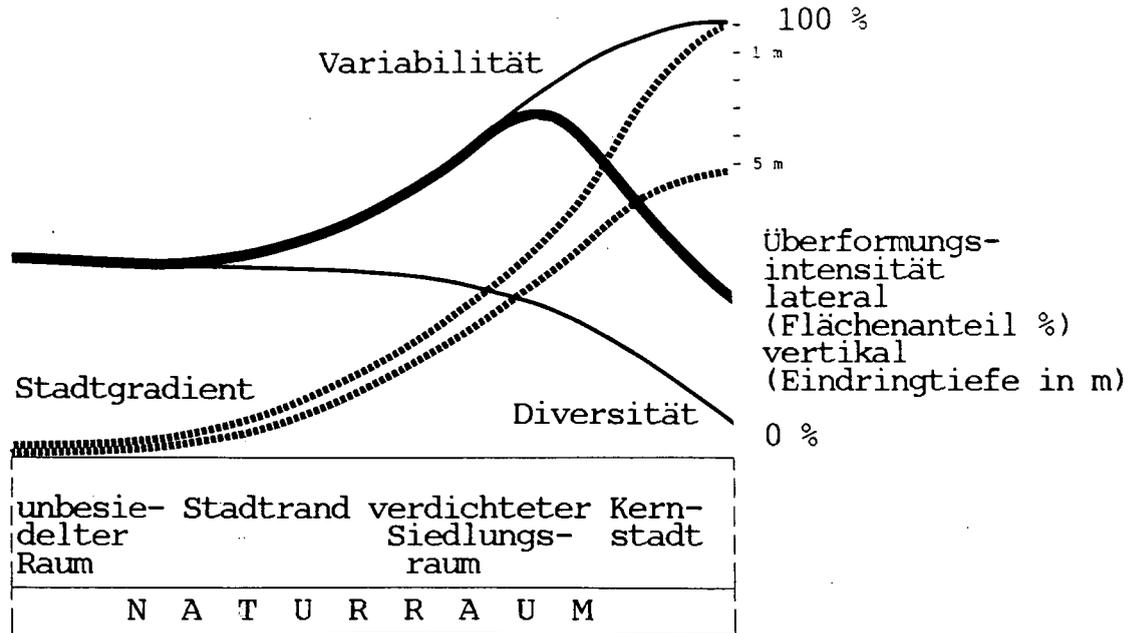
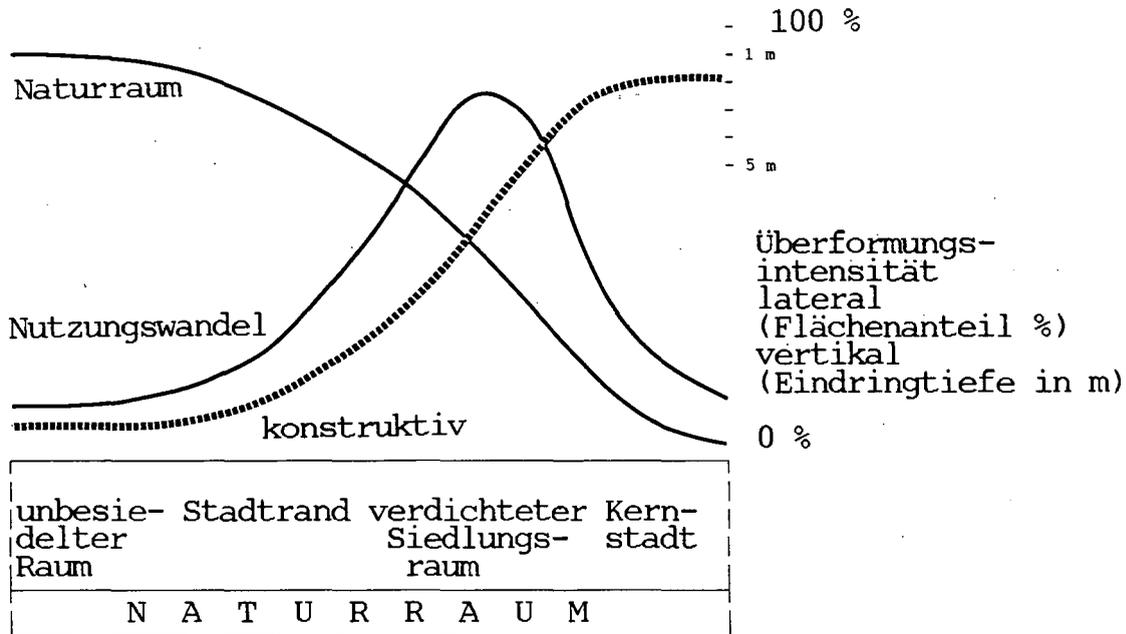


Abbildung 2:

Regionalisierung und Kartieraufwand



Bereich der Kernstadt werden beide normalerweise wieder geringer, die Diversität kann jedoch auch deutlich unter der des Freiraums liegen, die Variabilität dagegen kann beträchtlich höher liegen wegen der kleingekammerten Nutzung.

Bezüglich der Beziehung zwischen der Regionalisierung und dem Kartieraufwand bedeutet das (siehe Abb. 2), daß der Ableitung von regionalen Bodeneinheiten aus Vorinformationen (Konzeptkarte) entscheidende Bedeutung zukommt. Während im Außenbereich naturräumliche Gliederungen erwartungsgemäß die beste Basis bilden, ist dies mit zunehmendem Stadtgradienten eher die Typisierung des Nutzungswandels. Im Kernstadtbereich wird man jedoch vornehmlich aus der Lage der Profile konstruktiv oder über regionalstatistische Verfahren eine Abgrenzung ableiten müssen. Da der Kartieraufwand bei gleicher Fläche des zu kartierenden Gebietes nicht nur von der Diversität und der Variabilität abhängt, sondern auch von der Qualität der Konzeptkarte, ist die Frage, ob der Kartieraufwand bei Stadtbodenkartierung grundsätzlich größer ist als bei jenen der Außenbereiche, keinesfalls eindeutig zu bejahen.

Wenn man die Kartiergebiete nach zunehmendem Stadtgradienten sortiert und z.B. die Variabilität verschiedener Merkmale prüft, kommt man bezüglich einiger zu einer eindeutigen Tendenz (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Stadtgradient verschiedener Bodeneigenschaften

Grundkarte	Skelettgehalt x (Vol.-%)	Tongehalt x (Gew.-%)	nFK (bis 1 m)
Bostelbek	4,1	4,0	174
Wilhelmsburg	5,4	18,0	179
Wandsbek	11,8	7,5	152
Hamm	19,1	9,5	146

Fortsetzung Tab. 1:

	alle Auftragsböden (%)	reine Auftragsböden (Y bis 20 dm) (%)	kf-min (%)	n
Bostelbek	22,6	14,6	4,6	501
Wilhelmsburg	57,7	20,6	11,6	293 )*
Wandsbek	94,2	60,8	6,1	691
Hamm	95,8	74,6	16,7	264 )*

)\* nur eine halbe Grundkarte

Dies betrifft sowohl den Skelettgehalt wie auch das Vorkommen der Auftragsböden in den unterschiedlichen Kartiergebieten. Die nutzbare Feldkapazität nimmt ab (vermutlich in Abhängigkeit vom Skelettanteil), der minimale  $k_z$ -Wert nimmt in Flächen starker Überformung zu, folgt aber auch natürlichen Vorgaben, ebenso wie der Tongehalt, z.B. auf den Blättern Bostelbek (Geest und sandige Aufschüttungen) und Wilhelmsburg (Elbmarsch). Hinsichtlich der Diversität des Merkmals Humusgehalt des ersten Mineralbodenhorizontes gibt die Tabelle 2 Aufschluß.

Tab. 2: Diversität von Humusgehalten

	< 2 %	2-4 %	> 4 %
Bostelbek	64	21	15
Wilhelmsburg	8	33	59
Wandsbek	21	51	28
Hamm	23	60	17

Die Diversität der Humusgehalte wird in den ersten beiden Regionen auch durch natürliche Bedingungen stark eingengt auf niedrige bzw. hohe Werte. Die mittlere Gruppe (2-4 %)-Ergebnis einer nivellierenden, zunehmenden Überformung steigt in kernstädtischen Bereichen auf den höchsten Wert.

Die Möglichkeit der Regionalisierung der punktförmigen

Erhebung der Profilmerkmale soll hier nur an zwei Eigenschaften demonstriert werden (siehe Tabelle 3 und 4).

Tab. 3: Regionalisierung der Humusgehalte im Oberboden

	Flächen- prozent	Humusgehalt
EINZELHÄUSER & REIHENHÄUSER und KLEINSIEDLUNGEN der 20er Jahre	6 %	76 % < 4 %
GEWERBE- & INDUSTRIEFLÄCHEN, sonstige BEBAUUNG mit GRÜNFLÄCHEN	25 %	69 % < 4 %
INDUSTRIEFLÄCHEN (westlich der Autobahn)		95 % < 1 %
VERKEHRSFLÄCHEN mit BEGLEITGRÜN	6 %	67 % < 4 %
GRÜNLAND & OBSTANBAUFLÄCHEN & ACKERLAND & LANDWIRTSCHAFTS- BRACHE & BRUCH- und AUWÄLDER	7 %	92 % > 30 %
NADELWALD		63 % < 2 %
MISCHWALD	34 %	60 % < 2 %
LAUBWALD		74 % < 2 %
SONSTIGE FLÄCHEN	22 %	< 60 % hete- rogen

Tab. 4: Regionalisierung der potentiellen Bindung von Cadmium im Oberboden

	Flächen- prozent	Bindung Mobilität
INDUSTRIEFLÄCHEN (westlich der Autobahn)	17 %	86 % gering hoch
GRÜNLAND ACKERLAND OBSTANBAUFLÄCHEN und GARTENBRACHE BRUCH- und AUWALD	7 %	74 % stark gering
NADELWALD		89 % sehr gering
MISCHWALD	34 %	81 % sehr hoch
LAUBWALD		77 %
SONSTIGE FLÄCHEN	42 %	< 60 % heterogen

Als wichtigstes Abgrenzungskriterium auf dem Blatt Bostelbek erwies sich die Nutzungstypisierung. Mit ihr konnten z.B. die unterschiedlichen Intervalle des Humusgehaltes im Oberboden in Bezug auf 78 % der Gesamtfläche mit einer regionalen Sicherheit von > 60 % abgegrenzt werden (für eine ausreichende statistische Sicherung der Befunde bedarf es der Ergänzung durch weitere Karten). Für das relativ komplexe Merkmal "potentielle Bindung von Cadmium im Oberboden" (nach DVWK) ist die Abgrenzung weniger gut möglich, hier erreichen nur 58 % der Gesamtfläche eine vergleichbare regionale Sicherheit. Dieser Trend wird z.B. auf dem Blatt Wilhelmsburg bestätigt, weitere Blätter befinden sich zur Zeit noch in der Bearbeitung.

Die Ergebnisse belegen, daß der gewählte methodische Ansatz in der Lage ist, sowohl hinsichtlich von Basismerkmalen und einfachen Schätzgrößen als auch in Bezug auf komplexe Schätzgrößen und Multimerkmale eine nachvollziehbare und anwendungsorientierte Regionalisierung zu liefern. Die statistische Sicherung der Befunde wird nachfolgend eine deutliche Verminderung des Kartieraufwands möglich machen. Viele Aspekte des Bodenschutzes im aktuellen Verwaltungsvollzug, in der ökologischen Planung und in der Bauleitplanung, der UVP und der diversen Fachämter können damit eine ausreichende Basis erfahren. Voraussetzungen sind dafür eine standardisierte Vorgehensweise und Koordination der Kartierungen, für die sich der Arbeitskreis "Stadtböden" der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft zukünftig verstärkt einsetzen wird.

Anmerkung:

Ein Teil der Ergebnisse wurde im Rahmen von Diplomarbeiten von U. Bartsch (Göttingen) und R. Schönfeld (Hamburg) erarbeitet.

Bodenschutz in Verdichtungsräumen - Abgrenzung hochwertiger Böden für die Aufstellung regionaler Raumordnungsprogramme -

Silvia Langner\*, Uwe Richter\*\*

Siedlungsdruck und Freiflächenverbrauch sind gerade in Ballungszentren besonders groß. Durch Bebauungsmaßnahmen und Infrastruktureinrichtungen werden Flächen auf Dauer einer weiteren landwirtschaftlichen Nutzung entzogen.

Aus der Sicht des Bodenschutzes ergibt sich Handlungsbedarf, um Böden mit hoher Standortgüte für die Landwirtschaft zu sichern.

Vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (NLfB) wurde eine Auswertungsmethode "Landwirtschaftliches Ertragspotential" entwickelt (ECKELMANN und RICHTER, 1990), um eine Beurteilung der Ertragsfähigkeit der Ackerstandorte in Niedersachsen vornehmen zu können.

Für die Ermittlung des potentiellen landwirtschaftlichen Ertragspotentials wurden zwei vorhandene Ertragserhebungen ausgewertet sowie Beziehungen zwischen Ertrag und bodenkundlichen Standorteigenschaften abgeleitet. Es handelt sich hier um errechnete Durchschnittserträge für Wintergerste bei ortüblicher Bewirtschaftung ohne Beregnung.

Bei der Darstellung des Ertragspotentials erfolgte eine Differenzierung nach den wichtigsten Großlandschaften Niedersachsens.

Die vorgeführten Poster zeigen eine Verschneidung des ackerbaulichen Ertragspotentials der Böden auf der Grundlage der Bodenkundlichen Standortkarte von Niedersachsen 1:200000 (vgl. Lit.) mit den vom Niedersächsischen Minister des Innern ausgewiesenen Gebieten mit hohem Siedlungsdruck. Das Ergebnis dieser Auswertung zeigt die Verbreitung hochwertiger und damit prioritär schützenswerter Böden in den Ballungsräumen Hannover und Hildesheim (TK200-Blatt 3918 Hannover).

---

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

\*\* Institut für Bodenkunde, Wiesenstr. 3-5, 6300 Gießen

Literatur:

ECKELMANN und RICHTER 1990: Das ackerbauliche Ertragspotential der in Niedersachsen vorkommenden Standorte - Beispiel einer Auswertungsmethode im Niedersächsischen-Boden-Informationen-System NIBIS. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, in Vorbereitung.

Trophie städtischer Böden, dargestellt an ausgewählten  
Standorten im Stadtgebiet Essen-Rellinghausen und Steele

von

Lauber, B., Th. Schmiegelt und W. Burghardt <sup>+</sup>

1. Einleitung

Feuchtgebiete sind auch im Stadtgebiet häufig Träger von wertvollen Biotopen. Zum Schutz der Feuchtgebiete stellt sich die Frage, wie groß das Eutrophierungspotential der an die Feuchtgebiete grenzenden Stadtrandflächen ist und somit die Voraussetzungen gegeben sind, daß von dort ein Nährstofftransfer in das Feuchtgebiet erfolgen kann. Dies sollte stichprobenhaft erfaßt werden.

2. Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen erfolgten auf an die Ruhrauen angrenzenden Flächen im Süden der Stadt Essen. Bestandteil der Untersuchung waren zwei Flächen (Nr. 1,2) an einem in die Ruhraue entwässernden Bach im Stadtteil Rellinghausen und 5 Standorte (Nr. 3,-7) in dem vom Stadtrand von Steele überbauten Teil der Ruhraue. In Tabelle 1 sind die Standorte näher beschrieben.

3. Untersuchungsmethoden

An den Probenahmestellen wurde auf einer Fläche von  $4 \text{ m}^2$  der Boden schematisch ohne Berücksichtigung der Profilhorizontierung in den Tiefen 0-10, 10-20, 20-50 und 50-80 cm beprobt. Bestimmt wurden Skelettgehalt und Feinbodenart aus der Korngrößenverteilung, pH-Wert (0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -Lösung), Calciumcarbonatgehalt, Gesamt C-, N- und S-Gehalte, Kalium und Phosphat im Doppellaktataufschluß,  $\text{NH}_4^-$  und  $\text{NO}_3^-$  in 1 M KCl-Lösung.

4. Ergebnisse und Diskussion (Tabelle 2 u. Abb. 1)

Der anthropogene Einfluß, dem die hier vorgestellten Böden unterliegen, machte sich in dem in allen Böden vorhandenen Skelettgehalt bemerkbar. Die ursprünglich den schwach lehmigen Schluffen zuzuordnenden Böden wurden auch mit Grobsand angereichert. Entsprechend lagen teilweise sandig lehmige Schluffe vor. Abweichend hiervon traten auf dem Parkplatz (Profil 4) mittelgrusige schluffige Sande auf. Die Profile Parkplatz (4) und Parkrasen (6) enthielten Carbonate. Von den 7 Profilen hatten 4 pH-Werte über 7. Auch die Carbonatgehalte und erhöhten pH-Werte wiesen auf eine anthropogene Beeinflussung der Böden hin.

<sup>+</sup> Angewandte Bodenkunde, Universität-GH Essen, Universitätsstr. 5, 4300 Essen 1

Die C-Gehalte wiesen auf Humusgehalte hin, die überwiegend hoch, teils sehr bis extrem hoch waren. Der Parkplatz hatte teils geringere, in den verschiedenen Tiefen wechselnde C-Gehalte. Der Gesamtstickstoffgehalt war als mittel bis hoch zu bewerten. Das teils weite C/N-Verhältnis deutete auf eine eingeschränkte Mineralisierbarkeit der N-Vorräte hin. Das sehr weite C/N-Verhältnis des Parkplatzes (4) war auf anorganische C-Quellen wie Kohle aus Bergematerial, unvollständig verbrannte Aschen zurückzuführen. Hohe Gesamtschwefelgehalte waren auf dem Parkplatz (4) und im Bachtal (1) anzutreffen. Die hohen Schwefelgehalte traten zusammen mit starken anthropogenen Veränderungen durch Skeletteintrag auf.

Die mineralisierten Stickstoffmengen waren im Oberboden bei beiden Standorten im Bachtal (1,2) hoch, bei den übrigen Standorten gering. Ein erhöhtes Eutrophierungspotential durch mineralisierten Stickstoff war somit nur teilweise erkennbar. Der mineralisierte Stickstoff lag überwiegend als  $\text{NH}_4\text{-N}$  vor. Der relative Anteil an  $\text{NO}_3\text{-N}$  stieg mit zunehmender Bodentiefe an.

Die Kaliumgehalte im Doppellaktatauszug waren bis auf die Wiese (2) im Bachtal hoch bis sehr hoch, wobei besonders die hohen Gehalte des Parkplatzes auffielen. Überwiegend hoch waren die Phosphatgehalte, wobei der skelettreiche Waldrandboden im Bachtal (1), die Parkrasenfläche (7) und der Wegrand die höchsten Gehalte aufwiesen. Damit lag ein überwiegend hohes Kalium- und Phosphatangebot vor.

Für die 3 Standorte mit Grundwasseruntersuchungen (1,2,5) wurde festgestellt (Abb. 1): die pH-Werte des Wassers zeigten ein mäßig saures Milieu an. Sie entsprechen nicht den im Boden gefundenen pH-Werten. Die Phosphatgehalte des Wassers waren gering. Für den Standort Waldrand im Bachtal wiesen etwas erhöhte Phosphatgehalte des Wassers zur Herbstprobenahme auf die hohen Bodengehalte hin. Die Nitrat- und Ammoniumgehalte des Wassers zeigten jahreszeitliche Schwankungen. Insgesamt waren die Nitratgehalte jedoch gering. Die Ammoniumgehalte lagen im Bereich normaler Werte von Süßwasser. Die Kohlenstoffgehalte waren im Wasser im Herbst im Vergleich zum Frühjahr erhöht. Sie lagen jedoch noch im Bereich reiner Grund- und Quellwässer.

#### Tabelle 1: Merkmale der untersuchten Standorte

##### Standort 1: Essen-Rellinghausen

Bachtal, Waldrand eines Buchenwaldes im verrohrten Teil des Unterlaufes des Schellenberger Baches.

Nasse Mulde, fallaubbedeckt, ohne Krautschicht; unmittelbar angrenzend *Ranunculus ficaria*, einige Meter entfernt *Athyrium filix-femina*, zur Straße hin *Urtica dioica*, verschiedene Poaceen, *Glechoma hederacea*, *Ranunculus repens*. Umgebende Gehölze: *Acer pseudoplatanus*, *Sambucus nigra*, *Fraxinus excelsior*.

##### Standort 2: Essen-Rellinghausen

Bachtal, nasse Wiese im Oberlauf des Schellenberger Baches; unterhalb Straße und Hausgärten.

##### Standort 3: Essen-Steele

Parkplatzrandbereich, nicht befahren, von Mauer umgeben; Müll und Unrat.

Sehr schütterte Krautschicht mit Acer-Jungpflanzen, Glechoma hederacea, Polygonum, Urtica dioica und Poa annua. Mehr oder weniger ausgewachsene Bäume: Fagus sylvatica, Platanus pseudacorus, Acer pseudoplatanus, Aesculus hippocastaneum, ferner Sambucus, Ilex, Taxus.

Standort 4: Essen-Steele

Parkplatz, vegetationsfrei, unversiegelt, befahren und stark verdichtet.

Standort 5: Essen-Steele

Neben Fußpfad, zwischen Gewerbe- und Kleingartenanlage.

Vorwiegend Poaceen, wenig Urtica, Rubus, Trifolium repens, Aegopodium podagraria, Potentilla anserina, Euphorbia esula.

Standort 6: Essen-Steele

Parkrasen, zwischen Bahndamm und Gewerbeflächen.

Rasenfläche, 100% Vegetationsbedeckung, einzelne Bäume: Fraxinus, Salix, Cataegus

Standort 7: Essen-Steele

Parkrasen in Nachbarschaft von Standort 3 und 4.

Rasenfläche, 100% Vegetationsbedeckung, randlich Beete mit gärtnerischen Gehölzen, Pflaster, Mauer.

Abbildung 1: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen der Profile 1, 2 und 3 (Sto. 1,2,3) im November 1984 und April 1985

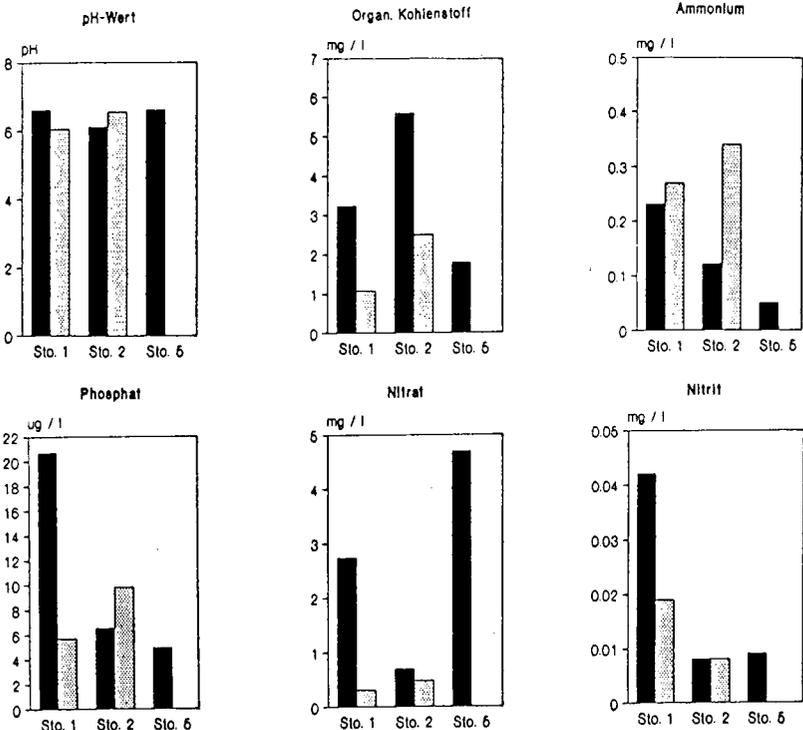


Tabelle 2: Bodenart und chemische Eigenschaften

Profil Nr.	Nutzung	Tiefe cm	Skelett %	Feinbodenart	pH (CaCl <sub>2</sub> )	C %	N %	C/N	S %	H* NH <sub>4</sub> - N mg/100g TS	F* NO <sub>3</sub> - N mg/100g TS	H* NH <sub>4</sub> - N mg/100g TS	F* NO <sub>3</sub> - N mg/100g TS	K <sub>2</sub> O mg/100g TS	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g TS
1	Waldrand	-10	12	U1s	4,6	14,5	0,58	25	0,18	3,6	15,7	2,9	14,0	26	39
		-20	21	U1s	4,8	14,3	0,47	30	0,20	1,3	0,9	0,8	1,1	21	37
		-50	26	U1s	5,5	13,8	0,43	32	0,19	0,9	0,8	0,9	0,9	19	41
		-80	27	U1s	5,7	20,4	0,54	38	0,30	1,7	0,8	0,1	0,8	26	42
2	Weide	-10	2	U12	5,1	10,3	0,45	23	0,12	3,9	5,8	0,8	10,3	21	13
		-20	3	U13	5,1	7,5	0,31	24	0,08	1,7	1,3	0,2	3,3	9	6
		-50	4	U13	5,0	6,8	0,25	27	0,09	0,4	0,3	0,3	1,4	7	5
		-80	3	U12	5,0	3,3	0,16	21	0,06	0,1	0,1	0,0	0,6	6	3
3	Parkplatz- randbereich	-10	6	U1s	4,8	6,7	0,27	26	0,08	1,4	0,6	1,0	0,5	22	28
		-20	2	U1s	4,7	5,7	0,23	25	0,08	0,4	0,2	0,4	0,8	16	20
		-50	1	U1s	5,1	3,6	0,17	21	0,04	0,6	0,6	0,4	0,7	11	16
		-80	1	U1s	5,6	1,6	0,11	15	0,03	0,6	0,0	0,7	0,9	7	16
4	Parkplatz	-10	39	S13	7,7	5,6	0,15	36	0,17	1,4	0,7	0,3	nb	27	38
		-20	32	S13	7,9	10,1	0,21	48	0,27	1,4	0,9	0,2	nb	27	35
		-50	46	S12	7,0	18,9	0,78	51	0,45	0,7	0,6	nb	nb	21	24
		-80	23	S13	6,9	15,9	0,33	48	0,19	0,6	0,5	nb	0,5	29	29
5	Pfadrand	-10	nb	nb	6,9	14,4	0,50	29	0,16	2,4	nb	0,1	nb	42	48
		-20	nb	nb	7,1	12,4	0,38	33	0,15	0,9	nb	0,3	nb	31	43
		-50	nb	nb	7,1	13,7	0,36	38	0,16	0,5	nb	nb	0,6	29	38
		-80	nb	nb	7,1	10,1	0,30	35	0,12	0,6	nb	0,2	3,1	24	34
6	Parkrasen	-10	8	U12	7,2	4,3	0,16	24	0,06	0,9	0,3	0,1	0,2	23	25
		-20	11	U12	7,3	6,1	0,22	25	0,10	0,6	0,7	0,2	0,3	24	31
		-50	14	U12	7,4	2,4	0,12	29	0,04	0,1	0,1	0,1	1,5	15	23
		-80	13	U12	7,5	9,9	0,26	47	0,07	0,2	0,4	0,4	0,4	13	14
7	Parkrasen	-10	6	U13	7,0	4,8	0,16	19	0,05	1,8	1,0	0,4	4,5	19	28
		-20	6	U13	7,1	6,7	0,26	23	0,05	0,3	0,1	0,1	1,1	18	33
		-50	12	U13	7,2	6,1	0,27	28	0,05	0,7	0,3	0,2	0,7	27	64
		-80	3	U1s	7,1	5,8	0,26	26	0,09	0,6	0,3	0,2	3,4	20	38

\* H: Probenahme im November 1984; F: Probenahme im April 1985

Standorteigenschaften der Abdeckung der rekultivierten  
Feststoffdeponie Poggenhagen im Landkreis Hannover

von

Lebert, M.+) und K.H. Hartge++)

**Einleitung:** Die Nutzung rekultivierter Deponieflächen für die Pflanzenproduktion verlangt, daß in den geschütteten und planierten Substraten ein Porensystem vorhanden ist, das den Ansprüchen von Kulturpflanzen an den Luft- und Wasserhaushalt gerecht wird. Besonders bei Deponien ohne Gasdrainage ist für die Ableitung von Deponiegas und die Regulation des O<sub>2</sub>-Haushaltes ein kontinuierliches, großvolumiges Grobporensystem erforderlich. Gleichzeitig muß die Abdeckung eine ausreichende pflanzenverfügbare Wassermenge zur Verfügung stellen, da die Pflanzen nicht in den Untergrund wachsen können. Um diesen Anforderungen trotz der hohen mechanischen Beanspruchung des Substrates während der Aufbringung und der Verteilung durch Baufahrzeuge zu entsprechen, wurde für die Abdeckung der Feststoffdeponie Poggenhagen ein grobkörniges Substrat aus Sand und sandigem Lehm verwendet. Der Sandanteil sollte die Durchlüftung, der Lehmanteil die Wasserversorgung sicherstellen. Es starben jedoch in den Folgejahren nach der Rekultivierung sämtliche Kulturpflanzenbestände ab, so daß die Fläche nach 3 Jahren einer natürlichen Vegetation überlassen wurde. 10 Jahre nach der Rekultivierung wurden die Untersuchungen der physikalischen Standorteigenschaften durchgeführt.

**Material und Methoden:** Der Standort der Deponie liegt am Rande des Leinetals auf Talsanden des Weichselglazials (Abb. 1). Die ehemals halboffene Mulde war aufgrund der hoch anstehenden Grundwasseroberfläche landwirtschaftlich nicht nutzbar. Der Müllkörper einschließlich der Abdeckung hat eine Höhe von ca 3 m.

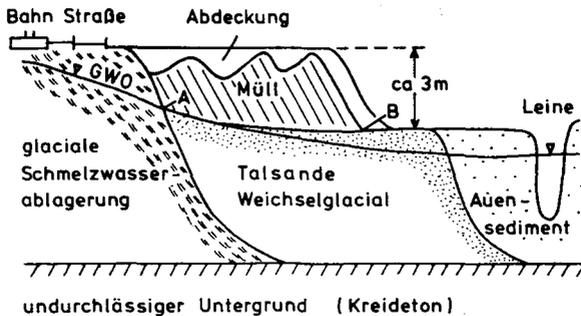


Abb. 1: Standort der Deponie

+) Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde,  
Olshausenstr. 40, 2300 Kiel

++) Institut für Bodenkunde, Herrenhäuserstr. 2, 3000 Hannover 21

Das obere Müllmaterial wurde für die Rekultivierung mit einer Schicht aus Bauschutt vermischt, verdichtet und die Oberkante anschließend wieder gelockert, damit Deponiegas austreten und Sickerwasser eindringen kann.

Die Untersuchung der Standorteigenschaften erfolgte durch eine Bohrstockkartierung, bei der die Horizontfolge, Horizonttiefe, Körnung, Vegetation und der Eindringwiderstand ermittelt wurden. Ergänzend dazu wurden an ungestörten Proben repräsentativer Stellen die Lagerungsdichte und die Porengrößenverteilung im Labor ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion: Die Mächtigkeit der Abdeckschicht betrug 0.5 bis 1 m. Die typische, in der Abdeckung gefundene Horizontfolge zeigt Abb. 2. Unter einem Ah - Horizont folgte eine

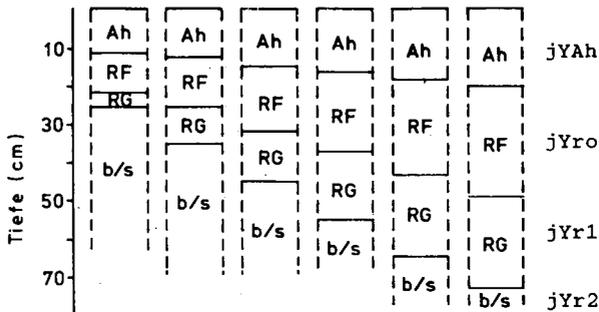


Abb. 2: Typische Horizontfolge in der Abdeckung

redoximorph geprägte, rostfleckige Zone, hier mit RF bezeichnet. Darunter befand sich ein reduktionsgrauer Horizont, hier RG genannt, dem sich ein mit b/s bezeichneter, blau-schwarz gefärbter Horizont anschloß, der bis in den Müllkörper reichte. Die Reduktionsfarben grau und blau-schwarz zeigen niedrige Redoxpotentiale an, wie sie häufig in Deponieabdeckungen gefunden werden, in die sich Deponiegas einstaut (Blume et al., 1979). Durch den Einstau von Deponiegas wird  $O_2$  sowohl verdrängt als auch bei der Oxidation von  $CH_4$  zu  $CO_2$  verbraucht (Jäger et al., 1980). Es findet also trotz der Verwendung eines grobkörnigen Substrates ein Gaseinstau in die Abdeckung statt. Eine Erklärung für den Gaseinstau liefern die Werte der Lagerungsdichten einzelner repräsentativer Stellen, die mit Werten bis zu  $1.77 \text{ g/cm}^3$  als äußerst hoch bezeichnet werden müssen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Lagerungsdichten an repräsentativen Entnahmestellen

Bohrstelle	Lagerungsdichte $\text{g/cm}^3$
1/2/5 oben	1.41
1/2/5 unten	1.76
1/6/2 oben	1.77
1/6/2 unten	1.72
2/3/11 oben	1.62
2/4/5 oben	1.65

Untersuchungen verschiedener Autoren zeigen, daß bei Werten für die Lagerungsdichte von größer  $1.60 \text{ g/cm}^3$  auch in grobkörnigen sandigen Lehmen und lehmigen Sanden die Leitfähigkeitseigenschaften für Gas sehr stark reduziert werden können, wenn ein

ausgeprägtes Sekundärporensystem fehlt (Glinski und Stepnjewski, 1985). Lebert (1989) fand in verdichteten lehmigen Sanden, trotz hoher Luftkapazitätswerte von 20 Vol %, Gasleitfähigkeiten, die mit Werten von kleiner 3 Mikrom<sup>2</sup> als 'äußerst gering einzustufen sind. Die Porenkontinuität eines Sandes wird also schon beim Vorhandensein geringer Mengen an Teilchen der Schluff- und Tonfraktion stark herabgesetzt.

Dennoch treten offensichtlich Unterschiede in der Gasleitfähigkeit der Gesamtfläche auf. In Abb. 2 ist zu erkennen, daß sich mit zunehmendem Abstand der extrem reduzierenden blau-schwarzen Zone von der Bodenoberkante ein mächtigerer Ah - Horizont ausbildet.

Dort wo die Belüftungsbedingungen besser sind, und das nicht reduzierende Solum eine größere Mächtigkeit hat, bildet sich die höhere Vegetation aus (Abb. 3), was im Zusammenhang mit höherer mikrobieller Umsetzung und intensiverer biologischer Turbation zu einer mächtigeren Ah - Entwicklung führt.

Die Ursache für die unterschiedlichen Durchlüftungsbedingungen ist in der nicht homogenen Mischung des Substrates zu finden. Abb. 4 zeigt die Körnung des nicht blau-schwarzen Solums. Es wird deutlich, daß die Abdeckung aus Körnungsschichtfolgen besteht und daß neben reinen Lehmprofilen auch reine Sandprofile vorkommen.

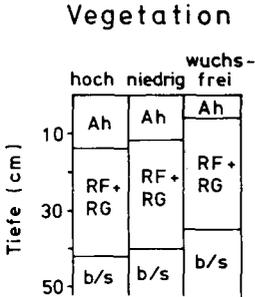


Abb. 3: Vegetationsentwicklung in Abhängigkeit von der Horizontmächtigkeit

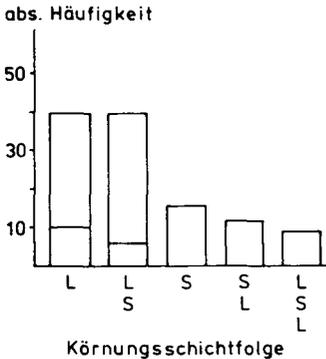


Abb. 4: Körnungsschichtfolgen in der Abdeckung

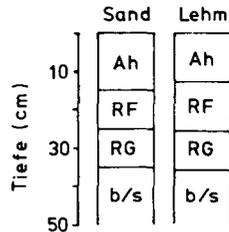


Abb. 5: Bodenentwicklung auf Sand- und Lehmprofilen

Betrachtet man die Bodenentwicklung für Sand- und Lehmprofile getrennt (Abb. 5), so zeigt sich, bei gleicher Tiefe der nicht blau-schwarzen Zone, eine mächtigere Ah - Entwicklung auf den reinen Sandprofilen.

Diese Ergebnisse zeigen, daß die reinen Sandprofile aus der Sicht des Lufthaushaltes durch die höhere Gasleitfähigkeit die günstigeren Wachstumsbedingungen für die natürliche Vegetation bereitstellen. Da jedoch auf Sandprofilen aufgrund eines geringeren Anteils an Mittelporen die Wasserversorgung als

ungünstiger einzustufen ist, muß gefolgert werden, daß die Wachstumsbedingungen auf dieser Abdeckung stärker vom O<sub>2</sub> Angebot als vom Wasserangebot limitiert werden. Dies kann dadurch begründet werden, daß durch die starke Verdichtung der mit Bauschutt vermischten Mülloberkante periodisch mit dem Auftreten von Stauwasser gerechnet werden muß. Berechnet man jedoch die pflanzenverfügbare Wassermenge auf die übliche Weise aus der nutzbaren Feldkapazität und der Durchwurzelungstiefe, die mit der Tiefe der Reduktionsgrauoberkante gleichgesetzt werden muß, so ergibt sich aus der Geringmächtigkeit dieser Schicht (20 - 45 cm, Abb. 2) eine mittlere speicherbare, pflanzenverfügbare Wassermenge von 55 mm. Nach der klimatischen Wasserbilanz des Raumes Hannover wird somit, bezogen auf leicht pflanzenverfügbares Wasser, in 3 von 4 Jahren ein Wasserbilanzdefizit auftreten (Renger et al., 1974). Die so berechnete pflanzenverfügbare Wassermenge kann aber durch das Auftreten von Stauwasser nicht allein für die Beurteilung der Wasserversorgung zugrunde gelegt werden.

Schlußfolgerungen: Aus den Ergebnissen leiten sich folgende Forderungen an die Rekultivierungspraxis ab:

- 1) Deponiegas sollte kontrolliert abgeführt werden und nicht einfach in die Abdeckung einströmen.
- 2) Wenn aber auf eine Gasdrainage verzichtet werden muß, ist auf die Verwendung eines grobkörnigen sandigen Substrates zu achten. Schon geringe Beimischungen von Lehm verringern bei Verdichtung die Gasleitfähigkeit erheblich. Außerdem müssen vorhandene technische Möglichkeiten zur Vermeidung von Verdichtungen bei der Ausbringung des Bodenmaterials genutzt werden wie z.B. leichtes Verteilungsgerät mit Breitreifen, Bandbeförderung, kein Befahren mit LKW.
- 3) Zur Sicherung eines ausreichenden Wasserangebots ist eine Mächtigkeit von mindestens 1.50 - 2.00 m anzuempfehlen, wenn sich im Untergrund kein Staukörper befindet.

#### Literatur:

- Blume, H.- P., R. Bornkamp und H. Sukopp, 1979: Vegetationsschäden und Bodenveränderungen in der Umgebung einer Mülldeponie. Z. f. Kulturtechn. und Flurbereinigung 20, 65-79.
- Glinski, J. and W. Stepnjewski, 1985: Soil aeration and its role for plants. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Jäger, J., N. Kasten und G. Pflug, 1980: Mechanismen der Gasmigration durch die Oberfläche von Mülldeponien. Abfallwirtschaft der TU Berlin 5, 206-213.
- Lebert, M., 1989: Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. Bayreuther bodenkundl. Berichte, Band 12.
- Renger, M., O. Strebel und W. Giesel, 1974: Beurteilung bodenkundlicher, kulturtechnischer und hydrologischer Fragen mit Hilfe von klimatischer Wasserbilanz und bodenphysikalischen Kennwerten. Z. f. Kulturtechn. und Flurber. 15, 148-160.

Anforderungen einer Kommune an bodenkundliche Fachinformationen  
am Beispiel der Stadt Hannover

von

Lessing, R.+)

Einleitung:

In den letzten Jahren hat in der kommunalen Praxis die Berücksichtigung von Umweltgesichtspunkten und damit die Berücksichtigung fachlich begründeter Aussagen zu bodenkundlichen Informationen zugenommen. Aufgrund dieser Entwicklung sind in vielen Städten Berichterstattungen in Buch- oder Kartenform (vgl. Difu 1990) entstanden. Solche "Umweltschutzberichte" konnten meistens nur bestimmte Aspekte berücksichtigen, wie z.B. den Schwermetallgehalt des Bodens. Sie bergen die Gefahr, für Planungszwecke nur in eingeschränktem Maße nutzbar zu sein, da sie zum Erscheinungszeitpunkt z.B. schon veraltet sein können oder nur Teilaspekte berücksichtigen können. Dieser Nachteil kann verhindert werden, wenn die Datengrundlage für die Umweltschutzberichte in einem Umweltinformationssystem (UIS) gespeichert und mit definiertem Aktualisierungsrythmus fortgeführt wird. Für den Aufbau eines anwendungsorientierten kommunalen UIS (mit einem Baustein "Bodeninformationssystem" - BIS) ist es jedoch zwingend notwendig, vor der Datenerhebung eine Bestandsaufnahme der Anforderungen der Nutzer eines solchen Systems hinsichtlich der gewünschten Daten und hinsichtlich ihrer Handhabbarkeit durchzuführen. Nur dadurch ist eine Prioritätensetzung bei der Datenermittlung sowie die Integration eines UIS in die Kommunalverwaltung möglich.

Das BMFT fördert seit Januar 1989 das Forschungsprojekt "Modellhafte Entwicklung eines Umweltinformationssystems im Rahmen des Ökologischen Forschungsprogramms Hannover". An diesem Projekt sind Universitätsinstitute, Landesämter, das International Institut for Applied System Analysis (Wien) und das Deutsche Institut für Urbanistik (Berlin) beteiligt. Die Koordination des Projektes liegt in den Händen des Amtes für Umweltschutz. Ein wesentliches Hauptziel dieses Projektes ist neben der Erfassung der Umweltsituation in der Stadt die Integration eines handhabbaren UIS in den einzelnen Ämtern der Stadt.

Aus diesem Grund wurde im ersten Jahr eine Bestandsaufnahme der Anforderungen der einzelnen Ämter an ein UIS durchgeführt. Die dazu verwendete Vorgehensweise bei der Ermittlung waren: *Befragung in den Ämtern, Sichtung der Aufgaben der Ämter, Auswertung prototypischer Vorhaben und Vergleich mit anderen Kommunen.*

Erfahrungen

Die *Befragung der einzelnen Ämter* zeigte, daß eine Formulierung der Wünsche an ein BIS Schwierigkeiten bereitet. Diese Schwierigkeiten liegen im wesentlichen darin begründet, daß in den wenigsten Ämtern Kollegen arbeiten, die in der Bodenkunde ausgebildet wurden. Aus diesem Grund konnten selten Überlegungen ange-

---

+) Amt für Umweltschutz, Röselerstr. 2, 3000 Hannover 1

stellt werden, inwieweit die amtseigene Aufgabe mit bodenkundlichen Aspekten verknüpft sein könnte. In der Regel wurden schon bekannte Zusammenhänge genannt. Daneben traten erwartungsgemäß Probleme mit der fachspezifischen Terminologie auf.

Die *Sichtung der Aufgaben der Ämter* ergab eine längere Liste mit bodenschutzrelevanten Aufgaben (vgl. Tabelle 1). Eine zentrale Rolle nimmt das Amt für Umweltschutz aufgrund seiner amtsübergreifenden Aufgaben ein. Die Tabelle 1 verdeutlicht, daß die Aufgaben sehr unterschiedlich sein können; sie reichen von der Planung, der Genehmigung bis hin zur Überwachung. In allen Fällen mußten jedoch die für ein BIS notwendigen Grundlageninformationen durch eine Abstrahierung der jeweiligen Aufgabe abgeleitet werden. Bis zum erfolgreichem Einsatz der Daten eines BIS für die einzelnen Aufgaben muß dieser Schritt als noch nicht abgeschlossen betrachtet werden und jeweils von neuem durchgeführt werden.

Tab. 1: Auszug aus der Zusammenstellung bodenschutzrelevanter Aufgaben einzelner Ämter (hier 3 von 13 ermittelten)

Amt für Umweltschutz	Abfall- und Gewässerüberwachung, Betriebsberatung, Umweltverträglichkeitsprüfung, Landschaftsrahmenplanung, Schutzgebietsausweisungen, Immissionsschutz
Stadtplanungsamt	Flächennutzungsplanung, Bebauungsplanung, Sanierungsmaßnahmen und Umweltverträglichkeitsprüfungen für die Bauleitpläne, Verkehrsplanung, Altlastenkartierung, Informelle Pläne
Grünflächenamt	Landschaftspläne, Grünordnungspläne, Renaturierungsmaßnahmen, Kleingartenwesen, Planung von öffentlichen Grünflächen/Straßenbegleitgrün

Die *Auswertung prototypischer Vorhaben* wurde in Zusammenarbeit mit den betroffenen Ämtern durchgeführt. Diese umfaßten die Sanierung eines Wehrs, eine Umweltverträglichkeitsstudie sowie ein Projekt zur Versickerung von Oberflächenwasser. Ein in der Literatur genanntes Beispiel für die Relevanz bodenkundlicher Fachaussagen bei kommunalen Fragestellungen ist bei Speetzen et al. (1987) zu finden. Aufgrund der durch die Zusammenarbeit gewonnenen reichhaltigen Erkenntnisse sollen im Verlaufe des Projektes weitere durchgeführt werden. Es zeigte sich, daß diese Methode die Akzeptanz eines BIS in den einzelnen Ämtern fördert.

Durch den *Vergleich mit den Aufgaben anderer Kommunen* wurden die Ergebnisse nur in geringem Maß ergänzt.

### Ergebnisse

Folgende Ergebnisse der Recherche hinsichtlich der Anforderungen können festgehalten werden:

#### ▷ Maximale Datentransparenz

Ein wesentliches Ziel eines UIS sollte die Erreichung einer maximalen Datentransparenz sein. Diese Aussage gilt nicht nur für bodenkundliche, sondern auch für alle anderen Daten, die in ein UIS aufgenommen werden sollen. Unter einer maximalen Datentransparenz wird in erster Linie eine Dokumentation der Datenart und -struktur, der Fortschreibung und Aktualisierung, der Zuständig-

keit innerhalb der Kommune (Datenpflege), der technisch realisierbaren Zugangsmöglichkeiten und der Zugriffsrechte verstanden.

Eine erste Recherche der in der Stadt vorhandenen und in unterschiedlichen Ämtern vorliegenden bodenschutzrelevanten Daten ergab, daß oft die selben Datengrundlagen benötigt werden. Zum Beispiel werden Baugrunddaten u.a. im Amt für Umweltschutz, im Tiefbauamt und im U-Bahn-Bauamt benötigt. Eine Verständigung innerhalb der Ämter nach oben genannten Kriterien würde zu einer kostensparenden Arbeitsteilung innerhalb der Stadt führen.

#### ▷ Datengrundlage

Die notwendige Datengrundlage, die aus der Recherche abgeleitet werden konnte, entspricht im wesentlichen der vom Arbeitskreis Stadtböden zusammengestellten Datenbasis (Blume et al., 1989). Die am häufigsten genannten, sowie aus den Anforderungen abgeleiteten Indikatordaten sind:

*Bodenparameter:* Skelettgehalt, Bodenart, Substrat (natürlich, technogen), Bodenstruktur, Profildifferenzierung, org. Substanz, Humusform, durchwurzelbarer Raum, pH-Wert, Carbonat- Eisen- und Manganengehalt, etc.

*Wasserhaushaltsparameter:* Feldkapazität (nutzbare), Luftkapazität, Staunässe, Grundwasserflurabstand, ökologischer Feuchtegrad, etc.

*Angaben zu Bodenbelastungen:* Versiegelung, Verdichtung, kontaminationsverdächtige Flächen, Altablagerungen, Altlasten, Salzbelastung, Schwermetallbelastung, organische Stoffe, Nitratbelastung, Dünge- und Pflanzenschutzmittel, Radioaktivität

*abgeleitete Größen:* Erodierbarkeit, Zustandsstufe, Mobilität von Schadstoffen, Grundwasserneubildungsrate, Wasserleitfähigkeit, Sorptionsvermögen, Infiltrationsrate, Verdichtungs- und Versauerungsempfindlichkeit

*Angaben zur regionalen Verbreitung* der Bodentypen, anthropogen überprägter Böden, Angaben zur Geologie

#### ▷ Auswertungstiefe

Die Datenverknüpfung in einem UIS kann wie in Abbildung 1 dargestellt erfolgen. Diese Vorgehensweise der Nutzung der Indikatordaten in unterschiedlichen Aggregationsschritten entspricht der von Eckelmann, Müller (1989) vorgestellten. Der Nutzer des UIS hat bei einem solchen System die Möglichkeit, auf unterschiedlich weit aggregierte Daten zurückzugreifen, die Verknüpfungsverfahren je nach Fragestellung zu ändern und zu kombinieren. Dazu ist jedoch, wie die Recherche ergab, Fachkenntnis notwendig. Für nicht-fachkundige Nutzer kann dem System auch eine vorgefertigte Methode eingegeben werden, wie sie z.B. bei Müller, Talke (1989) für das Schwermetallgefährdungspotential dargestellt ist. Die Daten und die Verknüpfungsschritte sollten stets, wie oben schon erwähnt, ausreichend dokumentiert sein.

Die Abbildung 1 verdeutlicht darüber hinaus noch die Tatsache, daß kommunales Handeln die Schritte der Bewertung und der Ableitung von Maßnahmen erfordert. In diesen Punkten erhofft sich die Kommune auch Hilfestellungen von Fachleuten. Dabei ist es vorstellbar, daß unterschiedliche Zielsetzungen zu einem aggregierten Ziel führen können, das in die Bewertung einfließt. Insbesondere für nicht-fachkundige Nutzer ist eine Aggregation in Klassen sinnvoll, wie sie in Tabelle 2 aufgeführt sind, und die der Nutzer des UIS für Planungen einsetzen kann.

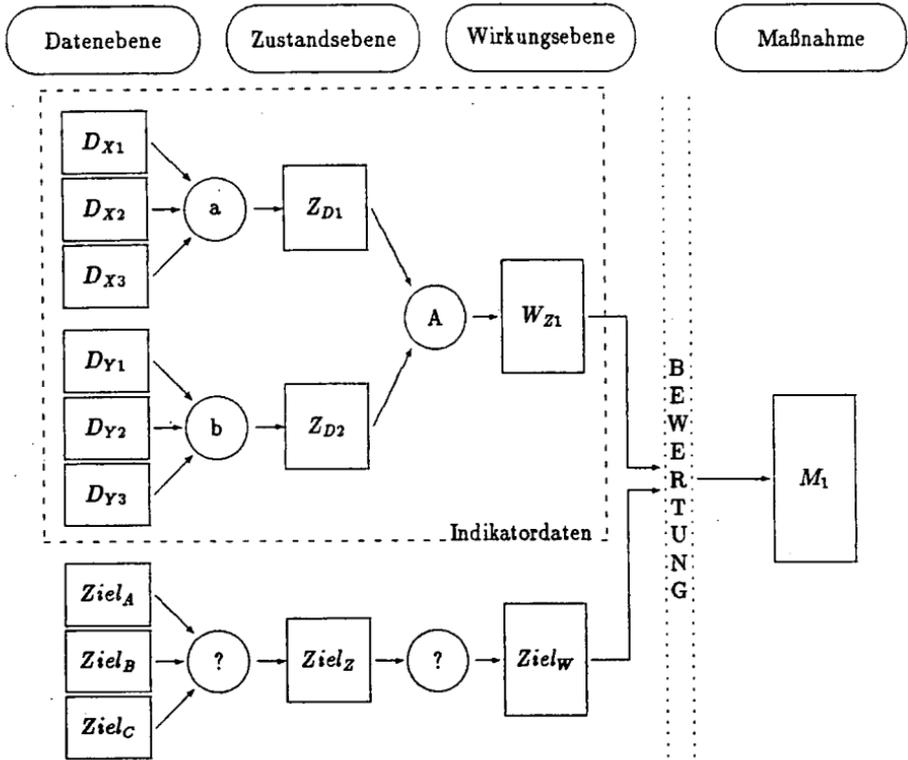


Abb. 1: Schematische Darstellung der Verknüpfung von Daten in einem UIS unter Berücksichtigung von Zielen  
 a, b statistische Verfahren, Interpolationsprogramme  
 A Verknüpfungen arithmetischer und bool'scher Logistik, Verschneidungen, Methoden, Modelle, Regionalisierungsverfahren  
 ? ungeklärte Verknüpfungsmethoden

Tab. 2: Kennzeichnung unterschiedlich belasteter und bodenschutzwürdiger Flächen in einem UIS (in Anlehnung an Bruns, 1990)

I Schutzgebiet	Maßnahmen zur Verminderung/Vermeidung selbst geringer Bodenbelastungen, bauliche Eingriffe sind generell nicht erlaubt
II Schongebiet	Maßnahmen zur Verminderung/Vermeidung von Bodenbelastungen, bauliche Eingriffe mit erheblichen Auswirkungen sind nicht erlaubt
III Pflegegebiet	Maßnahmen zum Erhalt der bestehenden Situation
IV Regenerationsgebiet	Maßnahmen zur Verminderung reversibler Bodenbelastungen
V Belastungsgebiet	Maßnahmen zur Verminderung von Bodenbelastungen und zur Sicherung anderer Güter ohne Vorliegen einer konkreten Gefahr
VI Sanierungsgebiet	Maßnahmen zur Gefahrenabwehr, Sanierung

▷ **Prioritätensetzung für wissenschaftliche Untersuchungen**

Aus der Recherche ließen sich folgende Fragestellungen hinsichtlich erforderlicher Untersuchungen im bodenkundlichen Bereich ableiten:

- Die Untersuchung stadttypischer Substrate, ihre Eigenschaften und der von ihnen ausgehenden möglichen Gefahren sollten einen Untersuchungsschwerpunkt bilden. Diese Fragestellung ergibt sich insbesondere aus dem Wunsch, die Böden nach dem in der Tabelle 2 genannten Schema zu klassifizieren und aus der Tatsache, daß für diese Substrate noch keine Aggregierungsschemata existieren, wie sie in Abbildung 1 dargestellt sind.
- Aus dem Bereich der Umweltüberwachung wurde die Fragestellung genannt, welche Methoden der Findung repräsentativer Untersuchungsstandorte bei Stadtböden bestehen. Dabei werden Sondierungsmethoden gesucht, die möglichst zerstörungsfrei arbeiten und wenige Untersuchungen notwendig machen.
- Aufgrund der genannten Fragestellungen erscheint ein Maßstab von 1:10.000 ausreichend, weil die meisten Planungen zumindest in der vorbereitenden Phase in diesem Maßstab durchgeführt werden (z.B. Flächennutzungsplanung). Die Erarbeitung von Aussagen zu großmaßstäbigen Planungen sollte jedoch auch erfolgen, da bei manchen Fragestellungen die Maßstabsfrage über das Ergebnis entscheiden kann (z.B. Versiegelungsgrad). Das UIS Hannover wird zuerst mit flächendeckenden Angaben (M 1:10.000) aufgebaut, und je nach Datenverfügbarkeit und Datenerhebung zu speziellen Fragestellungen (M < 1:10.000) konkretisiert.

Literatur:

- Blume, H.P. et al., 1989:  
Kartierung von Stadtböden - Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden), Texte UBA: UBA-FB 89-056
- Bruns, E., 1990:  
Bodenschutz in der kommunalen Planung, Beitrag planerischer Instrumente zu einem kommunalen Bodenschutzkonzept am Beispiel der Stadt Hannover  
Diplomarbeit am Institut für Landschaftspflege und Naturschutz, Fachbereich Landespflege der Universität Hannover
- Deutsches Institut für Urbanistik (DIfU), 1990:  
1. Zwischenbericht zum Ökologischen Forschungsprogramm Hannover, Landeshauptstadt Hannover
- Eckelmann, W., U. Müller, 1989:  
Nutzung des niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS für Auswertungsfragen zum Bodenschutz  
I. Das Prinzip  
Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 59, Heft 2, 873-876
- Müller, U., A. Talke, 1989:  
Nutzung des niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS für Auswertungsfragen zum Bodenschutz  
II. Auswertungsmethode: Schwermetallgefährdungspotential  
Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 59, Heft 2, 941-942
- Speetzen, F., W.D. Kneib, O. Moll, 1987:  
Standorteignung landwirtschaftlich extensiv genutzter Flächen für die Wohnumfeldverbesserung am Beispiel Kirchdorff-Süd, Hamburg  
Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 53, 293-298



## Aufbau und Eigenschaften von Deponieabdecksystemen

von

Melchior, S. und G. Miehlich<sup>\*</sup>

(Zusammenfassung)

Abdecksysteme für Deponien und Altlasten müssen in den meisten Fällen sehr unterschiedliche Funktionen erfüllen (Verhinderung von Infiltration in den Deponiekörper, Eignung als Pflanzenstandort, Verhinderung unkontrollierter Gasaustritte). Sie müssen in ihrer Wirksamkeit langzeitstabil gegenüber verschiedenen Angriffen sein (Erosion, Durchwurzelung und Durchwühlung, Frost, Austrocknung, Setzung, Deponiegas). Um diese Anforderungen zu erfüllen, werden nach dem Stand der Technik gegenwärtig mehrschichtige Abdecksysteme eingesetzt (vgl. /1/ und /2/).

Seit 1987 untersuchen wir auf der Deponie Georgswerder (Hamburg) den Wasserhaushalt und die Wirksamkeit verschiedener Abdecksysteme auf sechs, jeweils 500 m<sup>2</sup> großen Testfeldern /1/. Die Ergebnisse dieser Untersuchung und Beobachtungen, die bei Aufgrabungen im Abdecksystem der Deponie Georgswerder gemacht wurden, lassen sich wie folgt zusammenfassen (/2/ bis /5/, ausführlich in /4/):

### Bindige mineralische Dichtschichten ohne bedeckende Kunststoffdichtungsbahnen

In den untersuchten, nicht von PEHD-Dichtungsbahnen bedeckten, bindigen mineralischen Dichtschichten aus Geschiebemergel wurde bereits zwei Jahre nach Fertigstellung im Sommerhalbjahr 1989 eine beginnende Austrocknung festgestellt. Durch einen Tracerversuch wurde Makroporenfluß durch die Dichtungen nachgewiesen. Die Wirksamkeit der Dichtungen ist durch diese, austrocknungsbedingt durch Schrumpfung entstandenen Makroporen stark eingeschränkt. Die Durchsickerung wird gegenwärtig vor allem durch die gute laterale Wasserabführung oberhalb der Dichtung limitiert. Vermutlich wurden die Makroporen im untersuchten Fall im Zuge der Austrocknung nicht völlig neu gebildet, sondern waren bereits beim Einbau initial vorhanden und wurden lediglich durch zusätzliche Schrumpfung kontinuierlich und damit hydraulisch wirksam. Um die Bildung von solchen Makroporen auszuschließen, müssen geeignete technische Verfahren und Qualitätssicherungsprogramme sicherstellen, daß beim Einbau bindiger mineralischer Dichtmaterialien ein eventuell vorhandenes Bodengefüge zerstört, die Verzahnung zwischen einzelnen Lagen optimiert und jede Austrocknung der Schichtoberflächen während des Baus verhindert wird. Die Ergebnisse haben für den Einsatz bindiger mineralischer Dichtungen ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen (bedeckende Kunststoffdichtungsbahn, unterliegende Kapillarsperre) darüber hinaus vermutlich prinzipielle Konsequenzen. In Anbetracht der beobachteten schnellen Alterung der nach dem Stand der Technik gebauten Schichten und vor dem Hintergrund der verschiedenen Prozesse, die zur Austrocknung führen können, kann auch eine Neubildung von Makroporen in längeren Zeiträumen nicht sicher ausgeschlossen werden. Es ist ebenfalls unsicher, ob lediglich eine Erhöhung der Decks substratmächtigkeit eine Schrumpfung des bindigen mineralischen Dichtmaterials langfristig zuverlässig verhindern kann.

<sup>\*</sup> Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg  
Allende-Platz 2, D-2000 Hamburg 13

### **Kombinationsdichtungen aus PEHD-Dichtungsbahn über bindiger mineralischer Dichtschicht**

Infiltrationsversuche auf bindigen Mineraldichtungen, die bis zu diesen Versuchen durch Kunststoffdichtungsbahnen überdeckt waren (Standardaufbau der Abdeckung der Deponie Georgswerder), ergaben bisher keine eindeutigen Hinweise auf Makroporenfluß. Das gefügebundene Porensystem ist in diesen Fällen wahrscheinlich nicht über die gesamten Schichten kontinuierlich, da Austrocknung und Schrumpfung infolge kapillarem Wasseraufstieg aus der Dichtung hier durch die PEHD-Bahn unterbunden werden. Nachgewiesen wurde bei diesen Dichtsystemen jedoch ein geringer sommerlicher Wassertransport nach unten. Die Richtung der thermischen Gradienten macht in diesen Zeiten einen abwärts gerichteten Wasserdampftransport wahrscheinlich. Die mit dem Feuchteverlust auftretende Erhöhung der Wasserspannung ist jedoch gering und wird im Winterhalbjahr wieder ausgeglichen. Noch offen ist, ob die Jahresbilanz zwischen flüssigen und dampfförmigen Wasserbewegungen langfristig zu Austrocknung und Schrumpfung der mineralischen Dichtkomponente der Kombinationsdichtung führt.

### **Kombinationsdichtung aus bindiger über nichtbindiger mineralischer Dichtschicht (erweiterte Kapillarsperre)**

Am besten funktioniert bisher die erweiterte Kapillarsperre. Die über der Kapillarsperre liegende Mergeldichtschicht ist zwar ebenfalls von Austrocknung und Schrumpfung betroffen und hat ihre Dichtwirkung nahezu vollständig verloren, die erhöhten Sickeraten werden jedoch bislang zu 100 % lateral in der Feinsandschicht der Kapillarsperre abgeführt und so vom Deponiekörper ferngehalten /6/.

### **Literatur**

- /1/ MELCHIOR, S. und G. MIEHLICH (1987): Untersuchungen zum Wasserhaushalt mehrschichtiger Oberflächendichtsysteme auf der Deponie Georgswerder, Hamburg. In: Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 55/1, 213-218.
- /2/ MELCHIOR, S. und G. MIEHLICH (1989): Sicherung von Altlasten durch Oberflächenabdichtung - Ergebnisse aus hydrologischen Felduntersuchungen auf der Deponie Georgswerder, Hamburg. In: Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 59/1, S.199-204. (Fehler auf S. 201, 2. Absatz: "Potentiale" bitte durch "Gradienten" ersetzen)
- /3/ MELCHIOR, S. und G. MIEHLICH (1989): Hydrological Studies on the Effectiveness of Different Multilayered Landfill Caps. In: CENTRO DI INGEGNERIA PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE (ed.): Sardinia '89. 2nd International Landfill Symposium in Porto Conte, Italien, 9.-13.9.89, S. XVI 1-13. Mailand.
- /4/ MELCHIOR, S., K. BERGER, R. ROOK, B. VIELHABER und G. MIEHLICH (1990): Testfeld- und Traceruntersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener Oberflächendichtsysteme für Deponien und Altlasten. In: Ztschr. Dtsch. Geolog. Gesellsch., Hydrogeologische Barrieren, Fachtagung 22.-25.5.90 in Karlsruhe, im Druck.
- /5/ VIELHABER, B., S. MELCHIOR und G. MIEHLICH (1990): Untersuchungen zur Wirksamkeit bindiger mineralischer Deponieabdichtungen. In: VAN DEN BRINK, W.J. et al. (ed.): Dritter Internationaler KfK/TNO-Kongreß über Altlastensanierung, 10.-14.12.90 in Karlsruhe, im Druck.
- /6/ MELCHIOR, S., G. BRAUN und G. MIEHLICH (1990): Der Einsatz von Kapillarsperren in Deponieabdecksystemen. In: VAN DEN BRINK, W.J. et al. (ed.): Dritter Internationaler KfK/TNO-Kongreß über Altlastensanierung, 10.-14.12.90 in Karlsruhe, im Druck.

### **Danksagung**

Die dieser Veröffentlichung zugrundeliegende Untersuchung wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Forschung und Technologie und der Freien und Hansestadt Hamburg (Umweltbehörde, Amt für Altlastensanierung) unter dem Förderkennzeichen 144035914 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

## Bestimmung pflanzenverfügbarer Schwermetallgehalte in Böden

von

Prüß, A., G. Turian, V. Schweikle und T. Nöltner \*

### 1. Problemstellung und Methode

Die Prognose der Cu- und Zn-Versorgung von Pflanzen war früher das wesentliche Ziel der Untersuchung von Schwermetallen (SM) in Böden. Heute sollen dagegen vor allem die (öko)toxischen Risiken, die sich aus SM-Immissionen, -Auftragungen oder geogen erhöhten SM-Gehalten ergeben, bewertet werden.

Das SM-Angebot für Pflanzen aus Böden wird durch die pflanzenverfügbaren Gehalte während einer Vegetationsperiode bestimmt, die ein mehr oder weniger großer Anteil der Gesamtgehalte sind. Seit über 40 Jahren wird daher versucht die Gehalte an pflanzenverfügbaren SM abzuschätzen, indem man sie entweder mit einer geeigneten Methode extrahiert oder sie aus den Gesamtgehalten und Bodenfaktoren (pH, KAK, usw.), die die SM-Verfügbarkeit beeinflussen, berechnet. Die Berechnung gilt dabei als weniger zuverlässig oder aufwendiger als das direkte Messen (SCHLICHTING & HEINRICHSMEIER, 1983, HERMS & BRÜMMER, 1984), was analoge Erfahrungen bei der Prognose des Nährstoffangebotes bestätigen.

In einer Literaturstudie und einer Umfrage unter Wissenschaftlern wurde daher geprüft, welche Methode(n) geeignet ist (sind), pflanzenverfügbare SM in Böden zu bestimmen. Dabei wurden mehr als 100 Arbeiten, die geeignete Extraktionen an Boden-Pflanzen-Paaren diskutieren, ausgewertet.

### 2. Ergebnisse

Fraktionierungen und Spezierungen von SM in Böden ermöglichen eine theoretische Ableitung, welche SM-Bindungsformen kurzfristig mobil werden können. Mobile SM sind demnach im wesentlichen leicht wasserlöslich oder mit Kationen austauschbar und somit durch pH-neutrale, ungepufferte Salzlösungen extrahierbar.

Die pflanzenverfügbaren SM entsprechen weitgehend den mobilen. Die Menge der von Pflanzen aufgenommenen SM ist jedoch von physiologischen Eigenschaften der jeweiligen Pflanzenwurzel abhängig. Zahlreiche Forschungsaktivitäten wurden bislang auf die Diskussion um geeignete Methoden für die Prognose pflanzenverfügbarer SM ausgerichtet. In Gefäßversuchen, Feldversuchen und Felderhebungsuntersuchungen wurde dabei prinzipiell die theoretisch abgeleitete Annahme aus den Fraktionierungen bestätigt. Das heißt, daß eine Boden-Extraktion mit einer neutralen, ungepufferten Salzlösung geeignet ist, das SM-Angebot an Pflanzen zu prognostizieren. Vergleiche verschiedener

\* LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG  
Referat Bodenschutz • Griesbachstr. 3 • 7500 Karlsruhe 21

Tab. 1: Richtwertvorschläge für "mobile" Schwermetalle in Böden (mg•kg<sup>-1</sup>)

Autor (et al.)	Extrakt	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Tl	Zn
HERMS '80	"Bodenlösung"	1,0	0,01	-	0,4	0,2	-	-	1,0
GUPTA '84	NaNO <sub>3</sub>	2,5	0,06	-	1,5	0,5	-	-	1,0
STADELMANN '87	NaNO <sub>3</sub>	-	0,04	0,04	<0,5	0,4	0,002	0,04	0,6
GUPTA '89	NaNO <sub>3</sub>	0,5	0,03	-	<0,5	0,2	-	-	0,5
KÖSTER '85	CaCl <sub>2</sub>	-	0,2	-	-	-	-	-	-
HERMS '86	CaCl <sub>2</sub>	-	0,3	-	-	-	-	-	9 - 14
HORNBURG '87	CaCl <sub>2</sub>	-	0,2	-	-	-	-	-	-
SALT '88	CaCl <sub>2</sub>	-	±0,2	-	-	-	-	-	18
DELSCHEN '89	CaCl <sub>2</sub>	-	0,2	-	-	-	-	-	4

±: mehr oder weniger

Extraktionsmethoden bei gleichen Boden/Pflanzen-Paaren haben vielfach die Überlegenheit einer solchen Salzlösung bestätigt. Sie erwies sich bei anthropogenen und geogenen Belastungsformen, sowie stark variierenden Bodenfaktoren für Böden pH < 7 als gut geeignet. Allgemein muß jedoch festgestellt werden, daß die Prognose der SM-Gehalte von Pflanzen durch Bodenuntersuchungen für saure bis neutrale Böden relativ besser gelingt als für alkalische, ferner für mobile SM (Cd, Ni, Cu, Zn, Tl) relativ besser als für wenig mobile (Pb, Cr).

Kritische pflanzenverfügbare SM-Gehalte in Böden können, nach der in der Schweiz angewendeten NaNO<sub>3</sub>-Methode, für Cd, Pb, Cu, Ni, Zn und bedingt auch für Cr, Hg und Tl angegeben werden (Tab. 1). Diese Methode ist jedoch in der BRD wegen ihrer geringen Extraktionsschärfe und damit teuren Analytik

Tab. 2: Nutzungsbezogene Schwellenwerte für "mobiles" Cd in Böden (mg•kg<sup>-1</sup>), extrahiert mit CaCl<sub>2</sub>

Autor (et al.)	KÖSTER '85	HERMS '86	HORNBURG '87	SALT '88	DELSCHEN '89
Winterweizen-Korn	0,2	-	0,2	-	0,2
Hafer-Korn	1	-	-	-	-
Roggen-Korn	-	-	-	> 0,3	-
Kartoffeln	0,4	-	-	> 0,3	-
Grünland	>0,4	-	-	-	-
Kamille	-	-	-	0,1	-
Radieschen	-	> 0,7	-	> 0,3	-
Möhren	0,35	-	-	> 0,3	-
Zuckerrüben-Blatt	0,15	-	-	-	0,13
Spinat	-	0,3	-	> 0,2	-
<b>Extraktiosparameter:</b>	0,1M 1:10/?	0,1M 1:2,5 / 2h	0,1M ?/?	0,05M 1:2,5 / 2h	0,1M 1:2,5 / 2h
<b>Eichgrößen:</b>	2•ZEBs, Futterm.-VO	ZEBs	2•ZEBs	ZEBs	2•ZEBs, Gefäßvers. Felderheb.
<b>Eichverfahren:</b>	Felderheb.	Felderheb.	Felderheb.	Feldvers.	Felderheb.
<b>Böden:</b>	Auen, Marsche u.a.	"Sediment"	Marsch, Geest u.a.	Braunerden	± Braunerde
<b>aus: SM-Quelle:</b>	Misch. ± geogen	Baggerschlick Spülfelder	Misch. ± KS	Geschiebesand Abwasser	Löß KS

±: mehr oder weniger | >: größer (interpretiert) | ZEBs: Zentrale Erfas.- und Bewertungsstelle des BGA

(Nachweisgrenze) umstritten. Mit 0,1 M  $\text{CaCl}_2$ -Lösung gibt es nur für Cd übereinstimmende Erfahrungen (vgl. Tab. 1 u. 2), jedoch wird hier eindeutig die Prognostizierbarkeit kritischer Gehalte mobilen Cadmiums demonstriert. Richtwertempfehlungen stimmen bei gleichen Eichgrößen und Pflanzen aber unterschiedlichen Böden und Belastungsformen überein. Ähnliche Erfahrungen wurden mit der oben genannten Rechenmethode nicht gemacht! Andere Extraktionsmethoden sind bislang nicht in Eichversuchen zur Prognose kritischer Gehalte an pflanzenverfügbaren SM in Böden eingesetzt bzw. ausgewertet worden.

### 3. Anforderungen an die Extraktionsmethode aus der Sicht des Bodenschützes

Aus Sicht des Bodenschützes ist es unbedingt erforderlich, Richtwerte für mobile SM in Böden abzuleiten. Die Ergebnisse zeigen, daß sich solche Richtwerte als Regelgröße etwa für ein Anbauverbot von bestimmten Kulturpflanzen eignen. Die bislang aufwendig durchgeführten Feldversuche könnten so ersetzt werden. Überdies ließe sich dieses Verfahren als Basis für die Abschätzung einer Grundwassergefährdung oder mit Einschränkungen für die Abschätzung einer Hemmung der Mikroorganismenaktivität eichen.

Wesentlich für das Funktionieren eines solchen Regelwerkes ist neben der wissenschaftlichen Fundierung eine leichte analytische Handhabbarkeit. Deshalb wird vielfach gefordert eine Extraktionslösung zum Einsatz zu bringen, die in den meisten gängigen Analyseverfahren "problemlos" eingesetzt werden kann. Richtigkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sowie Nachweisgrenzen der meisten spurenelementanalytischen Methoden werden durch die Probenmatrix signifikant beeinflusst. Bei der Auswahl geeigneter Analyse-Verfahren ist deshalb auch die Möglichkeit zu einer Minimierung solcher Fehlerquellen ein wichtiges Kriterium.

Die Wahl des Extraktions-Salzes nach metallspezifischen Überlegungen (z.B. Ni-Extraktion durch ein Cu-Salz, As durch ein Phosphat) rechtfertigt, wegen dem Aufwand einer mehrfachen Extraktion, nicht die Methodendifferenzierung für verschiedene SM. Vergleiche verschiedener ungepufferter Salzlösungen (variiertes Salz, Molarität und Boden-Lösungsverhältnis) zeigen untereinander ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der Interpretation der pflanzenverfügbaren SM.

In der BRD wird von einer Methode (bisher) erwartet, daß sie scharf genug extrahiert, um die Richtwerte mit Flammen-AAS überprüfen zu können. Der Einsatz der o.g. Salzlösungen erfordert niedrigere Nachweisgrenzen. Die verwendete Salzlösung muß daher auch für sensitivere Analysemethoden (z.B. GFAAS, ICP-MS) geeignet sein.

Die genannten Forderungen können von einer 1 M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Lösung, im Boden-Lösungsverhältnis 1:2,5 (ZEIEN & BRÜMMER 1989) erfüllt werden. Dieses Salz erlaubt dank seiner raschen Verflüchtigung (bei der Flammenatomisierung) bzw. rückstandsarmen Veraschung (bei der Atomisierung im Graphitrohr) eine wesentlich störungsärmere Messung als Chlorid-Lösungen.

### 4. Forschungsbedarf und Ausblick

Einstimmig sind die befragten Wissenschaftler der Meinung, daß eine länder- oder sogar EG-weite Übereinkunft auf eine pH-neutrale, ungepufferte Salzlösung zukünftige Eichbemühungen zur Prognose

kritischer mobiler SM-Gehalte in Böden koordinieren und damit administratives Handeln ermöglichen würde. Daneben wird vielfach gefordert, die Extraktionslösung nach analytischen Gesichtspunkten zu wählen.

Es bleibt zu prüfen, ob nach der SM-Akkumulationsneigung unterschiedlicher Kulturpflanzen abgestufte Richtwerte nach dem beschriebenen Weg absicherbar sind, und wenn ja, welche Gruppen von Pflanzen für welche Metalle gebildet werden sollten bzw. für welche Pflanzen eine entsprechende Prognose nicht gelingt. Eichverfahren sollten sich dabei an in verschiedenen Regionen vorkommenden Kontaminationsformen (SM-Quelle • Bodenform) orientieren und keine künstlich zugeführten SM-Salze einsetzen. In Einzelfällen (z.B. Altlasten) sollten auch wenig "mobile" SM (Cr, Hg, Pb), As und Tl nach dem beschriebenen Muster untersucht werden.

Eine wie oben vorgeschlagene Methodenübereinkunft würde es ermöglichen, zukünftige Forschungsergebnisse aus Analysen der Faktoren, die die SM-Aufnahme von Pflanzen beeinflussen (z.B. Temperatur), in das beschriebene Bewertungssystem zu integrieren.

### Literatur

- DELSCHEN T. & WERNER W. (1989): Zur Aussagekraft der Schwermetallgrenzwerte in klärschlammgedüngten Böden. 2. Beitrag zur Ableitung "tolerierbarer", 0,1 M CaCl<sub>2</sub>-löslicher Cadmium- und Zinkgehalte. Landw. Forsch., **42**, 40-49 S.
- GUPTA S.K. (1984): Importance of soil solution composition in deciding the best suitable analytical criteria for guidelines on maximum tolerable metal load and in assessing bio-significance of metals in soil. Schweiz. Land. Fo., **23**, 209-225 S.
- GUPTA S.K. & HÄNI H. (1989): Methodik zur Bestimmung biologisch relevanter Schwermetallkonzentrationen im Boden und Überprüfung der Auswirkungen auf Testpflanzen sowie Mikroorganismen in belasteten Gebieten., FAC-Schriftenreihe, **2**, 44 S.
- HERMS U., BARTELS R., SCHEFFER B., PLUQUET E. (1986): Untersuchungen zur landbaulichen Nutzbarkeit ehemaliger Spülfelder aus Hafenschlick im Raum Hamburg. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, 135 S.
- HERMS U. & BRÜMMER G.W. (1980): Einfluß der Bodenreaktion auf Löslichkeit und tolerierbare Gesamtgehalte an Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei in Böden und kompostierten Siedlungsabfällen. Landw. Forsch., **33**, 408-423 S.
- HERMS U. & BRÜMMER G.W. (1984): Einflußgrößen der Schwermetalllöslichkeit und -bindung in Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd., **147**, 400-424 S.
- HORNBURG V. & BRÜMMER G.W. (1987): Untersuchungen zur Verfügbarkeit von Cadmium in schleswig-holsteinischen Böden. Mitt. Dtsch. Bodenkd. Ges., **55/1**, 357-362 S.
- KÖSTER W. & MERKEL D. (1985): Schwermetalluntersuchungen landwirtschaftlich genutzter Böden und Pflanzen in Niedersachsen. LUFÄ-Hamelh, 178 S.
- SALT C. (1988): Schwermetalle in einem Rieselfeld-Ökosystem. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, TU Berlin, **53**, 214 S.
- SCHLICHTING E. & HEINRICHSMEIER K. (1983): Belastbarkeit von Böden mit Klärschlamm-Schwermetallen. Landw. Forsch., **Sh.39**, 238-244 S.
- STADELMANN F.X. & SANTSCHI-FUHRMANN E. (1987): Beitrag zur Abstützung von Schwermetallrichtwerten im Boden mit Hilfe von Bodenatmungsmessungen. FAC-Tätigkeitsbericht, Januar, 91 S.
- ZEIEN H., BRÜMMER G.W. (1989): Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Böden. Mitt. Dtsch. Bodenkd. Ges.

Erstellung einer Sickerwasserratenkarte von Hannover nach einer Methode von Renger, Wessolek und Plath - ein Beispiel für den flächendeckenden Einsatz eines Simulationsmodells -

J. Sbresny, J. Kues, U. Hammerschmidt\*

Innerhalb des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) wird am Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung eine Methodenbank mit Modellen zur Simulation von bodenkundlichen Parametern aufgebaut. An einem Beispiel wird hier der Weg von den analogen Daten bis zur flächendeckenden Ergebniskarte dargestellt.

Nach einer Methode von Renger, Wessolek und Plath (vgl. RENGGER et al. 1987) werden Sickerwasserraten für unversiegelte Flächen über ein numerisches Wasserhaushaltsmodell in Abhängigkeit von Klimadaten, Bodenart, Grundwasserflurabstand und Vegetation errechnet, für unbewachsene und versiegelte Bereiche werden experimentell ermittelte Sickerwasserraten benutzt. Das eingesetzte Wasserhaushaltsmodell ist von Renger, Wessolek und Strebel (RENGER & STREBEL 1982) entwickelt worden.

Um bezüglich der Eingangsdaten homogene Flächen zu bekommen, wurden folgende Karten digital verschnitten:

- Bodenartenkarte, erzeugt aus der digitalen geologischen Karte,
- Grundwasserflurabstandskarte, erzeugt mit einem Isolinenprogramm aus den mittleren Grundwasserständen von 450 Brunnen des Stadtgebietes,
- Nutzungs- und Versiegelungskarte erzeugt aus der digitalen Biotopkarte durch Klassifizierung der Biotoptypen in fünf Versiegelungsklassen.

Klimadaten stehen vorerst nur von der Wetterstation Langenhagen zur Verfügung.

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

Den Verschneidungsflächen entsprechend werden Sickerwasserraten in Abhängigkeit von Bodenart, Grundwasserflurabstand und Versiegelungskategorie berechnet.

In der Versiegelungskategorie 0 liefert das Wasserhaushaltsmodell diese für Acker, Grünland und Nadelwald. Nach Literaturangaben bekommen Mischwald und Laubwald pauschale Aufschläge, unbewachsene Flächen gehen mit einer Sickerwasserrate von 50% des Jahresniederschlages ein, Wasserflächen mit 0%.

Die Sickerwasserraten der Flächen aus den Versiegelungskategorien I-IV werden über die Flächenanteile unterschiedlicher Oberflächenmaterialien und deren Versickerungsraten bestimmt. Die Flächenanteile wurden von Plath (1987) für Berlin ermittelt, die Versickerungsraten der Oberflächenmaterialien von Siegert (1984) ausgewertet.

Mit der Zuordnung der Flächen zu den Sickerwasserraten entsteht eine Sickerwasserratenkarte für das Stadtgebiet von Hannover.

Die modulare Implementierung des gesamten Sickerwasserratenmodells, d.h. die getrennte Bereitstellung von digitalen Daten, dem numerischen Wasserhaushaltsmodell und den datenunabhängigen Schnittstellen, ermöglicht den leichten Austausch beliebiger Eingangsdaten, der Klassifizierungsvorschriften oder auch des Wasserhaushaltsmodells und eine erneute Berechnung der Zielgrößen.

#### Probleme der Methode

Die bisher dargestellte Methode zur Abschätzung der Sickerwasserraten arbeitet mit einer Reihe verbesserungswürdiger Daten. Dies gilt insbesondere für die Ermittlung des Versiegelungsgrades und der Versiegelungsart. Im Rahmen einer Diplomarbeit sollen daher für das Stadtgebiet von Hannover die Flächenanteile verschiedener Oberflächenmaterialien erhoben werden.

Als Grundlage dient die in digitaler Form vorliegende Biotopkarte.

Ziel ist es, die Flächenanteile der verschiedenen Oberflächenmaterialien für versiegelungsrelevante Biotoptypen durch automatisierte Luftbildauswertung und Geländekartierung zu erfassen.

Weiterhin soll durch eine neue Klassifizierung der Biotoptypen in Versiegelungsklassen eine differenzierte Versiegelungskarte als verbesserte Datenbasis für das vorgestellte Wasserhaushaltsmodell erstellt werden.

Da sich die Untersuchungen der Versickerungsraten verschiedener Oberflächenmaterialien von Siegert nur auf Gehwege und Straßen mit einem Unterbau aus Sand stützen und zudem der Einfluß von unterschiedlich gealterten Fugen nicht eingeht, wären entsprechende Untersuchungen im Straßenbereich von Hannover wünschenswert.

#### Literatur

- PLATH, R. (1987) Ermittlung der Grundwasserneubildung für Berliner Standorte, Diplomarbeit am Institut für Ökologie, Fachgebiet Bodenkunde der TU Berlin
- RENGER, M. & STREBEL, O. (1982) Berechnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen, Geologisches Jahrbuch, F13
- RENGER, M., WESSOLEK, G., KASCHANIAN, B. & PLATH, R. (1987) Boden- und Nutzungskarten als Grundlage für die Bestimmung der Grundwasserneubildung mit Hilfe von Simulationsmodellen am Beispiel von Berlin (West) Mitteilungen Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft, Bd. 53
- SIEGERT, G. (1984) Entwicklung eines Verfahrens zur Messung und Berechnung der Versickerung von Regenwasser durch teildurchlässige Flächen bei Verwendung einer "Feuchte-Tiefe-Sonde" (Neutronensonde), Dissertation an der TU Berlin



Friedhöfe auf Löß und urban-industriell überprägten Substraten im Ruhrgebiet - Bodenmerkmale, Probleme und Lösungsansätze

von

Schmidt-Bartelt, D., <sup>†</sup> R. Behnke und W. Burghardt <sup>††</sup>

1. Einleitung

In großen Teilen des Ruhrgebietes treten Parabraunerden auf Löß auf, die häufig pseudovergleyt sind. Teilweise wurden diese Böden umlagert und liegen als Auftragsböden vor. Sie wurden auch als Friedhofsböden genutzt. Auf diesen Friedhofsböden wurden lange Liegezeiten infolge der geringen Bodenbelüftung beobachtet. In diesem Beitrag sollen Beispiele aus der Stadt Bochum vorgestellt werden und Meliorationsvorschläge zur Diskussion gestellt werden.

2. Böden

Die bodenbildenden Substrate bestehen aus Schluff - z.T. verlehmt, bis Feinstsand. Oberflächennahe stauende Horizonte (Grundmoränen, Tonhorizonte, verwitterte Ton-, Schluff- und Mergelsteine sowie Grünsande) führen zu einer Pseudovergleyung. Das gleiche gilt für grobporenarme Kolluvien mit Kohärentgefüge, die gehäuft in den mehr schluffig-feinsandigen Ablagerungen des nördlichen Stadtgebietes vorhanden sind. Gelegentlich anzutreffende glaziale Kiese und Sande sind dagegen durch ihre gute Luft- und Wasserzügigkeit für eine Friedhofsnutzung unproblematisch.

Anthropogene Auftragsböden, die im Zuge des Friedhofsausbaues geschaffen wurden, sind auf allen Friedhöfen zu finden. Sie erreichen eine durchschnittliche Mächtigkeit bis 0,5 m, in Muldenpositionen können diese Anschüttungen mehrere Meter erreichen. Der Oberboden (jAh, jyAh, jY, jyY) besteht aus humosen bis stark humosen Lehmen oder Schluffen, geringe Beimengungen technogener Materialien ( $\leq 1 - 2\%$ ) sind nicht ungewöhnlich.

Auftragsböden (Y-Horizonte) können aus sehr verschiedenen Substraten bestehen, zumeist sind sie natürlich, aber auch Berge, Kohle, Straße- und Wegebau-Sande oder Schotter, Mörtel, Aschen, Schlacken, Bauschutt- und Holzreste, Drähte. Rigips-Platten können im Extremfall in erheblichen Größen (bis 0,5 m Durchmesser) und Quantitäten (max. 100% als horizontdifferenzierende Lagen oder bis 20% Beimengungen) vorgefunden werden. Damit zeichnen sie sich aus durch kleinräumig

<sup>†</sup> Stadt Bochum, Grünflächenamt, Postfach 10 22 69, 4630 Bochum

<sup>††</sup> Angewandte Bodenkunde, Universität-GHS Essen, Universitätsstr.5, 4300 Essen

sehr variable Gefüge und veränderliche Porenvolumen. Je nach Witterungsbedingungen, eingesetztem Maschinenpark und Arbeitsdauer ist es zur Bildung von Bearbeitungssohlen gekommen. Kennzeichnend sind schwache bis starke Bodenverdichtungen mit plattigen Gefügen und Eisen-Mangan-Verbindungen in Form von Flecken, Bändern, Adern und schwach verhärteten sehr kleinen bis kleinen Konkretionen. Damit haben sie die Funktion von Diffusionsbarrieren der Bodenluft bzw. Wasserstauern.

### 3. Physikalische Eigenschaften der Böden

Die physikalischen Eigenschaften wurden an 2 Friedhofsprofilen untersucht. Auf dem Friedhof Riemke tritt tonig-sandiger Schluff auf. Kennzeichnend ist außerdem eine stark ausgeprägte Hangstaunässe. Unter einem durchschnittlich 0,50 - 0,70 m mächtigen Auftragsboden ist ein tiefreichender Stauwasserleiter vorhanden (Sw-Horizont) mit Merkmalen reduzierenden Milieus im Sargbereich (Swr). Das Volumengewicht trocken ist überwiegend mittel bis hoch (Tabelle 1). Entsprechend gering ist die Luftkapazität ( $pF$  0-1,8). Der pH-Wert liegt in Sargtiefe um 1,50 m bei 5,9 - 6,1. Auf dem Friedhof Hiltrop wurden bei einem Auftragsboden noch extremere Verdichtungen festgestellt (Tabelle 3).

### 4. Bodenverbesserungsmaßnahmen

Bedeutende Flächenanteile der kommunalen Friedhöfe in Bochum sind infolge der oben angeführten Verhältnisse durch Staunässe gekennzeichnet. Von insgesamt 21 Friedhöfen sind 2 sehr stark, 15 Standorte mit wechselnden Flächenanteilen staunass und lediglich 4 ohne Beanstandungen. Für den geregelten Ablauf der Beisetzung eines Verstorbenen bis zur Prüfung des Amtsarztes für eine Wiederbelegung ergeben sich folgende Probleme:

- temporär eingeschränkte Begehrbarkeit des Bodens (Pfüthenbildung durch Bearbeitungssohlen, Verschlämmung von Einzelgrabfeldern durch fehlenden Bewuchs);
- die Würde der Bestattung wird durch dm-hohes Wasser auf der Grabsohle in Frage gestellt;
- überlange Liegezeiten durch Verzögerungen bei der Zersetzung (Fettwachsbildung);
- zusätzlicher Flächenbedarf bei der Sperrung eines Feldes durch den Amtsarzt (nicht immer vorhanden);
- zusätzliche Zeit und Kosten für Maschinen und Personaleinsatz.

#### Angestrebt werden:

- die schnelle, vollständige Verwesung,
- keine Gefährdung oder Belästigung der Bevölkerung und
- möglichst kurze Ruhefristen.

Zur Verbesserung der Situation werden folgende Lösungsansätze vorgeschlagen:

- die Anlage von Fangdränen außerhalb und von Dränsystemen innerhalb des Fried-

hofgeländes zur Beseitigung überschüssigen Stauwassers,

- Kalkung zum Gefügebau und Gefügestabilisierung,
- Düngung,
- Bodenlockerung.

Alle bisher aufgeführten Maßnahmen sind nur dann sinnvoll, wenn das Überschüssige Wasser entfernt wird. Hierfür ist ein Dränsystem vorzusehen. Ideal ist ein Ausbau außerhalb des betreffenden Friedhofes, da die Wässer dann gefahrlos in einen Vorfluter oder die Kanalisation abgeleitet werden können. Sie kommen mit Verwesungsstoffen gar nicht erst in Berührung. Ist dies nicht möglich, muß für die Ableitung zuvor ein Gutachten des zuständigen Amtsarztes eingeholt werden. Alternativ können Sickergruben auf dem Friedhofsbereich mit einer ausreichend dimensionierten Filterschicht angelegt werden, hierbei ist aber zusätzlich auf eine eventuelle Geruchsbelästigung zu achten.

Die Dränung muß mindestens 3,50 m tief angelegt werden, um die in den Hygiene-Richtlinien vorgeschriebenen 2,50 m eines grund- und stauwasserfreien Friedhofbodens zu erfüllen.

Auf dem Friedhof Hiltrop wurde eine Bodenlockerung mit dem Druckluflockungsverfahren (Terra-Lift) auf einem Auftragsboden aus Löß mit Beimengungen von 1,60 m Mächtigkeit über Parabraunerden auf Löß erprobt (Tabelle 2 und 3).

Der Bodenauftrag erfolgte lagenweise mit einer Erdraupe. Auf diesem Boden zeigte der Lockerungsversuch keinen deutlichen Erfolg. Nach dem Lockerungsversuch war der Boden weiterhin dicht und wies eine extrem geringe Luftkapazität auf.

Weitere der oben vorgeschlagenen Verbesserungsmaßnahmen werden geprüft.

Tabelle 1: Physikalische Bodenkennwerte Friedhof Riemke

Horizont	Tiefe cm	VgTr g/100ccm	PV Vol.%	LK Vol.%	FK Vol.%
YAh	0- 26	----	----	----	----
fAh	26- 47	138	43,3	5,3	38,0
RAh	47- 80	----	----	----	----
Sw	80- 95	157	39,4	3,2	36,2
Sw <sub>2</sub>	95-130	161	38,7	3,9	34,8
Sw <sub>r</sub>	130-158	168	38,7	4,4	34,3
Sw <sub>r</sub>	158-225	166	37,7	5,0	32,7
Sw	225->233	164	40,6	7,2	33,4

Tabelle 2: Bodenprofil Friedhof-Hiltrop

Tiefe	Horizont	technogene Beimengungen, Veränderungen
0 - 12	jAh	
12 - 21/ 36	jYAh	
36 - 43/ 47	jYAh	Ziegel, Berge (Tonschiefer mit Kohle) Mörtel, Industrieschlacke, insg. < 1%
47 - 56	jjY	Berge (Tonschiefer mit Kohle), Asche, Bauschutt, 5% aus Ziegel und Mörtel
56 - 73/ 77	yjAh	Horizont nicht durchgängig, Mörtelschutt ≤ 5%
77 - 98	yjY	Glasreste, Holzreste, ehemals durchwurzelt
98 - 152/157	jYAh	Asche <1% (0,5 - 30 mm)
157 - 165	fAp	vereinzelt Ziegel, Schutt und Wurzeln, "weiße Verfüllungen" - vermutlich gekalkt
165 - 180	Bt	Pflugsohle
180 - 212	Bt2	
> 212	C	

Tabelle 3: Bodenkennwerte nach Auflockerung (Terra-Lift) und Einblasung von Styropor auf Friedhof-Hiltrop  
Entfernung vom Einstechpunkt der Lanze: 0,14 - 2,00 m  
Styroporfunde (cm Tiefe) : 80 - 93, 140, 170

Tiefe (cm)	VgTr g/100ccm	PV Vol. %	LK Vol. %	FK Vol. %
7 - 12	129	48,3	8,1	40,3
16 - 21	144	44,0	6,2	37,8
38 - 43	158	30,1	3,9	35,2
51 - 56	170	36,6	4,3	32,3
68 - 73	163	37,4	2,7	34,7
93 - 98	166	37,6	2,9	34,7
115 - 120	173	34,6	3,4	31,2
150 - 155	155	37,7	2,8	34,9
160 - 165	169	33,3	2,8	30,4
175 - 180	155	41,9	6,4	35,5
207 - 212	161	40,3	6,2	34,1

Erstellung einer bodenkundlichen Konzeptkarte für urbane  
Ballungszentren - Konzeption des Niedersächsischen Landesamtes  
für Bodenforschung -

Schneider, J. und J. Kues \*

Ein langanhaltender Landverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland, gekoppelt mit einer zunehmenden Nutzungsumwandlung von land- und forstwirtschaftlichen Flächen in urban, gewerblich und industriell genutzte Flächen erfordert eine verstärkte Hinwendung der Bodenkartierung auf die urban überprägten Räume. Beim Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (Nlfb) wurde daher eine Arbeitsgruppe Stadtböden gegründet, die sich mit den noch bestehenden Wissensdefiziten bei der Bodeninventur und Bodenbewertung (vgl. Arbeitskreis Stadtböden, 1989) auseinandersetzt. Die Vorgehensweise des ersten Arbeitsschrittes der Bodeninventur, die Erstellung der Konzeptkarte für urban, gewerblich und industriell überprägte Böden wird im folgenden vorgestellt.

Ausgehend von dem Wissen um die Bedeutung der geogenen Ausgangssituation und um den Einfluß der anthropogenen Überprägung auf die Böden (Bodenentwicklung, Bodenzustand etc.) in urbanen Agglomerationzentren, wurden in einem Pilotprojekt des BMFT am Beispiel von Hannover Informationen hinsichtlich relevanter Datenebenen erfaßt und aufbereitet. Dabei wurden folgende Informationen berücksichtigt:

- Geologische Karten
- Bodenschätzungskarten
- Baugrundkarte Hannover
- Bodenübersichtskarte der Acker-, Grün- und Waldflächen
- Karten historischer Landnutzung
- Karten aktueller Flächennutzung (Biotopkarte)
- Karte der Altablagerungsverdachtsflächen

---

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

- potentiell kontaminierte Gewerbe- und Industriestandorte  
(seit Beginn des 20. Jahrhunderts)

Die Aufbereitung und Bereitstellung der oben angeführten Informationsebenen in digitaler Form war notwendig, um mittels rechnergestützter Verschneidung eine bodenkundliche Konzeptkarte erzeugen zu können. Das Ergebnis dieser Arbeiten stellt eine flächendeckende bodenkundliche Konzeptkarte für das Stadtgebiet von Hannover dar, die für eine Vielzahl kleinster Geometrien, wie sie durch die Überlagerung und Verschneidung der Daten entstehen, bodenkundliche oder bodenkundlich interpretierbare Flächeninformationen enthält. Das Poster stellte die einzelnen Datenebenen, die Vorgehensweise und das Endergebnis am Beispiel einer DGK 1:5000 dar, für die exemplarisch die Flächeninformationen der Konzeptkarte ausgewiesen wurden.

#### Literatur:

- AK Stadtböden 1989 Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen

Geophotogrammetrie, Aufnahme und Auswertung von Bodenprofil- Meß-  
photos unter lithologischen, archäologischen und pedologischen  
Aspekten

von

SIEM, H.-K.<sup>1)</sup>, H. FINNERN<sup>1)</sup> und R. KINZEL<sup>2)</sup>

Im von der Arbeitsgruppe "Bodeninformationssystem" der Sonderarbeitsgruppe "Informationsgrundlagen Bodenschutz" der Umweltminister-Konferenz vorgelegten "Vorschlag für die Einrichtung eines länderübergreifenden Bodeninformationssystems" -BIS- (1) wird in den EDV-gestützten Fachinformationssystemen (FIS) zwischen Daten- und Methodenbereich und im Datenbereich zwischen Sachdaten und Daten des Raumbezugs (Geometrien) unterschieden.

Die "Unterarbeitsgruppe Fachinformationssystem Bodenkunde" (UAG FIS-BO) der ad hoc AG Bodenkataster hat in ihrem "Bericht zur Tätigkeit der Arbeitsgruppe Fachinformationssystem Bodenkunde FIS-BO" (2) den Datenbereich für das FIS-BO in Profil-, Meß- und Flächendaten untergliedert.

Daten aus dem Merkmalsraum Boden werden durch vergleichende Verfahren (Messen, Schätzen, Identifizieren) an Bodenprofilen und Materialproben von Bodenaufschlüssen gewonnen, wobei Bodenprofile senkrecht zur Geländeoberfläche verlaufende Flächen in der Pedosphäre darstellen. Es gibt keine Gründe, die zur Abbildung und Darstellung der Erdoberfläche in der Topo- und Kartographie verwendeten Verfahren, wie die Photogrammetrie, nicht auf Bodenprofile anzuwenden. Dadurch können u.a. die bisher üblichen Profilbeschreibungen über die bislang unterdrückten "Flächen- bzw. Grundrißdaten" des Bodenprofils ergänzt werden.

Auf diesem Hintergrund wird hier ein Verfahren vorgestellt, daß die Herstellung und computergestützte Ausmessung von Meßphotos aus Boden- un Gesteinsaufschlüssen ermöglicht. Die Photogrammetrie (Bildmessung) als Hilfsmittel der Boden- und Gesteinsprofilaufnahme einzusetzen ist nicht neu (3). Neu ist dagegen, daß die Meßphotos mit modifizierten Kleinbild- und Mittelformatkameras in beliebiger Aufnahmeposition aufgenommen werden können. Um Mißverständnissen vorzubeugen sei darauf hingewiesen, daß Photogrammetrie ein Meßverfahren zur Bestimmung der Form, Größe und Lage von Objekten aus Photomeßbildern darstellt. Erfolgt die Aufnahme der Photos von der Erde aus, spricht man von terrestrischer Photogrammetrie, erfolgt sie aus Flugkörpern, von Aerophotogrammetrie. Topographische Karten werden heute vorwiegend unter Einsatz der Stereophotogrammetrie hergestellt.

<sup>1)</sup> Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mercatorstraße 7, 2300 Kiel 21

<sup>2)</sup> Ingenieurgesellschaft für Vermessungstechnik und graphische Datenverarbeitung Dipl.-Ing. Wolfgang Holst mbH., Moislinger Allee 7, 2400 Lübeck 1

Vom Bodenprofil werden mindestens zwei Photos aus verschiedenen Blickwinkeln mit der Meßkamera aufgenommen. Die Kamera hat eine Meßgitterplatte (Reseau), deren Gitterkreuze bei Filmbelichtung mit abgebildet werden. Dadurch lassen sich Fehler aus Film- und Papierverzug, mangelnder Filmplanlage oder Vergrößerungsverzeichnung bei der Ausmessung kompensieren. Aus den vergrößerten Papierabzügen werden die interessierenden Bild- und Objektpunkte digitalisiert. Das hier verwendete analytische Rolleimetric MR-System erlaubt die Bestimmung der relativen und absoluten Orientierung indirekt aus den Meßbildern, so daß für jeden Bild- und Objektpunkt die Koordinaten X, Y und Z berechnet werden können. Die Anbindung an das geographische und geodätische Netz (z.B. Gauss-Krüger) und zu Normal Null ist möglich.

Als Vorteile des Verfahrens werden z.Z. angesehen:

- analoge (Bilddokument) und digitale (Datenbank) Speicherung von Daten der Profiloberfläche
- direkter Zugriff auf die Daten durch CAD-Systeme
- Nachprüf- und Wiederholbarkeit der Bodenprofilinterpretation
- aufwendige Aufschlußskizzen, manuelle Reinzeichnungen und die klassische Vermessung, insbesondere von schwer zugänglichen Aufschlüssen, wie Kiesgruben und Steilküsten, können entfallen
- quantitative Bestimmung der Form, Ausdehnung, Lage und Menge von diskreten Objekten wie Steine, Aggregate, Pflanzenwurzeln, Hohlräume u.a.
- rechnergestützte Verknüpfung der maßstäblichen "Bodenprofilkarte" mit Bodendaten

Das Verfahren konnte erstmals im Rahmen eines Werkvertrages mit der Ingenieurgesellschaft für Vermessungstechnik und graphische Datenverarbeitung Dipl.-Ing. Wolfgang Holst mbH. (Lübeck) in einem archäologischen Aufschluß im Altsiedlungsgebiet der Stadt Kiel unter Beteiligung des Landesvermessungsamtes Schleswig Holstein (Abteilung Topographie) eingesetzt werden. Das Bodenprofil wurde mit der mittelformatigen Rolleimetric Kamera fotografiert (Abbildung 1), von Pedo-, Geo-, und Archäologen aufgenommen und das Ergebnis auf Grundlage der Meßphotos digitalisiert (Abbildungen 2, 3 und 4).

Es ist vorgesehen, das Verfahren bei der Bodendauerbeobachtung und bei der Erstellung eines Leitbodenkatasters einzusetzen. Die technische Durchführung wird auf Grund der Anlage- und Systempflegekosten und der dafür notwendigen Systemkenntnisse im Rahmen von Werkverträgen erfolgen. Ebenso wird versucht, die topographische Stereophotogrammetrie im Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein durch Einbringung geowissenschaftlicher Luftbildinterpretationen so zu ergänzen, daß sich der Umweg über analoge Kartenwerke auf ein Minimum reduziert. So könnte z. B. der geowissenschaftliche Datenbereich der Reichsbodenschätzung durch gemeinsame Luftbilddauswertung der Topographen, Photogrammeter und Bodenkundler schneller in Informationen über aktuelle Bodenzustände umgesetzt werden.

Literatur

- (1) Arbeitsgruppe "Bodeninformationssystem" der Sonderarbeitsgruppe "Informationsgrundlagen Bodenschutz" der Umweltministerkonferenz (1989): Vorschlag für die Einrichtung eines länderübergreifenden Bodeninformationssystems. Niedersächsisches Umweltministerium, Hannover
- (2) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1990): Bericht zur Tätigkeit der Arbeitsgruppe Fachinformationssystem FIS-BO, unveröffentlicht
- (3) Die Zentralstelle für Geo-Photogrammetrie und Fernerkundung (ZGF) (1978): Mitteilung/Kommission für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung; 7, München

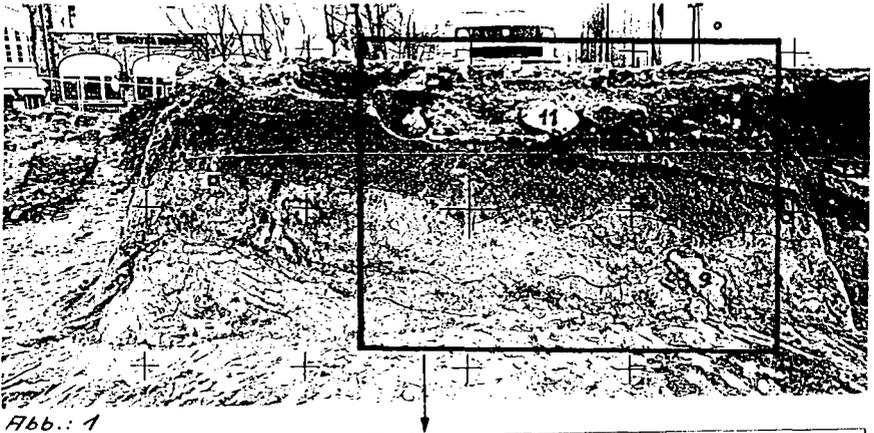
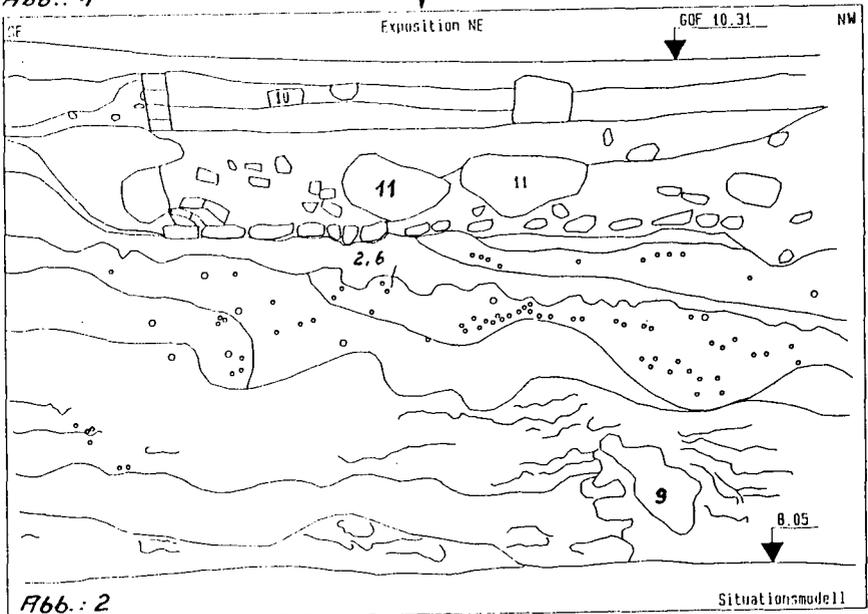
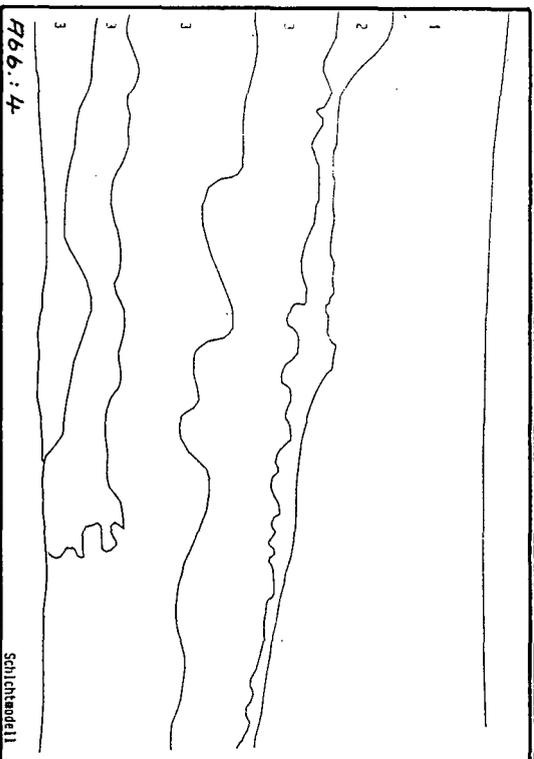
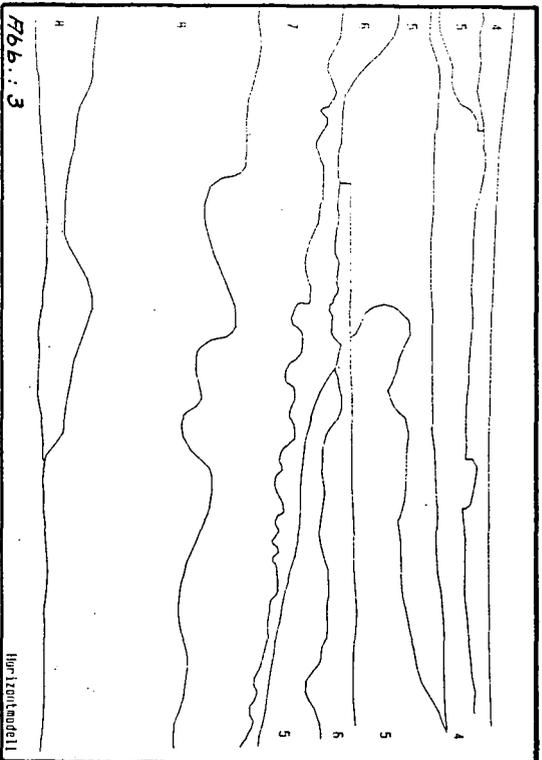


Abb.: 1





LEGENDE

- |   |   |    |  |
|---|---|----|--|
| 1 | holozäne Ablagerungen<br>Bruschart, Geschiebe   | 7  | Podsolkont. als Fe-<br>Al-Oxidn eingesichert |
| 2 | Mutterboden   | 8  | B-Horizont mit<br>Bändern                    |
| 3 | pleistozäne Ablagerungen,<br>postglazial umgelagert<br>Mittelsand, grobsandig, kieselig | 9  | Dryosemrasse                                 |
| 4 | C-Horizont aus angewittertem<br>Festgestein (Benton)                                    | 10 | Ziegel                                       |
| 5 | C-Horizont aus angewittertem,<br>humosem Lockergestein                                  | 11 | Seeschlebe                                   |
| 6 | A-Horizont fossil., mit<br>Anthracolithen   |    | Schlacht-, Horizontgraben                    |
|   |   |    | — Bänder, braun, 0,5 - 2 cm                  |
|   |   |    | *** kieselig                                 |

Anthropogene Gesteine als Ausgangsmaterial der Bodenbildung unter besonderer Berücksichtigung gebrannter Steine

von

SIEM, H.-K.\*

Dieses mehr den Petro- als den Pedologen nahestehende Thema entwickelte sich aus der Inventarisierung der Pedosphäre im Stadtgebiet Kiel (1). Anthropogene Festgesteinskörper, wie Gebäude und Straßen, sollten unter (geo)ökologischem Aspekt nicht nur und bereits als versiegelnde und flächenverbrauchende und schon gar nicht landschaftsverbrauchende Deckschichten betrachtet und nicht nur über den Versiegelungsgrad, sondern zunächst als Gesteinskörper aufgenommen werden.

Denn wie Felsgestein sind sie Teil der Erdkruste, also niederschlags-, verdunstungs- und abflußbestimmende, die Erdoberfläche mitbildenden Reliefkomponenten, unterliegen der Verwitterung und unter bestimmten Bedingungen der Bodenbildung, sind Lebensstätte und Lebensraum und somit wirksamer Teil des biogeochemischen Stoffhaushaltes. Sie unterscheiden sich insoweit nicht von anthropogenen Lockergesteinskörpern wie Dämme, Deiche, Wälle, Halden, Spülfelder, Wurten, (Abfall-) Kippen und Deponien (2).

Auffällig ist, daß anthropogene Festgesteinskörper mit ihrem z.T. erheblichen Problemstoffbestand und -inhalt von den Petro- und Pedologen erst als "Bauschutt" bzw. "Straßenaufbruch" in anthropogenen Lockergesteinskörpern beachtet und aufgenommen werden (2). Auch Topo- und Kartographie sind insoweit inkonsequent, als sie von Gebäuden und Straßen nur die Grundfläche (Grundriß), von Felsgesteins- und Lockergesteinskörpern auch das Relief über Höhenlinien oder Signaturen darstellen. Gleiches gilt für andere anthropogene, der Erdkruste in verschiedenen Aggregatzuständen zufallenden Produkte, die neuerdings mit dem irreführenden Begriff "Technosol" gekennzeichnet werden (3). Denn es handelt sich dabei nicht, worauf der Begriffsteil "sol" hinweist, um Böden, sondern um anthropogene (Ab)Produkte als Ergebnis technischer Prozesse. Deren Eignung als Ausgangsmaterial von Böden und die Umweltverträglichkeit dieser Böden wäre von Pedologen erst zu untersuchen.

Anthropogene Gesteine werden hier in Fest- und Lockergesteinskörper getrennt. Erstere sind im wesentlichen durch Schichtung von (Mauer-) Steinen unter Zusatz von Bindemitteln oder Schüttung von Beton unter diagenetischer Verfestigung, letztere vorwiegend durch Schüttung und Spülung verschiedenartiger Stoffe unter mechanischer Verdichtung entstanden.

Eine Sonderstellung nehmen die durch "bodenverbessernde Maßnahmen" (Meliorierung) wie Schicht- und Horizontvermischung und Deckschichtung veränderten Böden und die durch Mutterboden- und Kompostauf-

\*Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mercatorstr. 7,  
2300 Kiel 1

schüttung hergestellten "Dachhaut-, Terrassen- und Grünanlagenböden" ein. Betrachtet man diese Maßnahmen als bodenbildende Prozesse, wären es Böden, anderenfalls Gesteinskörper. Letzteres trifft auch auf, z.B. durch Bodenwäsche, Bodenerhitzung und Bakterienzusatz, "sanierte Böden" zu. Die Bundesregierung ist dieser verwirrenden aber notwendigen Auseinandersetzung um die Definition von Boden und Gestein insoweit ausgewichen, als sie in ihrer Bodenschutzkonzeption (4) nicht Böden und Gesteine, sondern den von Organismen (incl. Mensch) nutz- und erkundbaren Stoffbestand der Erdkruste als Schutzobjekt ansieht. Der Schutz von Böden und Gesteinen als Naturkörper (z.B. Podsol, Bundsandstein) wird danach auf einige wenige erdgeschichtlich bedeutsame Bildungen in noch festzulegenden Reservaten ("Bodenschutzgebiete") beschränkt (5).

Schutzziel ist insbesondere die auf den Menschen bezogene Erhaltung der Benutzbarkeit des Stoffbestandes und der Dienbarkeit der anthropozentrisch definierten Funktionen der Erdkruste (Pedo-, Litho- und Hydrosphäre) durch beabsichtigte Verringerung der Kontamination und des sog. Flächenverbrauchs. Bei Umsetzung dieses Schutzkonzeptes ist aber zu bedenken, daß die biogene und damit auch die anthropogene Stofftransformation und -translokation in einem naturgesetzlich determinierten, alle Sphären treffenden biogeochemischen Kreislauf ohne Ausweg und unter Anreicherung von nicht mehr nutzbaren anthropogenen Abprodukten verschiedener Aggregatzustände stattfindet.

Diese Bodenschutzkonzeption geht aber offenbar von dem Ansatz aus, daß alle vom Menschen be- und vernutzten Stoffe, nach Durchlaufen eines Reinigungs- und Aufbereitungsprozess, analog dem Wasser aus der Abwasserbehandlung in Klärwerken, wieder benutzbar sind (Klärwerke produzieren Schlamm, Abwasser u. Abluft). Als primärer Behandlungsraum werden dabei "Böden", aber nur i.S. entsprechend funktionstragender Stoffportionen, angesehen.

Eine andere Strategie läge in der interdisziplinären Untersuchung und Bewertung aller anthropogenen Ver- und Gebrauchsgüter in Bezug auf Notwendigkeit und Umweltverträglichkeit. Bei der Herstellung von Komponenten anthropogener Festgesteinskörper und dieser selbst, wären somit nicht nur Lagerstätten- und Baugrundeologen, Architekten und Statiker sondern auch Hydrogeologen, Mineralogen und Pedologen hinzuziehen. Der Pedologe müßte z.B. die Bodenverträglichkeit von gebrannten Steinen (z.B. Mauer- u. Dachziegel) prognostizieren. Dazu sind im konkreten Fall Kenntnisse über verwendete Rohstoffe, Herstellungsverfahren und Nutzungsgeschichte notwendig, um u.a. aufwendige und umweltunverträgliche Analysen zu vermeiden.

Gebrannte Steine sind seit Jahrhunderten ubiquitär aus bindigen Sedimenten (Klei, Lehm, Mergel, Ton, Beckensedimenten) und form- und temperaturstabilen Zusätzen (Magerung) in unterschiedlichen Brennvorgängen und -temperaturen hergestellte und verteilte Keramik, über deren Mineralbestand, Verwitterungsverhalten und andere Eigenschaften hinreichende Informationen vorliegen. Was fehlt, ist deren Interpretation z.B. unter pedoökologischen Gesichtspunkten. Diese hat sich nicht nur auf den Einzelstein und dessen Eigenschaften wie Dichte und Porosität, sondern ebenso auf Haufwerke aus Steinen verschiedener Korngröße, -form, -oberfläche, stofflicher Zusammensetzung und Koordination zu erstrecken. Um den präsedimentären Verwitterungs- und Kontaminationsgrad von gebrannten Steinen zu erfassen, sind diese aus baulichen Anlagen nach Rohstoffquelle, Herstellungs-

ort, -verfahren und -zeit, Nutzung, Standort, Klimaregion u.a. Kriterien als Referenz- und Vergleichsproben zu sammeln und zu analysieren. Dieses dient u.a. der Sicherung generalisierender Schlüsse und gemittelter Kennwerte.

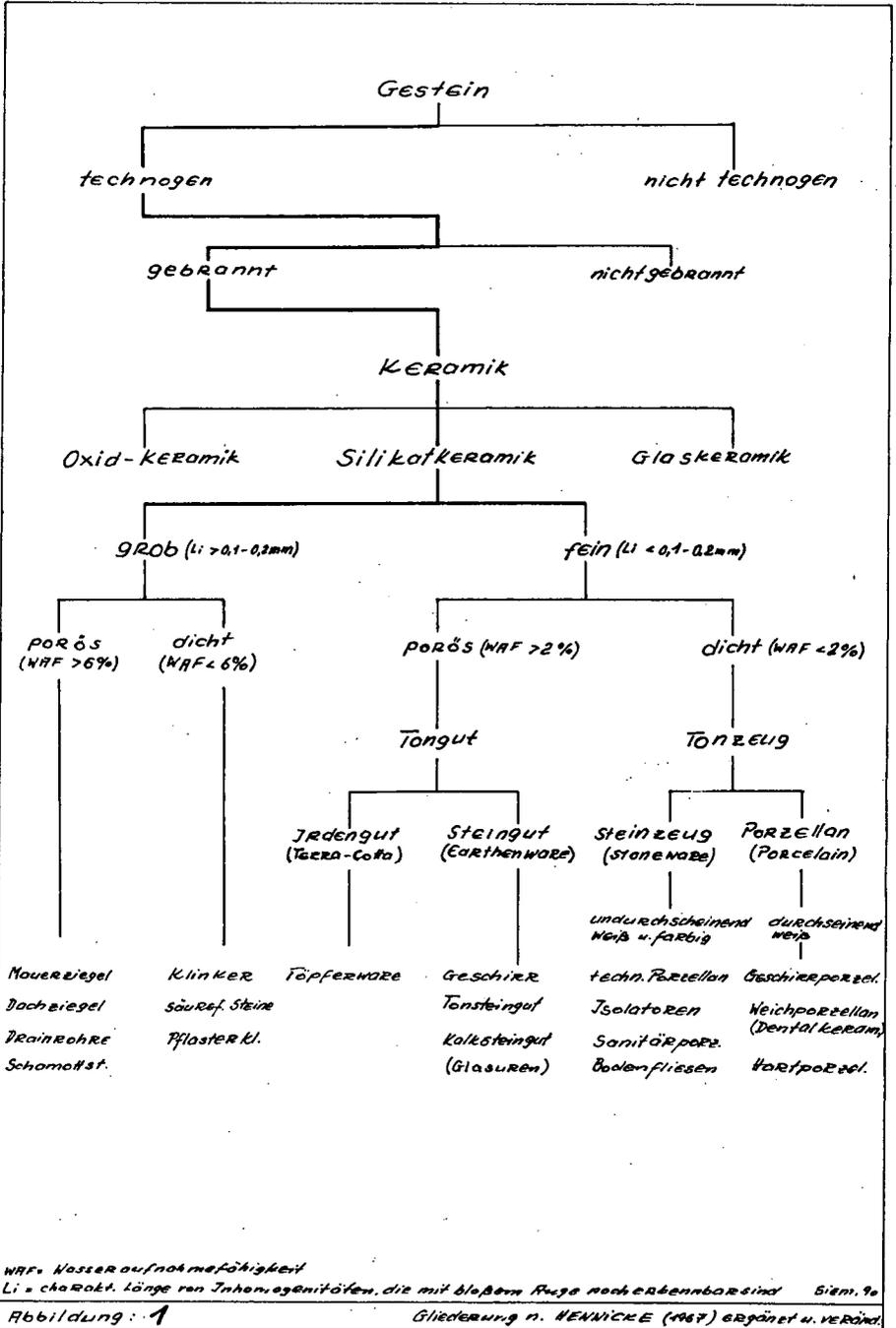
Keramik ist bereits in unterschiedlichen Korngrößen Haupt- und Nebengemengteil von Böden und anthropogenen Fest- und Lockergesteinskörpern und i.d.R. ab Korngröße > 6mm ohne technische Hilfsmittel über Farbton, Form und Ritzbarkeit zu identifizieren und nicht a priori carbonat- und sulfathaltig. Eine Zuweisung von Keramikbruchstücken zu verschiedenen keramischen Erzeugnissen ist dagegen nur über ihre Scherbenmerkmale wie Länge der Inhomogenitäten (L<sub>i</sub>), Matrixfarbton, Wasseraufnahmefähigkeit (WAF) und Transparenz möglich (Abbildung 1). Daneben existiert ein von den Archäologen erstelltes Ordnungssystem für vorindustriell gefertigtes Tongut (6).

Gebrannte Steine lassen bereits aus den Kantenlängen, der Oberflächenstruktur und -farbe, der Phasen in frischen Bruchflächen, der Klangfarbe, und der Ritzbarkeit, gewisse Rückschlüsse auf Alter, Herstellungsverfahren, Mineralbestand, Roh- und Zuschlagstoffe, Verwitterungsgrad und Dichte zu..

So sind die Mauerziegelkantenlängen bis zur Einführung des Deutschen Normziegelformats 1872 (Reichsformat L 25 x B 12 x H 6,5 cm) regional sehr unterschiedlich gewesen ( z.B. Ostfriesisches-, Badisches-, Bayrisches-, Oldenburger-, Kieler- und Klosterformat 28 x 13 x 8 cm). 1952 wurde das Reichs- durch das Bundesformat über die DIN 105 Teil 1-3 ersetzt, die Mauerziegel nach Einsatzort (Hintermauer- u. Vormauerziegel, Verblender), Lochanteil (Vollziegel < 15 % der Lagerfläche, Hoch- und Langlochziegel > 15 %), Kantenlänge (Dünnformat-DF- 24 x 11,5 x 5,2 cm und Normalformat-NF- 24 x 11,5 x 7,1cm, 1,5 u.2,25 NF u. > 2,2,25 NF) und Rohdichte (Voll- u. Lochziegel 1-2 kg\*dm<sup>-3</sup>, Leichtziegel 0,6-0,8kg\*dm<sup>-3</sup>, Klinker > 1,9 kg\*dm<sup>-3</sup>) ordnet. Die DIN 105 legt Prüfverfahren und -kennwerte zur Probennahme, Rohdichte, Druckfestigkeit, Frostbeständigkeit u.a. Steineigenschaften fest. Für Dachziegel gilt DIN 456.

#### Literatur

- (1) Cordsen, E., H.-K. Siem, H.-P. Blume und H. Finnern (1988): Bodenkarte 1:20 000 Stadt Kiel und Umland. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 56, 333-338
- (2) Hinze, C., H. Jerz, B. Menke und H. Staude (1989): Geogenetische Definitionen quartärer Lockergesteine für die Geologische Karte 1:25 000 (GK25). Geologisches Jahrbuch, Reihe A, Heft 112, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- (3) Bachmann, G. (1990): Technosole-Charakterisierung technisch hergestellter Böden unter Erarbeitung bundeseinheitlicher Kriterien für ihre Verwendung. Umweltbundesamt, unveröff..
- (4) BMI (Bundesminister des Innern) (Hg.), (1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. BT-Drs. 10/2977 vom 7.3.1985, Bonn.
- (5) BUNR (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Hg.), (1988): Maßnahmen zum Bodenschutz. BT-Drs. 11/1625 vom 12.01.1988, Bonn.
- (6) Erdmann, W., H.J. Kühn, H.Lüdtke, E. Ring und W. Wessel (1984): Rahmenterminologie zur mittelalterlichen Keramik in Norddeutschland. Archäologisches Korrespondenzblatt 14, 417-436



WAF = Wasseraufnahmefähigkeit

Li = charakt. Länge von Inhomogenitäten, die mit bloßem Auge nacherkennbar sind (Siem. 90)

Abbildung: 1

Gliederung n. MENNIGKE (1967) ergänzt u. verändert.

Einfluß unterschiedlicher Gefüge - gemessen durch Penetrometer - auf den Salztransport in Straßenrandböden

von

Speerschneider, R.\*, H.G. Brod\*\* und K.H.Hartge\*

Gehölze des Straßenrandbereiches können neben einer Reihe anderer Belastungsfaktoren auch erhöhten Natrium- und Chloridgehalten im Wurzelraum ausgesetzt sein. Letztere treten im Boden i.a. nach größeren Tausalzeinträgen im Winter auf. Wenn die Salzverlagerung nach unten durch ungünstige Gefügeeigenschaften gehemmt wird, sind auch nach mehreren Wintern mit geringem Tausalzverbrauch Salzanreicherungen im Boden denkbar. Untersuchungen zur gefügebbeeinflussten Salzdynamik im Wurzelraum von Straßenbäumen in Hannover zeigten, daß im Winterhalbjahr verlagerte Salze während der Vegetationsperiode durch kapillaren Wasseraufstieg wieder nach oben gelangen können (BROD u. SPEERSCHNEIDER 1989).

Ob durch langjährige Tausalzanwendung in tieferen Bodenschichten Salzanreicherungen auftreten und welche Bedeutung Gefügeunterschiede dabei haben, sollte in den hier vorgestellten Untersuchungen zur Chloridverlagerung im gesamten ungesättigten Bodenbereich (bis 3 m Tiefe) geklärt werden.

Material und Methoden

Die untersuchten Bäume (*Tilia* sp.) stehen auf einem Grünstreifen zwischen Fahrbahn und Straßenbahngleisen der Hans-Böckler-Allee in Hannover. Das vorliegende Substrat, ein lehmiger Sand, weist durchschnittlich 10% Skelett und ca. 2% organische Substanz auf. Einige Standorte in der Nähe einer Straßenbahnhaltstelle sind durch Fußgängerverkehr trittverdichtet. Die Grundwasseroberfläche liegt ca. 3 m unter der Geländeoberkante.

Die Gefügeunterschiede der Baumstandorte wurden durch Eindringwiderstandsmessungen mit einer Schlagsonde beidseitig der Bäume in einem Meßraster von 1 m Tiefe und 5 m Abstand ermittelt.

Mittels Bohrstock entnommene Bodenproben wurden auf Chlorid im 1:5-Wasserextrakt untersucht. Die Chloridmengen im Boden wurden für die Bereiche 0-1,5 und 1,5-3 m unter Geländeoberkante bezogen auf eine Grundfläche von 1 m<sup>2</sup> berechnet. Dabei wurde für den Bereich 0-1,5 m eine Lagerungsdichte von 1,5 (g\*cm<sup>-3</sup>) bei lockeren und 1,6 (g\*cm<sup>-3</sup>) bei trittverdichteten Standorten zugrundegelegt. Für den Bereich 1,5-3 m unter Geländeoberkante wurde die Dichte von 1,6 (g\*cm<sup>-3</sup>) angesetzt.

Ergebnisse

Die Eindringwiderstände (Abb.1) bis 0,5 m Tiefe nahmen mit der Trittbelastung der Standorte zu. Im darunterliegenden Bereich bestanden keine Unterschiede. Entsprechend der Höhe der Eindringwiderstände wurden die Standorte in hoch, mittel und gering trittverdichtet eingestuft.

\*Universität Hannover, \*\*LFA-Büntehof Hannover

Der zeitliche Verlauf der Chloridgehalte im Bereich bis 3 m Tiefe (Abb.2) zeigte im November 1987 die höchsten Cl-Gehalte in den am stärksten trittverdichteten Böden. Im Winter 1987/88 sanken die Chloridmengen bei mittlerer Verdichtung auf das Niveau der geringverdichteten Baumstandorte ab. Bei starker Trittbelastung blieben die Cl-Mengen über den gesamten Untersuchungszeitraum nahezu unverändert.

Die Chloridverlagerung in den Zeiträumen zwischen aufeinanderfolgenden Probenahmeterminen ließ sich aus den Cl-Bilanzen einzelner Bodenschichten ableiten. Hierfür wurde davon ausgegangen, daß bezogen auf die Geländeoberkante Cl-Einträge aus der Tausalzanwendung im Winter und Cl-Austräge aus Cl-Aufnahmen durch die Baumwurzeln in der Vegetationsperiode resultieren. Abb.3 stellt an Bodensäulen unterschiedlich verdichteter Baumstandorte sowohl die Cl-Gehaltsänderung der Bodenschichten 0-1,5 m und 1,5-3 m Tiefe als auch die Cl-Verlagerungsrichtung (Pfeile) an den Schichtgrenzen (0; 1,5; 3 m Tiefe) dar. Im feuchten Winter 1987/88 wurde das Chlorid auf allen drei Standorten nach unten aus dem Meßbereich hinaus verlagert. Im starkverdichteten Standort war die Tiefenverlagerung am geringsten und führte zu einer Akkumulation im Unterboden (1,5-3 m). Im trockenen Winter 1988/89 erfolgte ebenfalls eine Verlagerung zur Tiefe hin, allerdings führte sie nur zu einer Akkumulation von Chlorid im Unterboden. Am dichtesten Standort unterblieb dagegen der Abwärtstransport unter 1,5 m.

Der sommerliche Cl-Aufstieg war in der Zeitspanne April bis August geringer als von August bis November. Auch in dem Zeitraum der Cl-Nachlieferung von unten war die Verlagerung des dichtesten Standortes am geringsten.

#### Schlußfolgerungen

Gefügeunterschiede der Böden benachbarter Straßenrandbereiche verursachen erhebliche Unterschiede in den Stoffflüssen der ungesättigten Bodenzone. Höhere Dichten des Oberbodens hemmen zu allen Zeitpunkten des Jahres sowohl die abwärts- als auch die aufwärtsgerichtete Cl-Bewegung. Durch eine vergleichsweise geringe gesättigte Wasserleitfähigkeit wird Chlorid während des Winters bei Trittverdichtung weniger tief nach unten verlagert, so daß es v.a. nach niederschlagsarmen Perioden im Wurzelraum akkumulieren und von den Gehölzen aufgenommen werden kann.

Der während der Vegetationsperiode intensive Chlorid- bzw. Wasseraufstieg aus dem tiefliegendem Grundwasser ähnelt dem versalzungsgefährdeter arider Gebiete (SZABOLS 1986). Dies ist eine Folge der durch Bodenversiegelung im Fahrbahnbereich verminderten Niederschlagsversickerung (BERLEKAMP 1987) und den dadurch hervorgerufenen Wasserdefiziten im Wurzelraum. In lockeren mit im Vergleich zu dichteren Böden geringerer Wasserspeicherleistung und intensiverem Wurzelwachstum, d.h. höherer Wasseraufnahme, kann der Wassermangel und damit der kapillare Wasser- und Salzaufstieg verstärkt werden.

Nach den vorliegenden Ergebnissen können die Lebensbedingungen der Gehölze im Straßenrandbereich durch Lockerung des Oberbodens zur raschen und tiefen Salzverlagerung im Winter und durch Bewässerung gegen Wasser- und Salzstreß im Sommer verbessert werden.

Literatur

- Berlekamp, C.R. 1987: Bodenversiegelung als Faktor der Grundwasserneubildung. *Landschaft + Stadt* 19, 129-136
- Brod, H.G. u. R. Speerschnider 1989: Zeitlicher Verlauf der Na- und Cl-Gehalte im Boden und in Blättern zweier unterschiedlich verdichteter Alleebaumstandorte. *Kali-Briefe (Büntehof)* 19 (10), 803-815
- Szabols, I. 1986: Agronomical and ecological impact on soil and water salinity. *Advances in Soil Science*, Vol. 4, 189- 218

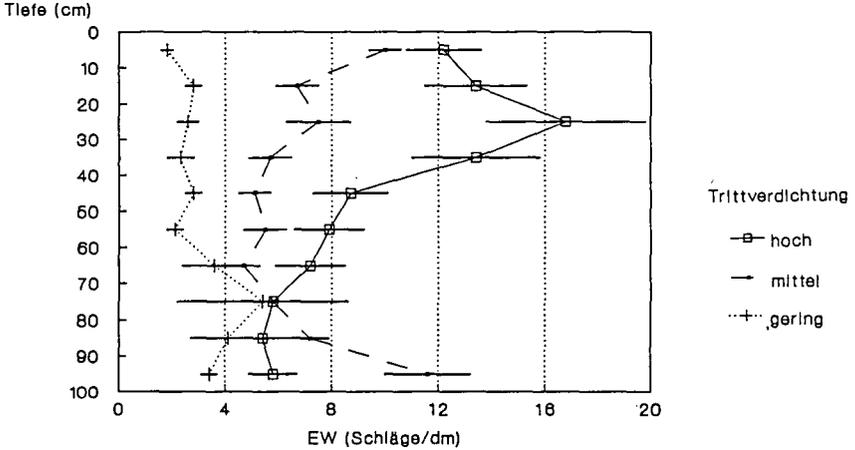


Abb.1: Tiefenverläufe von Eindringwiderständen (gemessen mit einer Schlagsonde) in Straßenrandböden mit unterschiedlich hoher Trittsverdichtung (Mittelwerte u. Standardabweichungen, n=7-10)

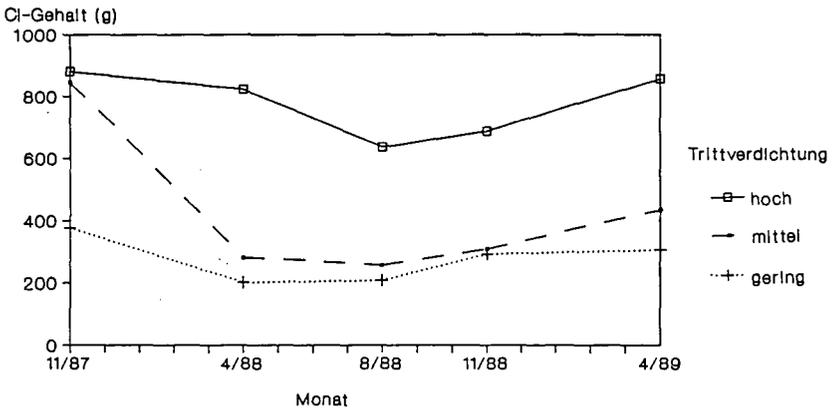


Abb.2: Zeitliche Verläufe der Chloridmengen in der Bodenschicht 0-3m Tiefe bezogen auf eine Grundfläche von 1m<sup>2</sup> bei unterschiedlich hoher Trittsverdichtung



Die Bewertung mikrobieller Aktivitäten in Stadtböden als  
Beitrag zum städtischen Bodenschutz

von  
WERITZ, N. und D. SCHRÖDER \*

### 1. Einleitung

Freiflächen in der Stadt, d.h. unversiegelte Böden, nehmen ca. 11% der Siedlungsfläche bzw. 1.3% der Fläche der Bundesrepublik Deutschland in Anspruch (vgl. BMI 1985). Neben ihrer günstigen Wirkung auf die Klimaverhältnisse sowie auf Flora und Fauna, sind sie für bodenökologische Funktionen von Bedeutung. Dazu zählen die Speicherung von Niederschlagswasser, die Grundwasserneubildung sowie die Filter- und Pufferfunktion. Gleichzeitig unterliegen urbane Freiflächen zahlreichen Belastungen, wie z.B. anorganischem und organischem Schadstoffeintrag, Verdichtung und anderen anthropogenen Bodenveränderungen, die je nach Nutzung der Flächen unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Daraus ergibt sich die Frage, ob die Böden der Freiflächen die von ihnen erwartete Funktionsvielfalt erfüllen können. Als essentieller Bestandteil funktionsfähiger Böden gelten intakte Mikroorganismenpopulationen (vgl. WELP und BRÜMMER 1989). Mikrobielle Umsetzungen können somit ein Indikator für die Intaktheit des Funktionspotentials städtischer Böden sein. Um das Funktionspotential verschieden genutzter Böden zu überprüfen, wurden biologische Aktivitäten von urbanen Freiflächen untersucht.

### 2. Methodik

Im urbanen Bereich von Trier und Bonn-Bad Godesberg wurden Oberböden von 66 Freiflächen zehn verschiedener Nutzungstypen beprobt. Als Nutzungstypen wurden Wiesenbrachen, Parkrasen, Grünflächen, Verkehrsgrünflächen, Bolzplätze, Ruderalflächen, Schuttgrundstücke, Parkplätze, Gewerbebrachen und Schrottplätze unterschieden. Die Proben wurden im Herbst 1987 und Frühjahr 1988 aus 0-15 cm Tiefe entnommen. Der pH-Wert wurde in 0.01 m CaCl<sub>2</sub> und der Kohlenstoffgehalt nach der LICHTERFELDER-Methode (SCHLICHTING und BLUME 1966) bestimmt. Mikrobielle Aktivitäten wurden als substratinduzierte Respiration (SIR) sowie als Enzymaktivitäten von Katalase, Urease und Xylanase gemessen (zit. bei WERITZ und SCHRÖDER 1988). Die SIR wird hier als Maß für die bodenbiologische Gesamtaktivität angesehen, wobei in Kauf genommen wird, daß z.B. der Kohlenstoff, der in den Baustoffwechsel der Mikroorganismen eingeht, nicht erfaßt wird. Katalase spaltet das beim Atmungsstoffwechsel entstehende Wasserstoffperoxid in Sauerstoff und Wasser und erlaubt somit Aussagen über unspezifische Stoffwechselfvorgänge im Boden. Urease hydrolysiert Ammonium und steht für den N-Kreislauf, Xylanase baut die Hemmizellulose Xylan ab und ist ein Indikator für den C-Kreislauf.

Im Rahmen der statistischen Auswertung wurden PEARSON-Produktmomentkorrelationen errechnet. Schuttgrundstücke und Bolzplätze wurden wegen ihrer geringen Flächenzahl (n=3) von der Korrelationsrechnung ausgeschlossen.

### 3. Ergebnisse

Zur bodenchemischen Charakterisierung der Freiflächen wurden pH-Wert und Kohlenstoffgehalt bestimmt (Tab. 1). Die pH-Werte der untersuchten Flächen reichen von mittel sauer bis schwach alkalisch.  
\*Universität Trier, FB VI, Bodenkunde, Postfach 3825, 5500 Trier

Tab. 1: pH-Werte und Kohlenstoffgehalte (C),  
gegliedert nach Nutzungstypen (1988)

	pH (CaCl <sub>2</sub> )				%C			
	$\bar{x}$	Min.	Max.	%CV	$\bar{x}$	Min.	Max.	%CV
Wiesenbrachen (n=6)	5.6	4.8	- 7.2	16	1.51	1.05	- 1.93	21
Parkrasen (n=5)	6.2	5.0	- 7.1	13	2.24	1.55	- 3.25	32
Grünflächen (n=10)	7.0	6.4	- 7.3	4	2.47	1.55	- 3.55	30
Verkehrsgrün. (n=13)	7.0	6.0	- 7.3	5	2.32	1.41	- 3.57	33
Bolzplätze (n=3)	6.8	6.3	- 7.2	7	1.60	1.40	- 1.76	11
Ruderalflächen (n=5)	7.1	6.7	- 7.3	4	3.06	2.23	- 4.29	27
Schuttgrundst. (n=3)	7.5	7.4	- 7.6	2	2.21	1.46	- 3.43	48
Parkplätze (n=6)	7.3	7.0	- 7.7	3	1.59	0.61	- 3.20	67
Gewerbebrachen (n=11)	7.4	6.9	- 8.0	5	3.43	0.50	-16.63	141
Schrottplätze (n=4)	7.5	7.1	- 7.7	3	3.79	3.20	- 4.84	19

lisch (vgl. AG BODENKUNDE 1982). Wiesenbrachen, Parkplätze und Bolzplätze verfügen über den geringsten, Schrottplätze über den höchsten Kohlenstoffgehalt im Boden. Daß es sich dabei nur in den vegetationsbestandenen Nutzungstypen um mikrobiell verfügbaren Kohlenstoff handelt, zeigen die entsprechenden signifikanten Korrelationen zwischen SIR und Kohlenstoffgehalt (Tab. 2). Für die übrigen Nutzungstypen kommen solche Korrelationen nicht zustande.

Tab. 2: Korrelationen zwischen Kohlenstoffgehalt  
und SIR, gegliedert nach Nutzungstypen

	Korrelation	
	C - SIR 1987	C - SIR 1988
Wiesenbrachen (n=6)	.88**	.26
Parkrasen (n=5)	.99***	.74*
Grünflächen (n=10)	.61**	.74***
Verkehrsgrünfl. (n=13)	.71***	.58**
Ruderalflächen (n=5)	.04	.13
Parkplätze (n=6)	-.25	.16
Gewerbebrachen (n=11)	-.32	-.01
Schrottplätze (n=4)	n.b.	.75
Signifikanz: * 10%		
** 5%		
*** 1%		

Die mittlere mikrobielle Aktivität aller untersuchten Flächen beträgt als SIR 3323  $\mu\text{g CO}_2/100 \text{ g TS/h}$ , als Katalase 12.4 Katalasezahl, als Urease 64  $\mu\text{g NH}_4\text{-N/g TS/2 h}$  und als Xylanase 444  $\mu\text{g Glucose/g TS/d}$ . Der Vergleich von durchschnittlichen mikrobiellen Aktivitäten der einzelnen Nutzungstypen mit den entsprechenden Mittelwerten aller untersuchten Flächen (Abb. 1), ergibt überdurchschnittliche Werte in erster Linie in Ruderalflächen, Schuttgrundstücken, Grünflächen und Verkehrsgrünflächen. Deutlich unter dem Aktivitätsdurchschnitt liegen Bolzplätze, Parkplätze, Gewerbebrachen und Schrottplätze.

Zur differenzierteren Beurteilung mikrobieller Aktivitäten und Veränderungen ihrer Teilbereiche wurden die Ergebnisse der SIR und der drei Enzymtests in Korrelationen gegenübergestellt (Tab. 3).

Es ergeben sich zum Teil enge signifikant positive Korrelationen zwischen den spezialisierten Enzymen Urease bzw. Xylanase und den allgemeine Umsetzungsvorgänge im Boden charakterisierenden SIR bzw. Katalase. In Ruderalflächen und Wiesenbrachen fehlen solche Korrelationen weitgehend.

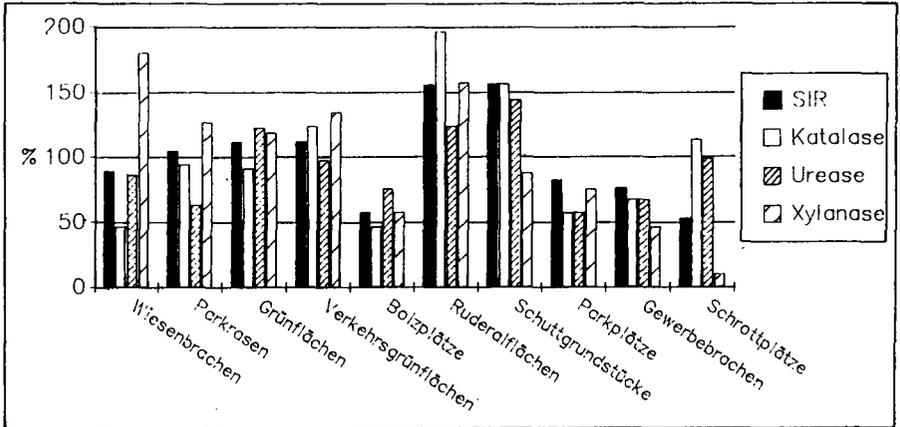


Abb. 1: Mittelwerte der mikrobiellen Aktivitäten, gegliedert nach Nutzungstypen, im prozentualen Verhältnis zur Durchschnittsaktivität aller untersuchter Flächen

Tab. 3: Korrelationen zwischen mikrobiellen Aktivitäten (1988), gegliedert nach Nutzungstypen

	SIR- Katalase	SIR- Xylanase	SIR- Urease	Katalase- Xylanase	Katalase- Urease	Xylanase- Urease
Wiesenbrachen (n=6)	.65*	-.36	.31	.45	.77**	.59
Parkrasen (n=5)	.88*	.77*	.89**	.55	.94***	.78*
Grünflächen (n=10)	.72***	.64**	.44	.65**	.85***	.78***
Verkehrsgrün. (n=13)	.61**	.37	.81***	.16	.52**	-.02
Ruderalflächen (n=5)	-.13	-.21	-.65	.97***	.29	.34
Parkplätze (n=6)	.87**	.30	.93***	.72*	.85**	.35
Gewerbebrach. (n=11)	.88***	.95***	.95***	.91***	.77***	.89***
Schrottplätze (n=4)	.87*	.96**	.61	.81*	.80*	.72
Signifikanz	* 10%					
	** 5%					
	*** 1%					

#### 4. Diskussion

Die gemessenen mikrobiellen Aktivitäten sind im Vergleich mit landwirtschaftlich genutzten Böden als hoch einzuschätzen (vgl. MÜLLER, SCHNEIDER, SCHRÖDER 1988). Dort werden hohe mikrobielle Aktivitäten als Zeichen einer guten Bodenfruchtbarkeit angesehen. In Stadtböden steht nicht eine Umsatzleistung um jeden Preis, sondern eine intakte Mikroorganismenpopulation im Vordergrund, da nur so eine vollständige Erfüllung der Bodenfunktionen, wie z.B. Abbau organischer Schadstoffe, gewährleistet ist. Gegenüber Schadstoffbelastungen des Bodens ist zwar aufgrund von Resistenzmechanismen der Mikroorganismen nicht unbedingt mit einer Einschränkung

mikrobieller Funktionen insgesamt (DOMSCH 1984), aber mit einer Reduktion von Organismenzahl und Artendiversität zu rechnen. Aus diesem Grund gibt erst der Vergleich zwischen allgemeiner Umsatzaktivität, d.h. SIR bzw. Katalaseaktivität mit Urease- bzw. Xylanaseaktivität Aufschluß über die Intaktheit bodenökologischer Kreisläufe. Anhand der entsprechenden Korrelationen zeigt sich, daß trotz überdurchschnittlicher Aktivität in Ruderalflächen unausgewogene mikrobiologische Verhältnisse im Boden vorliegen. Störungen in der mikrobiellen Leistung treten auch in Wiesenbrachen auf. Möglicherweise spielen hier niedrige pH-Werte an sich oder die dadurch bedingten hohen leicht löslichen Schwermetallgehalte (vgl. WERITZ und SCHRÖDER 1989) eine Rolle. Hohe Umsatzleistungen können im basischen pH-Bereich eine Schwermetallmobilisation durch Bildung metallorganischer Komplexe zur Folge haben. In Ruderalflächen ist dies nicht generell auszuschließen.

Die Korrelationen zwischen Kohlenstoff und SIR zeigen die enge Beziehung dieser Parameter in Wiesenbrachen, Parkrasen, Grünflächen und Verkehrsgrünflächen. Die zum Teil niedrigeren Aktivitäten dieser Böden im Vergleich mit Ruderalflächen oder Schutzgrundstücken sind demnach nur eine Folge der Kohlenstoffgehalte und nicht ein Zeichen für ein mangelndes bodenbiologisches Funktionspotential. Die Berücksichtigung des höheren Feinbodenanteils und der in der Regel größeren Flächenausdehnung dieser Nutzungstypen relativieren die bodenbiologischen Ergebnisse zusätzlich.

Als Folgerung für den städtischen Bodenschutz kann die Schaffung bzw. Fortführung von Entsiegelungsprogrammen aufgrund der relativ günstigen bodenbiologischen Verhältnisse unversiegelter städtischer Freiflächen grundsätzlich befürwortet werden. Ruderalflächen sollten im Falle hoher Schwermetallgehalte versiegelt, teilversiegelt und/oder saniert werden, sofern die Größe der Fläche Relevanz besitzt. Problemflächen wie in Nutzung befindliche Schrottplätze, die hohe Schwermetallbelastungen aufweisen (WERITZ und SCHRÖDER 1989), sollten trotz vorhandener bodenbiologischer Aktivität auf jeden Fall versiegelt werden. Die vorgestellten Untersuchungen haben gezeigt, daß bei mikrobiellen Untersuchungen in urbanen Böden die Einbeziehung verschiedener, sich ergänzender Methoden notwendig ist, um Aussagen über die Intaktheit des Bodenökosystems machen zu können. Dabei sind sowohl absolute Aktivitäten wie auch ihre Korrelation untereinander in die Bewertung miteinzubeziehen.

## 5. Literatur

- AG Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung.- Hannover, 3. Auflage
- BMI (1985) = DER BUNDESMINISTER DES INNERN (HRSG.): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung.- Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz
- DOMSCH, K.-H. (1984): Effects of pesticides and heavy metals on biological processes in soil.- Plant and Soil 76, 367-378
- SCHLICHTING, E., BLUME, H.-P. (1966): Bodenkundliches Praktikum.- Berlin, Hamburg
- MÜLLER, R., SCHNEIDER, R. und SCHRÖDER, D. (1988): Physikalische, chemische und biologische Eigenschaften trocken rekultivierter Lößböden unter Wald-, Grünland- und Ackernutzung.- Mitt.Dt.Bodenkd.Gesell. 56, 387-392
- WELP und BRÜMMER (1989): Wirkung von Schwermetallen auf Boden-Mikroorganismen.- In: Beurteilung von Schwermetallkontaminationen im Boden.- In: BEHRENS, D., WIESNER, J. (Hrsg.): Dechema-Fachgespräche Umweltschutz, Beurteilungen von Schwermetallkontaminationen im Boden.- Frankfurt
- WERITZ, N., SCHRÖDER, D. (1988): Mikrobielle Aktivitäten in Stadtböden unterschiedlicher Nutzung.- Mitt.Dt.Bodenkd.Gesell. 56, 399-404
- WERITZ, N., SCHRÖDER, D. (1989): Mikrobielle Aktivitäten in Stadtböden und ihre Bewertung unter besonderer Berücksichtigung von Schwermetallbelastungen.- Mitt.Dt.Bodenkd.Gesell. 59/II, 1015-1020

## Aspekte zum Wasser- und Wärmehaushalt versiegelter Standorte

G. Wessolek, R. Plath und M. Facklam und M. Renger \*

### Einleitung

Zunehmende Bebauung und Versiegelung von Flächen bewirken eine erhebliche Veränderung des Wasser- und Wärmehaushaltes dieser Standorte (Miess, 1988; Wessolek, 1988). Vor allem in Ballungsgebieten spielen die damit verbundenen Fragen zur Veränderung des Kleinklimas, des natürlichen Wasserkreislaufes, der Dimensionierung und in vielen Fällen Neukonzipierung von Entwässerungssystemen (Rohr- in- Rohrtechnik) eine erhebliche Bedeutung (Sieker, 1988). In dieser Arbeit werden erste Untersuchungsergebnisse vorgestellt, die in Zusammenarbeit mit den Berliner Wasserwerken von einer Lysimeterstation mit unterschiedlichen Versiegelungsmaterialien gewonnen wurden. Dabei stehen Fragen zu den physikalischen Eigenschaften, dem Versickerungsverhalten, dem Oberflächenabfluß und dem Wärmehaushalt im Vordergrund.

### Material und Methoden

In Abb. 1 ist der Aufbau einer von 13 Einzellysimetern mit unterschiedlichen Versiegelungsmaterialien dargestellt. Die Lysimeter besitzen eine für versiegelte Flächen typische Neigung von 2% und sind im Materialaufbau eng an die Bauvorschriften zur Anlage von Gehwegbereichen und Parkplätzen gehalten: die Anlage wurde 1981 in Betrieb genommen. Mit der Anlage werden simultan Oberflächenabfluß und Versickerung gemessen. An ausgesuchten Einzellysimetern sind Tensiometer und Temperaturfühler eingebaut; eine Klimastation erfaßt die wichtigsten Kenngrößen (Niederschlag, Temperatur, relative Luftfeuchte).

### Ergebnisse zum Wasserhaushalt

In Tab. 1 sind für fünf repräsentative Versiegelungsmaterialien die wichtigsten physikalischen Eigenschaften zusammengestellt; die Untersuchungen dazu erfolgten unter Laborbedingungen. Mit Ausnahme der Gummisteine (Recyclingprodukt aus Altreifen) besitzen alle anderen Materialien ähnlich hohe Dichten in der Festsubstanz; die TRG unterscheiden sich dagegen deutlich als Folge von unterschiedlich hohen Gesamtporenanteilen. Das Wasserspeichervermögen aller Versiegelungsmaterialien ist als sehr gering einzustufen, lediglich die Gummisteine verfügen über eine nFK in Höhe von 4.5 Vol%.

---

\*TU Berlin, Institut für Ökologie, FG Bodenkunde, Salzufer 12, 1000 Berlin 10

Zur Prüfung der Durchlässigkeit der Versiegelungsmaterialien wurden Infiltrationsversuche auf unterschiedlichen Belagsarten der Lysimeterstation mit Hilfe von Doppelringinfiltrometern durchgeführt. Um einen seitlichen Abfluß zu verhindern, wurden die Doppelringe mit einem Gipsbett abgedichtet (nach Dellwig, 1988). Die bisherigen Infiltrationsmessungen deuten zwar darauf hin, daß mit zunehmendem Fugenteil die Versickerung ansteigt; eine eindeutige mathematische Beschreibung (linear oder exponentiell) ist bislang nicht möglich, weil die in hohem Maße auf das Abflußverhalten wirkenden Einflußfaktoren, wie unterschiedliche Fugengeometrie, -alterung, Moosbewuchs und Dichte des Unterbaus bislang nicht untersucht sind.

Um den Einfluß unterschiedlicher Versiegelungsmaterialien und Geländeneigung auf die Versickerung und den Oberflächenabfluß zu untersuchen, wurden entsprechende Laborversuche mit unterschiedlicher Regenintensität von den Berliner Wasserwerken (Kowalewski et al., 1984) durchgeführt. In Abb. 3 ist beispielhaft der Einfluß der Regenspende auf den Oberflächenabfluß und die Versickerung unter Klinkersteinen dargestellt. Aus den Untersuchungen geht hervor, daß Oberflächenabfluß bei Regenintensitäten von  $> 15 \text{ l/sec} \cdot \text{ha}$  ( $= 5.4 \text{ mm/h}$ ) einsetzt und dann linear mit der Regenintensität zunimmt. Mit zunehmender Geländeneigung setzt der Oberflächenabfluß früher ein und die Versickerung nimmt entsprechend ab. Bei Betonverbundsteinen (ohne Abb.) tritt dagegen Oberflächenabfluß erst bei Regenintensitäten von  $> 14 \text{ mm/h}$  auf, obwohl der Fugenteil dieser Belagsart um ca. 3% höher liegt als bei den Betonverbundsteinen. Diese Ergebnisse verdeutlichen nochmals, daß die Abflußprozesse neben dem prozentualen Fugenteil vor allem durch die Geometrie und der Anordnung der Fugen maßgeblich beeinflusst werden.

### **Ergebnisse zum Wärmehaushalt**

Um die veränderten Bedingungen des Wärmehaushaltes unter versiegelten Flächen zu charakterisieren, wurden in und unter den Versiegelungsmaterialien sowie in den Fugen Temperaturmessungen mit hoher zeitlicher Auflösung durchgeführt. In Abb. 3 sind die Temperaturverläufe eines warmen Augusttages in unterschiedlichen Belagsarten im Vergleich zur Lufttemperatur in 10 cm Bodenhöhe dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, daß in der Mittagszeit in den Versiegelungsmaterialien Temperaturerhöhungen von mehr als  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  auftreten können (z.B. bei den Gummisteinen) und tagesklimatische Prozesse wie Bewölkungen sich in der Temperaturamplitude deutlich niederschlagen. Grundsätzlich kann in Hinblick auf Materialeigenschaften festgehalten werden, daß die Temperaturerhöhung in den Versiegelungsmaterialien stärker von der Oberflächenrauigkeit und der Temperaturleitfähigkeit beeinflusst werden als von der Farbe.

In Abb. 4 sind im Versiegelungsverband der Gummisteine räumlich differenzierte Temperaturmessungen im und unter dem Stein sowie in der Fuge im Vergleich zur Lufttemperatur abgebildet. Schon unmittelbar unter dem Gummisteinverband fallen die Temperaturen um ca. 10 bis  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  geringer aus als im Versiegelungsmaterial und in den Fugen ist die Temperaturamplitude deutlich herabgesetzt.

## Diskussion

Ein Vergleich der physikalischen Materialeigenschaften zeigt, daß die Belagsarten z. T. sehr große Unterschiede im Trockenraumgewicht aufweisen, die durch die unterschiedlichen Gesamtporenanteilen verursacht werden. Diese Unterschiede sind für die Wasserspeicherung von geringer aber für die Temperaturleitfähigkeit und Wärmekapazität von großer Bedeutung (siehe unten).

Die Untersuchungen an der Lysimeterstation der Berliner Wasserwerke deuten darauf hin, daß mit hohen Versickerungsmengen immer dann zu rechnen ist, wenn der Oberflächenabfluß infolge geringer Neigung und hohen Fugenanteils (mit günstiger Fugengeometrie) niedrig ausfällt. Da die Belagsarten der Lysimeterstation keiner Belastung (mit Folgen auf die Verdichtung der Fugen und des Unterbaus) ausgesetzt sind, ist zu erwarten, daß die Infiltration im Vergleich zu real genutzten Versiegelungsflächen höher ausfällt. Diese Frage soll zukünftig durch Vergleichsmessungen im Straßenrandbereich geklärt werden. Gleiches gilt für die bislang nicht untersuchten Einflüsse von Moosbewuchs und Akkumulation von Straßenstäuben in den Fugen.

Die Temperaturmessungen im Bereich der Versiegelungsmaterialien haben demonstriert, daß der Wärmehaushalt versiegelter Standorte durch starke Temperaturgradienten im oberflächennahen Bereich gekennzeichnet ist. Vor allem im Sommer mit extremen Oberflächentemperaturen in den Versiegelungsmaterialien muß damit gerechnet werden, daß nach Niederschlagsereignissen der Wasserdampftransport eine bedeutende Rolle einnimmt.

Die vergleichenden Temperaturmessungen in den unterschiedlichen Versiegelungsmaterialien zeigen aber auch, daß große Unterschiede in der Temperaturleitfähigkeit und Wärmekapazität bestehen.

Dieser Aspekt sollte bei zukünftigen Bauplanungen stärkere Berücksichtigung finden, um Temperaturextreme in innerstädtischen Bereichen zu verringern.

## Literatur

Dellwig, M. (1988): Untersuchungen an wasserdurchlässigen Belägen für Fahrflächen. Neue Landschaft, 33, 457- 520

Kowalewski, P. (Projektleiter) und Mitarbeiter der Berliner Wasserwerke (1984): Entwicklung von Methoden zur Aufrechterhaltung der natürlichen Versickerung von Wasser. -Berliner Wasserwerksbericht-

Miess, M. (1988): Rückwirkungen der Bodenversiegelung auf das Stadtklima. Information zur Raumentwicklung. Heft 8/9, 529-535

Sieker, F. (1988): Maßnahmen zur Regenwasserversickerung und ihre Auswirkungen auf die technische Infrastruktur. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 8/9, 543-549

Wessolek, G. (1988): Auswirkungen der Bodenversiegelung auf Boden und Wasser. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 8/9, 535-543

Tab. 1: Physikalische Eigenschaften der Versiegelungsmaterialien

Material	Dichte (*)	TRG (g/cm <sup>3</sup> )	GPV	pF(1.8)	pF(4.2) ( Vol. % )	nFK
Granit	2.61	2.51	3.9	<0.5	n.b.	<0.5
Beton- verbund	2.58	2.44	5.1	<1.0	n.b.	<1.0
Ziegel	2.65	2.06	22.2	11.3	10.1	1.2
Gummi	1.16	0.84	27.6	8.7	4.5	4.2
Asphalt	2.40	1.88	21.6	<0.5	n.b.	<0.5

TRG = Trockenraumgewicht

GPV = Gesamtporenvolumen

nFK = nutzbare Feldkapazität (pF1.8 - pF4.2)

\* Dichte der Festsubstanz (Pyknometermessung)

n.b. : nicht bestimmt

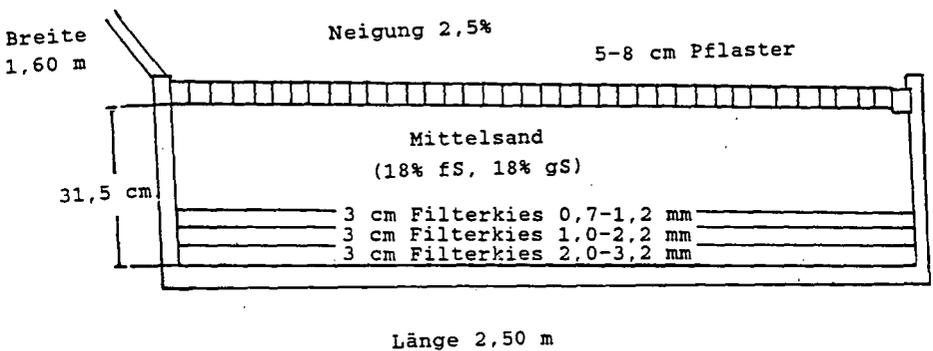


Abb. 1: Aufbau der Lysimeterstation

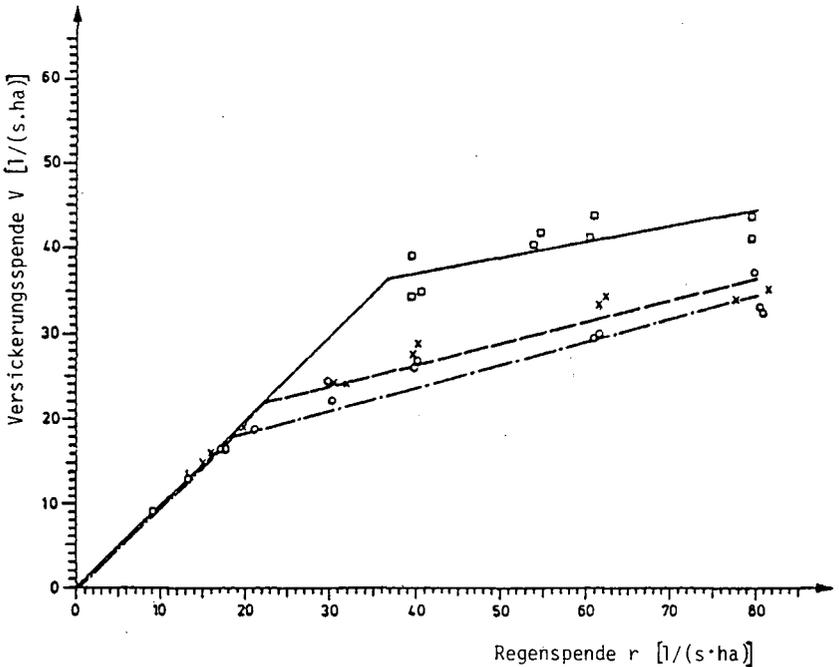
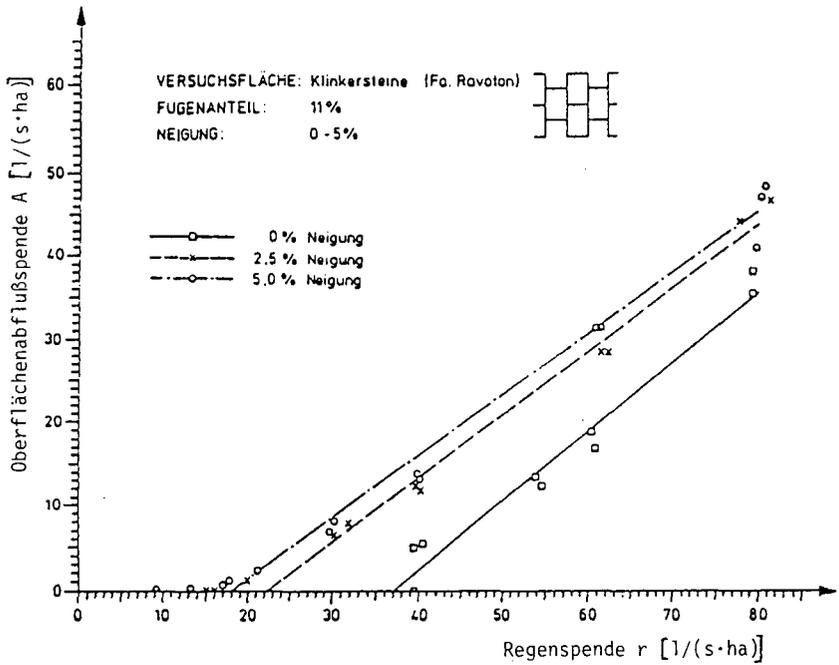


Abb. 2: Einfluß der Regenspende auf den Oberflächenabfluß und Sickerwasserspende bei Klinkersteinen mit unterschiedlicher Neigung

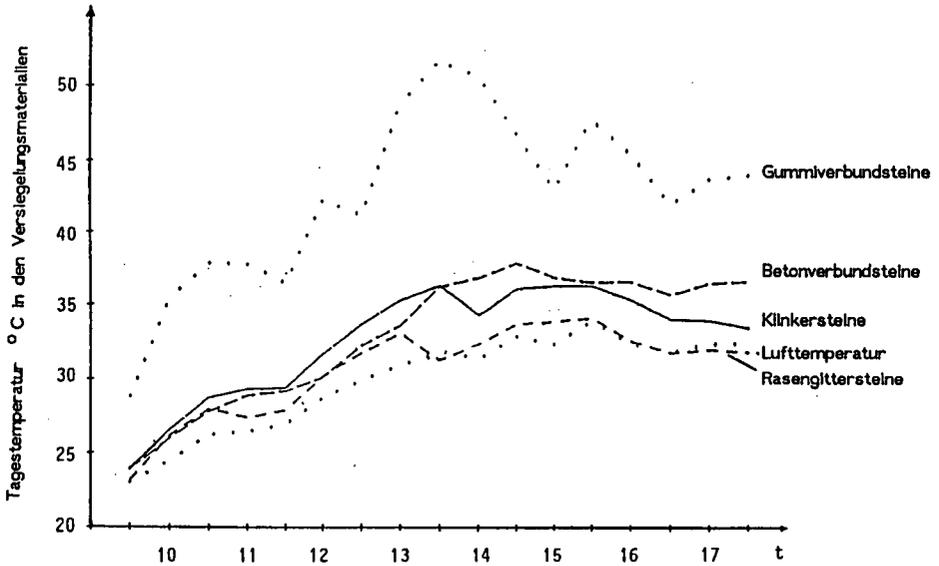


Abb. 3 : Tagestemperaturverlauf in unterschiedlichen Versiegelungsmaterialien

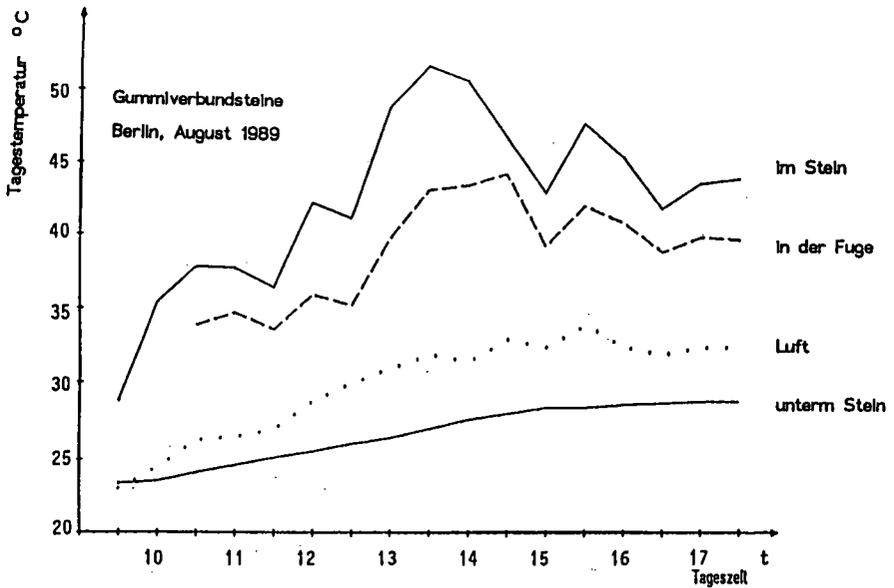


Abb. 4 : Tagestemperaturverlauf im Gummisteinverband

"Erfassung und funktionale Bewertung urban und industriell  
überformter Böden"

Wolff R. \*, U. Kilian \*, G. Miehlich \*,  
H. Preisinger \*\*, N. Pranzas \*\*\*, L. Berlekamp \*\*\*,  
H. Kamieth \*\*\*\* und B. Augstein \*\*\*\*

In den folgenden Ausführungen werden Ziele und Inhalte der Teilprojekte vorgestellt, die auch anlässlich der BDG-Tagung am 17. und 18. Mai Gegenstand einer Posterdarstellung waren. Gemeinsamer Untersuchungsraum des Verbundprojektes ist eine Fläche von 12 km<sup>2</sup> im Osten Hamburgs mit einem Landschafts- und Stadtgradienten. Das Verbundprojekt besteht aus drei Teilprojekten:

- I. "Bodenkartierung und bodenökologische Bewertung"  
G. Miehlich und R. Wolff: \* Inst. f. Bodenkunde der Universität Hamburg; H. Preisinger: \*\* Inst. f. Angew. Botanik Hamburg; W.D. Kneib: büro für bodenbewertung, 2300 Kiel 14
- II. "Bodenversiegelung und Grundwasserneubildung"  
L. Berlekamp, A. Paluska, N. Pranzas: \*\*\* Geographisches Institut der Universität Hamburg; K. Gronemaier: Fa. Pielers + Gronemeier GmbH, 2300 Kiel 14
- III. "Bodennutzung, Bodenbewertung und -planung im urban - industriellen Bereich unter Nutzung kommunaler Umweltdatenbanken" H. Kamieth, B. Augstein, J. Pietsch (Projektleitung); \*\*\*\* Techn. Universität Hamburg-Harburg, Stadtökologie / Methoden der Umweltp lanung

Das Teilprojekt I gliedert sich in den Bereich Bodenkartierung, Labor- und Feldmessungen und vegetationskundliche Aufnahmen, mit folgenden Zielen:

1. Überarbeitung der bestehenden Profilbeschreibungstechniken, die bislang die hohe Diversität und den Stoffbestand der Stadtböden nicht ausreichend berücksichtigen und statistische Aufarbeitung von 1750 Profil- und Standortansprachen. Der in dieser Form bislang einmalige Datensatz über Stadtböden bietet viele Auswertungsmöglichkeiten zur Ableitung einfacher und komplexer Merkmale, die über vorhandene, aber teilweise zu modifizierenden Programme verarbeitet und kartographisch dargestellt werden.

2. Eineichung der für naturnahe Standorte bereits weitgehend existierenden, aus morphologischen Merkmalen ableitbaren bodenkundlichen Schätzgrößen (z.B. nutzbare Feldkapazität,

gesättigte Wasserleitfähigkeit, Austauschkapazität usw.) an ausgewählten Profilen durch eine Vielzahl chemischer und physikalischer Messungen. Die Eineichung der bodenkundlichen Schätzgrößen in Stadtböden dient dem Ziel der Abschätzung des Stoffhaushaltes sowie des Luft- und Wasserhaushaltes. Ergebnisse der Teilprojektes II und III werden einbezogen um z.B. zu prüfen, welche Auswirkungen die Nutzungsdynamik auf den Standort hat.

3. Erarbeitung von Verfahren zur Regionalisierung und Überprüfung ihrer Anwendbarkeit in urban und industriell überformten Räumen, die es trotz vergleichsweise höherer kleinräumiger Variabilität und Diversität dem Anwender erlauben, Raum und Flächenaussagen abzuleiten. In Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt III wird geprüft, ob Nutzungstypen und Nutzungsgeschichte brauchbare Kriterien für die Regionalisierung der Stadtböden sind.

4. Erarbeitung unterscheidbarer Merkmale zur Entwicklung einer großmaßstäbigen, d.h. für die Stadtplanung verwendbaren, übergreifenden prozess- und merkmalsorientierten Klassifikation, für die funktionale Gliederung und Bewertung von Stadtböden.

5. Der vegetationskundliche Arbeitsbereich des Teilprojektes I verfolgt vor allem drei Ziele: 1. Darstellung der Flora (spontane und gepflanzte Arten) und der Vegetationstypen der untersuchten Nutzungstypen als ein Beitrag zu ihrer Binnengliederung, 2. Untersuchung der Zusammenhänge zwischen strukturellen Merkmalen der Vegetation und wichtigen Standortfaktoren der Nutzung und des Bodens sowie 3. Charakterisierung und Differenzierung der Nutzungstypen durch die für Farn- und Blütenpflanzen wichtigen Standortqualitäten. Die Datengrundlage liefern Vegetationsaufnahmen nach BRAUNLABQUET (1964) sowie u.a. eine Analyse des Indikatorwertes der Vegetation mit Hilfe der "ökologischen Zeigerwerte" nach ELLENBERG (1979) und des "Strategie-Konzeptes" (GRIME 1979, GRIME et. al. 1988).

Einzelresultate des Teilprojektes I sind Gegenstand von Diskussionsbeiträgen des Arbeitskreises Stadtböden (BUNDESUMWELT-AMT, 1989) der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft.

Im Teilprojekt II werden verschiedene Einzelstudien durchgeführt, die für die Beurteilung des Ausmaßes und der Eigenschaften urbanen Bodenversiegelung und des Grundwasserregimes im oberflächennahen Bereich unter besiedelten Flächen herangezogen werden. Die unterschiedlich anthropogenen, stadthydrologischen Parameter werden auf mögliche kausale Zusammenhänge hin überprüft. Die Versiegelungserhebungen und -Kartierungen sowie die zusätzliche Analyse hydrologischer Daten aus dem Hamburger Raum haben zu einer hohen Informationsdichte auf verschiedenen Maßstabniveaus geführt. In der Posterdarstellung werden exemplarisch für die Vielzahl der untersuchten Einzelfaktoren die Erhebungsergebnisse der Parameter vorgestellt:

- nutzungstypbezogene Bodenversiegelungsgrade
- Bodenversiegelungsarten und -formen aus hydrologischer Sicht (BERLEKAMP, L.-R. und N. PRANZAS, 1990)

- oberflächennaher geologischer Untergrund
- Grundwasser - Flurabstände

Ein besonderer Hinweis gilt dabei der Tatsache, daß die äußerst sensible Reaktion des Grundwasserspiegels auf die Niederschläge mit dem herkömmlichen hydrologischen Methoden nicht zu erfassen ist. Diese Erkenntnis wurde durch die Entwicklung und Erprobung einer Meßzelle zur Registrierung des strömungsrelevanten Porenwasserdrucks Rechnung getragen (Paluska A. u.a., 1989). In dem Poster wird ebenfalls das Phänomen des seit Jahrzehnten in Hamburg zu verzeichnenden Grundwasserspiegel-Anstiegs betont, welches bei allen planerischen Maßnahmen im hydrologischen Bereich adäquat zu berücksichtigen ist.

Sämtliche Erhebungen werden mit selbst entwickelten Computerprogrammen für eine Datenbank zwecks hydrologischer Bilanzbetrachtungen und interdisziplinären Datentransfer aufbereitet. Das Poster zeigt erste Ergebnisse dieser Verknüpfungen: Zum einen wurden Flächen für potentielle Niederschlagswasser-Versickerungen regional ausgewiesen (Planungsziel: Kompensation der negativen hydrologischen Versiegelungsauswirkungen) und zum anderen Gebiete überhöhten Oberflächenabflusses lokalisiert (Planungsziel: Versickerung bzw. Sienetzsanierung). Die planerische Umsetzung der aus den o.g. Erhebungen und Analysen abzuleitenden naturwissenschaftlichen Erkenntnisse erfolgt in Form von fachlichen Stellungnahmen, Darstellungen von Konfliktsituationen und Lösungsvorschlägen oder konzeptionellen Anregungen.

Wesentliche Ziele des Teilprojektes III sind der Aufbau einer nutzungs- und funktionsbezogenen Datenbasis Boden und die Ableitung von Bodenqualitätszielen. Vorgestellt werden in einem Poster die Module:

Nutzungsbezogene Raumgliederung: Zur Erfassung und Analyse der ökologischen Qualitäten urbaner Bereiche kommt neben rasterbezogenen Erhebungen der nutzungsbezogenen Raumgliederung eine herausragende Rolle zu. Nutzungstypen sind nicht nur Kriterien zur ökologischen Differenzierung der Stadt, sie lassen auch Bewertungsmaßstäbe zur Beurteilung ihrer Binnengliederung zu.

Flächendynamik: Der Aufbau eines planungsorientierten Bodeninformationssystems auf der Grundlage einer Raumgliederung mit Nutzungstypen setzt eine für Zwecke der Vergleichbarkeit möglichst standardisierte Flächensystematik voraus. Entwickelt wurde eine 120 Nutzungstypen umfassende, siedlungsspezifische Systematik in Anlehnung an das im Aufbau befindliche Statistische Informationssystem zur Bodennutzung des Statistischen Bundesamtes (DEGGAU M., W. RADEMACHER, H. STRATTA, 1989).

Nutzungsdynamik: Böden im urbanen Bereich unterliegen einem dynamischen Nutzungswandel, die aktuelle Nutzung (Realnutzung) stellt nur eine Momentaufnahme der Bodenbeanspruchung dar. Ein wesentlicher Arbeitsansatz war daher, für eine Stichprobe von "Mustertypen" den Nutzungswandel im Zuge der Urbanisierung zu dokumentieren und daraus resultierende Bodenüberformungen und -belastungen räumlich einzugrenzen.

Raumbezug durch Geographisches Informationssystem: Die digitale Aufbereitung der Realnutzung des gesamten Untersuchungsraumes und des Nutzungswandels auf den Mustertypen basiert auf dem Geographischen Informationssystem ARC/INFO. Datenbanken mit aggregierten "Erhebungsdaten" der Teilprojekte I und II sowie Orientierungsdatenbanken, die "Hintergrundwissen" vermitteln, ergänzen die Flächeninformationen zur nutzungsbezogenen Boden-Datenbasis.

Orientierungsdatenbanken: Orientierungsdatenbanken werden als handlungsunterstützendes Hilfsmittel mit dem Ziel entwickelt, Entscheidungsträgern und Planern Informationen zu Umweltbereichen und Umweltzusammenhängen nachvollziehbar, transparent und ohne größeren technischen Aufwand zugänglich zu machen. Von dem Einsatz solcher systematisierter "Hintergrundinformationen" werden kurzfristig Verbesserungen und Erleichterungen beim Stadtbodenmanagement erwartet (PIETSCH J., H.KAMIETH, 1990).

Qualitätsziele - Stadtböden: Qualitätsziele sind mehr oder weniger konkrete, z.T. zahlenmäßig festlegbare Orientierungswerte, die einen noch anzustrebenden Gütezustand im Hinblick auf definierte Schutzgüter konkretisieren. Die nach diesen Grundsätzen abzuleitenden Qualitätsziele dienen vor allem als Planungsinstrument zur Sicherung und Verbesserung urbaner Bodenqualitäten.

#### Literatur:

- BERLEKÄMP L., H. KAMIETH, N. PRANZAS (1990): Eine neue Systematik urbaner Nutzungstypen, TU Hamburg-Harburg.
- BERLEKAMP L.-R. und N. PRANZAS (1990): Erhebung von Bodenversiegelungen in Ballungsräumen. In: ROSENKRANZ, D.; G. EINSELE und H.-M. HARRESS (Hrsg.): Bodenschutz. Erich Schmidt Verlag, Berlin, Kennz. 3355, S. 1- 24.
- BRAUN-BLANQUET J. (1964): Pflanzensoziologie (3. Aufl.). Wien: Springer (65 S.).
- DEGGAU M., W. RADEMACHER, H. STRATTA (1989): Pilotstudie statistisches Informationssystem zur Bodennutzung (STABIS), Schriftenreihe Forschung des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Heft 471.
- ELLENBERG H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica 9 (122 S.).
- GRIME J.P. (1979): Plant strategies and vegetation processes. Chichester: Wiley and Sons (222 S.).
- GRIME J.P., J.G. HODGSON and R. HUNT (1988): Comparative plant ecology. London: Unwin Hyman (742 S.).
- PALUSKA, A., K. GRIMM, H.-P. HAASE und B. MARTENS (1989): Uferinfiltration und Grundwasserkinematik unter Gezeiteneinfluß der Elbe im Hamburger Hafen. In: (UMWELTBEHÖRDE HAMBURG, Hrsg.) Der Hafen - Eine ökologische Herausforderung. Internationaler Umweltkongreß im September 1989 in Hamburg, S. 371 - 281.
- UMWELTBUNDESAMT; (Hrsg.) (1989): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden).

**Zur Barrierewirkung von Böden unter Gleisanlagen gegenüber  
Herbizidausträgen**  
**- Erhebungsstrategie und erste Ergebnisse -**

von  
Zingk, M. \*)

Die im folgenden aufzuzeigenden Strategien und Ergebnisse sind im Rahmen einer laufenden Studie zur chemischen Gleisentkrautung durch die Dr. Pieleles + Dr. Gronemeier CONSULTING GMBH im Auftrag der Deutschen Bundesbahn (DB) erarbeitet worden.

Die DB setzt seit 1925 chemische Mittel zur Gleisentkrautung ein. Die Freihaltung der Verkehrswege von unerwünschtem Pflanzenwuchs wird als wichtige Voraussetzung zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit angesehen, daneben werden technisch-wirtschaftliche Argumente und der Arbeitsschutz zur Begründung herangezogen.

Die DB verfügt derzeit über ein Gesamtstreckennetz von über 56.000 km, die zum überwiegenden Teil mit Hilfe von Herbiziden vegetationsfrei gehalten werden. Pro Jahr und Kilometer werden über 1 bis ca. 10 kg Herbizide ausgebracht. Insgesamt werden derzeit jährlich ca. 220 t Wirkstoffe ausgebracht.

Die DB hat zur Ausbringung bundesweit 4 Fachfirmen beauftragt. Zum Einsatz kommen nur die für den Anwendungsbereich 'Gleisentkrautung' oder 'Nicht-Kulturland' zugelassenen Herbizide, außerdem haben die Firmen Anweisung zur strikten Einhaltung der Anwendungsbestimmungen.

Gegen die DB wurden und werden im Zusammenhang mit ihrem Herbizidausbringen Vorwürfe wegen möglicher Belastungen von Umweltgütern, insbesondere von Boden und Grundwasser erhoben.

Die DB möchte die angesprochenen Problematik grundsätzlich klären lassen und hat deshalb die im weiteren vorgestellten Studien beauftragt.

-----  
\*) Dr. Pieleles + Dr. Gronemeier CONSULTING GMBH  
Mathildenstr. 25, 2300 Kiel 14

Ziel einer bereits abgeschlossenen Voruntersuchung war es, Herbizidgehalte von Böden und Grundwässern im Einflußbereich ausgewählter Streckenabschnitte zu erfassen und eine den Zielvorgaben des Gesamtprojektes angemessene und wirkungsvolle Methodik zu entwickeln bzw. zu erproben.

Insgesamt sollen die Untersuchungen ermöglichen,

- die Herbizidflüsse im Gleiskörper zu bilanzieren,
- die sich daraus ergebende Umweltrelevanz zu quantifizieren,
- verallgemeinbare Aussagen über besondere Riskofaktoren abzuleiten und
- Empfehlungen zur Minimierung von Umweltbelastungen aussprechen zu können.

Um mit vertretbarem Aufwand erste Aussagen mit Allgemeingültigkeit zu bekommen, werden Pilotuntersuchungen an repräsentativen Standorten mit hohen Risikopotentialen durchgeführt.

Die Repräsentanz der Standorte hat sich sowohl auf überregional bedeutsame geologische, pedologische und klimatologische Einheiten als auch auf das Streckennetz der DB zu beziehen.

Als hohe Risikopotentiale, insbesondere im Hinblick auf Herbizideinträge in das Grundwasser, sind

- geringmächtige oder durchlässige Deckschichten,
  - sorptionsschwache Böden oder Sedimente,
  - geringe Grundwasserflurabstände und
  - hohe Niederschlagsüberschüsse
- anzusehen.

Im Hinblick auf die o. g. Kriterien wurden mit Hilfe topographischer, klimatologischer, geologischer, hydrologischer, bodenkundlicher und ökologischer Karten bundesweit insgesamt 10 Pilotflächen für die Untersuchungen ausgewählt.

Unter Einbeziehung des geologischen Umfeldes werden durch diese Flächen fast 70 % der Fläche der Bundesrepublik charakterisiert, in denen mehr als 75 % des DB-Streckennetzes liegen.

Geographisch verteilen sich die Flächen auf das gesamte Bundesgebiet vom Nordseeküstenbereich bis zu den Alpen.

Das Spektrum der Ausgangsgesteine reicht von marinen Sedimenten über pleistozäne sandige und kiesige Ablagerungen, Sand-, Ton- und Kalksteine bis zu Graniten.

Entsprechend variieren die Bodenarten zwischen sandigem Ton, tonigen und schluffigen Lehmen, lehmigen Sanden und Sanden mit

Steingehalten von 0 bis über 50 %. Die Humusgehalte der Unterböden schwanken zwischen > 30 % und < 1 %.

Im Rahmen der angesprochenen Voruntersuchungen sind einmalig Grund-, Oberflächen- und Drainwasserproben sowie gestörte Bodenproben in verschiedenen horizontalen und vertikalen Abständen vom Bahnkörper entnommen wurden.

Die Entnahmetiefen der Bodenproben sollte das Haupttransportmedium potentieller Emissionen, primär also den Grundwasser einflußbereich, erreichen. Entsprechend wurden Unterbodenhorizonte, insbesondere Go- und Gro-Horizonte beprobt. Die Entnahmetiefen lagen überwiegend zwischen 1 und 2 m u. GOK, maximal bei 3 m, minimal bei 0,3 m.

Die Festlegung des Analysenumfanges orientierte sich an den jeweils ausgebrachten Wirkstoffen. Die vorhandenen Informationen gestatteten allerdings nur die Zusammenstellung der auf den Pilotflächen **möglicherweise** ausgebrachten Mittel bzw. Wirkstoffe und deren maximale Aufwandmengen.

Von den insgesamt in Frage kommenden 15 Stoffen wurden für die Analyse

- Bromacil, Diuron und MCPA

ausgewählt, da sie auf allen Streckenabschnitten und über mehrere Jahre (mindestens seit 1985) nahezu durchgängig und in vergleichbaren Mengen und Konzentrationen ausgebracht wurden.

Alle Proben wurden auf mindestens 2, zum Teil aber auch auf alle 3 der ausgesuchten Wirkstoffe analysiert.

Die Ergebnisse zeigen an 4 der 10 untersuchten Pilotflächen Herbizidanreicherungen in den Entwässerungskanälen und Randgräben mit einer Maximalkonzentration von 1,3 µg/l (Bromacil). Nennenswerte Herbizidkonzentrationen sind auch in einem Teil der Bodenproben nachgewiesen worden. Eine akute oder flächendeckende Belastung läßt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt daraus aber nicht ableiten.

Die Ergebnisse zeigen aber klar die Möglichkeit von Herbizidausträgen aus dem Gleiskörper auf. Die behördliche Zulassung allein kann folglich nicht als Gewährleistung für einen ausreichenden Umwelt-, Gewässer- oder Bodenschutz angesehen werden. Wird zudem die sachgerechte Ausbringung unterstellt, zeigt sich das Problem nur noch deutlicher.

Die pedologischen und sonstigen Unterschiede zwischen den vorgestellten Pilotflächen zeigen auch, daß sich potentielle Boden- oder Gewässerbelastungen nicht auf eine bestimmte Bodenart oder Standortgegebenheit beschränken lassen.

Die Tatsache, daß die Pilotflächen mit überwiegend lehmigen Unterböden vielfach höhere Herbizidkonzentrationen aufwiesen als solche mit sandigem Unterbodenmaterial, kann nur mit dem noch geringeren Rückhalte-, mithin Anreicherungsvermögen der letztgenannten Substrate erklärt werden.

Den gefundenen Herbizidkonzentrationen kann derzeit nur eine Indikatorfunktion zugeschrieben werden. Dies gilt besonders im Hinblick auf den stichprobenartigen Charakter der bisherigen Untersuchungen.

Entsprechend sind zur Erreichung der eingangs genannten Zielvorgaben weitere Untersuchungen notwendig und auch vorgesehen.

Diese beinhalten im Kern die folgenden Arbeitsschritte:

- Ausbringung einer praxisorientierten, dem Gutachter bekannten Herbizidkombination auf repräsentativen Flächen im gesamten Bundesgebiet
- Periodische Beprobung der behandelten Gleiskörper bzw. der Untergründe über mindestens 2 Jahre

Entwickelt wurde die dem zugrundeliegende Strategie von der Dr. Pieleles + Dr. Gronemeier CONSULTING GMBH, die auch die Durchführung und wissenschaftliche Leitung des Gesamtprojektes übernehmen wird. Die Biologische Bundesanstalt und das Umweltbundesamt haben die Vorgehensweise überprüft und stehen als Berater zur Verfügung.

Die Untersuchungen werden im Auftrag der Deutschen Bundesbahn durchgeführt und sollen vom Umweltbundesamt, dem Bundesverkehrsministerium und dem Bundesumweltministerium finanziell unterstützt werden.

Exkursionsführer

für die Tagung

der KOMMISSIONEN I, V und AG STADTBÖDEN

in

HANNOVER

am 17. und 18. Mai 1990



Exkursionsführer für die Tagung der Kommissionen  
I, V und AG Stadtböden in Hannover  
am 17. und 18. Mai 1990

EXKURSIONSPUNKT 1

Gas-, Wasser- und Temperaturmessungen in unterschiedlich  
rekultivierten Deponieabschnitten und Auswirkungen auf den Wuchs  
von angepflanzten Gehölzen

H. Bohne <sup>1)</sup>, K.H. Hartge <sup>2)</sup>

EXKURSIONSPUNKT 2

Schadstoffbelastung in Böden in der Umgebung eines  
Industriestandorts

J. Schneider <sup>3)</sup>

EXKURSIONSPUNKT 3

Charakteristische Kennwerte eines innerstädtischen  
Straßenbaumstandortes <sup>3)</sup>

H.-G. Brod <sup>4)</sup>, R. Speerschneider <sup>2)</sup>, K.H. Hartge <sup>2)</sup>

---

1) Institut für Obstbau und Baumschule, Am Steinberg 3, 3203  
Sarstedt

2) Institut für Bodenkunde, Herrenhäuser Str. 2, 3000 Hannover 21

3) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Stilleweg 2,  
3000 Hannover 51

4) Landwirtschaftliche Forschungsanstalt Büntehof, Bünteweg 8,  
3000 Hannover 71

## 1. EXKURSIONSPUNKT: MÜLLDEPONIE ALTWARMBÜCHEN

Die Mülldeponie Altwarmbüchen liegt am nordöstlichen Stadtrand von Hannover. Sie wird seit 1967 als geordnete, verdichtete Deponie betrieben.

Die Abfälle werden in Schichten von ca. 2m Dicke eingebaut. Vorher werden Außenböschungen in Form von ca. 2,5m hohen

Erdwällen hergestellt. Als unterste Lage der Schicht wird Hausmüll eingebaut, er wird mit Sperrmüll und Industrie- und

Gewerbeabfällen abgedeckt. Der Hausmüll wird mit Planierdraht

eingebaut. Sperrmüll, Industrie- und Gewerbeabfälle werden mit Kompaktoren zerkleinert und über den Hausmüll geschoben.

Seit 1980 wird unter neu in Betrieb zu nehmende Flächen der Boden

2-3m ausgehoben und mit Sand, Kies, Gestein und Bauschutt aufgefüllt. Der Aushubboden wird zur Deponieabdeckung wieder verwendet.

Auf den Bauschutt wird eine ca. 1m dicke Tonschicht aufgebracht.

Als Dichtungsabschluß zur Vermeidung von Sickerwasseraustritt am Böschungsfuß wird ein ca. 1m hoher Tondamm aufgebaut.

Auf der Tonabdichtung sind Sickerwasserdränleitungen verlegt. Sie werden durch den Abschlußdamm geführt und an

Sickerwassersammelschächte angeschlossen.

Die vor 1980 verfüllten Deponiebereiche haben eine 7-8m mächtige Mergelschicht als Basis.

Seit 1979 werden auch Gasdrainagerohre verlegt. Sie werden während

des Kippbetriebes in ca. 20m, 35m und 50m über der Deponiebasis

mit einem seitlichen Abstand von 40m verlegt. Das Deponiegas wird

mit Unterdruckgebläsen abgesaugt und an der Entgasungsstation ab-

gefackelt. Zur Zeit werden verschiedene Möglichkeiten untersucht,

um das Deponiegas einer wirtschaftlichen Nutzung zuzuführen.

Nach dem Endausbau der Deponie wird eine Gruppe von Hügeln mit

Erhebungen zwischen 60 und 120m auf einer Fläche von 140ha ent-

standen sein. Zur Verfüllung ist ein Volumen von 50 Mio. m<sup>3</sup> vorge-

sehen.

## BESCHREIBUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN

Der östliche Teilbereich der Deponie, in dem die Versuchsflächen

liegen, wurde im Jahr 1985 abgeschlossen. Die Abdeckung erfolgte

mit unterschiedlichem Material in unterschiedlicher Mächtigkeit.

Verwendet wurden Torf, der bei der Erweiterung der Deponie aus dem

Altwarmbüchner Moor anfiel, Klärschlammfilterkuchen und minera-

lisches Material aus Baugruben und Trassierungen.

Die Entgasung erfolgt über das beschriebene Gaserfassungssystem.

Im Rahmen früherer Untersuchungen wurden Schädigungen von Rekultivierungspflanzen festgestellt. Auch bei aktiv entgasten Deponien besteht die Gefahr der Schädigung der Rekultivierungspflanzungen infolge des nicht vollständig faßbaren und daher z.T. durch die obere Abdeckung entweichenden Deponiegases. Daher wurde untersucht, ob Sperrschichten für den Deponiegasfluß in Form von örtlich begrenzten Foliendichtungen sowie von Belüftungsgräben das Pflanzenwachstum verbessern.

Es wurden vier verschiedene Pflanzfelder angelegt:

Pflanzfeld 1: Unterbrechung des Deponiegasflusses in den Wurzelraum der Pflanzen durch eine halbkreisförmig verlegte Folie, die einen vollständigen Abschluß vom Deponiegas gewährleistet.  
Pflanzfeld 2: teilweise Unterbrechung des Deponiegasflusses in den Wurzelraum der Pflanzen durch eine horizontal verlegte Folie.  
Pflanzfeld 3: Erhöhung des Gasaustausches und der Wärmeabgabe durch Belüftungsgräben an beiden Seiten des Pflanzfeldes.  
Pflanzfeld 4: Vergleichspflanzung, unverändertes Pflanzfeld.

Die Folien wurden in Abhängigkeit von der geplanten Pflanzung in 0,5m bzw. 1,3m Tiefe unter der Geländeoberkante eingebaut. Auf dem Grund der halbkreisförmig verlegten Folie befindet sich ein Drainagerohr.

Für die Pflanzversuche wurden folgende Gehölzarten ausgewählt:

*Alnus glutinosa*, *Alnus incana*, *Betula verrucosa*, *Populus tremula*, *Robinia pseudoacacia*, *Hippophae rhamnoides*, *Prunus spinosa*, *Salix caprea*, *Salix cinerea*, *Salix purpurea*. In jedem Versuchsfeld wurden pro Art 10 Pflanzen in einem Block mit dreifacher Wiederholung gepflanzt. Insgesamt befinden sich in jedem Versuchsfeld 300 Pflanzen.

Die Untersuchungen zum Gas- und Temperaturhaushalt werden vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, die pflanztechnischen Untersuchungen durch das Institut für Landschaftspflege und Naturschutz und die Bodenuntersuchungen vom Institut für Bodenkunde der Universität Hannover durchgeführt.

CHARAKTERISIERUNG DES STANDORTS

Auf Pflanzfeld 4 (unverändert) wurden aufgrund des Pflanzenwuchses (Wachstum der Gehölzpflanzen gut/ schlecht/ kein Krautwachstum auf Bodenoberfläche) und nach Kartierung mit dem Pürckhauerbohrer drei Standorte untersucht.

Die Standorte werden wie folgt bezeichnet:

Standort 1: Wachstum der Gehölzpflanzen gut

Standort 2: " " " schlecht

Standort 3: kein Krautwachstum auf Bodenoberfläche  
Gehölzwachstum schlecht

Tabelle 1:Profilbeschreibung

Standort	Tiefe (cm)	Farbe	Horizont	Bodentyp
1	0-20	grau-braun	jYA <sub>b</sub>	tiefgründiger
	20-70	braun- marmoriert	jyY <sub>ro</sub> (h)	Auftragsboden, Methanosol
	70-80	braun-schwarz	jyY <sub>o</sub> r	
Sonstige Merkmale: im Profil Plastik und Bauschutt; in 70-80cm Tiefe hoher Besatz mit Springschwänzen, in den feuchten Bereichen des Profils Asseln..				
2	0-20	grau-braun	jyA <sub>1</sub> o	tiefgründiger
	>20	schwarz-braun streifig	jyY <sub>ro</sub>	Auftragsboden; Methanosol
Sonstige Merkmale: im Profil Plastik, Bauschutt, Glas, Draht. keine Asseln, Besatz mit Springschwänzen geringer.				
3	0-10	grau-braun	jyA <sub>1</sub> o	tiefgründiger
	>10	braun-schwarz	jyY <sub>r</sub>	Auftragsboden; Methanosol
Sonstige Merkmale: Plastik, Bauschutt, keine Bodentiere im Profil zu erkennen				

Tabelle 2:

pH-Wert, organische Substanz, Carbonatgehalt

Standort	Tiefe (cm)	pH(H <sub>2</sub> O)	org. Sub (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)
1	0-20	7,1	9,0	2,6
	20-70	7,2	8,2	2,6
	70-80	7,4	5,6	2,8
2	0-20	7,2	14,8	6,0
	20-50	7,1	5,4	2,7
	50-80	7,3	3,6	1,8
3	0-10	7,4	13,2	6,6
	10-50	7,4	5,6	2,8

Tabelle 3:

Körnung, Porenvolumen, Wasserleitfähigkeit (kf)

Standort	Tiefe	S (%)	U (%)	T (%)	PV (%)	kf (cm*sec <sup>-1</sup> )
1	0-20	87,3	8,2	4,5	58,8	3,5*10 <sup>-2</sup>
	20-70	84,1	10,6	5,3	59,1	1,1*10 <sup>-1</sup>
	70-80	77,6	15,9	6,5	54,1	8,8*10 <sup>-1</sup>
2	0-20	66,2	26,2	7,6	66,8	6,8*10 <sup>-2</sup>
	20-50	91,5	5,7	2,8	43,6	4,6*10 <sup>-2</sup>
	50-80	89,5	7,2	3,3	n.b.	1,5*10 <sup>-1</sup>
3	0-10	65,1	26,4	8,5	58,3	1,8*10 <sup>-1</sup>
	10-50	83,8	11,4	4,8	54,9	1,5*10 <sup>-2</sup>

Tabelle 4:

Temperatur-, Wasser- und Gasmessungen in unterschiedlich rekultivierten Deponiebereichen

- a) Folie in 1,3m Tiefe. Messungen in der Tiefe 30, 50 und 100cm  
 b) Folie in 0,5m Tiefe. Messungen in der Tiefe 30 und 50cm.

Pflanzfeld I (Folie halbkreisförmig)

T(°C)		H <sub>2</sub> O(Gew.%)		CH <sub>4</sub> (%)		CO <sub>2</sub> (%)		O <sub>2</sub> (%)	
a)	b)			a)	b)	a)	b)	a)	b)
Datum: 9.8.89									
24,3	29,5	4,1-	6,2	0	0	1,2	1,2	19,4	19,2
26,9	32,0	7,1-	12,7	0	0	1,9	1,9	18,6	18,7
31,7				0		4,1		16,4	
Datum: 8.11.89									
17,5	15,0	5,7-	7,4	0	0,5	1,4	1,4	13,0	20,0
17,7	17,8	9,8-	15,0	0,8	0,9	2,4	2,1	20,2	19,4
28,6				0		3,7		13,0	

Pflanzfeld II (Folie horizontal)

T(°C)		H <sub>2</sub> O(Gew.%)		CH <sub>4</sub> (%)		CO <sub>2</sub> (%)		O <sub>2</sub> (%)	
a)	b)			a)	b)	a)	b)	a)	b)
Datum: 9.8.89									
29,0	28,7	10,0-	16,6	0	0,3	10,5	4,1	11,5	16,3
30,0	28,8	9,7-	15,7	0	0,4	7,2	5,8	10,2	14,8
31,3				20,0		27,0		8,0	
Datum: 8.11.89									
18,2	16,3	9,9-	16,0	20,8	17,1	21,8	14,8	8,1	8,2
19,5	18,1	8,7-	16,6	23,3	11,6	23,5	10,8	6,7	9,1
22,0				31,6		33,7		5,9	

Pflanzfeld III (seitliche Entlüftungsgräben)

T(°C)	H <sub>2</sub> O(Gew.%)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)
Datum: 9.8.89				
28,6	11,0-18,4	3,0	7,1	14,6
31,2	12,8-17,9	2,3	5,2	15,7
28,3		10,4	17,9	8,8
Datum: 8.11.89				
17,2	10,7-18,8	14,7	15,2	11,0
18,7	5,8-13,3	13,9	12,1	11,8
18,7		34,2	25,0	7,7

Pflanzfeld IV (unverändert)

T(°C)	H <sub>2</sub> O(Gew.%)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)
Datum: 9.8.89				
33,4	9,7-26,5	10,2	6,2	16,6
34,5	10,8-67,8	26,4	16,2	11,0
34,6		27,3	18,8	9,1
Datum: 8.11.89				
19,8	12,2-15,0	8,0	11,5	14,8
24,1	24,6-61,4	25,4	18,4	10,8
26,8		24,1	23,5	8,2

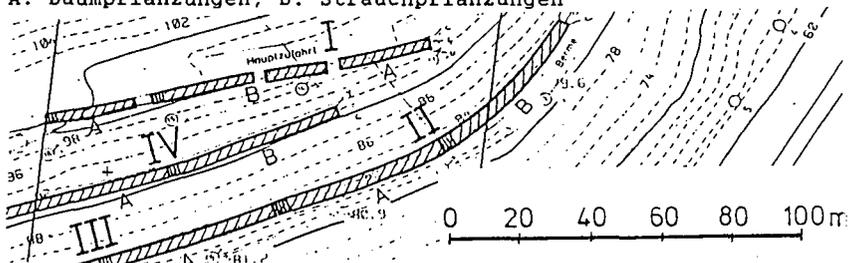
Bodentemperatur außerhalb der Deponie

Tiefe unter Bodenoberfläche:	0-30cm	30-50cm	50-100cm
9.8.89	17,0	17,0	16,0
8.11.89	10,0	11,0	11,0

Lage der Versuchsflächen

I - IV: Pflanzfelder, siehe Text,

A: Baumpflanzungen, B. Strauchpflanzungen





## 2. EXKURSIONSPUNKT - VARTA-SÜD -

Am Beispiel des 2. Exkursionspunktes (VARTA-SÜD) wurden im Rahmen der Exkursion beispielhaft Profile anthropogen überprägter Böden vorgestellt, die durch eine hohe Schadstoffbelastung charakterisiert sind. Die Exkursionsprofile wurden unter den Gesichtspunkten Kartierung, Probenahme sowie dem Aspekt der Regionalisierung vorgestellt.

### NUTZUNGSGESCHICHTE DES EXKURSIONSSTANDORTES

Bei dem Standort VARTA-SÜD handelt es sich um ein 47 ha großes Gelände zwischen der Bundesstr. 6 und der Garbsener Landstr./Auf der Horst am Nordrand von Hannover. Das Areal liegt in unmittelbarer Nähe zu den Produktionsstätten der 1938 als AFA Akkumulatorenfabrik errichteten heutigen Varta Batterie AG und war als Gelände für eine spätere Ausweitung der Produktionsstätte vorgesehen.

Die Flächen wurde 1989 von der Stadt Hannover gekauft, um an diesem Standort mehrere wissenschaftliche Institute anzusiedeln. Im Rahmen von Vorerkundungen zur Bebauung und zum Verkauf von Teilflächen wurde deutlich, daß der Standort VARTA-SÜD durch Abfallablagerungen der Varta AG vor allem mit Schwermetallen belastet ist.

Von der Stadt Hannover in Auftrag gegebene Datensammlungen und Geländevorerkundungen zu dem Gelände erbrachten u.a. folgende Ergebnisse:

- Nutzung des Geländes als Außenlager des Konzentrationslagers Neuengamme (ca. 1500 Häftlinge die in der Bleiverarbeitung eingesetzt wurden);
- Befestigte Stellungen für den Einsatz von Flugabwehrkanonen;
- Wege- und Straßenbau mit Schlackematerial;
- Verfüllung von Bombentrichtern und Kiesgruben mit Haus- und Produktionsmüll sowie Bauschutt und Erdaushub;
- Anlage von Deponien und Halden mit Produktionsabfällen;

- Ableitung von (ungeklärtem) Brauchwasser in den Roßbruchgraben;
- Nutzung des Geländes als Kleingartenkolonie.

Im Rahmen der Exkursion wurden auf dem Gelände VARTA-SÜD 3 Profile vorgestellt, die den Bereich des ehemaligen Barackenlagers (x1), eine Halde mit Produktionsabfällen der Varta AG (x2) und die Grabenschulter des als Abwassergrabens benutzten Roßbruchgrabens (x3) repräsentieren (x1-x3, s. Lageplan).

PROFILBESCHREIBUNGEN UND ANALYSENERGEBNISSE:

Profilbeschreibung des 1. Profiles (Profil 12)

Lage: TK 3523 Garbsen

R-Wert: 3543046

H-Wert: 5809286

Bodentyp: Gley, überdeckt mit natürlichem, anthropogen umgelagertem Material

<u>Tiefe (cm)</u>	<u>Horizont</u>	<u>Beschreibung</u>
0 - 40	jY-Ah	dunkelbrauner, mittelhumoser, lehmiger Sand mit Ziegelbruchstücken
40 - 80	II Go	marmorierter, ganz schwach humoser, sandiger Lehm, hoher Anteil oxidierter Eisenverbindungen, mittlere Lagerungsdichte
80 - 98	II Gro	gelbgrauer, stark lehmiger Sand, wechselnd mit schwach lehmigem Sand und grobsandigem Mittelsand, geringer Anteil von Eisen-Mangan Verbindungen
> 98	II Gor	gelbgrauer, stark lehmiger Sand, wechselnd mit schwach lehmigem Sand und grobsandigem Mittelsand, sehr geringer Anteil von Eisen-Verbindungen, freies Wasser bei 11 dm unter Geländeoberfläche



Analysenergebnisse 1. Profil (PROFIL 12)

ARBRL: 5223	TK25: 3523	TK5: 29	FELDBL-NR: 12	DATUM: 19900426														
UARNR: 1718	RECHTS: 3543046	HOCH: 5809286	EINSENDER: Schneider J.	PROFIL-NR:														
HINWEISE:																		
Analysenergebnisse Bodenchemie: pH: Humus, Carbonat u. N (%): KAKP (mmol IAE/100g Boden): PPS (ppm)																		
CSBR	MORIE	POT	PUT	PMCAT	CCRHU	CELHU	GLV	CACO3	KAKPM	HP	CAP	MGP	EP	HAP	ONP	PPS	C/W	N
56587	JY-Ah	0.	10.	6.1	3.7	3.7			11.6	4.5	7.9	0.5	0.2	0.1	-0.1		17.3	0.12
56588	JY-Ah	10.	20.	6.1	3.9	3.6			12.9	6.5	8.7	0.6	0.2	0.1	-0.1		19.1	0.11
56589	JY-Ah	20.	30.	6.4	4.0	4.1			13.3	3.5	10.1	0.5	0.1	0.1	-0.1		17.4	0.14
56590	JY-Ah	30.	40.	6.6	3.6	3.1			12.0	3.0	9.7	0.4	0.1	0.0	-0.1		23.7	0.08
56591	II Go	40.	60.	6.8	0.4	0.5		0.2	9.6	1.5	7.9	0.6	0.1	0.0	-0.1			0.00
56592	II Go	60.	80.	7.0	0.3	0.3		0.2	11.6	1.5	9.5	1.2	0.2	0.1	-0.1			0.00
56593	III Gro	80.	98.	6.8	0.2	0.2		0.2	7.3	1.0	6.2	0.8	0.2	0.1	-0.1			0.00
56594	III Gor	100.	120.	6.4	0.2	0.3			3.8	0.5	3.0	0.4	0.1	0.0	-0.1			0.00

(c) Niedersächsisches Landesamt f. Bodenforschung, Referat N2.14

ARBRL: 5223	TK25: 3523	TK5: 29	FELDBL-NR: 12	DATUM: 19900426												
UARNR: 1718	RECHTS: 3543046	HOCH: 5809286	EINSENDER: Schneider J.	PROFIL-NR:												
HINWEISE:																
Analysenergebnisse Bodenchemie: Schwermetallkonzentrationen außer Hg (ppm), Hg (ppb)																
CSBR	POT	PUT	PBKW	ZNKW	CUKW	CDKW	NIKW	COKW	CRKW	VKW	MOKW	SRKW	MNKW	ASKW	HGKW	SBKW
56587	0.	10.	632	82	12	1.7	14	4	14	22	1	15	177	5	170	90
56588	10.	20.	491	82	12	1.7	15	4	16	26	1	16	197	4	170	30
56589	20.	30.	317	63	11	1.2	12	3	15	26	4	17	189	4	210	15
56590	30.	40.	169	47	8	0.9	11	4	14	22	1	15	145	4	140	10
56591	40.	60.	5449	156	43	5.5	20	5	21	28	1	25	71	12	20	440
56592	60.	80.	49	27	6	0.4	13	5	28	38	1	19	56	2	40	2
56593	80.	98.	33	26	7	0.3	12	4	20	24	1	14	43	1	30	2
56594	100.	120.	24	26	7	0.2	10	3	11	12	1	9	24	1	20	1

(c) Niedersächsisches Landesamt f. Bodenforschung, Referat N2.14

Beispiele von Grenzwerten als Anhaltspunkt für eine Bewertung:

	Pb	Zn	Cu	Cd	Ni	Cr	As	Hg
Grenzwert Flöckeliste	100	300	100	3	50	100	20	2
Holländliste								
- Referenzwert	85	140	36	0.8	35	100	20	0.3
- Prüfwert für nähere Untersuchung	150	500	100	5	100	250	30	2
- Prüfwert für Sanierung	600	3000	500	20	500	800	50	10
Anhaltswert für weitere Untersuchungen nach Mehrfacher Bewertungsverfahren	50	1000	300	8	300	300	50	5

Vorläufige Analysenergebnisse (Organika):

Tiefe[cm]	Horiz	CO.Nr.	AOX/EOX	Kateg.	Phenolindex	Kateg.	Wassergehalt
0- 40	jY-Ah	22214	390	B	< 200	A	17,4 %
40- 80	II Go	22215	60	A	< 500	B(?)	14,6 %
80- 98	II Gro	22216	80	A	640	B	14,1 %
Wasserprobe		22220	36	B	< 20	A	-----

--Alle Angaben in ppb bezogen auf die bergfeuchte Probe--

=====  
 Kategorie A - natürliche Grundbelastung  
 Kategorie B - Bereich, bei dem nähere Untersuchungen empfohlen werden  
 Kategorie C - Bereich, bei dem Sanierungsuntersuchungen empfohlen werden  
 =====

Wasseranalyse der Probe (Schwermetalle):

Fundort : 1. Profil (Profil 12)

pH-Wert : 8.10

Leitfähigkeit : 720. Mikrosiemens / cm

Karbonathärte : 6.2 Grad deutsche Härte

Gesamthärte : 18.9 Grad deutsche Härte

Kationen	mg/l	mval	mval%	Anionen	mg/l	mval	mval%
K+	4.8	0.12	1.6	Cl-	29.	0.8	11.1
Na+	17.9	0.78	10.1	SO4--	208.	4.3	58.6
Mg++	15.4	1.27	16.5	HCO3-	136.	2.2	30.2
Ca++	110.	5.5	71.5	NO3-	0.9	0.01	0.2
Fe++	0.46	0.016	0.2				
				KATEG.			
Mn++	0.04	0.001	0.0	----			
Pb++	< 0.03	< 0.000	0.0	B			
Cu++	0.008	0.000	0.0	A			
Zn++	0.003	0.000	0.0	A			
Co++	0.005	0.000	0.0	A			
Ni++	0.02	0.001	0.0	A			
Cd++	< 0.002	< 0.000	0.0	A			

Es handelt sich um ein hartes Ca-SO4-HCO3- Wasser.

FEHL	CSUM	ASUM	DIFAH	DIFEH	SUM	BLFKT
1.9	7.68	7.39	0.08	0.20	522.50	688.

Profilbeschreibung des 2. Profils (Profil 11)

Lage: TK 3523 Garbsen

R-Wert: 3543054

H-Wert: 5809218

Bodentyp: Technosol, Aufschüttungsboden aus (weitgehend) künstlichem Material

<u>Tiefe (cm)</u>	<u>Horizont</u>	<u>Beschreibung</u>
0 - 10	jY-Ah	dunkelbrauner, stark bis sehr stark humoser, feinsandiger Mittelsand, schwach carbonathaltig
10 - 30	II jyY-Ah	dunkelbrauner, humoser schluffiger Sand, sehr carbonatarm, Bauschuttanteile, Kunststoffbestandteile, Metallgitter
30 -100	II jyY	dunkelgrauer, stark humoser, schwach lehmiger Sand, wechselnd mit feinsandigem Mittelsand, carbonathaltig, Bauschuttanteile, Kunststoffbestandteile, Glascherben
100 -140	III yY	dunkelgraue, sehr stark humose Produktionsreste (Aschen, Glasscherben, Metallgitter, Pappen, Kunststoffe), Bauschuttanteile, schwach carbonathaltig, vermischt mit schwach lehmigem Sand, wechselnd mit feinsandigem Mittelsand
> 140	IV Go	hellbrauner, grobsandiger Mittelsand, schwach kiesig, mittlerer Flächenanteil von Eisen-Mangan Verbindungen

Analysenergebnisse 2. Profil (Profil 11)

ARNRL: 5222	TK25: 3523	TK5: 29	FELDBL-NR: 11	DATUM: 19900426
UANR: 1738	RECHTS: 3543054	HOCH: 5809218	EINSENDER: Schneider J.	PROFIL-NR:
HINWEISE: CCR-Aufs.z.T.unvollstaendig/S-haltig ausser 56586				

Analysenergebnisse Bodenchemie: pH; Humus, Carbonat u. N (%); KAKP (mmol IAE/100g Boden); PPS (ppm)

CBNR	HORIZ	POT	PUT	PHCAT	CCRHU	CELHU	GLV	CACO3	KAKPH	HP	CAP	MGP	KP	NAP	ONP	PPS	C/N	N
56579	II	0.	10.	7.0	9.4	14.3	2.8	12.1	2.0	11.7	0.4	0.1	0.0	-0.1		38.9	0.21	
56580	II	20.	30.	7.0	3.1	3.1	0.4	9.9	3.0	9.3	0.2	0.1	0.0	-0.1		18.2	0.10	
56581	II	30.	40.	7.2	8.6	22.7	4.0	11.0	3.5	18.6	0.4	0.1	0.1	-0.1		72.5	0.18	
56582	II	40.	50.	7.1	10.0	13.7	3.7	2.1	6.5	25.4	0.3	0.2	0.1	-0.1		76.0	0.10	
56583	II	50.	60.	7.4	9.8	14.3	6.8	12.6	2.0	20.3	0.4	0.2	0.1	-0.1		67.9	0.12	
56584	II	60.	80.	7.2	10.9	34.9	2.9	3.1	4.0	28.7	0.3	0.2	0.1	-0.1		79.1	0.26	
56585	III	80.	100.	7.2	11.0	23.0	2.4	2.5	4.5	31.9	0.3	0.1	0.1	-0.1		56.7	0.24	
56586	IV	140.	160.	7.9	0.1	0.0	0.3	2.7	-0.1	2.7	0.7	0.1	0.1	0.5		0.00		

(c) Niedersaechsisches Landesamt f. Bodenforschung, Referat N2.14

ARNRL: 5222	TK25: 3523	TK5: 29	FELDBL-NR: 11	DATUM: 19900426
UANR: 1738	RECHTS: 3543054	HOCH: 5809218	EINSENDER: Schneider J.	PROFIL-NR:
HINWEISE: CCR-Aufs.z.T.unvollstaendig/S-haltig ausser 56586				

Analysenergebnisse Bodenchemie: Schwermetallkonzentrationen ausser Hg (ppm), Hg (ppb)

CBNR	POT	PUT	PBKW	ZHKW	CURW	CDKW	NIKW	COKW	CRKW	VRW	MOKW	SRKW	HRKW	ASKW	HGKW	SBKW
56579	0.	10.	57050	2181	335	37.6	72	9	29	36	4	145	572	34	16000	3400
56580	20.	30.	6899	308	52	4.1	16	4	19	24	1	34	310	8	1900	300
56581	30.	40.	57860	2780	839	121.6	195	21	47	50	7	227	480	110	13500	11000
56582	40.	50.	60600	3242	1279	159.1	200	22	49	57	6	260	467	110	7100	11000
56583	50.	60.	57080	3742	2125	79.7	200	20	46	49	10	292	530	39	28000	3900
56584	60.	80.	54800	1503	684	139.3	218	29	58	60	8	311	569	115	7200	11500
56585	80.	100.	5546	1241	621	59.6	205	27	56	62	7	347	444	200	3800	20000
56586	140.	160.	455	32	5	1.2	11	3	9	11	-1	9	64	11	40	200

(c) Niedersaechsisches Landesamt f. Bodenforschung, Referat N2.14

Beispiele von Grenzwerten als Anhaltspunkt für eine Bewertung:

	Pb	Zn	Cu	Cd	Ni	Cr	As	Hg
Grenzwert Klokelliste	100	300	100	3	50	100	20	2
Hollandliste - Referenzwert	85	140	36	0,8	35	100	20	0,3
- Prüfwert für nähere Untersuchung	150	500	100	5	100	250	30	2
- Prüfwert für Sanierung	600	3000	500	20	500	800	50	10
Anhaltswert für weitere Untersuchungen nach Hamburger Bewertungsverfahren	50	1000	300	8	300	300	50	5

Vorläufige Analyseergebnisse (Organika):

Tiefe[cm]	Horiz	AOX/EOX	Kateg.	Phenolindex	Kateg.	Wassergehalt
0- 20	yy-Ah	300	B	< 200	A	13,9 %
60-100	II yyY	4340	B	< 200	A	16,1 %
>140	IV Go	40	A	< 200	A	5,5 %

--Angaben in ppb bezogen auf die bergfeuchte Probe--

-----  
 Kategorie A - natürliche Grundbelastung

Kategorie B - Bereich, bei dem nähere Untersuchungen empfohlen werden

Kategorie C - Bereich, bei dem Sanierungsuntersuchungen empfohlen werden  
 -----

Profilbeschreibung des 3. Profils (Profil 100)

Lage: TK 3523 Garbsen

R-Wert: 3542925

H-Wert: 5809104

Bodentyp: Deposol, aus (weitgehend) natürlichem, anthropogen umgelagertem Material

<u>Tiefe (cm)</u>	<u>Horizont</u>	<u>Beschreibung</u>
0 - 16	jY-Ah	dunkelbrauner, stark humoser, feinsandiger Mittelsand, carbonatreich, Ziegelbeimengungen, Eisenbestandteile
16 - 29	II jY	hellbrauner, humoser, feinsandiger Mittelsand, carbonatarm, Ziegelbeimengungen, Eisenbestandteile
29 - 37	III jyY	dunkelgrauer, humoser, feinsandiger Mittelsand vermischt mit Schlackenresten, vereinzelt Glasbruchstücke
37 - 107	IV jY-Go	dunkelrostfarbener, stark humoser, grobsandiger Mittelsand, schwach steinig, vereinzelt Gummireste
> 107	IV jY-Gor	dunkelgrauer, humoser, grobsandiger Mittelsand, Ziegelbeimengungen, faulige Gerüche, freies Wasser bei 12 dm unter Geländeoberfläche

Analyseergebnisse 3. Profil (Profil 100)

ARBRL: 5225	TK25: 3523	TK5: 29	FELDBL-NR: 100	DATUM: 19900426														
UARN: 1718	RECHTS: 3542925	HOCH: 5809104	EINSENDER: Schneider J	PROFIL-NR:														
HINWEISE: 56602-56604 S-haltig																		
Analyseergebnisse Bodenchemie: pH; Nmmol, Carbonat u. N (%); KAKP (mmol IAE/100g Boden); PPS (ppm)																		
CBNR	NDR12	POT	POT	PHCAT	CCRHU	CELHU	GLV	CACO3	KAKPM	HP	CAP	HGP	KP	NAP	OKP	PPS	C/N	N
56602	JV-Ah	0.	6.	7.2	9.7	13.9		11.9	12.1	1.5	11.3	0.3	0.4	0.0	-0.1		53.2	0.15
56603	JV-Ah	6.	16.	7.2	10.1	13.5		12.4	15.7	2.0	13.8	0.3	0.4	0.0	-0.1		31.9	0.24
56604	IIIjY	16.	26.	7.0	5.1	7.4		0.7	10.0	2.5	8.8	0.2	0.2	0.0	-0.1		27.0	0.16
56605	IIIjyY	30.	37.	6.5	5.3	7.1			6.1	2.0	4.6	0.0	0.1	0.0	-0.1		54.5	0.08
56606	IVjY-Go	37.	57.	6.7	6.2	5.8			19.4	5.5	15.8	0.3	0.2	0.2	-0.1		21.4	0.16
56607	IVjY-Go	57.	77.	6.5	4.6	5.3			15.0	4.5	11.4	0.2	0.2	0.1	-0.1		24.2	0.13
56608	IVjY-Go	80.	100.	5.1	6.3	5.5			18.3	2.5	9.9	0.5	0.0	0.4	-0.1		21.8	0.15
56609	IVjY-Go	110.	130.	5.3	4.8	3.9			11.5	2.0	5.0	0.3	0.1	0.3	-0.1		17.4	0.13

(c) Niedersaechsisches Landesamt f. Bodenforschung, Referat N2.14

ARBRL: 5225	TK25: 3523	TK5: 29	FELDBL-NR: 100	DATUM: 19900426												
UARN: 1718	RECHTS: 3542925	HOCH: 5809104	EINSENDER: Schneider J.	PROFIL-NR:												
HINWEISE: 56602-56604 S-haltig																
Analyseergebnisse Bodenchemie: Schwermetallkonzentrationen außer Hg (ppm), Hg (ppb)																
CBNR	POT	POT	PBKW	ZNKW	CUKW	CDKW	NIKW	COKW	CRKW	VKW	MOKW	SRKW	MNKW	ASKW	HGW	SBKW
56602	0.	6.	10739	164	38	6.1	36	10	19	31	3	95	290	-	1600	200
56603	6.	16.	24370	204	51	8.7	48	13	24	39	4	110	345	-	2500	350
56604	16.	26.	12240	208	23	25.6	59	7	13	16	1	29	253	28	700	280
56605	30.	37.	30310	84	27	16.1	66	5	11	13	2	34	42	12	1700	1200
56606	37.	57.	1028	80	16	50.4	125	8	17	19	1	23	202	9	150	130
56607	57.	77.	1970	66	9	16.2	55	6	12	15	-1	17	210	8	170	180
56608	80.	100.	103	50	8	1.3	10	3	11	15	4	17	75	4	95	10
56609	110.	130.	95	41	15	0.7	8	3	8	10	1	11	48	2	95	8

(c) Niedersaechsisches Landesamt f. Bodenforschung, Referat N2.14

Beispiele von Grenzwerten als Anhaltspunkt für eine Bewertung:

	Pb	Zn	Cu	Cd	Ni	Cr	As	Hg
Grenzwert Kieckliste	100	300	100	3	50	100	20	2
Hollendliste - Referenzwert	85	140	36	0.8	35	100	20	0.3
- Prüfwert für nähere Untersuchung	150	500	100	5	100	250	30	2
- Prüfwert für Sanierung	600	3000	500	20	500	800	50	10
Anhaltswert für weitere Untersuchungen nach Hamburger Bewertungsverfahren	50	1000	300	8	300	300	50	5

Vorläufige Analysenergebnisse (Organika):

Tiefe[cm]	Horiz	CO.Nr.	AOX/EOX	Kateg.	Phenolindex	Kateg.	Wassergehalt
0-16	jY-Ah	22217	1810	B	1000	B	18,8 %
29-37	III jyY	22218	2720	B	< 200	A	7,4 %
37-77	IV jY-Go	22219	390	B	400	B(?)	20,3 %
-----							
Wasserprobe							
Roßbruchgraben 22221 104 B < 20 A -----							
-----							
-- Alle Angaben in ppb bezogen auf die bergfeuchte Probe --							

=====  
 Kategorie A - natürliche Grundbelastung  
 Kategorie B - Bereich, bei dem nähere Untersuchungen empfohlen werden  
 Kategorie C - Bereich, bei dem Sanierungsuntersuchungen empfohlen werden  
 =====

Wasseranalyse der Probe (Schwermetalle):

Fundort : 3. Profil (Roßbruchgraben)

pH-Wert : 8.10

Leitfähigkeit : 1800. Mikrosiemens / cm

Karbonathärte : 8.6 Grad deutsche Härte

Gesamthärte : 32.9 Grad deutsche Härte

Kationen	mg/l	mval	mval%	Anionen	mg/l	mval	mval%
K+	16.6	0.42	2.3	Cl-	292	8.2	45.4
Na+	144.	6.3	33.2	SO4--	322	6.7	37.0
Mg++	33.1	2.72	14.4	HCO3-	188	3.1	17.0
Ca++	181.	9.0	47.9	NO3-	7	0.1	0.6
Fe++	10.2	0.37	1.9				
				Kateg.			
Mn++	1.4	0.05	0.3	-----			
Pb++	0.26	0.003	0.0	C			
Cu++	< 0.003	< 0.000	0.0	A			
Zn++	0.02	0.001	0.0	A			
Co++	< 0.005	< 0.000	0.0	A			
Ni++	0.01	0.000	0.0	A			
Cd++	< 0.002	< 0.000	0.0	B			

Es handelt sich um ein sehr hartes Ca-Na-Cl-SO4- Wasser.

FEHL	CSUM	ASUM	DIFAH	DIFEH	SUM	BLFKT
2.0	18.86	18.13	-1.55	1.97	1195.58	1714.

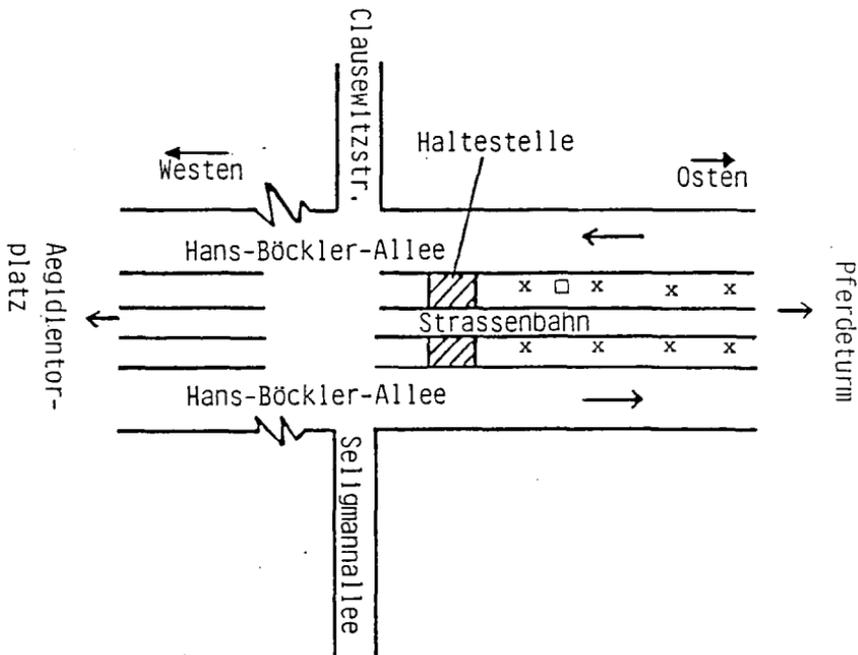
Die Analytik auf Schwermetalle und organische Schadstoffe wurde dankenswerter Weise von den Referaten B 4.12 (Herr Glatte) und B 4.32 (Dr. Teschner) der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe durchgeführt.



### Exkursionspunkt 3

- Standort: Hannover-Bult, Hans-Böckler-Allee  
(Stadtbahnhaltestelle Clausewitzstr.)
- Topographische Karte: 3624 Hannover
- Lage: Verbindung Pferdeturm (Eilenriede)/  
Aegidientorplatz (Innenstadt)  
Ost/West-Richtung
- Geschichte: Im 18. Jahrhundert Gartennutzung;  
um 1900 Gleisbau für Straßenbahn  
entlang des damaligen Misburger Damms;  
50er Jahre Pflanzung der jetzigen  
Lindenallee, seitdem Verbreiterung der  
Fahrbahn und des Gleiskörpers zu Lasten  
der Baumstreifen;  
1985-1988 Grundwasserabsenkung auf ca.  
5 m u. GOK infolge U-Bahnbau
- Winterdienst: Auftausalzverbrauch: 85/86 880 g/m<sup>2</sup>  
(Streustufe I) 86/87 1200 g/m<sup>2</sup>  
87/88 320 g/m<sup>2</sup>  
88/89 310 g/m<sup>2</sup>  
89/90 60 g/m<sup>2</sup>
- Gestein: Fluviatiler Sand
- Profilbeschreibung:
- | Tiefe<br>(cm) | Horizont   | Bodentyp        |
|---------------|------------|-----------------|
| 0 - 6         | jY1        | mittelgründiger |
| 6 - 15        | jY2        | Auftragsboden;  |
| 15 - 60       | jY3        | Deposol         |
| 60 - 80       | IIrBhs-rGo |                 |
| > 80          | IIrGo      |                 |
- Sonstige Merkmale: Beton, Ziegel, Glasscherben, Blech

Lageskizze von Exkursionspunkt 3, Hannover-Bult,  
Hans-Böckler-Allee, Haltestelle Clausewitzstraße  
( □ Profil Deposol, x Linden)



Tab. 1: Chemische Kennwerte des Bodenprofils Deposol

(Hans-Böckler-Allee, Haltestelle Clausewitzstraße; Probenahme 5/90)

a) pH-Wert, elektr. Leitfähigkeit, SAR sowie Ionengehalte in der Bodenlösung  
(Sättigungsextrakt)

Horizont	Tiefe (cm)	SP (%)	pH	eLF (dS/m)	Ca	Mg	K (mval/l)	Na	Cl	SAR
jY1	0- 6	28	7,8	1,10	3,3	0,03	0,52	6,5	4,3	5,0
jY2	6- 15	40	7,8	1,57	5,1	0,04	0,34	9,9	7,3	6,2
jY3	15- 60	27	7,6	4,62	21,5	0,08	0,41	25,3	32,0	7,7
IIrBhs-rGo	60- 80	29	7,4	5,83	30,2	0,10	0,07	28,8	47,1	7,4
IIrGo	80-100	30	7,5	4,72	6,1	0,04	0,34	40,4	37,1	23,0

b) Kationenaustauschkapazität und sorbierte Kationen (n. Mehlich)

Horizont	Tiefe (cm)	KAK <sub>eff</sub>	Ca	Ca <sub>kor.</sub> (mmol IÄ/100g)	Mg	K	Na	H+Al	Ca	Mg	K	Na
									(% von KAK <sub>eff</sub> )			
jY1	0- 6	9,68	9,89	8,25	0,47	0,59	0,37	0	85,2	4,9	6,1	3,8
jY2	6- 15	13,71	15,39	9,71	0,51	2,85	0,64	0	70,8	3,7	20,8	4,7
jY3	15- 60	10,05	10,85	7,36	0,39	1,91	0,39	0	73,2	3,9	19,0	3,9
IIrBhs-rGo	60- 80	9,04	10,47	8,24	0,32	0,21	0,27	0	91,2	3,5	2,3	3,0
IIrGo	80-100	5,33	5,63	3,36	0,21	1,19	0,57	0	63,0	4,0	22,3	10,7

Tab. 2: Gehalte an organischer Substanz und Calciumcarbonat sowie Korngrößenzusammensetzung des Bodenprofils Deposol  
(Hans-Böckler-Allee, Haltestelle Clausewitzstraße; Probenahme 5/90)

Horizonte	Tiefe (cm)	org. Subst. (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	gS (%)	mS (%)	fS (%)	U (%)	T (%)	Skelettanteil (%)
jY1	0- 6	2,3	0,6	8,6	32,1	13,5	36,6	9,2	15,6
jY2	6- 15	8,5	4,1	4,6	36,5	17,6	37,0	4,3	17,6
jY3	15- 60	4,8	5,7	4,8	40,4	17,0	31,7	6,1	5,9
IIrBhs-rGo	60- 80	1,9	1,2	3,6	62,0	13,4	18,0	3,0	2,2
IIrGo	80-100	0,5	0,1	0,8	29,2	56,4	11,2	2,4	0,6

Tab. 3: Chemische und physikalische Kennwerte in Abhängigkeit von der Entfernung zum Fahrbahnrand  
(Hans Böckler Allee, Haltestelle Clausewitzstraße, Stadteinwärts; Baumstreifen zwischen  
Straße und Gleiskörper der Stadtbahn; Probenahme 4/90)

a) Elektr. Leitfähigkeit sowie Na- und Cl-Bodengehalte in 0,4, 1,2 und 2 m

Tiefe (cm)	0,4 m				1,2 m				2,0 m			
	eLF	Cl	Na	Na	eLF	Cl	Na	Na	eLF	Cl	Na	Na
	1:5-Wasserextrakt (dS/m)		NH <sub>4</sub> -Ac. (mg/100g)		1:5-Wasserextrakt (dS/m)		NH <sub>4</sub> -Ac. (mg/100g)		1:5-Wasserextrakt (dS/m)		NH <sub>4</sub> -Ac. (mg/100g)	
0- 20	0,19	5,8	16,4	22,0	0,24	16,3	14,7	18,6	0,13	3,2	4,5	8,0
20- 40	0,21	13,3	17,2	24,2	0,14	3,9	9,3	13,0	0,12	2,7	4,5	7,4
40- 60	0,16	3,4	13,3	19,8	0,26	8,9	10,1	14,4	0,08	2,3	2,5	4,6
60- 80	0,26	15,8	23,9	26,0	0,32	22,8	12,6	15,6	0,11	3,5	2,9	4,4
80-100	0,12	4,4	9,3	13,8	0,16	3,7	7,4	9,6	0,17	5,5	8,9	11,6
100-120	0,20	14,5	19,3	25,8	0,14	3,2	9,3	12,4	0,27	13,3	18,5	20,6

b) Lagerungsdichte  $d_B$  (g/cm<sup>3</sup>)

Tiefe (cm)	0,4 m	1,2 m	2,0 m
	$d_B$ (g/cm <sup>3</sup> )		
0- 20	1,75	1,72	1,68
20- 40	1,50	1,60	1,74
40- 60	1,40	1,46	1,64
60- 80	1,38	1,40	1,52
80-100	1,45	1,47	1,41
100-120	1,51	1,50	1,32

Tab. 4: Mineralstoffgehalte in Lindenblättern  
(Mittelwerte der beiden an das Profil  
Deposol angrenzenden Straßenbäume;  
Untersuchungszeitraum 1985-89)

Jahr	Monat	% K	% Mg	% Na	% Cl
in der Trockenmasse					
1985	Mai	1,1	0,30	0,02	0,22
	Aug.	0,7	0,31	0,03	0,38
1986	Mai	1,3	0,28	0,02	0,41
	Aug.	1,1	0,38	0,05	0,91
1987	Mai	1,6	0,31	0,03	0,46
	Aug.	0,8	0,34	0,05	0,58
1988	Mai	1,1	0,31	0,02	0,41
	Aug.	0,7	0,36	0,09	0,59
1989	Mai	1,4	0,32	0,03	0,55
	Aug.	1,1	0,36	0,09	0,96