



UFZ-Bericht

UFZ-Bericht • UFZ-Bericht • UFZ-Bericht • UFZ-Bericht

UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

Nr. 1/1999

Workshop

**Stoffhaushalt von Auenökosystemen
der Elbe und ihrer Nebenflüsse**

Nähr- und Schadstoffe

Ökotoxikologie

Belastbarkeit von Flußauen

**1. bis 3. Februar 1999
in der Sektion Gewässerforschung
Magdeburg**

**Kurt Friese, Kathleen Kirschner,
Barbara Witter (Hrsg.)**

UFZ-Umweltforschungszentrum
Leipzig-Halle GmbH
Sektion Gewässerforschung Magdeburg

ISSN 0948-9452

**Stoffhaushalt von Auenökosystemen
der Elbe und ihrer Nebenflüsse**
Nähr- und Schadstoffe – Ökotoxikologie –
Belastbarkeit von Flußauen

Workshop

1. bis 3. Februar 1999
im UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle
Sektion Gewässerforschung
Magdeburg

Kurt Friese, Kathleen Kirschner, Barbara Witter (Hrsg.)

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Permoserstraße 15, D-04318 Leipzig

Sektion Gewässerforschung
Brückstraße 3a, D-39114 Magdeburg

Programm / Inhaltsverzeichnis

Montag		Seite
10.45 - 11.00 h	Eröffnung: K. Friese	
11.00 - 11.40 h	Einführungsvortrag G. Miehlich: Eigenschaften und Funktionen von Böden in den Auen am Beispiel der Mittelelbe	-
Rezente Einträge in Auen		
11.40 - 12.00 h	C. Engelhardt et al.: Bilanzierung des Rückhaltevermögens von regulierten Überschwemmungsflächen im Unteren Odertal	1
12.00 - 12.20 h	A. Krüger et al.: Stoffdynamik in Flußauen – Charakterisierung am Beispiel eines klärschlammbeeinflussten Feuchtbiotops im Überflutungsbereich der Weißen Elster	3
12.20 - 12.40 h	B. Schneider: Bindung und Mobilisierung von Schadstoffen in Überflutungssedimenten der Weißen Elster	5
12.40 - 13.00 h	Diskussion	
13.00 - 14.30 h	Mittagspause	
14.30 - 14.50 h	D. Haase: Stoffeintrag und Stoffdynamik künstlicher Flutungsgebiete in bewaldeten Auen	9
14.50 - 15.10 h	F. Krüger et al.: Hochwassergebundener Schadstoffeintrag an der Elbe bei Wittenberge	17
15.10 - 15.30 h	F. Winde: Untersuchungen zum hochwassergebundenen Schwermetalltransfer in der Saaleaue des Halleschen Stadtgebiets	21
15.30 - 15.50 h	Diskussion	
15.50 - 16.20 h	Kaffeepause	
Hydrologie		
16.20 - 16.40 h	T. Grischek et al.: Grundwasserdynamik und Stoffaustausch zwischen Fluß- und Grundwasser in der Torgauer Elbaue	23
16.40 - 17.00 h	G. Hesse et al.: Grundwasserhydraulik und -beschaffenheit der Unstruttaue im zentralen Thüringer Becken	29
17.00 - 17.20 h	W. Kluge et al.: Hydraulisch-hydrochemische Charakteristika der Niederungstypen Schleswig-Holsteins	31
17.20 - 17.40 h	H. Montenegro et al.: Numerische Simulation der Austauschprozesse zwischen Fluß- und Grundwasser in Auen	35
17.40 - 18.00 h	Diskussion	

Gemeinsames Abendessen (19.30 Uhr)

Dienstag		Seite
Organische Schadstoffe		
09.00 - 09.20 h	W. Brack et al.: Biotest-orientierte Identifikation toxischer Inhaltsstoffe in Sedimenten des Elbeeinzugsgebiets	41
09.20 - 09.40 h	B. Witter et al.: Tiefenverteilung Organischer Schadstoffe in Auenböden - Pestizide, PAK und Duftstoffe	43
09.40 - 10.00 h	K. Heinrich et al.: Untersuchungen zum biologischen Abbau von beta-HCH in kontaminierten Muldeaueböden und dessen Transport in Kultur- und Wildpflanzen	47
10.00 - 10.20 h	Kaffeepause	
10.20 - 10.40 h	E. Schulz et al.: Abschätzung der Mobilität und Verfügbarkeit von Organochemikalien im Boden	51
10.40 - 11.00 h	H. Potesta et al.: Räumlich differenzierte Kontamination ausgewählter Bodenschadstoffe (HCH und PAK) in der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen in Abhängigkeit vom organischen Kohlenstoffgehalt (Corg)	55
11.00 - 11.20 h	A. Hembrock-Heger et al.: Persistente Schadstoffe in Böden von Überschwemmungsgebieten in NRW - Untersuchungen in Rhein- und Lippeauen	59
11.20 - 11.40 h	Diskussion	
Modellierung		
11.40 - 12.00 h	E. Fuchs et al.: Ansätze zur Modellierung und Bewertung ökologischer Veränderungen in Auen	63
12.00 - 12.20 h	O. Büttner et al.: Strömung und Feststofftransport in einem Auengebiet - eine Modellanwendung	73
12.20 - 12.40 h	R. Michel: Eine einfache Methode zur Modellierung der Denitrifikation in der Aerationzone	77
12.40 - 13.00 h	Diskussion	
13.00 - 14.30 h	Mittagspause	
Anorganische Schadstoffe		
14.30 - 14.50 h	H. Rupp et al.: Konzept für Stoffhaushaltsuntersuchungen von Überflutungsböden der Elbe	81
14.50 - 15.10 h	M. Vogt: Zeitliche Belastungsentwicklung in Elbaue-Wehlen im Bereich Schönberg und Neukirchen	85
15.10 - 15.30 h	M. Kunert et al.: 206Pb/207Pb-Isotopenverhältnisbestimmungen in ausgewählten Bodenprofilen der Elbaue bei Wittenberge	89
15.30 - 15.50 h	Diskussion	
15.50 - 16.20 h	Kaffeepause	
16.20 - 16.40 h	O. Brandt et al.: Variabilität von Spurenstoffen und physikochemischen Parametern im Sicker- und Grundwasser verschiedener Auebereiche der Mulde bei Bitterfeld/Wolfen	95
16.40 - 17.00 h	A. Höhn et al.: Schwermetallverteilung in Auenböden des Nationalparks „Unteres Odertal	99
17.00 - 17.20 h	D. Feldhaus et al.: Zur Kennzeichnung von SchwermetallHintergrundgehalten in Auenböden in den Flußsystemen der Saale und mittleren Elbe	103
17.20 - 17.40 h	A. Müller et al.: Zur Bewertung von Schwermetallgehalten in Auensedimenten der Saale und ihrer Nebenflüsse auf der Grundlage regionaler Standardgehalte	105
17.40 - 18.00 h	Diskussion	

Mittwoch		Seite
Böden		
09.00 – 09.20 h	R. Schwartz et al.: Die Bedeutung der Eindeichung auf den Wasser- und Stoffhaushalt ausgewählter Böden an der Mittel- und Oberrhein	109
09.20 - 09.40 h	A. Gröngröft et al.: Klassifikation der Auenböden der Mittel- und Oberrhein und deren ökologische Relevanz	113
09.40 - 10.00 h	S. Geyer: Die Abgrenzung von Hydrogeomorphen Einheiten - eine einfache Methode zur Bewertung von Auenlandschaften ?	119
10.00 - 10.20 h	Kaffeepause	
10.20 - 10.40 h	R. Böhnke et al.: Untersuchungen zur Charakterisierung der Standorteigenschaften von Aueböden unter besonderer Berücksichtigung der Hydrodynamik und Nährstoffsituation	123
10.40 - 11.00 h	J. Rinklebe et al.: Aueböden im Biosphärenreservat Mittlere Elbe (I.) - ihre Eigenschaften und Klassifikation	129
11.00 - 11.20 h	Diskussion	
Management		
11.20 - 11.40 h	J. Purps et al.: Auenregeneration durch Deichrückverlegung - ein Managementkonzept an der Elbe und anderen Flüssen Deutschlands	131
11.40 - 12.00 h	M. Hape et al.: Vergleich verschiedener Verfahren für die Entwicklung eines digitalen Höhenmodells für einen Ausschnitt der Elbtalaue	133
12.00 - 12.20 h	W. Schmidt et al.: Nachhaltige Nutzungsverfahren für Acker- und Grünlandflächen zum Schutz der Auenbereiche der Elbe	135
12.20 - 12.40 h	Diskussion	
12.40 - 13.00 h	Schlußworte	
13.00 h	Mittag + Ende	
 Laborführungen		
14.30 - 15.00 h	Flußplanktologie	
15.00 - 15.30 h	Mikrobiologie	
15.30 - 16.30 h	Gewässerchemie	

Poster	Seite
Brockmann, A.; Miehllich, G.; Gröngröft, A.; Schwartz, R.	Einfluß von Nutzung und Bodeneigenschaften auf die Vegetation von Deichen an der Mittelbe -
Fittschen, R.; Schwartz, R.; Gröngröft, A.; Miehllich, G.	Auswirkungen von Qualmwasserzonen auf die Entwicklung und stoffliche Zusammensetzung von Auenböden -
Foekler, F.; Deidner, O.; Schmidt, H.; Follner, K.	Weichtiergemeinschaften als Teil-Indikatoren für Wiesen- und Rinnen-Standorte der Elbe-Auen 139
Franke, C.	Räumliche Verteilungsmuster von pH-Werten in der Elbaue 145
Hardenbicker, U.	Auswaschung von Nitrat durch schnelle Sickerwasserflüsse in den Lössen des östlichen Harzvorlandes 147
Heinrich, K.; Neue, H.-U.; Rinklebe, J.; Meyenburg, G.	Einfluß von periodischen Überflutungen auf das Redoxverhalten von Nähr- und Schadstoffen in Elbaueböden 151
Hierold, W.; Höhn, A.; Prietzsch, C.; Schälitz, G.	Typisier- und Regionalisierbarkeit von Auenböden und ihren stofflichen Belastungen - ein Managementansatz für das „Untere Odertal“ 153
Köhnlein, J.; Gröngröft, A.; Schwartz, R.; Miehllich, G.	Räumliche Variabilität von Oberböden in Auenböden der Mittelbe -
Meyenburg, Gunnar	Transektenkartierungen in Auen der Mittleren Elbe: ein bodenkundlich-morphologischer Vergleich zweier Untersuchungsgebiete 157
Quast, Joachim; Merz, Ch.; Steidl, J.	Überlagerung von Grundwasserdynamik und Stoffwandlungsprozessen in Flußauen mit eingedeichten Poldern 161
Rinklebe, J.; Marahrens, S.; Neue, H.-U.; Böhnke, R.; Amarell, U.	Vorgehensweise und Ergebnisse einer großmaßstäbigen, flächendeckenden bodenkundlichen Kartierung des Untersuchungsgebietes „Schleusenheger Wiesen“ im Biosphärenreservat Mittlere Elbe bei Wörlitz 167
Schmidt, B.; Schwartz, R.; Gröngröft, A.; Miehllich, G.	Bedeutung der Redoxspannung für die hydromorphen Merkmale von Auenböden -
van der Veen, A.; Zachmann, D.	Spatial Distribution of Heavy Metals in the Elbe Foodplain near Wittenberge 171

Vorwort

Bisherige Arbeiten haben gezeigt, daß die stofflichen Belastungen der Gewässer und Auen im Elbeeinzugsgebiet erheblich zurückgegangen sind und punktförmige Quellen an Bedeutung verlieren. Trotzdem stellen bestimmte Standorte, wie der EXPO-Standort der Mulde unterhalb von Bitterfeld, und bestimmte Stoffgruppen (z.B. Chlororganika, Arsen, Cadmium, Quecksilber) langfristige Probleme dar.

Das Gefährdungspotential, das von den Nähr- und Schadstoffen ausgeht, spielt eine wichtige Rolle für die Auen und das ganze Flußsystem bis hin zum Meer. Es hängt sowohl von den hydrodynamischen Verhältnissen als auch von den Bodeneigenschaften und damit der Bioverfügbarkeit der Schadstoffe ab. Überhöhte Nährstoffeinträge in die Auenbiotope können einerseits die Artendiversität der Auenlebensgemeinschaften beeinflussen, bei Grünlandgesellschaften wird derzeit von einer Verarmung und bei Wäldern von einer Zunahme des Struktureichtums ausgegangen. Andererseits kommt den Auenlandschaften an den Flüssen ein erhebliches Retentionspotential insbesondere für partikulär gebundene Schad- und Nährstoffen zu. Eine Quantifizierung dieser Funktionen, auch im Hinblick auf die Reinhaltung der Nordsee, ist für das Elbeflußsystem derzeit nicht möglich. Einen weiteren wichtigen Aspekt der Elbauenforschung stellt die Trinkwassergewinnung über Uferfiltration dar. Hierzu ist eine gute Kenntnis von Fließwegen, Stoffumwandlungsmechanismen und der relevanten Grund- und Oberflächenwasserbelastung erforderlich.

Für den Nährstoffhaushalt in Auen ist der Einfluß periodischer Überschwemmungen bestimmend. Diese führen zu wechselnden anaeroben/aeroben Bedingungen verbunden mit sich ändernden Redoxzuständen. Wissensdefizite bestehen insbesondere über deren Einfluß auf den Kohlenstoffkreislauf sowie den Transport der Problemstoffe durch den Boden und im Grundwasser. Die vorhandenen Kenntnisse über die Abbau- und Umsetzungsprozesse, denen die Schad- und Nährstoffe unterliegen, reichen nicht aus, um Entwicklungen in größeren Auengebieten prognostizieren zu können. Die Einschätzung der Gefährdungssituation sowie die Vorhersage zukünftiger Belastungen ist Voraussetzung für die Ableitung von Management- und Umsetzungsmaßnahmen.

Nachdem im November 1997 bereits zum 2. Mal das bodenkundlich orientierte „Pevestorfer Auen-Seminar“ stattgefunden hat, ist das Ziel dieses Workshops die Förderung des interdisziplinären Austauschs zwischen den in der Elbauenforschung tätigen Arbeitsgruppen, die

Fragen des Stoffhaushalts von Auenökosystemen bearbeiten. Das Treffen soll die nach 1989 stark ausgebauten Forschungsaktivitäten im Bereich der Auenforschung im Elbegebiet zusammenführen. Der Workshop stellt ein Forum für die Präsentation neuer Forschungsergebnisse dar und soll den Austausch von Ideen fördern sowie den zukünftigen Bedarf für regionale und internationale Forschungsprojekte definieren.

Dr. Kurt Friese, Magdeburg, Februar 1999

Vorträge

Bilanzierung des Rückhaltevermögens von regulierten Überschwemmungsflächen im Unteren Odertal

Christof Engelhardt, Angela Krüger

IGB Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Abteilung Ökohydrologie

Rudower Chaussee 6a, D-12484 Berlin

e-mail: engel@igb-berlin.de

&

Bernhard Karrasch, Martina Baborowski

UFZ Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Gewässerforschung

Brückstr. 3a, D-39114 Magdeburg

e-mail: babo@gm.ufz.de

Abstract

Das Rückhaltevermögen auf regulierten Überschwemmungsflächen der Oder konnte durch Schwebstoffkonzentrationsmessungen und die Bestimmung der Nährstoffbelastung von Partikeln am Zu- und Abfluß eines Polders im Nationalpark Unteres Odertal abgeschätzt werden. Probenahmen von Wasser und Schwebstoffen im Polder A/B (nahe Schwedt) ermöglichten eine Bilanzierung der Stofffrachten im untersuchten Poldergebiet vor, während und nach der Oderflut vom Sommer 1997.

Schwebstoff aus der Oder, der von der nun stark verlangsamten Strömung durch den überschwemmten Polder transportiert wird, verändert auf dieser Strecke seine mittleren Parameter (z.B. Sinkgeschwindigkeit und Dichte). Der damit verbundene Schwebstoffrückhalt konnte im Polder A/B bis zu 80% ausmachen. Dieser im April 1997 während einer normalen Winterflutung gemessene Spitzenwert wurde auch während der Jahrhundertflut 1997 erreicht. Unabhängig von der Menge des über die Oder eingetragenen Schwebstoffs fand auf dem Polder A/B für alle betrachteten Situationen ein Rückhalt von mindestens 50% des partikulärgebundenen Phosphor statt, während der Polder für partikulärgebundenen Stickstoff und Kohlenstoff saisonabhängig auch ein Quelle sein kann. Die vorgestellten Stoffbilanzen für ein Poldergebiet belegen die Bedeutung, den der partikelgebundene Nährstofftransport in Überschwemmungsflächen für das Selbstreinigungsvermögen des gesamten Flusses hat. Im Frühjahr 1998 wurden bei einer gemeinsamen Meßkampagne aller Autoren zusätzliche Anstrengungen unternommen die biologischen Wachstumsprozesse auf dem Poldergebiet zu

untersuchen. Dabei konnte durch Abundanz- und Biomassebestimmungen von Phytoplankton, Zooplankton und Bakterien festgestellt werden, daß obwohl im April 1998 kein Rückhalt von partikulärem N und C stattfand, der Polder, zumindest zum untersuchten Zeitpunkt, keine Algenquelle für die Oder war.

Stoffdynamik in Flußauen - Charakterisierung am Beispiel eines klärschlammbeeinflußten Feuchtbiotops im Überflutungsbereich der Weißen Elster

Annett Krüger, Birgit Schneider, Dagmar Haase, Hans Neumeister

Universität Leipzig, Institut für Geographie, Johannisallee 19a, 04103 Leipzig

Tel. 0341/9732 957, Fax 9732799, email akrueger@rz.uni-leipzig.de

Bestrebungen zur Renaturierung von Auenwäldern durch künstliche Überflutungen gewinnen in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung. Das Mobilisierungspotential von anthropogen eingebrachten umweltrelevanten Schadstoffen nach Überflutungsereignissen und Grundwasseranstieg wurde an Standorten des nördlichen Auenwaldes bei Leipzig, LSG Weiße Elster-Luppe-Aue, unmittelbar gegenüber dem Klärwerk Wahren, untersucht. Unmittelbar im Überflutungsbereich der Weißen Elster befindet sich eine ehemalige Klärschlammdeponie, die bis 1989 als Klärschlammfläche genutzt wurde. Eine Fläche von ca 3000m² ist durch direkte Ablagerung und ca. 6000 m² durch Klärschlammeinspülung beeinflusst. Weiterhin kam es zur Ablagerung von Flußschlamm der Weißen Elster nach Überflutungsereignissen.. Die umliegenden Sumpfflächen stellen einen großflächigen, offenen Auenbereich dar, wie er einmal typisch für das Leipziger Auensystem war. Das ökologische Ziel besteht somit in der Erhaltung dieses überraschend artenreichen Biotops als auetypischen, periodischen Überflutungsbereich mit kleineren Dauerwasserzonen durch eine kontinuierliche Zuführung einer bestimmten Wassermenge der Weißen Elster. Nach Überflutungsereignissen erfolgt allerdings die anthropogene Beeinflussung dieses Untersuchungsstandortes sowohl durch Flußschlamm der Weißen Elster als auch durch Prozesse des partikulären und gelösten Schadstoffaustrages aus der klärschlammbeeinflußten Fläche. Die Renaturierung sowie auch natürliche Überflutungsereignisse stehen somit mit einer eventuellen kostenintensiven Sanierung der Klärschlammdeponie im Zusammenhang.

Die Feststoffanalytik der Klärschlammproben zeigt enorme Belastungen mit Schwermetallen (bis zu 1200 mg/kg Pb, bis zu 3700 mg/kg Zn). Aber auch die Gehalte an organischen Schadstoffen (PAK) stellen sich mit Werten bis zu 7400 mg/kg an Kohlenwasserstoffen sehr hoch dar. Deponiesedimente sind hier das reale Objekt des derzeitigen und zukünftigen Prozeßablaufes im Auengebiet um Wahren. Diese haben hier die gleichen ökologischen Funktionen wie anderswo natürliche Auensedimente/-böden. Zur Bewertung ihrer toxischen

Eigenschaften wurden deshalb die Bodengrenzwerte für Nutz- und Kulturböden verwendet. Diese werden weit überschritten. Nach einem Vergleich mit dem C-Wert der Holländischen Liste besteht für eine klärschlammbeeinflusste Fläche von 8500m² mit einem Volumen von 6000m³ Sanierungsbedarf.

Die Vertikalverteilungen einiger Metalle im Profil lassen beginnende Mobilisierungsprozesse vermuten. Untersuchungen zu der Schadstoffmobilität mit Hilfe von Elutionsverfahren, pHstat-Titrations und Durchlaufsäulenversuchen zeigten, daß die Metalle Ni (bis zu 30 %), Co (bis zu 26 %) und As (bis zu 18 %) beträchtlich hohe Anteile in den mobilen Fraktionen aufweisen. Auch sehr wesentliche Anteile in organischen Bindungsformen und die Betrachtung huminstoffgebundener Metallanteile von aus den Sedimenten isolierten Huminsäuren weisen auf das Mobilisierungspotential durch lösliche organische Stoffe nach Ausbildung metallorganischer Komplexe hin. Das Mobilisierungspotential durch partikuläre Stofftransportprozesse wurde bei Betrachtung der Schadstoffausbreitung im Abstand von dem Rand des Klärschlammbeckens offenbar. Die Grundwasserstände des Untersuchungsobjektes liegen im Einflußbereich der Weißen Elster und Luppe. Infolge jährlich mehrfacher Überschwemmungen erfolgt ein Sedimentaustrag aus der Deponie radial um diese. Die Schadstoffe befinden sich zur Zeit im gesättigten Bodenbereich und können durch physikalische Fließvorgänge und chemische Löseprozesse mobilisiert werden. Das hohe Mobilisierungspotential der akkumulierten Schadstoffe weist auf die ökologische Brisanz von Mobilisierungsprozessen nach Überflutungen hin.

Bindung und Mobilisierung von Schadstoffen in Überflutungssedimenten der Weißen Elster

Birgit Schneider, Annett Krüger, Dagmar Haase, Hans Neumeister

Universität Leipzig, Institut für Geographie, Johannisallee 19a, 04103 Leipzig

Tel. 0341 / 97 38 578, Fax 0341 / 97 32 799, e-mail: bschneid@rz.uni-leipzig.de

Die Auengebiete Mitteldeutschlands wurden insbesondere in den letzten Jahrzehnten durch atmosphärische Stoffeinträge (Flugstäube) und fluviale Sedimentationsprozesse beeinflusst. Bei solchen Überflutungen werden mit dem Sediment auch eine Reihe anorganischer und organischer Schadstoffe abgelagert.

In Untersuchungen an verschiedenen Überflutungssedimenten der Weißen Elster, welche sich nach dem Januarhochwasser 1995 abgelagert hatten, konnte die hohe Belastung dieser Sedimente mit Schadstoffen nachgewiesen werden. Obwohl nach dem politischen Wandel 1991 eine Reihe von Schadstoffeinleitern ihre Betriebe geschlossen haben, und rein optisch eine Verbesserung der Wasserqualität zu verzeichnen ist, konnte in den abgelagerten Überflutungssedimenten gravierende Gehalte an organischen und anorganischen Schadstoffen ermittelt werden.

Zur bodenphysikalischen Charakterisierung wurden der pH-Wert und die Leitfähigkeit gemessen sowie die Korngrößenfraktionierung durchgeführt. Hohe Leitfähigkeiten in der Bodenlösung zeigen schon die große Salzbelastung der Sedimente. Mittels Anionenbestimmung, Bestimmung des organischen Kohlenstoffgehaltes und der Metallgesamtgehalte wurden die grundlegenden chemischen Parameter ermittelt. Insbesondere hohe Sulfatgehalte bestätigen die Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung. Die Metallgesamtgehalte überschreiten insbesondere für Zn, Cd, Cr die Grenzwerte verschiedener Verordnungen (Holländische Liste, Berliner Liste, Abfallklärslammverordnung, LAWA-Sachsen) um ein Vielfaches. Auch für Cu und Pb liegen die Werte oberhalb dieser Verordnungen. Die Sedimente sind außerdem sehr nährstoffreich, was die Gehalte an Ca, Mg, K und Na sowie NH₄-N belegen.

Für die Bewertung der ökologischen Situation im Untersuchungsgebiet sind jedoch nicht nur Stofftotalkonzentrationen sowie deren Grenzwertüberschreitungen von Bedeutung. Entscheidend für die ökologische Wirksamkeit umweltrelevanter Stoffe ist deren Mobilität sowie deren Bindungs- und Migrationsverhalten. Eine Veränderung der geochemischen

Milieubedingungen kann einen Einfluß auf sich ändernde Bindungsformen und Bindungsstärken von essentiellen und toxischen Elementen im Umweltsystem haben. Die dabei am stärksten beeinflussenden Faktoren sind einerseits der pH-Wert und das Redoxpotential und andererseits die Verfügbarkeit der „reaktiven Spezies“ der Partikeloberflächen als organische oder anorganische komplexbildende Liganden und die kolloidale Substanz.

Zur Ermittlung der Mobilität und der Bindungsformen der Metallanteile in den Überflutungssedimenten wurde in Abhängigkeit von der Korngröße ($<2\text{mm}$, $<63\mu\text{m}$, $<20\mu\text{m}$) ein erweitertes sequentielles Extraktionsverfahren (Zeien & Brümmer 1991) angewandt. Dabei konnten besonders für Zn, Cd, Co, Mg, Ca, Na und K relativ hohe Anteile in den mobilen und leicht nachlieferbaren Fraktionen ermittelt werden (Krüger *et al.* 1995, Krüger 1995). Diese Anteile stiegen noch um bis zu 20% für kleiner werdende Korngrößen, so daß auch für Cu und Pb in den kleineren Kornfraktionen beträchtliche Anteile in den schwach adsorbierten Fraktionen vorliegen. Neben den mobilen und leicht nachlieferbaren Gehalten sind die organisch gebundenen Metallanteile (extrahiert mit $\text{NH}_4\text{-EDTA}$) von besonderer Bedeutung. Insbesondere für Pb (bis 30%), Cu (bis 20%) aber auch Zn, Cd und Co sind deutliche Affinitäten zur organischen Substanz im Sediment zu erkennen. Dies heißt, daß diese Metalle mit der sedimentorganischen Substanz metallorganische Komplexe gebildet hat. Die in der Natur vorkommende organische Substanz existiert in einer umfangreichen Vielzahl von chemischen Formen. Diese reicht von niedermolekularen aliphatischen Säuren, wie Oxalate und Citrate, welche einfache organische Liganden darstellen, bis zu hochmolekularen Huminsubstanzen, welche Fulvin- und Huminsäurefraktionen beinhalten. Aufgrund der hydrophilen protonenaustauschenden funktionellen Gruppen kann die Löslichkeit der Huminstoffe erklärt werden, welche nach Wechselwirkungsprozessen mit dem im natürlichen Milieu vorhandenen Schwermetallangebot einen Wechsel zu hydrophoben Eigenschaften und damit zur Ausbildung von Kolloiden durch Bindung der Metallspezies erfahren (Frimmel & Christmann 1988). Als wichtigste Wechselwirkungsprozesse zwischen Huminstoffen und Metallen sind Komplexbildungsreaktionen, Lösungs- und Fällungsreaktionen, Ionenaustauschprozesse, Kolloidbildung sowie Sorptions- und Desorptionsprozesse zu nennen (Finger & Klamberg 1992).

Die in den Huminstoffen verschiedener Genese vorliegende Metallbindung kann für die Bewertung der biologischen Verfügbarkeit der Metalle und ihrer Verbindungen und somit ihrer Toxizität herangezogen werden.

Die hohe Belastung mit anthropogen eingetragenen organischen Material konnte durch die Analyse der Mineralölkohlenwasserstoffe bestätigt werden. Die aus dem S4-Eluat (Elution mit destilliertem Wasser) ermittelten Werte mit bis zu 1500 mg/kg überschritten wiederum die Grenzwerte für Altlasten des Freistaates Sachsen (LAWA) (Prüfwert: 300 mg/kg; Maßnahmewert: 1000 mg/kg).

Die leicht verfügbaren Metalle und metallorganischen Komplexe können einerseits eine Gefahr darstellen, da sie aus dem abgelagerten Überflutungssediment mobilisiert und in die unterlagernden Bodenschichten bis ins Grundwasser verlagert werden können und andererseits sind die nach Hochwasserereignissen abgelagerten Sedimente aus langjährig belasteten Flüssen, insbesondere wenn sie auf landwirtschaftlich genutzte Flächen sedimentiert werden, ökotoxikologisch bedenklich, da sie durch Verlagerung organischer und anorganischer Schadstoffe in die wasserungesättigte Bodenpassage und somit über die Nutzpflanzen in die Nahrungskette gelangen können.

Literatur

- Finger, W., Klamberg, H. (1992): Wechselwirkungen zwischen Bodenhuminstoffen und Metallionen. III. Komplexbildung von Bodenhuminsäuren und Bodenfulvosäuren mit Metallionen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde, 156, 19-24.
- Frimmel, F.H., Christmann, R.F. (1988): Humic Substances and their Role in the Environment. Reports of the Dahlem Workshop on Humic Substances and their Role in the Environment, Berlin 1987, New York.
- Krüger, A., Schneider, B., Neumeister, H., Kupsch, H. (1995): Akkumulation und Transport von Schwermetallen in Böden des Bitterfelder Industriegebietes. Geoökodynamik XVI, 25-56. Bensheim 1995.
- Krüger, A. (1995): Eigenschaften und Dynamik von umweltrelevanten Metallen in Böden und Fließgewässern unter dem Einfluß von Huminstoffen. Dissertation, Universität Leipzig, 1995.
- Zeien, H., Brümmer, G.W. (1991): Chemische Extraktionen zur Bestimmung der Bindungsformen von Schwermetallen in Böden. Berichte aus der ökologischen Forschung. BMBF-Forschungsvorhaben 0339059, 6.

Stoffeintrag und Stoffdynamik in einem künstlichen Flutungsgebiet in den Leipziger Weiße-Elster-Pleiß-Auen

Gefahren und Potentiale anthropogener Renaturierungsmaßnahmen

Haase D., Schneider B., Neumeister H

Institut für Geographie der Universität Leipzig, Johannisallee 19a, 04103 Leipzig, Tel.:

0341/9738555, Fax: 0341/9732799

1. Einleitung

Die seit Jahrhunderten anthropogen beeinflussten Auenökosysteme der Weißen Elster und Pleiße im Stadtgebiet der Großstadt Leipzig sind seit Jahrzehnten durch die Gefährdung typischer Hartholzarten - z.B. Stieleiche, Feldulme oder Esche - aber auch zunehmender ökologischer Destabilisierung der Landschaftskompartimente Boden, Grund- und Fließgewässer, Kraut- und Strauchvegetation ökologisch gekennzeichnet. Die genannten Auenbereiche stellen insofern eine Besonderheit dar, da es sich um das letzte funktionierende innerstädtische Auwaldökosystem Mitteleuropas handelt (VEHN 1998), welches Rückzugsgebiet gefährdeter Floren- und Faunenelemente wie *Leucojum vernum* (Märzenbecher) ist. Durch großflächige Grundwasserabsenkungen infolge des Braunkohlentagbaus im Leipziger Süden kam es zu Austrocknungserscheinungen, welche zu einer Artenverschiebung in den Auwäldern führen (GUTTE/SICKERT 1998). Die enge Vernetzung mit der Stadt und ihrer Infrastruktur bedingt zudem Nutzungs- und Interesssenkonflikte innerhalb der Auenbereiche (HAASE ET AL. 1998). Seit einigen Jahren bereits sind Bestrebungen im Gange, Teile des ökologisch destabilisierten, innerstädtischen Auwaldes zu renaturieren. In einem 10jährigen Projekt der Stadt in der Südlichen Leipziger Aue wird eine Testfläche im Frühjahr mit Wasser der Paußnitz oberflächlich geflutet. Veränderungen für die Auenlandschaft und in erster Linie deren Vegetation sollen untersucht werden.

Flutungsmaßnahmen dieser Art wirken aber nicht nur auf die Auenvegetation, sondern fungieren auch im Sinne eines flächigen Stoffeintrages. Mittels Analysen des Flutungswassers, des sedimentären und stofflichen Eintrages wurden insbesondere die geochemischen Milieubedingungen der Böden und Gewässer im Überflutungsgebiet, die Bodenacidität, ökotoxikologisch wirksame Stoffgehalte sowie mögliche (Im)Mobilisierungsprozesse umweltrelevanter Schadstoffgruppen untersucht. Darüber hinaus stand die Frage nach stofflicher Veränderung (Anreicherungs- oder Abreicherungsprozesse) nach Oberflächenflutung offen.

2. Arbeitsansatz und methodisches Vorgehen

Neben der Beeinflussung der Auenböden und bodennahen Vegetation durch atmosphärische Einträge (v.a. Säurebildner, Schwermetalle, CO₂, Ozon), welche im Bestand gefiltert werden und einer relativen Anreicherung unterliegen (Abb.1), tragen Flutungsmaßnahmen zum ionaren und partikulären Stoffeintrag in Aueböden bei (Abb.2). Daher wurden für die Ermittlung akkumulierter Schadstoffe während der frühjährlichen Flutung

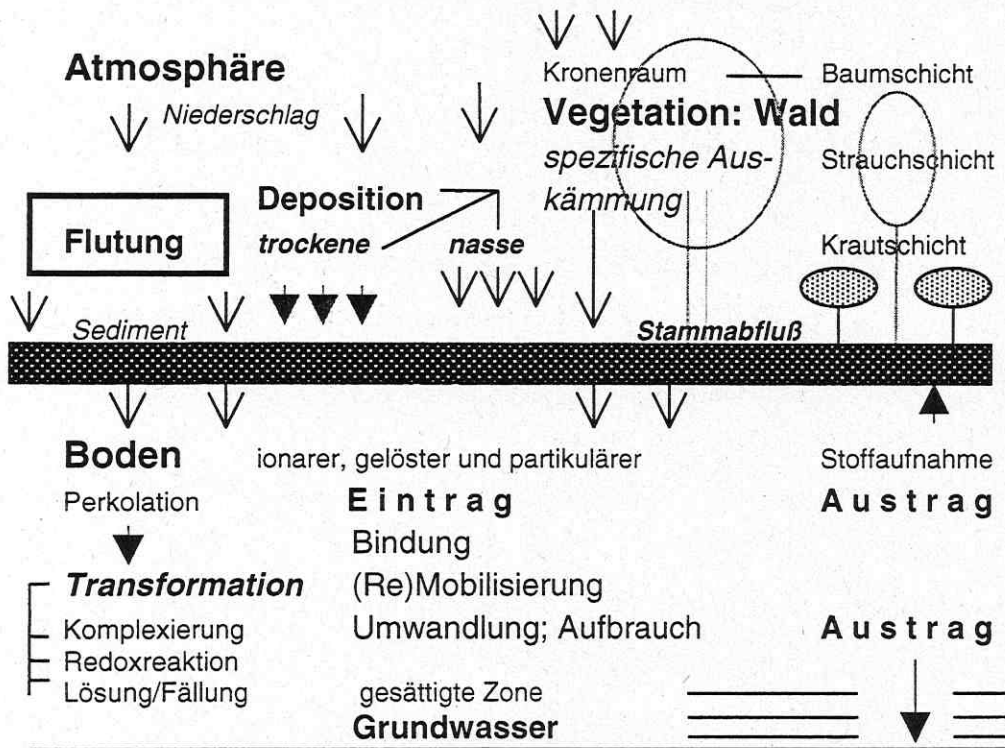


Abb.1: Stoffeintrag und -dynamik in einer waldbestandenen Aue

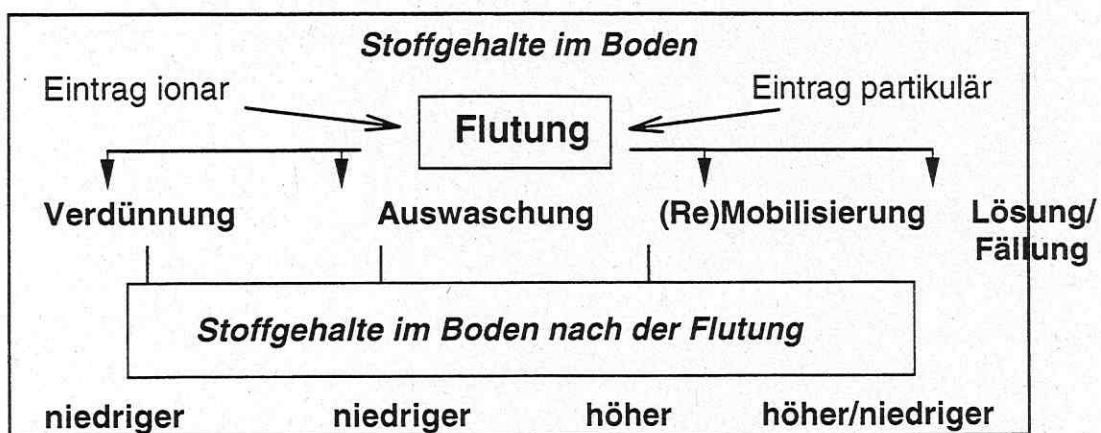


Abb.2: Stoffeintrag, Stoffgehalte und pedochemische Prozesse ihrer An- und Abreicherung im künstlichen Flutungsgebiet an der Paußnitz

- das Wasser der Paußnitz sowie Grundwasser in <1m Flurabstand analytisch auf An- und Kationen in einem Jahrgang untersucht,

- sedimentärer Eintrag durch die Flutung feststoffanalytisch auf Anionen und Schwermetallgehalte und -bindungsformen sowie die Korngröße untersucht,
- ungesättigte und gesättigte Bodenzone innerhalb und außerhalb des Flutungsgebietes hinsichtlich ihrer Stoffgehalte, deren Bindung im Boden (Abb.3) sowie der Pufferkapazität der Ober- und Unterböden (n=20) untersucht (HAASE ET AL. 1998, SCHNEIDER ET AL. 1998).

Fraktion	Extraktionsmittel	Bindungsform	ökologische Bedeutung
I	aqua dest.	wasserlösliche Metallanteile	ökosystemrelevant, da Wasser wichtigstes Lösungsmittel im Boden
II	1 M NH ₄ NO ₃ , angesäuert mit HNO ₃	mobile Fraktion: austauschbare Bindungen	leicht verfügbare Metalle, „bioverfügbar“
III	1 M NH ₄ Ac (pH 6, eingestellt mit 50% Essigsäure)	leicht nachlieferbare Fraktion	durch Veränderungen der Bodenacidität/-alkalinität mobilisierbare (Karbonatpuffer) Metalle
IV	0,1M NH ₂ OH-HCl (pH6), 1 M NH ₄ Ac	an Mn-Oxide gebundene Fraktion	bei stärkerem Säureeintrag lösliche Spezies
V	0,025 M NH ₄ -EDTA (pH 4,6)	an org. Bodensubstanz gebundene Fraktion	mit Huminstofffällung und -lösung freigesetzte Fraktion
VI	0,2 M NH ₄ -Oxalat (pH 3,25)	an schlecht kristalline Eisenoxide gebundene Fraktion	schwer lösliche Metallbindungen (Al-Fe-Pufferbereich pH<4,2-3,8)
VII	0,1 M Ascorbinsäure im 0,2 M Oxalatpuffer	an kristalline Eisenoxide gebundene Fraktion	siehe oben
VIII	Mikrowellenaufschluß (HCl, H ₂ O ₂ , HNO ₃)	säurelösliche Residualfraktion	weniger ökosystemrelevant, da so niedrige pH-Werte nicht erreichbar

Abb.3: Sequentielles Extraktionsverfahren nach Zeien/Brümmer (1989), modifiziert nach Krüger/Schneider (1994)

3. Ergebnisse der Untersuchungen

3.1 Stoffeintrag durch Flutungswasser und Sediment

Ein Eintrag von Schadstoffen bzw. Säuren durch das Flutungswasser der Paußnitz liegt nur in geringen Gehalten vor, die sedimentär-partikuläre Akkumulation von Schwermetallen infolge der Ablagerung einer dünnen Schicht rezenter Flutungssedimente ist nachweisbar (Abb.4). Das schluffige Sediment ist Träger von v.a. in mobiler bzw. leicht nachlieferbarer Form gebundenen Schwermetallen wie Cu, Cd oder Zn, aber auch von Nährstoffen wie Ca oder Mg (Abb.4). Dabei übersteigen die Total- als auch mobilen Metallgehalte z.T. LAGA- und KLOKE-Grenzwerte (SCHNEIDER ET AL. 1998).

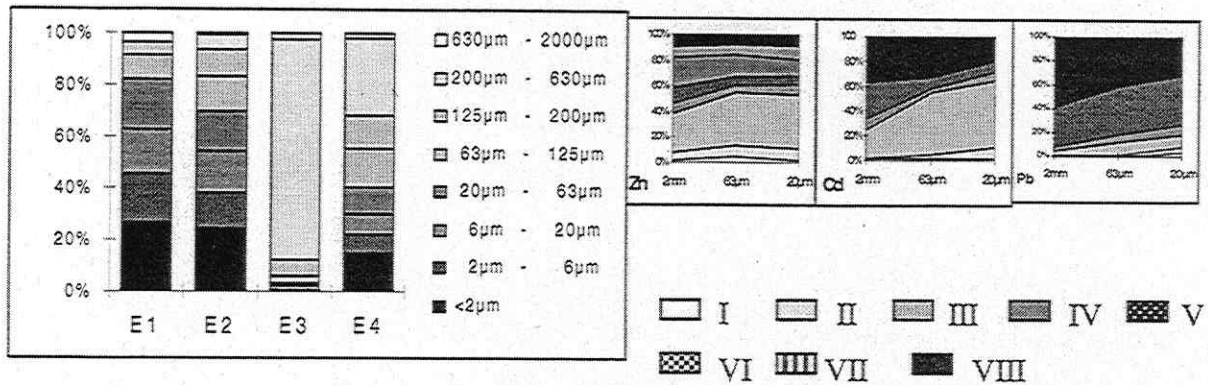


Abb.4: Körnung von Flutungssedimenten und ihre körnungsspezifische Metallbindungsformen

3.2 Stoffdynamik in gefluteten und nicht gefluteten Auenbereichen

Im Vergleich der wasser- und säureeludierbaren Gehalte an Al, Mn und Fe im gefluteten und nichtgefluteten Gebiet zeigen sich im Oberboden der Flutungsfläche höhere, leichter mobilisierbare Gehalte. Es kommt durch die Renaturierungsmaßnahme zu einer Änderung in der Verteilung der Bindungsformen der Metalle (Abb.5/6). Im Fall von Sulfat handelt es sich um einen Eintrag durch die Oberflächflutung, während es bei den meisten Schwermetallen zu Verdünnungs- bzw. Auswaschungsprozessen kommt. Die Gesamtmengen an gelösten Ionenäquivalenten im künstlichen Überflutungsgebiet sind höher als im nichtgefluteten Bereich, woraus zu schließen ist, daß es durch das Paußnitzwasser zu einem durchaus nachweisbaren Eintrag an Kat- und Anionen kommt. Von einem Schadstoffeintrag im Sinne einer Belastung kann man allerdings nicht sprechen. Bei Zunahme saurer atmosphärischer Depositionen (ANC) liegen die pH-Werte im aMGo-Horizont aller Profile im Bereich des Austausch- bzw. Al-Fe-Puffers. Die Böden außerhalb des Renaturierungsgebietes werden geringer gepuffert, im Oberboden sowie auch im Unterboden. Bei Erhöhung der Bodenalkalinität (BNC) unterscheidet sich das Pufferverhalten der Flutungsfläche von der außerhalb. Eingetragene Basen werden von den nichtgefluteten Böden besser gepuffert. Dieses Ergebnis korreliert mit der geringeren Säurenneutralisationskapazität.

Man kann im Fall der vier angegebenen Schwermetalle von einer deutlichen Mobilisierung sprechen, welche in allen Bodenschichten bis 1 Meter Tiefe nachvollziehbar ist, vor allem aber im ohnehin sauren Entnahmebereich von 30cm Bodentiefe für die Metalle Al, Cu, Zn, Cd

und Pb deutlich. Hier konnte im überfluteten und nichtgefluteten Bereich die geringste Säureneutralisationskapazität und ausgeprägteste Bodenacidität ermittelt werden.

Metalle wie Al, Cu, Pb, Cr und Ni sind im Boden zu großen Teilen an die organische Substanz (gelöst und partikulär) gebunden und unterliegen unter zunehmend basischen Milieubedingungen im Boden einer zunehmenden Mobilisierung, welche bis zur Verzehnfachung der wasserelueierbaren Gehalte führen kann.

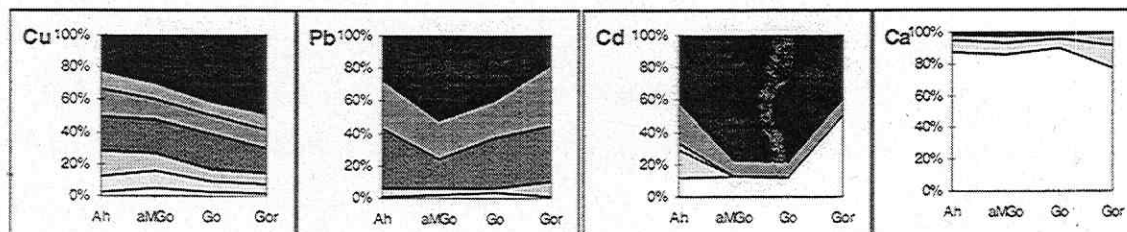


Abb.5: Metallbindungsformen eines Vega-Profiles im Flutungsgebiet

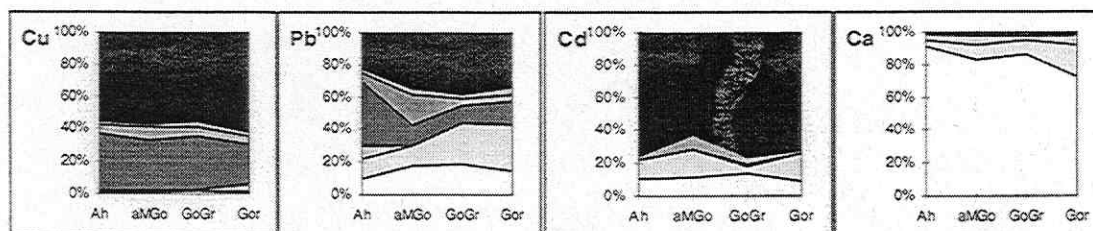


Abb.6: Metallbindungsformen eines Vega-Profiles außerhalb des Flutungsgebietes

Mit der Lösung der metallorganischen Komplexe als „Träger“ der Metalle bei geringer BNC des Bodens kann es zur Mobilisierung und Migration von Schadstoffen in tiefere Bodenschichten kommen, so daß bei einem entsprechend hohen Gesamtgehalt im Boden mit einem Eintrag in das Grundwasser gerechnet werden muß.

Die hinsichtlich einer (Re)Mobilisierung von Stoffgehalten im Boden herangezogenen Untersuchungen zu den Metallbindungsformen zeigten, daß Ca und Na unspezifisch bzw. in leicht nachlieferbarer Form im Auenboden gebunden sind, K und Mg in erster Linie in der Residualfraktion nennenswerte Gehalte aufweisen. Al und Fe sind überwiegend residual gebunden, im nichtgefluteten Bereich weisen sie höhere Anteile in mobileren Fraktionen (organisch gebunden) vor. Hier besteht die Gefahr der (Re)Mobilisierung durch Löslichkeit der organischen Substanzen bei zunehmender Bodenalkalität. Die Schwermetalle Pb, Cu und Cr, in geringerem Maße auch Ni, an die organische Bodensubstanz gebunden, Cr und Pb sind im Oberboden des nichtgefluteten Bereiches stärker in den sogenannten mobilen Fraktionen I und II ver-

treten und somit durch geringe Milieuveränderungen mobilisierbar. Im Unterboden des Flutungsgebietes sind für Pb nennenswerte Anteile der mobilen Fraktion meßbar. Bei der komparativen Betrachtung fallen die höheren Anteile organisch gebundener Elementgehalte innerhalb der Flutungsfläche auf. Das könnte durch einen Eintrag oder die Verlagerung von humosen Substanzen (Huminstoffen) während des Flutungsereignisses begründet sein, da diese in gelöster oder partikulärer Form als „Träger“ für Metalle im Boden fungiert.

4. **Schlußfolgerungen**

Die Ergebnisse zeigen, daß zur Zeit keine extreme Schadstoffbelastung im Flutungsgebiet an der Paußnitz vorliegt, vorhandene Stoffgehalte aber infolge von erhöhter Acidität der Niederschläge (LfUG 1998; HAASE ET AL. 1998; HAASE/NEUMEISTER 1998; NEUMEISTER ET AL. 1997A,B) zum einen mobilisiert, zum anderen durch oberflächliche Flutungs- oder Wiedervernässungsmaßnahmen erhöht werden können. In einem künstlich gefluteten Renaturierungsgebiet an der Paußnitz kommt es aufgrund von Verdünnungs-, Auswaschungs- und spezifischen Anreicherungs- bzw. Mobilisierungsprozessen zu erhöhten Gehalten an Sulfat, Nitrat, Ca und Mg, während v.a. atmosphärisch eingetragene Schwermetalle in deutlich geringeren Gehalten gegenüber den nichtgefluteten Bereichen auftreten. Ein wesentlicher Moment bei der Flutung ist neben dem Stoffeintrag auch der Eintrag von organischer Substanz. Eine Erhöhung der Bodenacidität durch saure Depositionen bedingt auch eine Veränderung der elementspezifischen Bindungsformen im Boden. Besonders die mobilen, unspezifisch adsorbierten Anteile werden gegenüber fester gebundenen Fraktionen erhöht und stellen somit ein Gefahrenpotential dar.

5. **Ausblick**

Bei der Bewertung von Stoffgehalten und ihrer Dynamik in Flutungsgebieten von Auen und insbesondere in künstlichen Renaturierungsflächen muß stoffgruppen- und elementspezifisch vorgegangen werden, um die Ökosysteme wirklich schützen zu können.

Literatur

- HAASE, D., KRÜGER, A., SCHNEIDER, B., HANS NEUMEISTER (1998): The wood stock as one main stress factor for the geochemical processes in soils of flood plain forests. The example of the Weiße Elster-Pleiße flood plains, Germany, Proceedings of the Int. Symposium on flood plain forests, Smolenice 1998
- HAASE, D., KRÜGER, A., SCHNEIDER, B., H. NEUMEISTER (1998): Auswirkungen immissionsbedingter Stoffeinträge auf Säurestatus und Stoffgehalte stadtnaher Auwaldböden. In: Mitt. Deut. Bodenk. Gesell., Tagungsbeiträge der GEO Berlin '98

- HAASE, D. UND H. NEUMEISTER (1998): Die Leipziger Flußauen als ein hochsensibles Ökosystem in mitten einer urban geprägten Landschaft. Untersuchungen zum Säurestatus von Auwaldböden in Abhängigkeit von der Immissionssituation. In: FRÜHAUF/HARDENBICKER (Hrsg.): geowissenschaftliche Umweltforschung im mitteldeutschen Raum, UZU-Schriftenreihe; N.F.,2, Halle, S. 115-128
- HAASE, D., H. NEUMEISTER (1998): Die Auenökosysteme der Weißen Elster und Pleiße sowie ihre Böden - Puffer für Leipzigs Umweltbelastungen ? - In: Tagungsband zum Symposium Stadtökologie, UfZ Leipzig-Halle
- HAASE, D. AND H. NEUMEISTER (1997): Pattern of soil acidification in the flood plain forests of Leipzig (Germany). Proceedings of the 16th World Congress of Soil Science Montpellier, 1998
- HAASE, D., B. SCHNEIDER UND H. NEUMEISTER (1997): Auswirkungen der anthropogenen beeinflussung des Auenökosystems der Weißen Elster und Pleiße anhand eines Tiefenprofils in einem künstlichen Überflutungsgebiet. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Tagungsband zur Jahrestagung 1997
- LfUG (1997): Jahresbericht zur Immissionssituation 1996
- NEUMEISTER, H., D. HAASE, R. REGBER (1997A): Methodische Aspekte zur Ermittlung von Versauerungstendenzen und zur Erfassung von pH-Werten in Waldböden. In: Petermanns Geographischen Mitteilungen, Heft 5/6; Verlag Julius Perthes Gotha 1997, S. 385-399
- NEUMEISTER, H., A. KRÜGER, B. SCHNEIDER (1997B): Problems associated with the artificial flooding of floodplain forests in an industrial region in Germany. - In: Global Ecology and Biogeography Letters Blackwell Science Ltd. (1997), 6, S. 197-210
- SCHNEIDER, B., KRÜGER, A. NEUMEISTER, H. (1997): Untersuchungen zur Mobilisierung von Metallen unter Einfluß der DOM in mitteldeutschen Auenlandschaften. 3. Jahrestagung zur geographischen Umweltforschung im Rahmen des Universitätsverbandes Leipzig, Halle und Jena, 6./7.11.1997 in Halle.
- VEHN (1998): LVZ 10.03.1998

Hochwassergebundener Schadstoffeintrag an der Elbe bei Wittenberge

Krüger F^{1,2}; Kunert M²; Büttner O²; Friese K²; Rupp H¹; Meißner R¹; Miehlich G³

¹UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Sektion Bodenforschung, Dorfstraße 55,
D-39615 Falkenberg

²UFZ- Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Sektion Gewässerforschung, Brückstr. 3a,
D-39104 Magdeburg

³Universität Hamburg, Institut für Bodenkunde, Allende Platz 2, D-20146 Hamburg

Einleitung

Im Rahmen des BMBF-Forschungsvorhabens "Wirkung von Hochwasserereignissen auf die Schadstoffbelastung von Auen und kulturwirtschaftlich genutzten Böden im Überschwemmungsbereich von Oka und Elbe" (FKZ 02 WT 9617/0) werden nutzungsbezogene Qualitätsziele für die kulturwirtschaftlich genutzten Böden der Vorländer erarbeitet. Neben der Charakterisierung des derzeitigen Belastungszustandes ist es nötig, den aktuellen Schadstoffeintrag zu prognostizieren. Am Untersuchungsstandort bei Wittenberge zwischen den Elbe-Stromkilometern 435 und 440 (Abb. 1) werden zu diesem Zweck mittels Kunstrasenmatten natürlich abgelagerte Hochflutsedimente gewonnen. Durch deren geochemische Charakterisierung ist es möglich, den Metalleintrag in die Vorländer zu erfassen und Kenntnisse über das flächenhafte Sedimentationsgeschehen zu gewinnen.

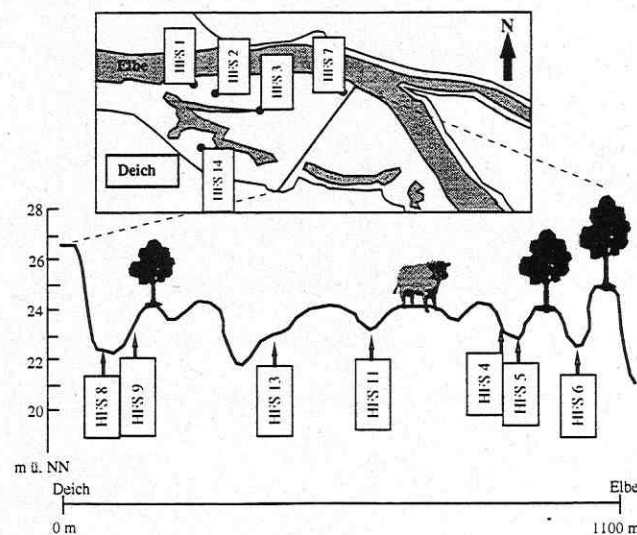


Abb. 1: Probennahmepunkte im Untersuchungsgebiet bei Wittenberge

1997 und 1998 sind jeweils zwei Hochwässer an der Elbe abgeflossen, die im Hinblick auf den rezenten Schadstoffeintrag untersucht wurden bzw. werden. In diesem Beitrag werden Ergebnisse der Untersuchungen zu den Hochflutsedimenten der Hochwässer von 1997 vorgestellt.

Material und Methoden

Das Hochflutsediment wurde an 12 Standorten (Abb. 1) mit jeweils 9 Kunstrasenmatten (30 * 40 cm), die mit ihren 3 cm langen Borsten eine Grasnarbe simulieren, gewonnen. An jedem Standort wurde aus 5 Kunstrasenmatten das Sediment herausgespült. Nach 24 h wurde der Wasserüberstand dekantiert und das Sediment 24 h bei 105°C getrocknet. Es erfolgte ein mikrowelleninduzierter Königswasseraufschluß. Die Elementanalysen wurden mit ICP-MS durchgeführt. Glühverlust- und Rückstandsbestimmungen fanden nach DIN statt. Die übrigen 4 Kunstrasenmatten wurden am Standort belassen, um den Einfluß weiterer Hochwasserwellen zu erfassen.

Das Frühjahrshochwasser 1997 hatte mehrere Scheitelpunkte und erreichte sein Maximum mit einer Höhe von ca. 2 m über dem mittleren Wasserstand mit einem Abfluß von ca 1800 m³. Die Kunstrasenmatten konnten an den flußnahen Standorten HFS 1, HFS 2 und HFS 7 erstmals Mitte März geborgen werden. Die zweite Probennahme erfolgte an diesen Standorten im April. Von allen anderen Positionen wurden die Proben sukzessive mit sinkendem Wasserstand gewonnen.

Ergebnisse der Untersuchungen an Hochflutsedimenten

Sedimenteinträge

An den flußnahen Standorten erfolgte der größte Sedimenteintrag mit dem maximalen Abfluß. Wiederholt ausgelegte Sedimentmatten ergaben abnehmende Sedimenteinträge mit Ausnahme des Standortes am Rande eines Bühnenfeldes (HFS 1, Abb. 2). Am Rand des Bühnenfeldes führten auch spätere maximale Abflüsse von ca. 1000 m³/s zu einer Sedimentanlieferung, die der größten Hochwasserwelle entsprach. In flußnahen Röhrichten blieb der Sedimenteintrag von den kleineren Hochwasserwellen unbeeinflusst (HFS 7, Abb. 2). Der Sedimenteintrag schwankte in weiten Grenzen (Tab. 1). Die Werte liegen zwischen 40000 kg/ha Trockensubstanzeintrag in Bühnenfeldnähe und 40 kg/ha in einem Überflutungsbereich mit hohen Fließgeschwindigkeiten. Durchschnittliche Sedimenteinträge lagen bei ca. 2200 kg/ha

(Tab. 1). Insgesamt nimmt der Trockensubstanzeintrag mit der Entfernung von der Elbe ab (Abb. 3). Parameter wie Überflutungsdauer und Geländehöhe spielen eine untergeordnete Rolle.

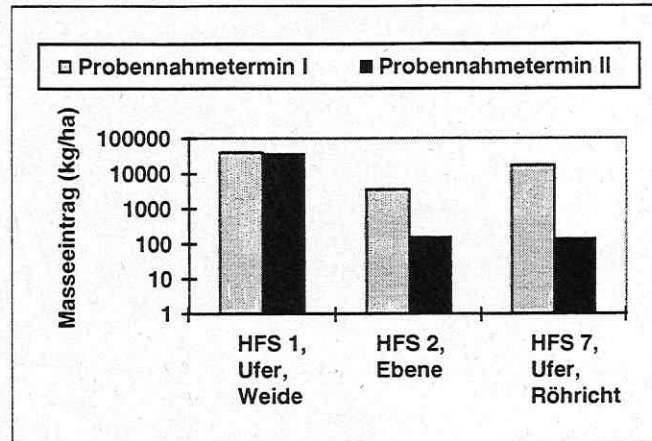


Abb. 2: Flußnaher Trockensubstanzeintrag an unterschiedlich exponierten Standorten

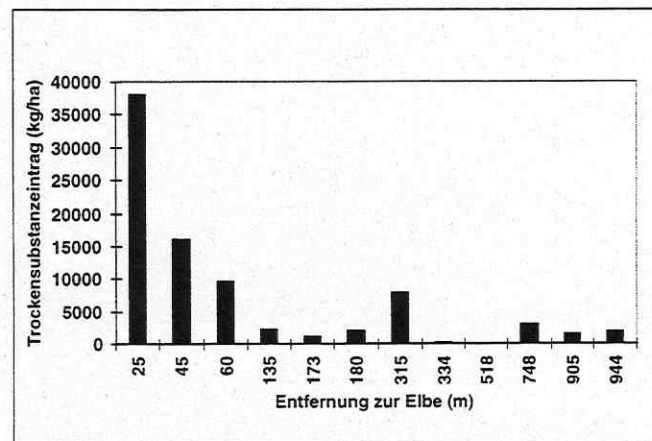


Abb. 3: Trockensubstanzeintrag des Frühjahrshochwassers 1997

Metalleinträge und -konzentrationen

Insbesondere am Standort HFS 1 wurde deutlich, daß mit der ersten Hochwasserwelle (HFS 1/I) deutlich höhere Elementkonzentrationen im Sediment als mit der zweiten Welle (HFS 1/II) zu ermitteln waren (Abb. 4). Die Metallgehaltsdifferenzen zwischen den untersuchten Sedimentationsstandorten sind zwar erheblich (Tab. 1), wirken sich aber auf den Eintrag nur geringfügig aus. Die Metallgehalte erreichen mit Ausnahme des Cadmiums nicht die Grenzwerte der Klärschlammverordnung. Der Eintrag von Metallen ins Vorlandgebiet ist im wesentlichen vom Trockensubstanzeintrag abhängig und dieser hängt wiederum von der Entfernung der Standorte zum Fluß ab, wie Abb. 3 und 5 zeigen.

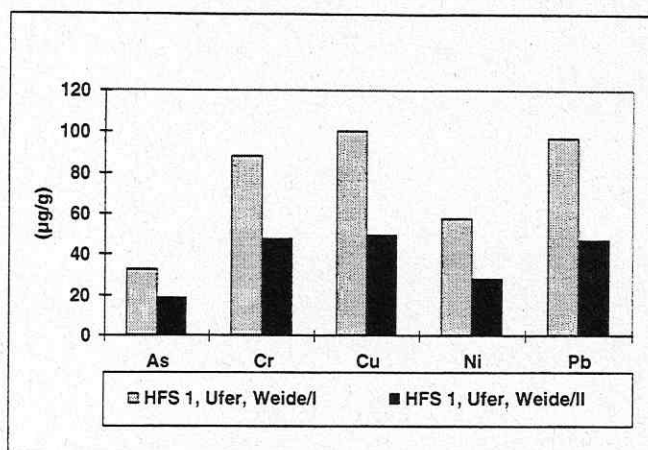


Abb. 4: Einfluß der Hochwasserdynamik auf die Elementkonzentrationen

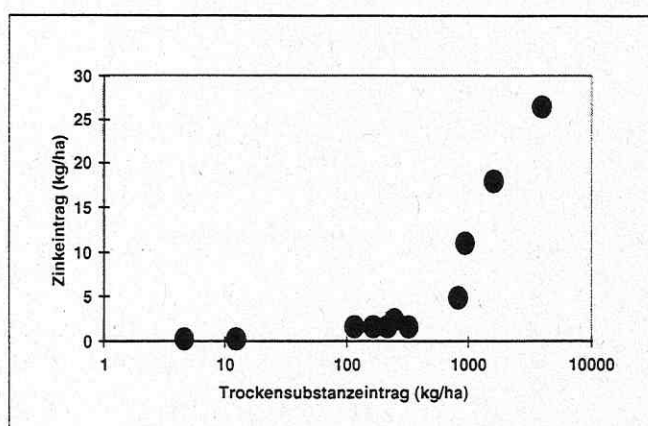


Abb. 5: Zinkeinträge in Abhängigkeit der Masseinträge im Frühjahr 1997

Tab.1: Elementeinträge und Konzentrationen der Hochflutsedimente

	Einträge	Einträge	Einträge	Konz.	Konz.	Konz.
	Minimum	Maximum	Median	Minimum	Maximum	Median
	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Trockenmasse	40	40000	2200	-	-	-
Silber	0,0001	0,058	0,006	1	4	3
Arsen	0,002	1	0,1	26	107	40
Cadmium	0,0003	0,16	0,01	4	10	7
Cobalt	0,0004	0,6	0,05	9	43	19
Chrom	0,004	2,8	0,25	35	134	110
Kupfer	0,005	2,9	0,24	69	146	110
Lithium	0,001	1	0,08	7	50	29
Mangan	0,05	40	4,31	530	5500	1200
Molybdän	0,0002	0,09	0,007	2	6	3
Nickel	0,002	1,6	0,13	42	75	53
Blei	0,02	2,8	0,3	61	188	130
Rubidium	0,003	1,5	0,14	14	83	56
Scandium	0,0003	0,2	0,015	2	9	6
Zinn	0,001	0,4	0,03	4	21	14
Strontium	0,005	3,2	0,26	81	264	110
Titan	0,04	30	2,2	276	1233	920
Uran	0,0001	0,09	0,006	1	4	3
Zink	0,2	26	2	650	1980	1150

Untersuchungen zum hochwassergebundenen Schwermetalltransfer in der Saaleue des Halleschen Stadtgebiets

Frank Winde

Institut für Geographie, FSU Jena, Dohlenweg 6d, 06110 Halle/S.

Die untersuchte Saaleue bei Halle gehörte durch ihre Lage im „Chemiedreieck“ Halle-Merseburg-Bitterfeld zu den ökologisch am stärksten belasteten Gebieten der DDR. Im Rahmen einer Vielzahl von Bestandsaufnahmen der Schadstoffbelastung nach 1990 stellte sich die Kontamination ihrer Böden und rezenten Gerinnebettsedimente mit Schwermetallen - insbesondere mit dem Quecksilber aus der Chloralkalielektrolyse und Aldehydproduktion der Chemischen Werke Buna - als besonders problematisch heraus. Innerhalb eines Forschungsprojekts zum fluvialen Schadstofftransfer wurde mit Hilfe der Auswertung von Fremddaten die Belastungssituation in der Halleschen Saaleue kompartimentbezogen charakterisiert und die Bedeutung von Hochwassereignissen für die Auenkontamination an zwei Fallbeispielen untersucht.

Die Analyse der räumlichen Muster der Bodenbelastung ergab, daß sich die stark angereicherten Schwermetalle Hg, Pb, Cd und Zn - im Gegensatz zu denen mit lediglich geogenen Gehalten (Ni, Cr, Cu) - durch ausgeprägte Tiefengradienten bei deutlichen Oberbodenmaxima auszeichnen und damit prinzipiell fluvial verursacht sein können. Die horizontale Schwermetallverteilung in den Oberböden zeigte dagegen weder konsistente Abhängigkeiten vom Uferabstand, noch von der Geländehöhe (resp. Überflutungshäufigkeit) oder der Entfernung zur Emissionsquelle (z. B. Buna). Vielmehr nehmen mit zunehmendem Anreicherungsgrad der einzelnen Schwermetalle in den Oberböden die horizontalen Konzentrationsunterschiede zu, wie sich besonders am Beispiel des Quecksilbers zeigte.

Allerdings wiesen die deutlich höheren Schwermetallkonzentrationen in den meterdicken Faulschlammablagerungen der Saalenebenarme (die im wesentlichen durch niederschlagsbedingte Abwassereinleitungen aus der Misch- und Trennkanalisation entstehen) und die fast identische Reihenfolge der Anreicherung auf genetische Zusammenhänge der Schwermetallbelastung beider Kompartimente hin. Die Reduzierung industrieller Abwassereinleitungen in die Saale dokumentiert sich insbesondere bei Quecksilber durch sprunghafte Konzentrationsveränderungen im Tiefenprofil der Schlämme.

Mit Hilfe des Vergleiches der vorfluterspezifischen Schwermetallspektren von Schwebstoffen und Hochwasserabsätzen, die hauptsächlich im Zusammenhang mit dem sogen. Jahrhunderthochwasser vom April 1994 beprobt wurden, konnte die Resuspension und

Verlagerung von hochkontaminierten Schlammpartikeln aus den Gerinnebetten in die angrenzenden Auenbereiche als wesentlicher Ursache der Bodenbelastung nachgewiesen werden. Daneben sind aber auch stark schwermetallbelastete Schwebstoffe aus dem städtischen Kanalisationsnetz, die sowohl durch niederschlagsbedingte Abwassereinleitungen während des Hochwassers als auch durch eindringendes Flußwasser in das fluviale System gelangen, als lokale Belastungsursache zu berücksichtigen. Dabei kommt es trotz der feststoffgebundenen Zufuhr von Schwermetallen in die Aue nur dann zu einer Belastungswirkung im Boden, wenn das Konzentrationsgefälle vom Schlamm zum Boden auch nach der „Verdünnung“ der resuspendierten Schlammpartikel durch unbelastete Hochwasserschwebstoffe bestehen bleibt.

Neben dem Konzentrationsgefälle wird die Belastungswirkung von Hochwasserereignissen aber auch durch ihre Überflutungsdynamik beeinflusst. Dabei unterscheidet sich der Feststofftransfer bei vorwiegend linienhaft erfolgender Überflutung der Aue, die noch vor Erreichen des Ausuferungswasserstandes entlang von Rinnen, Gräben und Altarmen im UG einsetzt, deutlich von dem bei flächenhaftem Ausuferen nach Überschreiten des bordvollen Abflusses. Während sich bei flächenhaften Überflutungen Uferabstandsgradienten in der Schwermetallbelastung der überwiegend geringmächtigen HWA nachweisen lassen, kommt es durch die weit häufiger stattfindende linienhafte Auffüllung auch zur vorfluterfernen Ablagerung grobkörniger und relativ mächtiger HWA. Auenbereiche die nicht über Rinnen, Gräben und Geländedepressionen aufgefüllt werden können, bleiben - auch wenn sie tiefer als bereits überflutete Flächen liegen – bei linienhafter Überflutung trocken. Aus diesem Grunde existiert vor allem bei den hochfrequenten kleineren Hochwassereignissen kein zwingender Zusammenhang zwischen Seehöhe des Geländes und seiner Überflutungshäufigkeit. Dadurch und durch die Überlagerung von flächenhafter mit linienhafter Überflutung lassen sich für die Gesamtheit der Auenböden keine konsistenten Abhängigkeiten der Schwermetallbelastung von der Geländehöhe bzw. der Uferentfernung nachweisen.

Unter Ausnutzung günstiger Randbedingungen wird mit Hilfe einer Massenbilanzierung des von Buna in die Saale geleiteten Quecksilbers versucht die Größenordnung des Retentionsvermögens der halleischen Saaleaue für partikulär gebundene Schadstoffe zu quantifizieren.

Grundwasserdynamik und Stoffaustausch zwischen Fluß- und Grundwasser in der Torgauer Elbaue

Nestler W*, Grischek T** und Macheleidt W*

*HTW Dresden (FH), Lehrbereich Wasserwesen, **TU Dresden, Institut für Wasserchemie

Einleitung

Die Untersuchung des Stoffhaushaltes von Flußauen setzt die ganzheitliche Betrachtung aller Stoffströme voraus. Basis für die Beurteilung der Stoffströme im Grundwasserleiter des Auenökosystems und ihres Austauschs mit der Elbe und kleineren Fließ- und Standgewässern ist die sorgfältige Klärung der Grundwasserströmungsverhältnisse bei verschiedenen Abflußregimen der Elbe.

Bei der Bewirtschaftung von Auenökosystemen ergeben sich einerseits Fragen hinsichtlich des Einflusses der Aue auf die Wasserqualität der Elbe (Stoffaustrag bei Exfiltrationsbedingungen) und andererseits zum Einfluß der Wasserqualität der Elbe auf das Auenökosystem infolge der vom Elbepegel abhängigen Dynamik des Grundwasserstandes und des Stoffeintrags durch Infiltration und Überflutung bei Hochwasser. Bei Untersuchungsprogrammen zum Stoffhaushalt von Auen müssen die geohydraulischen Besonderheiten des Talgrundwasserleiters, der Einfluß der Grundwasserdynamik und des direkten Stoffeintrags durch zeitweise infiltrierendes Elbewasser berücksichtigt werden. So kann zum Beispiel bereits die Auswahl falscher Standorte zur Boden- und Wasserprobenahme zu Fehlinterpretationen bei der Bewertung des Stoffhaushaltes führen.

Im Rahmen von BMBF-Forschungsvorhaben zur Uferfiltration an der Elbe wurden 1991-97 umfangreiche Untersuchungen der Strömungs- und Beschaffenheitsverhältnisse in Grundwasserleitern entlang der Elbe durchgeführt. Insbesondere in der Torgauer Elbaue wurden in Zusammenarbeit mit der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH Grundwassermeßnetze errichtet und betreut, welche auch Meßergebnisse für Bereiche liefern, die durch die Brunnen kaum beeinflußt werden. Gleichzeitig wurden bei der Errichtung von Meßstellen und der Datenauswertung Erfahrungen gesammelt, welche auch auf andere Standorte übertragbar sind. Anhand langjähriger Untersuchungsergebnisse zur Grundwasserdynamik und -beschaffenheit in der Torgauer Elbaue sollen relevante Wechselwirkungen von Grundwasser und Oberflächenwasser beispielhaft erläutert und Hinweise zum Monitoring gegeben werden.

Ergebnisse

Untersuchungen zu Strömungsprozessen in der fluviatil geprägten Torgauer Elbaue ergaben:

- Wasserstandsschwankungen der Elbe führen im Ufernahbereich durch den Wechsel von Infiltration und Exfiltration zu einer Mischzone Flußwasser-Grundwasser. Die Ausdehnung dieser Zone ist dynamisch und beträgt bei Normalabflußbedingungen wenige Meter und bei Hochwasser mehrere 10 m. Die Auswirkungen hinsichtlich der Wasserbeschaffenheit können trotz der Wiedereinstellung exfiltrierender Bedingungen nach Hochwässern über das gesamte Jahr beobachtet werden. So wird das Wasser, welches im durch die linkselbische Uferfiltration unbeeinflussten rechtselbischen GWBR 11 erfaßt wird, stark durch die Elbwasserbeschaffenheit beeinflusst (Abb. 1). Auch am GWBR 1 wurden noch kurzzeitige Beschaffenheitsänderungen festgestellt.

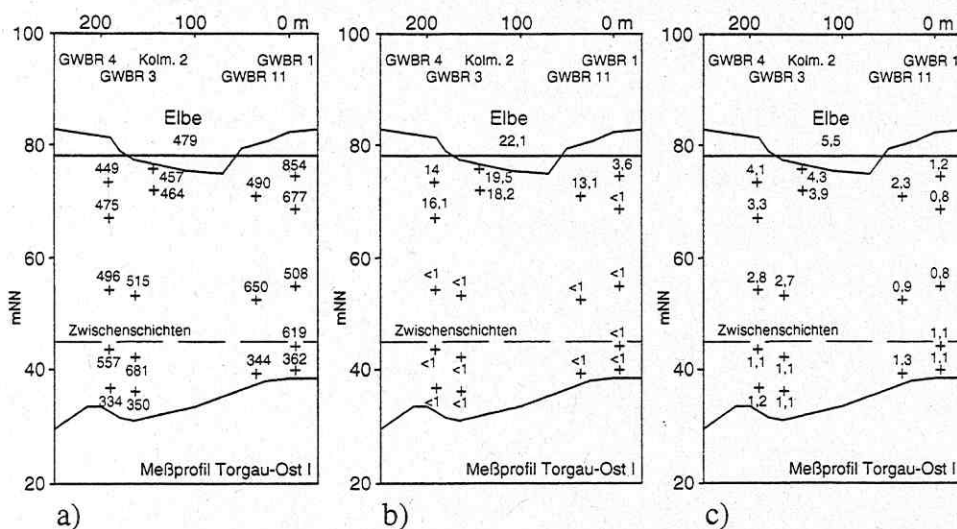


Abb. 1: a) Medianwerte der el. Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$ 1995-97
 b) Medianwerte der Nitratkonzentration in mg/L 1995-97
 c) Mittelwerte der DOC-Konzentration in mg/L 1995-97

- In fluviatil geprägten Auen kann nicht von homogenen Grundwasserleitern ausgegangen werden. Stauende Zwischeneinlagerungen und Schichten mit stark unterschiedlicher Durchlässigkeit bedingen sehr unterschiedliche Strömungsmuster. Beispielsweise führen die Zwischenschichten im Meßprofil Torgau-Ost I (Abb. 1) zu einer stärkeren horizontalen Strömungskomponente, während am Meßprofil Torgau-Ost II der gesamte Grundwasserleiter im Austausch mit Elbewasser steht (Abb. 2).

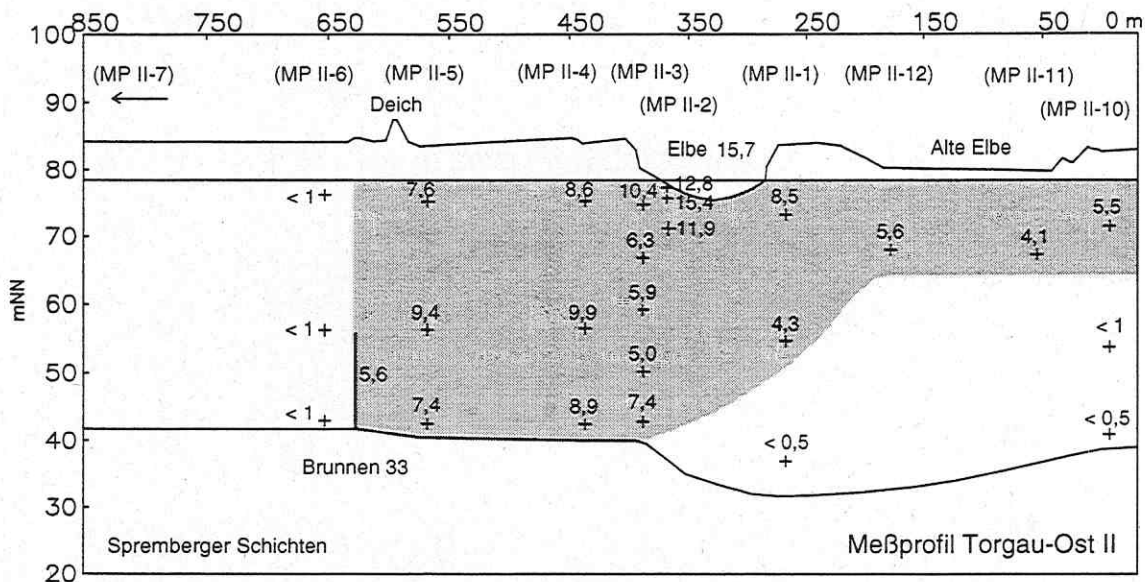


Abb. 2: EDTA-Konzentrationen in µg/L am 10.07.1994

- Die horizontal ebene Durchströmung einer Flußauwe kann maßgebend durch eiszeitliche Rinnenstrukturen verfälscht werden. Die Austauschraten, Laufzeiten und die Beschaffenheit können dadurch signifikant beeinflusst werden.
- Mäander können ebenfalls signifikante Auswirkungen auf die Grundwasserhydraulik und die Austauschvorgänge haben (Giebel & Hommes, 1994, Danielopol & Marmonier, 1992).
- Altarme, welche wie im Fall des Standortes des Meßprofils Torgau-Ost II nur zeitweise Verbindung zur Elbe haben, können die Strömungs- und Beschaffenheitsverhältnisse wesentlich beeinflussen. Abb. 2 zeigt, daß infolge der Infiltration von Elbewasser im Altarm in weiten Bereichen des rechtselbischen Grundwasserleiters der anthropogene Komplexbildner EDTA nachgewiesen werden konnte.
- Der Hochflächenzufluß in Auensysteme wird häufig maßgebend durch die geologische Struktur der Abbruchkante zum Talgrundwasserleiter bestimmt. Die Speisung kann keineswegs als gleichmäßig über den Rand verteilt vorausgesetzt werden.
- Standgewässer und kleinere Fließgewässer in Auen können trotz der oft nur geringen Wasserführung die Wasserbeschaffenheit nahegelegener Meßstellen bestimmen. Im Untersuchungsgebiet Mockritz wurde dies an einigen Meßstellen entlang des Vorfluters Weinske festgestellt (Abb. 3). So wurden die Calciumkonzentrationen um 95 mg/L in der oberen Teufe einiger Meßstellen entlang der Weinske durch infiltrierendes Oberflächenwasser verdünnt, während entferntere Meßstellen Werte von mehr als 100 mg/L

aufwiesen. Auch bei Annahme einer dichten Sohle derartiger Vorfluter sollten Grundwassermeßstellen in ausreichender Entfernung errichtet werden, da es sonst zu Fehlinterpretationen der Ergebnisse kommen kann, insbesondere wenn das Parameterspektrum den Nachweis einer Oberflächenwasserinfiltration nicht sicher ermöglicht.

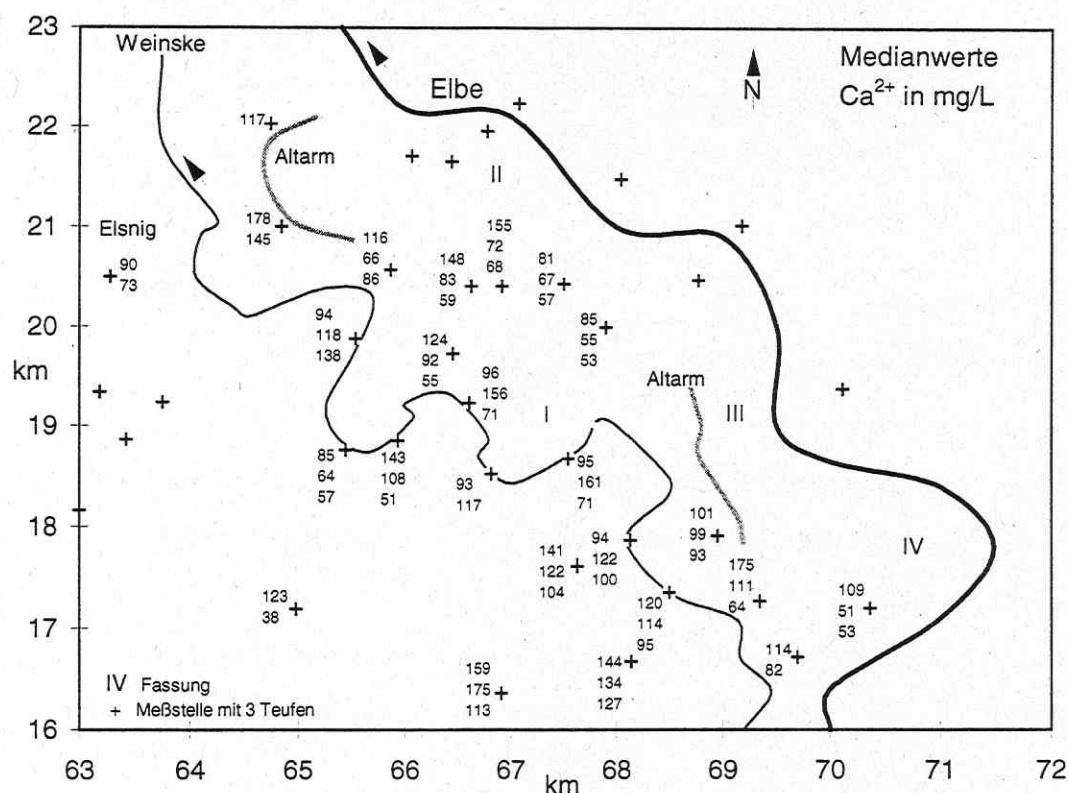


Abb. 3: Medianwerte der Calciumkonzentration in mg/L, 1995-97 im Einzugsgebiet Mockritz

Untersuchungen zu den Beschaffenheitsverhältnissen ergaben:

- Die in der Kolmationszone an der Schnittstelle Gewässer-Grundwasser ablaufenden Prozesse sind maßgebend für die Beschaffenheit des Infiltrats, insbesondere hinsichtlich der leichtabbaubaren Stoffe und der Stickstoffverbindungen (Nestler & Grischek, 1997, Grischek et al., 1998).
- Während der Passage von Infiltrat durch einen Auen-Grundwasserleiter treten in Abhängigkeit von der Wegstrecke weitere Eliminierungsleistungen insbesondere hinsichtlich der schwerer abbaubaren und adsorbierbaren Stoffe auf. Für die Torgauer Elbaue konnte dies für die Parameter Atrazin (Neitzel et al., 1995), EDTA (Grischek et al., 1997) und Sulfonsäuren (Neitzel et al., 1998) gezeigt werden.

Bei der meßtechnischen Erfassung der Beschaffenheitsverhältnisse des Grundwassers in Auen sind Besonderheiten zu beachten:

- Eine repräsentative Probenahme im Flußnahbereich und in oberflächennahen Meßstellen erfordert die Berücksichtigung der Dynamik der Wasserstandsänderungen des Vorfluters.
- Probenahme und prozeßbezogene Interpretation von Beschaffenheitsdaten im Bereich der Abbruchkante von Talgrundwasserleitern an der Elbe müssen die Speisungsbedingungen des Randes beachten (Nestler et al., 1998).
- Eine sichere Erfassung des Stoffeintrags und -austrags ist mit Hilfe von Kolmationsmeßstellen möglich, welche sich in Feldversuchen bewährt haben (Abb. 4).

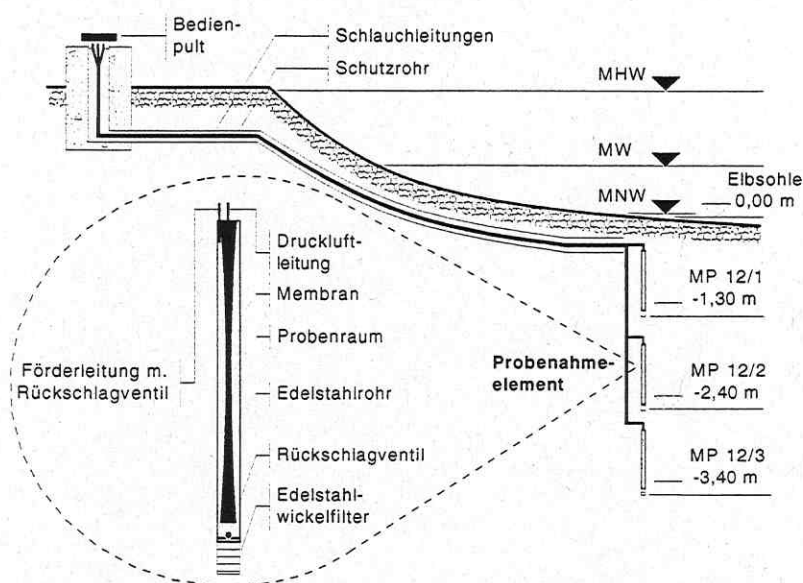


Abb. 4: Prinzipieller Aufbau einer Kolmationsmeßstelle an der Elbe

Literatur

- Danielopol, D.L.; Marmonier, P. (1992) Aspects of research on groundwater along the Rhone, Rhine and Danube. Regulated Rivers: Research & Management 7, 5-16.
- Giebel, H.; Hommes, A. (1994) Zum Austauschvorgang zwischen Fluß- und Grundwasser - Fortführung der Auswertungen im Neuwieder Becken. DGM 38, 2-10.
- Grischek, T.; Neitzel, P.; Andrusch, T.; Lagois, U.; Nestler, W. (1998) Verhalten von EDTA bei der Untergrundpassage und Ausweisung von Infiltrationszonen an der Elbe. Vom Wasser 89, 261-282.
- Grischek, T.; Hiscock, K.M.; Metschies, T.; Dennis, P.F.; Nestler, W. (1998) Factors affecting denitrification during infiltration of river water into a sand and gravel aquifer in Saxony, Germany. Water Res. 32, 450-460.
- Neitzel, P.; Nestler, W.; Grischek, T.; Dehnert, J. (1995) Analytischer Nachweis und Verhalten von Pflanzenschutzmitteln mit organisch gebundenem Stickstoff in der Oberelbe und bei der Uferfiltration. Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden 44, 52-59.
- Neitzel, P.; Abel, A.; Walther, W.; Grischek, T.; Nestler, W. (1998) Verhalten von Arylsulfonaten bei der Uferfiltration und unter Laborbedingungen. Vom Wasser 90, 245-271.
- Nestler, W.; Grischek, T. (1997) Verhalten ausgewählter Stoffe bei der Uferfiltration und der Einfluß der Beschaffenheitsänderungen der Elbe. In: Seiler, K.-P. (Hrsg.) Untersuchungsergebnisse zur Erfassung und Expositionsbewertung der Auswirkungen der Uferfiltration auf Grundwässer. GSF-Bericht 3/97, 67-80.
- Nestler et al. (1998) Wassergewinnung in Talgrundwasserleitern im Einzugsgebiet der Elbe. Abschlußbericht des BMBF-Vorhabens 02WT9454, 202 S.

Grundwasserhydraulik und -beschaffenheit der Unstrutau im zentralen Thüringer Becken

G. Hesse¹⁾, Th. Sommer²⁾, Prof. G. Büchel¹⁾

¹⁾ Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena

²⁾ Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V.

Das Land Thüringen führt an der Unstrut, einem Nebenfluß im Einzugsgebiet der Elbe, ein Modellprojekt „Unstrutrevitalisierung“ durch. Im Rahmen dieses Modellprojektes wird von der Thüringer Landesanstalt für Umwelt (TLU) innerhalb des vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) geförderten Elbe-Ökologie-Projektes das Forschungsprojekt „Revitalisierung der Unstrutau“ realisiert. Das Forschungsprojekt gliedert sich in sieben Teilprojekte, von denen das Teilprojekt I „Analyse und Modellierung von Grundwasserströmung und -belastung“ vom Dresdner Grundwasserforschungszentrum bearbeitet wird. In dessen Rahmen kam es zu einer Zusammenarbeit mit der Friedrich-Schiller-Universität Jena zur Bearbeitung eines Teilabschnittes der Unstrutau. Die in dem Beitrag dargestellten Ergebnisse wurden während einer Diplomarbeit an einem 80 km² großen Teilabschnitt der Unstrutau zwischen Wundersleben und Leubingen bei Sömmerda erarbeitet.

Die Unstrut entwässert das landwirtschaftlich intensiv genutzte Thüringer Becken nach Osten und mündet bei Naumburg in die Saale. Durch Eindeichungen kanalisiert, durchfließt sie eine bis zu 3 km breite Aue. Die intensive Landwirtschaft im Einzugsgebiet und in der Aue sowie eine Vielzahl kleiner Gemeinden ohne Abwasser-Klärwerke führen der Unstrut eine hohe anthropogene Stofffracht zu. Hinzu kommt die subrosionsbedingte hohe geogene Lösungsfracht des Grundwassers im zentralen Teil des Thüringer Beckens.

Die Grundwasserhydraulik wird im Untersuchungsgebiet durch die Schichten des Keupers (Lettenkeuper und Unterer Gipskeuper) und den pleistozänen Schottern der Aue geprägt. Dem Hauptgrundwasserleiter (Pleistozän) strömt aus dem liegenden Keuper hochmineralisiertes, gespanntes Wasser zu. Weiterhin wird aus der umliegenden Keuper-Hügellandschaft oberflächennahes Grundwasser lateral zugeführt. Der Kontakt des Hauptgrundwasserleiters mit dem Vorfluter Unstrut wird durch die Verbreitung der holozänen Sedimente bestimmt und ist variabel. Wirksam sind die geringen hydraulischen Leitfähigkeiten der holozänen

Sedimenten und die ausgezeichneten hydraulischen Eigenschaften der pleistozänen Sedimente. Intensive Drainage und Flußbegradigungen haben den Kontakt zwischen Haupt-Grundwasserleiter und Vorflut anthropogen verändert. Durch die gleichzeitige Beobachtung von Grundwasserpegeln und Flußpegeln sind die Flußabschnitte erkennbar, welche nicht im Kontakt mit dem Haupt-Grundwasserleiter stehen. Flächendeckende elektrische Leitfähigkeitsmessungen aller Oberflächengewässer untersetzen die Erkenntnisse zur Grundwasserdynamik im Untersuchungsgebiet. Der Grundwasserspiegel der Aue stellt heute im allgemeinen einen abgesenkten Grundwasserspiegel dar, der durch das abgesenkte Flußbett der Unstrut und weitere anthropogene Eingriffe kontrolliert wird.

Die Wasserbeschaffenheit der unterschiedlichen Grundwasserleiter und Oberflächengewässer stellt äußerst kontrastreiche Verhältnisse dar.

Das Oberflächen- und Grundwasser besitzt innerhalb des Bearbeitungsgebietes im Vergleich zur Unstrut stark erhöhte Lösungsinhalte. Mehrheitlich wird das Wasser durch den Ca-SO₄-Typ charakterisiert. Gespanntes Grundwasser des Keupers entspricht dem Na-Cl-Typ und strömt dem Haupt-Grundwasserleiter der Niederterrasse zu. Das Grundwasser im Haupt-Grundwasserleiter der Niederterrasse und in den Sedimentgesteinen im Liegenden der Niederterrasse führen erhöhte Eisengehalte (gelöst), welche ein reduzierendes Milieu anzeigen. Daneben wurde im Bereich der postglazialen Rinne lokal frühholozäne Torfe abgelagert, die durch die Zersetzung organischen Materials das Redoxpotential bis zur Sulfatreduktion senken können.

Eines der erklärten Ziele des Modellprojektes Unstrutrevitalisierung ist das Verbessern der Wassergüte. Die sehr hohe Salzfracht (Kalzium, Natrium, Chlorid, Sulfat) des Grundwassers, welches der Unstrut zuströmt, wird durch die geologischen Verhältnisse verursacht und ist nicht beeinflussbar. Die anthropogene Belastung der Unstrut durch landwirtschaftliche Düngung (Nitrat) und Abwässer (Phosphat) stammt von der umgebenden Keuper-Hügellandschaft und aus dem Bereich der Aue. Die Auensedimente stellen für das Grundwasser und ebenso für das Oberflächenwasser eine Stoffsenke für Nitrat, Nitrit und Phosphat dar. Als Ursache dafür ist an erster Stelle das reduzierende Milieu im Haupt-Grundwasserleiter der Niederterrasse zu nennen. Diese Senkenfunktion ist bei der Revitalisierung der Unstrutaua gezielt zu nutzen.

Einfluß von Talniederungen auf die diffusen Stoffeinträge in Kleingewässer über den Grundwasserpfad

Kluge W, Jelinek S, Martini M

Ökologie-Zentrum der Universität Kiel, Schauenburgerstr. 112, 24118 Kiel

1 Situation - Ziele

In den breiten, nahezu ebenen und überwiegend entwässerten Talniederungen des norddeutschen Tieflandes gelangen die diffusen Einträge zum wesentlichen Teil über den unterirdischen gesättigten bzw. Grundwasserpfad in die gefällearmen Gräben und Fließgewässer (Jelinek et al.). Durch eine Vielzahl kulturtechnischer und wasserwirtschaftlicher Maßnahmen haben die Feuchtgebiete und Moore der Talniederungen ihre natürliche Retentionsfunktion für Nährstoffe, die aus den umgebenden Einzugsgebieten lateral zugeführt werden, weitgehend verloren oder wirken sogar selbst als Stoffquellen. Obwohl die in Feuchtgebieten ablaufenden hydrologischen und hydrochemischen Teilprozesse im Prinzip bekannt sind, fehlt es noch immer an gebietsrepräsentativen validen Kennwerten, die die reale Puffer- oder Retentionswirkung von unterschiedlich genutzter Talniederungen beschreiben.

Ziel der Untersuchungen ist es, nach dem in Abb. 1 dargestellten Pfad-Bilanz-Konzept realistische stoffliche Retentionskoeffizienten für unterschiedlich genutzte Niederungstypen zu ermitteln. Dazu werden vorhandene Gelände-, Nutzungs- und Gewässerdaten sowie simulierte Daten herangezogen. Die damit entstehende Wissensbasis bildet die Grundlage für ein nachhaltiges hydroökologisches Pufferzonen-Management gesamter Talniederungen.

2 Analyse der Retentionswirkung nach einem Pfadkonzept

Die Aufklärung der unterirdischen Wasser- und damit Stofftransportpfade liefert den Zugang zur Aufklärung der stofflichen Wechselwirkungen zwischen den Gewässern mit ihren Uferstreifen, Talniederungen und grundwasserfernen Einzugsgebieten. Die Analyse der Retentionswirkung der Talniederungen erfolgt in folgenden Stufen: (1) datenbasierte Bewertung des Wasser- und Stoffhaushaltes von 40 Teileinzugsgebieten im Gebiet der oberen Stör zur Auswahl repräsentativer Untersuchungsgebiete (Jelinek et al.), (2) geohydrologische Typisierung von Teileinzugsgebieten/Talniederungen mit Grundwasserströmungs- und

Feuchtgebietsmodellen (Kluge et al. 1994), (3) Quantifizierung der Retentionskoeffizienten für die in Abb. 1 dargestellten Funktionseinheiten mit Hilfe von Grundwassertransportmodellen und einfach strukturierten, dynamischen Box-Bilanz-Modellen im Abgleich mit vorhandenen Daten des Landes Schleswig-Holstein, des Stör-Projektes (Ripl et al. 1996) und des Bornhöved Projektes, (4) Zusammenstellung einer Wissensbasis zur Retentionswirkung von Talniederungen, (5) Ableitung von Strategien zur Verminderung der Gewässerbelastung in repräsentativen Teilgebieten der oberen Stör.

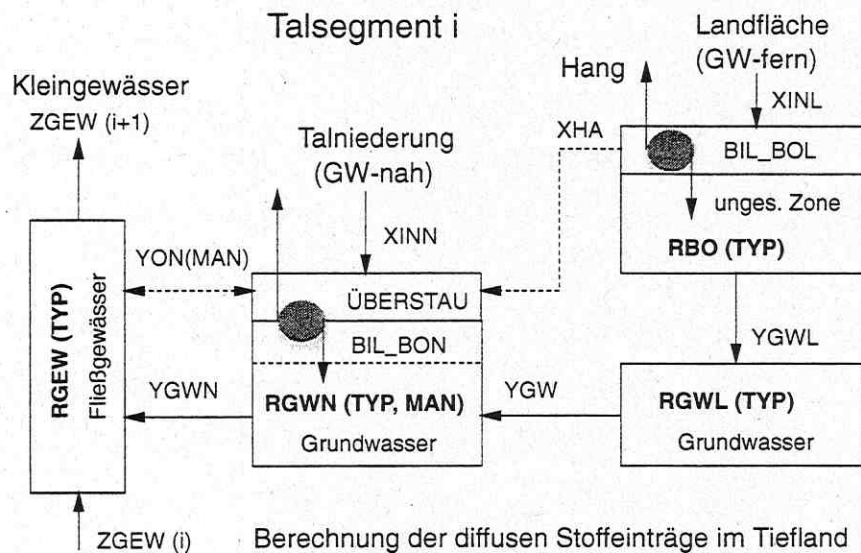


Abb. 1. Pfad-Bilanz-Konzept zur Ermittlung der Retentionskoeffizienten R in den Talniederungen in Abhängigkeit von den Stoffinputs X, dem Austausch zwischen den Systemelementen Y und den Austrägen Z in Abhängigkeit vom ökohydrologischen Typ (TYP) und von Maßnahmen (MAN) zur Wasserregulierung und Nutzungsänderung

3 Erste Ergebnisse zum Einzugsgebiet der Stör (Schleswig-Holstein)

Die Analyse von ca. 40 Teileinzugsgebieten ergab, daß mehr als 90 % des Gebietsabflusses über den gesättigten bzw. Grundwasserpfad in die Gewässer gelangen (Jelinek et al.). Hydrologisch-stoffliche Gebietsanalysen belegen weiterhin, wie Talniederungen mit ihren Dränen und Gräben die diffusen Stoffeinträge in die Gewässer (Stickstoff und Phosphor) häufig stärker beeinflussen, als das durch intensive Landnutzung in den umgebenden grundwasserfernen Einzugsgebieten der Fall ist.

Geohydrologisch-hydrochemisch repräsentative Einzugsgebietssegmente, die mit Hilfe vorhandener Daten und von Grundwassertransportmodellen abgeleitet wurden, spiegeln die glazial geprägten, charakteristischen Landschaftsräume Schleswig-Holsteins (Hohe und Niedere Geest, Östliches Hügelland in Abb. 2) wider.

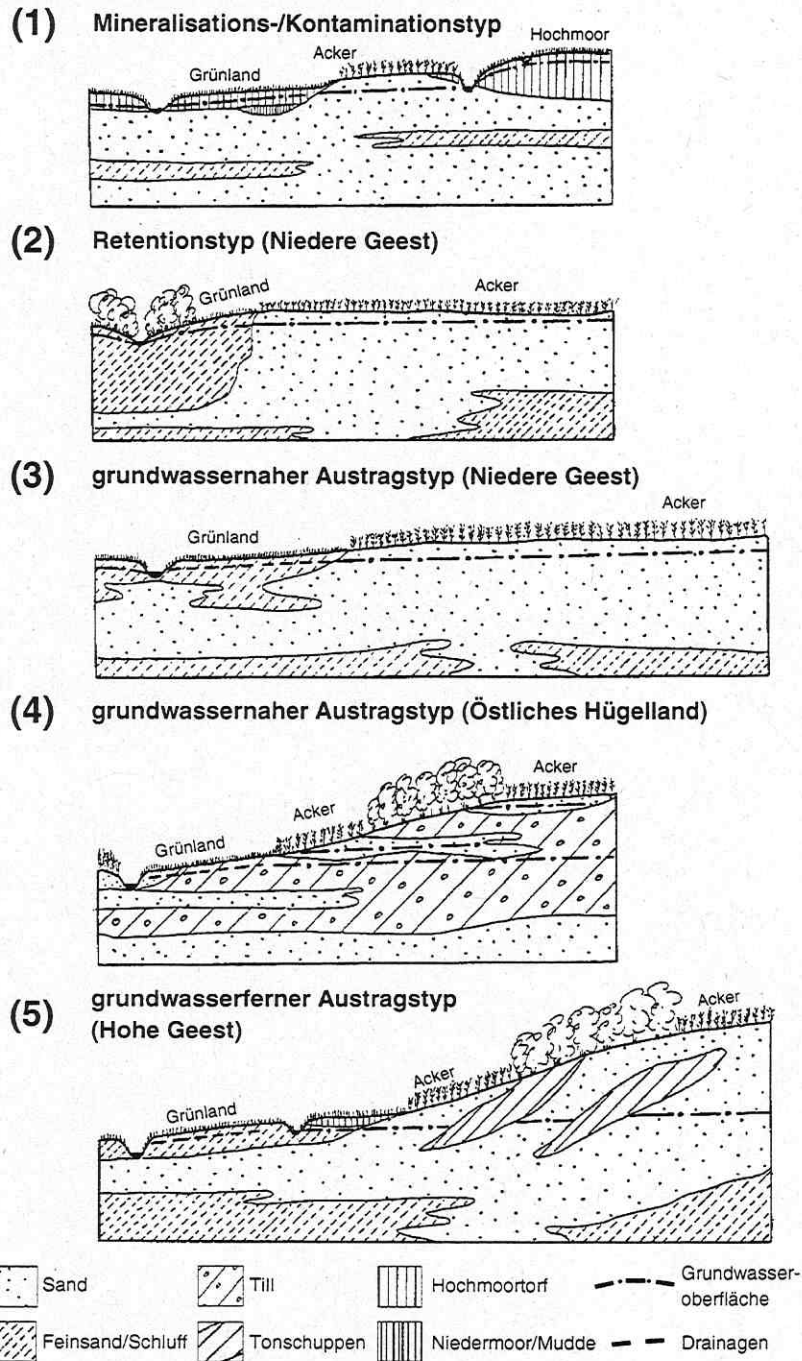


Abb. 2: Nitrat-Austrags-Typen in Form von Vertikalschnitten als Grundlage für die Ableitung von Managementmaßnahmen (schematische, mittlere Verhältnisse)

4 Zusammenfassung

Derartige Untersuchungen liefern wichtige Hinweise auf die bezüglich Stoffaustrag sensiblen Bereiche in den Niederungen, wo sich entweder potentielle Nährstoffquellen (entwässerte Moore) oder geohydraulisch-hydrochemische Barrieren (z.B. Denitrifikationszonen) befinden. Die Planungen von Maßnahmen zur Verminderung der diffusen Stoffeinträge sollten gezielt in diesen sensiblen Bereichen ansetzen.

Diese Forschungen erfolgen in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein und werden vom BMBF im Rahmen eines beim ZALF Müncheberg angesiedelten Forschungsvorhabens zum "Wasser- und Stoffrückhalt im Tiefland des Elbeeinzugsgebiets" gefördert.

Literatur:

- Jelinek, S. et al.. (eingereicht) Über das Abflußverhalten kleiner Einzugsgebiete im Norddeutschen Tiefland am Beispiel der oberen Stör in Schleswig-Holstein. Dt. Gewässerkundl. Mitt.
- Kluge, W., et al. (1994) Parameter acquisition for modelling exchange processes between terrestrial and aquatic ecosystems. *Ecol. Modelling* 75/76, 399-408
- Ripl, et al. (1996) Entwicklung eines Land-Gewässer-Bewirtschaftungskonzeptes zur Senkung von Stoffverlusten an Gewässern (Stör-Projekt). Im Auftr. BMBF und LAWAKÜ Schleswig-Holstein

Modellierung der Austauschprozesse zwischen Oberflächen- und Grundwasser in Flußauen

Hector Montenegro, Tilman Holfelder
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Technische Universität Darmstadt

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Deichrückverlegungsmaßnahme bei Lenzen, Brandenburg soll ein Auwald wiederbegründet werden. Im zukünftigen Deichvorland werden durch die Entnahme von Material für den Deichbau Flutrinnen entstehen, die einen sehr guten hydraulischen Kontakt zwischen Oberflächen- und Grundwasser herstellen. Auf Grundlage eines numerischen Grundwassermodells sollen Szenarien der zukünftigen Grundwasserdynamik untersucht werden. Im Beitrag wird auf die Implementierung Flußauen-spezifischer Gegebenheiten in ein Grundwassermodell eingegangen. Die Beurteilung erster Berechnungsergebnisse beinhalten eine Bewertung der Prognosezuverlässigkeit des numerischen Instrumentariums.

Einführung

Im Bereich der Brandenburgischen Elbtalau bei Lenzen werden derzeit Möglichkeiten zur Vergrößerung von Retentionsflächen und zur Wiederherstellung einer natürlichen Flußauenlandschaft untersucht. Zentraler Bestandteil dieser Maßnahmen ist eine Deichrückverlegung. Im Rahmen des "Elbe-Ökologie" Projektes, eines

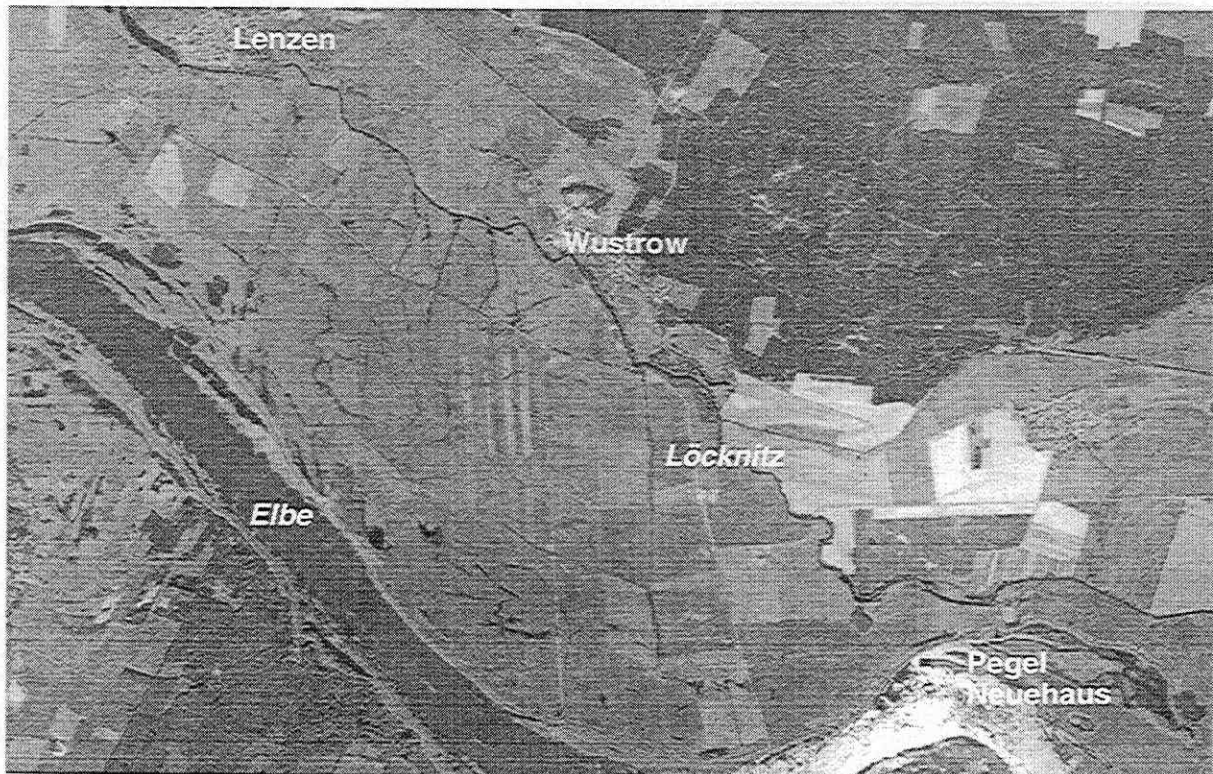


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes

vom BMBF geförderten interdisziplinären Forschungsvorhabens, sollen Leitfragen über die Wechselbeziehungen zwischen den Standortfaktoren und der Entwicklung der Biozönose in den Auen exemplarisch untersucht werden. Die TU-Darmstadt soll die Folgen einer Deichrückverlegung auf die Grundwasserdynamik prognostizieren, insbesondere sind die zu erwartenden Veränderungen der Grundwasser- und Flurabstände sowie das Auftreten von Qualmwasserbereichen hinter der neuen Deichlinie zu untersuchen.

Auswahl des Modells

In den Flußauen des Untersuchungsgebietes besteht über die gut durchlässigen Sande und Kiessande an der Flußsohle ein enger hydraulischer Kontakt zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser. Somit sind Grundwasserstand und Grundwassergefälle unmittelbar vom Flußwasserstand abhängig. Dies hat zur Folge, daß der Grundwasserspiegel in der Nähe der Elbe einen Schwankungsbereich von 2 bis 3 m hat., wohingegen die Pegel in der Nähe der staugeregelten Lößnitz einen Schwankungsbereich von etwa 1 bis 1,5 m haben. (vgl. Abb. 2 und 3)

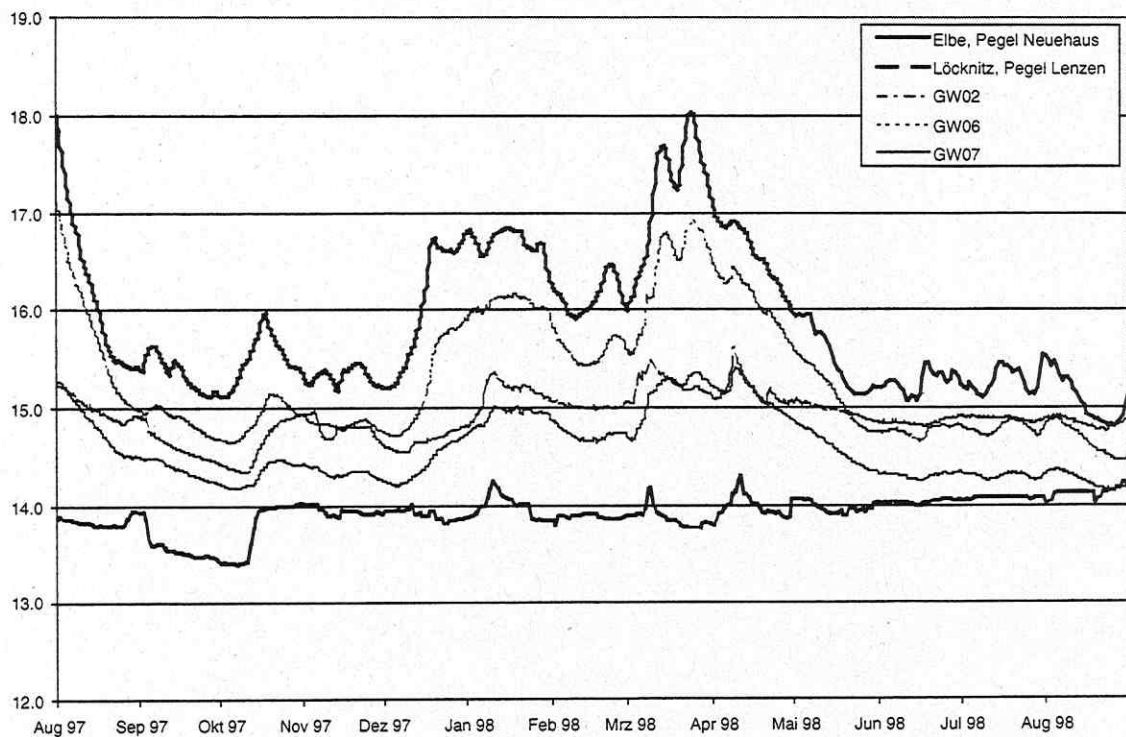


Abb.2: Gemessene Wasserstände der Oberflächengewässer und ausgewählter Grundwasserpegel

Charakteristisch für diese Talaquifersysteme ist ferner die Auelehmdecke, die auf den gut durchlässigen Talfüllungen aufliegt. In einem derart geschichteten Grundwasserleiter kann es je nach Grundwasserstand und Randbedingungen zu Übergängen von gespannten zu ungespannten Zuständen kommen (vgl. Abb. 3). Im gespannten Zustand können sich Druckwellen im Grundwasser vergleichsweise rasch ausbreiten, da eine Dämpfung infolge Auffüllung der ungesättigten Bodenzone nicht mehr gegeben ist.

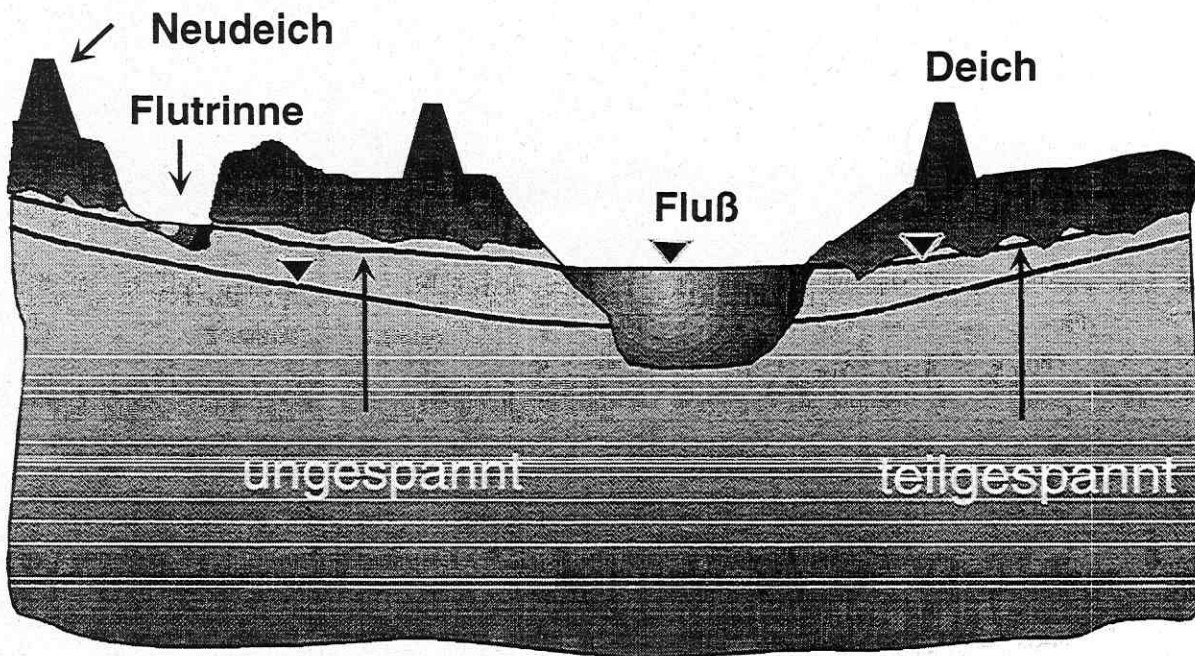


Abb. 3: Vertikalschnitt durch einen Talaquifer

Die Erfassung dieser Übergänge ist vor allem bei der Interpretation von flußnahen Grundwassermeßstellen bedeutsam.

Numerische Modellierung

Odenwald (1994) legte ein Finite-Elemente Modell zur Berechnung horizontal-ebener, instationärer Grundwasserströmungen vor, mit dem sich der für Flußauensysteme charakteristische Übergang von gespannt zu ungespannt adäquat beschreiben läßt.

Mit dem Grundwassermodell werden für diskrete Punkte (Netzknoten) verschiedene Zustandsgrößen (z.B. Grundwasserstände, Flurabstände, Leakageraten, Fließgeschwindigkeiten usw.) berechnet. Eingang in die numerische Modellierung finden Informationen über die Topographie, Hydrogeologie und Hydrologie, welche teilweise in einem GIS bereitgestellt werden. Zur Bestimmung der Modellparameter wurden Pumpversuche ausgewertet und 12 Grundwassermeßstellen im Untersuchungsgebiet installiert und mit Datensammlern ausgestattet. Des weiteren wurden die erforderlichen Wasserstände der Vorfluter Elbe und Lößnitz gesammelt und ausgewertet. Die Modellvorhersagen des abiotischen Standortfaktors "Grundwasserdynamik" stellen eine wichtige Referenz für andere Projektpartner dar.

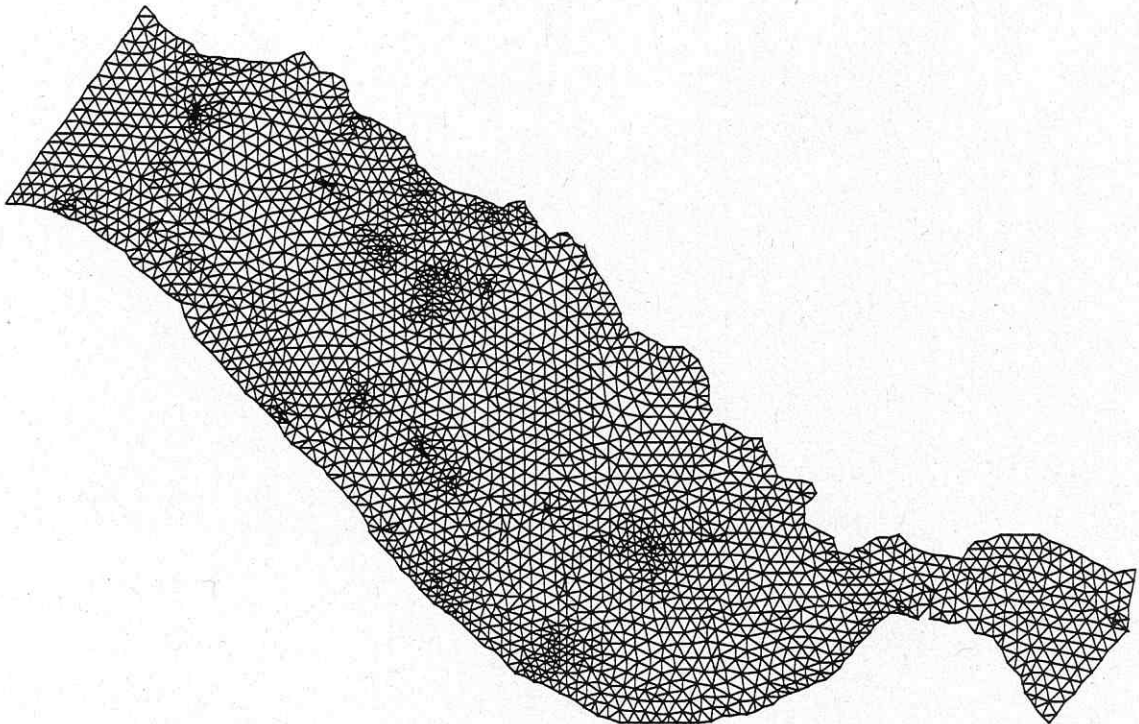


Abb. 4: FE-Netz des Untersuchungsgebietes

Interaktion zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer

Im Rahmen der Deichrückverlegung soll ein Teil des erforderlichen Baumaterials im Untersuchungsgebiet entnommen werden, wobei dadurch gezielt Flutrinnen gestaltet werden. In diesen Bereichen wird die Auelehmdcke aufgebrochen, und dadurch ein sehr guter hydraulischer Kontakt des Überflutungsraumes zum Aquifer hergestellt. Zur Prognose der zukünftig entstehenden Situation ist dementsprechend ein weiterer Schwerpunkt auf die adäquate Abbildung der Interaktion zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer und zukünftigem Deichvorland während eines Überflutungsereignisses zu legen.

Von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) werden derzeit numerische Berechnungen des oberirdischen Überflutungsverlaufes durchgeführt, allerdings können diese nicht die Interaktion mit dem Grundwasser berücksichtigen, welche nach Ablauf der Hochwasserwelle für die dann noch überfluteten Bereiche von Bedeutung ist. Es besteht somit für die Grundwassermodellierung das Problem der a priori nicht bekannten Wasserstände in den Flutrinnen und deren Auswirkung auf In- und Exfiltrationsvorgänge.

Es ist unklar, wie groß der Einfluß dieser Austauschwassermengen auf die Grundwasserdynamik ist. Für die Teilprojekte, die sich mit biotischen Fragestellungen befassen (Biologie, Botanik usw.), ist der zeitliche Verlauf der Flutung in den Flutrinnen von großer Bedeutung. Auch wenn das Vorland nicht überflutet ist, wird an den Flutrinnen dennoch eine Dämpfung einer Welle im Grundwasser stattfinden, und die Flutrinnen mit Qualmwasser auffüllen. Auch diese Prozesse haben eine große Relevanz bei der Bewertung der Auswirkungen auf das Ökosystem in diesen Bereichen. Aus diesem Grund besteht die Notwendigkeit, diese Prozesse detailliert im Modell abzubilden:

Die Wasserstände in den Flutrinnen werden, sobald oberirdisch kein Abfluß mehr stattfindet, durch den Ansatz einer vorab bestimmten Speicherkennlinie, unter Berücksichtigung von Niederschlag und Evaporation für jeden Zeitschritt berechnet. Als Reaktion auf den Füllungsgrad in den Rinnen und in Abhängigkeit der Durchlässigkeit an der Rinnensohle (Leakage-Ansatz) ergibt sich die Austauschwassermenge mit dem Grundwasser.

Modellergebnisse und Modellzuverlässigkeit

Jedes Modell ist mit Unsicherheiten behaftet und kann lediglich nur Aspekte der Wirklichkeit abbilden. Der Gründe hierfür sind einerseits die vereinfachenden Annahmen bei der physikalischen Beschreibung der Fließprozesse, die numerische Approximation und die Diskretisierungsfehler, und andererseits die Parametrisierung der Einflußgrößen sowie die Meßfehler (Kuhlmann, 1992). Die zur numerischen Beschreibung der Grundwasserströmung erforderlichen Modellparameter sind entweder fehlerbehaftet (Durchlässigkeit, Porosität) oder kaum direkt (Leakagekoeffizienten) zu messen. Aus diesem Grund müssen effektive Parameter zur Beschreibung der Strömungssituation in einem Kalibrierungsprozess gefunden werden. Hierbei ist zu bedenken, daß ein Fehler in der Abbildung der physikalischen Prozesse (z.B. durch Vorgabe falscher Randbedingungen) weitaus größere Auswirkungen auf die Ergebnisse hat, als die Unsicherheit welche durch zufällige Meßfehler verursacht werden (Finsterle, 1993, Sun, 1994). Im Rahmen dieser Untersuchung wird ein inverses numerisches Modell für die Parameteridentifikation eingesetzt und seine Eignung bei der Anwendung auf eine reale Situation beurteilt. Der Vorteil inverser Verfahren liegt grundsätzlich in der Möglichkeit, mit Hilfe statistischer Verfahren eine Aussage über die Zuverlässigkeit von Modellparametern zu erhalten. Deren Kenntnis stellt die Grundlage für eine kritische Bewertung von Modellvorhersagen dar.

Literatur

- Finsterle, S.** (1993) Inverse Modellierung zur Bestimmung hydrogeologischer Parameter eines Zweiphasensystems, Dissertation an der ETH Zürich, Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie Nr. 121
- Holfelder, T., Montenegro, H.** (ELISE web-page: <http://elise.bafg.server.de>)
- Holfelder, T., Montenegro, H.** (submitted to IAHR 99)
- Kuhlmann, U.**, 1992. Inverse Modellierung in geklüfteten Grundwasserleitern, Dissertation Nr. 9922 der ETH Zürich.
- Odenwald, B.**, (1994) Parameteridentifizierung bei numerischen Grundwasserströmungsmodellen. VDI Reihe 15, Nr. 125, Düsseldorf: VDI-Verlag
- Sun, N.-Z.**, 1994. Inverse Problems in Groundwater. Modelling. Kluwer Academic Publishers

Biotest-orientierte Identifikation toxischer Inhaltsstoffe in Sedimenten des Elbeeinzugsgebiets

W. Brack, R. Altenburger, U. Ensenbach, H. Segner, G. Schüürmann

UFZ-Sektion Chemische Ökotoxikologie, Permoserstraße 15, D-04318 Leipzig

Einleitung

Die Industrieregion Bitterfeld emittierte über Jahrzehnte ungenügend oder nicht gereinigte Abwässer über den Vorfluter Spittelwasser (Muldenaue) und die Mulde in die Elbe. Es ist daher davon auszugehen, daß toxische Schadstoffe nicht nur emittentennah in Sedimenten der Muldenaue akkumuliert wurden sondern sich auch stromabwärts in Elbsedimenten wie z.B. in der Elbaue bei Falkenberg wiederfinden. Ziel der Untersuchung war es daher, die toxischen Hauptkomponenten sowohl in Spittelwassersedimenten als auch in Sedimenten der Aue bei Falkenberg zu identifizieren und miteinander zu vergleichen.

Methoden

Zur Identifizierung toxischer Inhaltsstoffe wurde eine sequentielle Teststrategie aus Extraktion, physikalisch-chemischer Fraktionierung, einer breiten Batterie biologischer Wirkungstests (Leuchtbakterien (*Photobacterium phosphoreum*), Grünalgen (*Scenedesmus subspicatus*), Daphnien (*Daphnia magna*), Fischembryos (*Danio rerio*), Fischzelllinien RTG und RTL (Cytotoxizität, EROD-Induktion, DNA-Strangbrüche)) und chemischer Analytik angewandt.

Ergebnisse

Die Extrakte des Spittelwassersediments zeigten toxische Wirkungen auf alle angewandten Biotests. Mittels physikalisch-chemischer Fraktionierung und anschließender Biotestung konnte gezeigt werden, daß die Wirkungen auf die verschiedenen Biotests durch unterschiedliche Fraktionen und damit Schadstoffen hervorgerufen werden. Die Mehrzahl der relevantesten akut toxischen Schadstoffe konnte identifiziert und als Ursache der jeweiligen Wirkung bestätigt werden: Elementarer Schwefel (Bakterien- und Algentoxizität, Tetra- und Tributylzinn sowie hohe Alkangehalte (Daphnientoxizität), Methylparathion (Daphnientoxizität), N-Phenyl- β -Naphthylamin (Algentoxizität) und Prometryn (Algentoxizität). Zur Identifizierung und Bestätigung sublethaler Schadstoffe wie EROD-induzierenden Substanzen und genotoxischen Stoffen muß die Fraktionierung weiter verfeinert und zusätzliche Erkenntnisse zu sublethalen Kombinationswirkungen gewonnen werden.

Tiefenverteilung organischer Schadstoffe in Auenböden Pestizide, PAK und Duftstoffe

Witter, B., Winkler, M.

UFZ-Sektion Gewässerforschung, Brückstraße 3a, D-39114 Magdeburg

1 Einleitung

Organische Spurenstoffe wurden mit den kontaminierten Sedimenten der Elbe in Auenböden angereichert. Erste Untersuchungen haben gezeigt, daß sich einige Verbindungen nicht nur in den rezenten Schlammschichten finden, sondern auch in älteren Auenlehm- und Sandbändern.

2 Methoden

Die hier gezeigten Arbeiten wurden an fünf Profilen entlang eines Transektes in der Elbaue bei Schönberg-Deich / Wittenberge durchgeführt, der quer durch die gesamte Aue vom Deich bis zum Ufer verläuft. In Abhängigkeit von der Horizontierung erfolgte die Beprobung in Schichten von maximal 10 cm Mächtigkeit zur Untersuchung der Stoffklassen der schwerflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffe (CKW), der polycyclischen Aromaten (PAK) sowie der synthetischen Moschusduftstoffe.

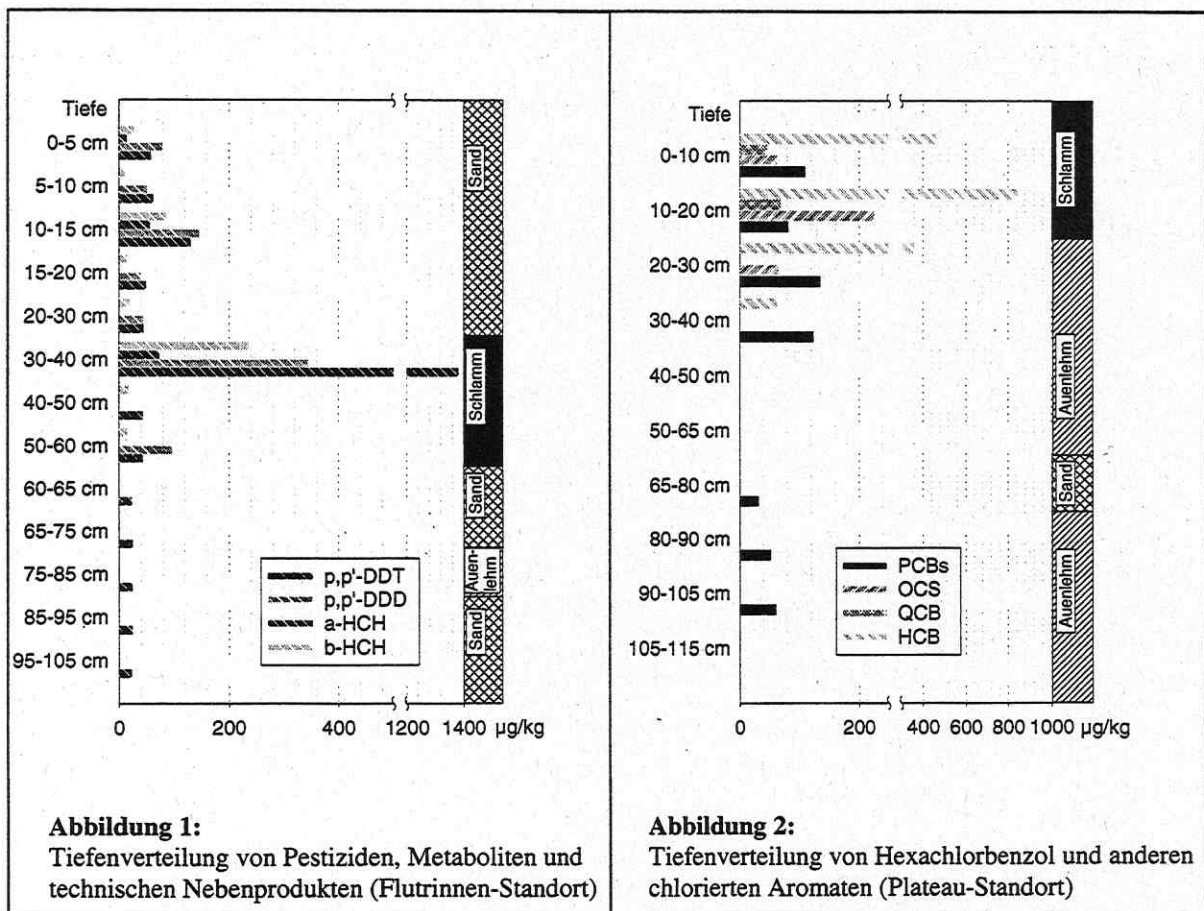
Zur Extraktion der zu untersuchenden Verbindungen wurde die SFE (supercritical fluid extraction, Extraktion mit überkritischem Kohlendioxid) bei 100 °C und 400 atm angewendet. Für eine erste orientierende Screeninguntersuchung wurde ohne Modifier gearbeitet. Zwei Profile mit ungewöhnlichen Tiefenverteilungen und besonders hohen Gehalten wurden anschließend nochmals untersucht unter Anwendung von 5 % Methanol als Modifier [1,2]. Durch Verreiben der Probe mit Kupferpulver wurde die Schwefelabtrennung in die Extraktion integriert [3]. Vor der Analyse mittels GC/ECD, GC/MS und HPLC/DAD erfolgte eine Aufreinigung der Extrakte über Kieselgel [2]

3 Ergebnisse

Im Bereich der CKW konnten in Bodenproben je Einzelverbindung Gehalte bis zu einem Milligramm pro Kilogramm Boden gemessen werden. Flußferne Bereiche wiesen geringere Belastungen bei einer Schadstoffanreicherung nur in den oberen 10 bis 20 cm auf. Zwei

Profile im flußnahen Bereich der Aue hatten Anreicherungshorizonte in größerer Tiefe. Besonders auffällig ist eine hohe Kontamination mit HCH-Isomeren und DDT in 30-40 cm Tiefe in einer Probe mit gleichzeitig hohem Kohlenstoffgehalt. Hier liegt offenbar ein Schlickband vor mit fixiertem, nicht metabolisiertem DDT (Abbildung 1). Die große Dominanz der Pestizide war nur bei diesem einen Profil zu beobachten; Hauptkontaminant ist bei allen anderen Profilen das Hexachlorbenzol (Abbildung 2).

Die Konzentrationen der untersuchten PAK liegen in ähnlichen Größenordnungen wie die der CKW und haben ebenfalls gleichartige Tiefenverteilungen. Als Hauptverbindungen (aus den 16 nach US EPA zu messenden PAK) kommen Fluoranthen, Pyren und Phenanthren vor. Die Untersuchungen werden komplettiert mit ersten Ergebnissen zur Verteilung synthetischer Moschusduftstoffe [4].



Die Ergebnisse stimmen gut mit früheren Untersuchungen der Pevestorfer Elbaue (Landkreis Lüchow-Dannenberg) überein [1,2]. Hier wurde ebenfalls eine Anreicherung in tieferen

Schichten gefunden, die jedoch auf Grund variierender Konzentrationsmaxima für unterschiedliche Verbindungen als Ergebnis einer Verlagerung interpretiert wurde.

Danksagung

Die hier gezeigten Untersuchungen wurden durch die Förderung des BMBF ermöglicht (Förderkennzeichen: 02 WT 9617/0)

Literatur

- [1] Witter,B. (1995) Untersuchung organischer Schadstoffe in Auen der mittleren und unteren Elbe unter Anwendung der Supercritical Fluid Extraction. Dissertation, Universität Hamburg; ISSN: 0344-9629
- [2] Witter,B., Francke,W., Franke,S., Knauth,H.-D., Miehlich,G. (1998) Distribution and mobility of organic micropollutants in river Elbe floodplains. *Chemosphere* 37, 63-78.
- [3] Boewadt,S., and Johansson,B. (1994) Analysis of PCBs in sulfur-containing sediments by off-line supercritical fluid extraction and HRGC-ECD. *Analytical Chemistry* 66, 667-673.
- [4] Winkler,M., Kopf,G., Hauptvogel,C., Neu,T. (1998) Fate of artificial musk fragrances associated with suspended particulate matter (SPM) from the river Elbe (Germany) in comparison to other organic contaminants

Untersuchungen zum biologischen Abbau von beta-HCH in kontaminierten Muldeaueböden und dessen Transport in Kultur- und Wildpflanzen

Heinrich, K., Klimanek, E.-M., Lehmann, J., Schulz, E.

UFZ-Sektion Bodenforschung, Theodor Lieser - Str. 4

D-6120 Halle / S.

Einleitung

Zur Bioremediation von belasteten Böden stehen heute mindestens vier verschiedene technologische Ansätze zur Verfügung: Bioreaktorsysteme, Kompostierungssysteme, landwirtschaftliche Bodenzumischung und in-situ-Techniken (Crawford, 1996, Funk et.al., 1996). Im folgenden werden zwei in-situ Techniken erprobt, um beta-HCH belastete Aueböden zu sanieren. Die Phytoremediation, die Nutzung von Pflanzen- und Wurzelaktivitäten zur Reduzierung von Schadstoffkonzentrationen ist speziell geeignet für großflächige Sanierungen mit mittleren bis niedrigen Konzentrationen, bei denen die anderen Technologien nicht bezahlbar oder zu aufwendig sind. Da es sich bei den untersuchten Wiesenbereichen zum Teil um sehr großflächige und inhomogene Kontaminationen, hauptsächlich in den oberen Bodenschichten handelt, wurde diese Methode angewendet. Je nach Wahl der Pflanzen ist eine Sanierungstiefe von bis zu 2m realisierbar.

Neben der Phytoremediation wurde in einem Freilandversuch der Einfluß von Bewirtschaftung und die Wirkung von organischen stickstoff- bzw. kohlenstoffreichen Zusätzen hinsichtlich einer möglichen Anregung der vorhandenen Mikroorganismen zum cometabolischen Abbau des beta-HCH geprüft.

Die Ursache für die hohen Belastungen an beta-HCH in den untersuchten Aueböden ist die frühere Bitterfelder Lindanproduktion, deren Abfälle bis zur Beendigung der Produktion 1982 ungereinigt in die Mulde gelangten. Besonders abwasserbeeinflußt ist der Spittelgraben. Aber auch direkt an die Mulde angrenzende Wiesenbereiche, sind durch mehrmals jährlich auftretende Hochwasserereignisse besonders hoch mit beta - HCH belastet. Beta - HCH stellt heute ein großes Problem dar, da die Halbwertszeiten im Boden mit etwa 8 Jahren als sehr hoch einzuschätzen sind.

Material und Methoden

In Gefäßversuchen wurde der Transfer von beta-HCH aus unterschiedlich stark kontaminierten Aueböden in verschiedene Nutzpflanzen (Mais, Ackerbohne und Möhre) (HEINRICH 1998) sowie in Wildpflanzen (Weidelgras) (LEHMANN et al. 1998) untersucht.

Weiterhin wurde in einem Freilandversuch der Einfluß von Bewirtschaftung und Zugabe von Gülle, Vinasse und Biodekon¹ auf die Entwicklung des beta - HCH - Gehaltes im Boden untersucht. Hierzu wurden drei Flächen in der Mulde bei Dessau in je 20 Parzellen aufgeteilt. Jeweils fünf wurden nicht bearbeitet, bzw. gemulcht, gemäht und anschließend beräumt bzw. als Schwarzbrache belassen.

Ergebnisse

Gefäßversuche: Es konnte gezeigt werden, daß entgegen bisherigen Vermutungen das beta - HCH für Pflanzen verfügbar ist (Heinrich, 1998). An den Versuchspflanzen konnte nachgewiesen werden, daß das beta - HCH trotz seiner geringen Wasserlöslichkeit aufgenommen und auch in die oberirdischen Pflanzenteile verlagert wurde. Eine Untersuchung der unterirdischen Pflanzenteile ergab, daß eine verstärkte Schadstoffaufnahme nicht nur in den lipidreichen Möhrenwurzeln erfolgte, sondern auch die Ackerbohnen-, Möhren- und Weidelgraswurzeln beträchtliche beta - HCH Belastungen aufwiesen (Tab. 1).

Tabelle1: Transferfaktoren Boden / Pflanze und beta - HCH - Konzentrationen in Mais, Ackerbohnen, Möhren und Weidelgras

Pflanze	Pflanzenteil	beta-HCH Konzentration [mg/kg TS]	beta-HCH Aufnahme [mg/Gefäß]	Transferfaktor
Ackerbohne ¹	Sproß	35	0,6	0,18
	Blätter	40	0,4	0,21
	Bohnen	1	0,03	0,004
	Wurzel	101	2	0,52
Mais ¹	Sproß	11	3	0,05
	Wurzel	105	5	0,51
Möhre ¹	Sproß	4	0,05	0,02
	Möhrenkörper	25	0,6	0,12
	Feinwurzel	182	0,7	0,90
Weidelgras ²	Sproß	2	0,5	0,13
	Stoppel	2	0,2	0,13
	Wurzel	9	6	0,6

¹Bodenkontamination 184 ppm,

²Bodenkontamination 15 ppm

¹ Herstellername: Bei der Erprobung des Biodekons wurde durch die Herstellerfirma in Labor- bzw. Gefäßversuchen bis zu 0,6 mg/d/kg beta - HCH abgebaut.

Trotz der nicht zu vernachlässigenden beta -HCH - Konzentrationen im Pflanzenmaterial (bis zu 198 mg/kg TS), waren die absolut aufgenommenen Mengen [mg/Gefäß] nur sehr gering (bis zu 8 mg / Gefäß). Die errechneten Transferfaktoren lagen unter eins. Es lag somit keine beta - HCH - Anreicherung in den untersuchten Pflanzen vor.

Feldversuch: Ein Abbau von beta-HCH unter Feldbedingungen konnte weder in den unbehandelten noch in den unterschiedlich bearbeiteten Parzellen beobachtet werden (Lehmann et al. 1998) (Abb. 1 und 2).

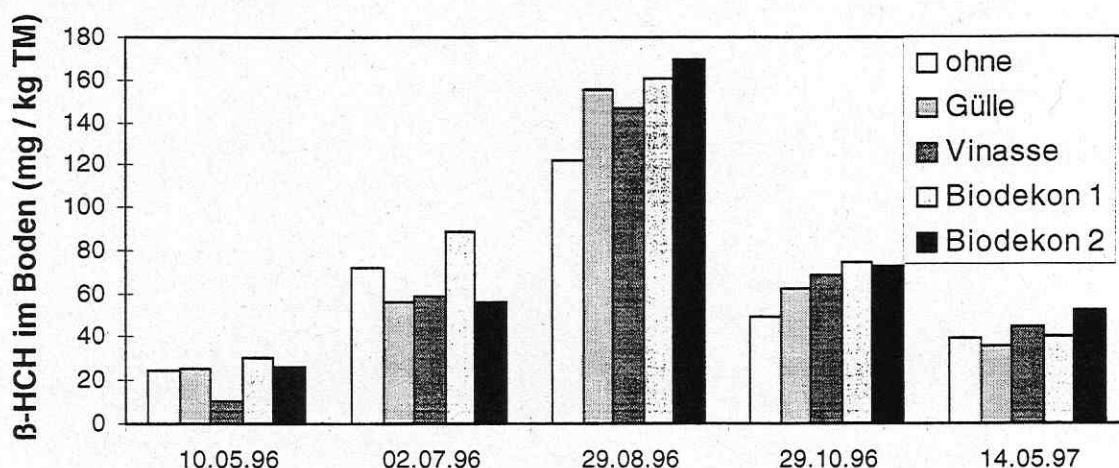


Abbildung 1: Beta - HCH - Gehalte der unbearbeiteten Parzellen auf der Versuchsfläche G2 bei Zugabe verschiedener organischer Materialien von Mai 1996 bis Mai 1997

Um den Einfluß einer pH-Wertänderung zu prüfen, wurde auf den Gülle- und Vinassevarianten Ca / Mg-Kalk aufgebracht. Die Untersuchungen zeigten auch durch die Kalkung keine wesentliche Veränderung des beta-HCH Gehaltes im Boden, da durch die große Pufferwirkung der betrachteten Aueböden der pH-Wert kaum erhöht werden konnte. Von einer Erhöhung der Kalkgaben wurde aus Rücksicht vor Schädigungen der Mikroflora sowie der Vegetation abgesehen.

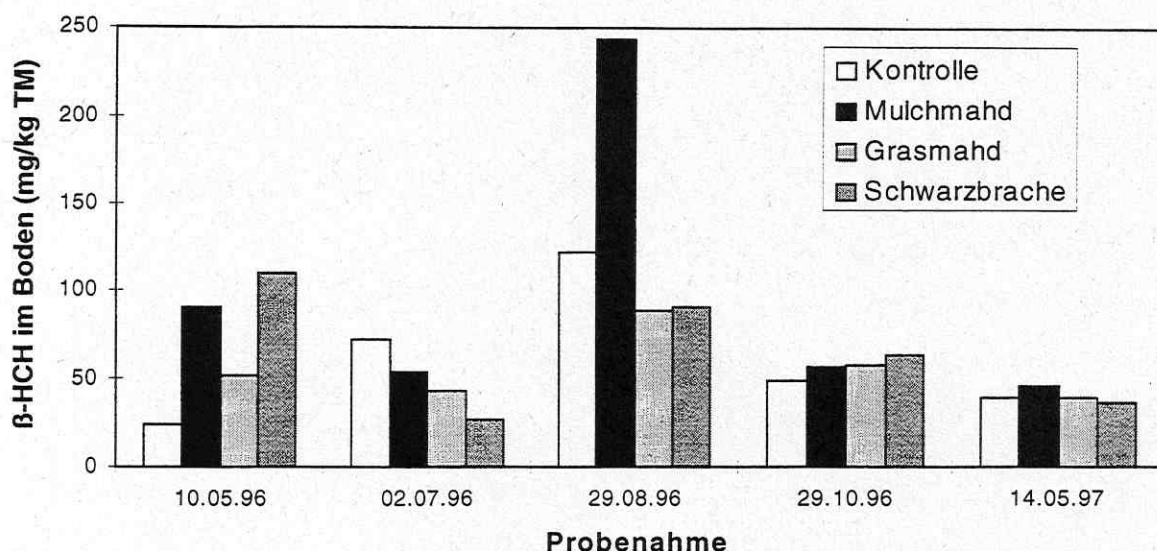


Abbildung 2: Beta - HCH - Gehalte der Parzellen ohne Zusätze mit unterschiedlicher Bearbeitung auf der Versuchsfläche G2 im Zeitraum Mai 1996 bis Mai 1997

Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, daß eine langfristig angelegte Sanierungsmaßnahme des kontaminierten Bodens durch die angewendeten in-situ Techniken nicht empfehlenswert ist. Im Falle der Phytoremediation besteht weiterhin das Problem, daß das kontaminierte Pflanzenmaterial entsorgt werden muß.

Literatur

- CRAWFORD, R. L. (1996):** Introduction. In: Bioremediation: Principles and Applications (Eds. R. L. Crawford And D.L. Crawford), pp. 1-2, Cambridge University Press, Cambridge
- FUNK, S. B., CRAWFORD, D. L., CRAWFORD, R. L. (1996):** Bioremediation of nitroaromatic compounds. In: Bioremediation: Principles and Applications (Eds. R. L. Crawford And D.L. Crawford), pp. 195-208, Cambridge University Press, Cambridge
- HEINRICH, K. (1998):** Untersuchungen zum Boden / Pflanze - Transfer ausgewählter organischer Umweltschadstoffe in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften. Dissertation, UFZ - Bericht 11 / 1998, ISSN 0948-9452
- LEHMANN, J., KLIMANEK, E.-M., SCHULZ, E. (1998):** Investigations on remedation of soils in a riverine area polluted with beta-HCH and ist herbage plant uptake. 5 th forum HCH and unwanted pesticides. 25.-27. 06.1998 Bilbao (Spanien). Zur Veröffentlichung eingereicht.

Abschätzung der Mobilität und Verfügbarkeit von Organochemikalien im Boden

Schulz, E., Heinrich, K. und Klimanek, E.-M.

UFZ Sektion Bodenforschung, Theodor-Lieser-Str.4, D-06120 Halle/Saale, Germany

e-mail: eschulz@bdf.ufz.de, heinrich@bdf.ufz.de, ekliman@bdf.ufz.de

Einleitung

Zur Abschätzung von Umweltrisiken, die mit dem Vorhandensein von organo-chemischen Bodenbelastungen verbunden sind, werden Kriterien benötigt, die Aussagen dazu liefern können, inwieweit diese Chemikalien in benachbarte Umweltkompartimente gelangen können.

Das Verhalten von organischen Schadstoffen im Boden wird entscheidend durch die Bindung an die organische Bodensubstanz (OBS), an gelöste (DOC) oder an leicht umsetzbare Fraktionen der OBS bestimmt. Als besonders leicht umsetzbare Fraktion der OBS kann eine Heißwasserfraktion der OBS herangezogen werden. Die heißwasserextrahierbare Fraktion der OBS korreliert eng mit bodenbiologischen Parametern und ist geeignet, die Nachlieferung von Nährstoffen aus dem Boden abzuschätzen (Schulz, 1997).

Material

Die Aue-Gebiete der Mulde sind teilweise sehr stark mit dem beta-Isomeren des Hexachlorcyclohexans (beta-HCH) belastet. Innerhalb einer Feldstudie (Förderprojekt des Landes Sachsen-Anhalt) wurden in der Dessauer Region nahe des Ortsteils Kleutsch drei Probenahmeflächen mit unterschiedlichen Gehalten entlang des Bodenprofils ausgewählt sowie auetypische Gräser entnommen und deren Gehalt an beta-HCH in einzelnen Pflanzenteilen bestimmt. Als Mobilitäts- bzw. Verfügbarkeitsparameter wurde eine leicht umsetzbare Fraktion der OBS (heißwasserextrahierbare Fraktion) auf deren Gehalt an beta-HCH geprüft.

Tab. 1: beta-HCH Gehalt (mg/kg TS) des Bodens (0-20 cm) der Probenahmeflächen im Gebiet der Dessauer Mulde nahe des Ortsteils Kleutsch

Fläche	Bodenart	beta-HCH Gehalt
G1	Sand	1,7
G2	Auenlehm	33,6
G3	Auenlehm	8,3

Methoden

- beta-HCH wurde aus Bodenproben mit n-Hexan im Soxhlett-Extraktor extrahiert, die Rohextrakte an einer Silicagel-Säule gereinigt
- beta-HCH wurde aus Pflanzen mit Aceton in einem High-speed-Homogenisator extrahiert, nach sich anschließender Flüssig-flüssig-Verteilung mit Dichlormethan wurden die Extrakte säulenchromatographisch an einer Silicagel-Säule gereinigt
- beta-HCH- Extraktion aus der Bodenlösung (Wassersättigungsextrakt), einem Kaltwasserextrakt sowie aus dem Heißwasserextrakt des Bodens erfolgte über eine Flüssig-flüssig-Verteilung mit Dichlormethan, die Extrakte wurden säulenchromatographisch an einer Silicagel-Säule gereinigt
- die Identifizierung der Substanz erfolgte gaschromatographisch mit ECD

Ergebnisse

Die beta-HCH Gehalte der obersten Bodenschicht (0-20 cm) der drei Probenahmeeflächen differierten stark (Tab.1). Die Untersuchung von auetypischen Gräsern, die an den drei Probenahmeeflächen entnommen wurden, ergaben zum Teil beachtliche Konzentrationen an beta-HCH (Abb. 1).

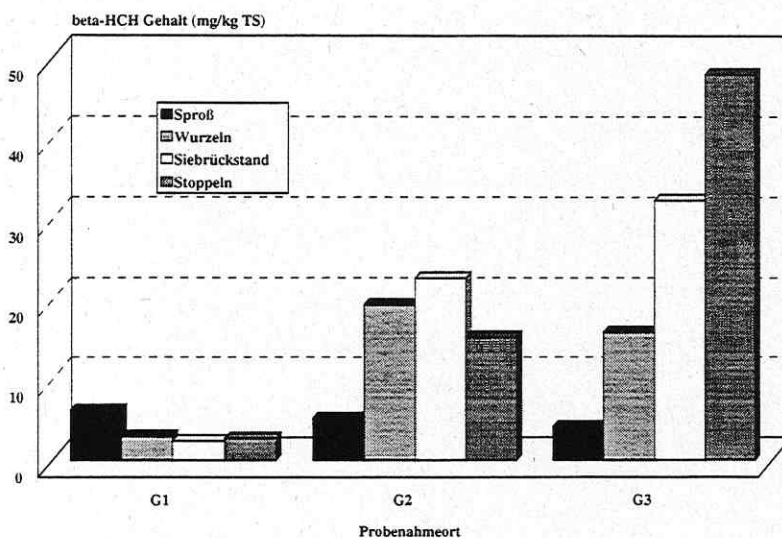


Abb. 1: beta-HCH Gehalt in unterschiedlichen Pflanzenteilen von auetypischen Gräsern kontaminierter Böden im Gebiet der Dessauer Mulde

Während sich in allen Sprößmaterialien die beta-HCH Konzentration unabhängig vom Kontaminationsgrad der oberen Bodenschicht zwischen 4 und 6 mg/kg TM bewegte, folgten die beta-HCH Konzentrationen in den Wurzeln und im Siebrückstand tendenziell dem Kontaminationsgrad der oberen Bodenschicht. In den Stoppeln der Gräser wurden teilweise höhere Konzentrationen als im Boden festgestellt; die Stoppeln scheinen diese Substanz zu akkumulieren (Schulz, Klimanek, 1996; Schulz et al., 1997).

Ebenfalls hohe Konzentrationen von beta-HCH wurden in Kulturpflanzen (Mais) festgestellt, die im Vegetationsversuch auf beta-HCH kontaminiertem Boden der Mulde nahe Bitterfeld kultiviert wurden (Heinrich, 1998).

Die teilweise hohen beta-HCH Konzentrationen in den Pflanzen lassen auf eine gewisse Verfügbarkeit der Substanz für eine Pflanzenaufnahme schließen. Die Untersuchung des Muldewassers selbst, der Bodenlösung (Sättigungsextrakt) und eines Kaltwasserextraktes ergab jedoch nur sehr geringe Konzentrationen dieser Substanz. In der heißwasserextrahierbaren Fraktion des Bodens wurden demgegenüber rd. 11 % des Gesamtgehaltes des Bodens an beta-HCH festgestellt (Abb. 2).

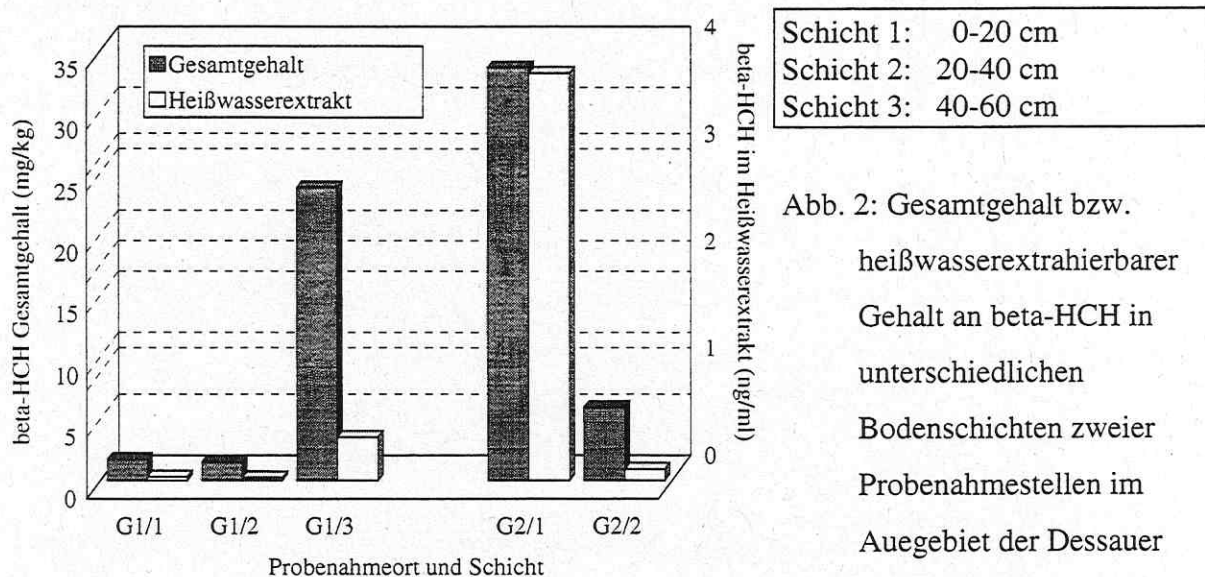


Abb. 2: Gesamtgehalt bzw. heißwasserextrahierbarer Gehalt an beta-HCH in unterschiedlichen Bodenschichten zweier Probenahmestellen im Auegebiet der Dessauer Mulde nahe des Ortsteils Kleutsch

Der Heißwasserextrakt stellt eine relativ undefinierte Fraktion der OBS dar. Sie enthält Teile der mikrobiellen Bodenbiomasse, einfache organische Verbindungen sowie unter den Extraktionsbedingungen durch Wasser hydrolysierbare bzw. depolymerisierbare Verbindungen, d.h. die am leichtesten umsetzbaren Teile der OBS. Aufgrund der engen Korrelation zur Bodenatmung, damit zu bodenmikrobiologischen Aktivitäten, wird die Bedeutung dieser Fraktion der OBS für Transformationsprozesse im Boden hinsichtlich einer Freisetzung von Nähr- aber auch Schadstoffen deutlich (Schulz, 1997), die über den Abbau leicht verfügbarer und umsetzbarer Bestandteile der OBS ein Risiko darstellen könnten.

Nach den ersten Ergebnissen scheint es sinnvoll näher zu untersuchen, ob sich der Gehalt an organischen Fremdstoffen in der heißwasserextrahierbaren Bodenfraktion als ein Parameter zur Einschätzung der Mobilität oder Verfügbarkeit dieser Stoffe und damit zu Umweltrisiken eignen könnte.

Zusammenfassung

Neben stofflichen Eigenschaften wird das Verhalten von organischen Fremdstoffen im Boden wesentlich durch die organische Bodensubstanz (OBS) bestimmt. Die Mobilität und Verfügbarkeit dieser Stoffe ist dabei abhängig von ihren Bindungen/Assoziationen zu aktiven, leicht umsetzbaren bzw. passiven, stabilen Teilen der OBS. Die heißwasserextrahierbare Fraktion der OBS stellt eine sehr leicht umsetzbare Fraktion der OBS dar, ist eng mit bodenmikrobiologischen Parametern verbunden und scheint geeignet, Aussagen über Verfügbarkeiten von organischen Fremdstoffen im Boden treffen zu können, was Gegenstand weiterer Untersuchungen sein wird.

Die Aufnahme von beta-HCH von auentypischen Pflanzen im Gebiet der Dessauer Mulde sowie von Mais im Vegetationsversuch mit Boden der Mulde bei Bitterfeld lassen eine gewisse Verfügbarkeit erkennen, die offenbar nicht mit den Fremdstoffgehalten in der Bodenlösung, einem Kaltwasserbodenextrakt bzw. dem Muldewasser selbst erklärt werden kann. Konzentrationen an beta-HCH in der heißwasserextrahierbaren Fraktion der OBS von rd. 11 % der Gesamtgehalte lassen einen Zusammenhang zwischen Assoziationen des beta-HCH zu leicht umsetzbaren Fraktionen und Verfügbarkeit vermuten.

Literatur

- Heinrich, K. (1997): Untersuchungen zum Boden/Pflanze-Transfer ausgewählter organischer Umweltschadstoffe in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften. Diss. TU Dresden 1997, UFZ Bericht 11/1998, ISSN 0948-9452
- Schulz, E. (1997): Charakterisierung der organischen Bodensubstanz (OBS) nach dem Grad ihrer Umsetzbarkeit und ihre Bedeutung für Transformationsprozesse für Nähr- und Schadstoffe. Arch. Acker-Pfl. Boden, 41, 465-483
- Schulz, E.; Klimanek, E.-M. (1996): Verhalten von beta-HCH in hochbelasteten Aueböden im Gebiet der Dessauer Mulde. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 80, 169-172
- Schulz, E.; Klimanek, E.-M.; Kalbitz, K.; Heinrich, K. (1997): Investigations on beta-HCH decomposition in heavy polluted soils in the riverine area of the river Mulde in the region of Dessau. 4th Forum HCH and Unwanted Pesticides, 15-16 January 1996, Poznan, Poland, Proceedings, 51-58

Räumlich differenzierte Kontamination ausgewählter Bodenschadstoffe (HCH und PAK) in der Mulde bei Bitterfeld/Wolfen in Abhängigkeit vom organischen Kohlenstoffgehalt (C_{org})

Potesta H.¹⁾, Brandt O.^{2,3)}, Geyer S.³⁾ und Dermitzel J.³⁾

¹⁾ Universität Göttingen, Geographisches Institut, Goldschmidt Str. 11, D-37077 Göttingen

²⁾ Technische Universität Berlin, Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geochemie, Labor Angew. Geochemie, Ackerstr. 71-76, D-13355 Berlin

³⁾ UFZ - Sektion Hydrogelogie, Thomas – Lieser – Straße 4, D-06120 Halle

Gliederung:

- 1- Einleitung
- 2- Schadstoffverteilung im Untersuchungsgebiet
- 3- Deskriptive Statistik der Schadstoff- und C_{org} - Gehalte
- 4- Tiefenverlauf der Schadstoff- und C_{org} - Gehalte
- 5- Korrelationen zwischen Schadstoff- und C_{org} - Gehalten
- 6- Zusammenfassung der Ergebnisse
- 7- Literaturangaben

1. Einleitung

Im Rahmen des EU - Projekts PROTOWET wurden Bereiche der immissionsbelasteten Mulde bei Bitterfeld/Wolfen auf die xenobiotischen Schadstoffgruppen Hexachlorcyclohexan (HCH) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) untersucht. Die Analysen des HCH umfassen die α -, β -, γ - und δ - Isomere. Für die PAK wurden die sechzehn Leitsubstanzen der EPA (US – Priority Pollutant List) betrachtet.

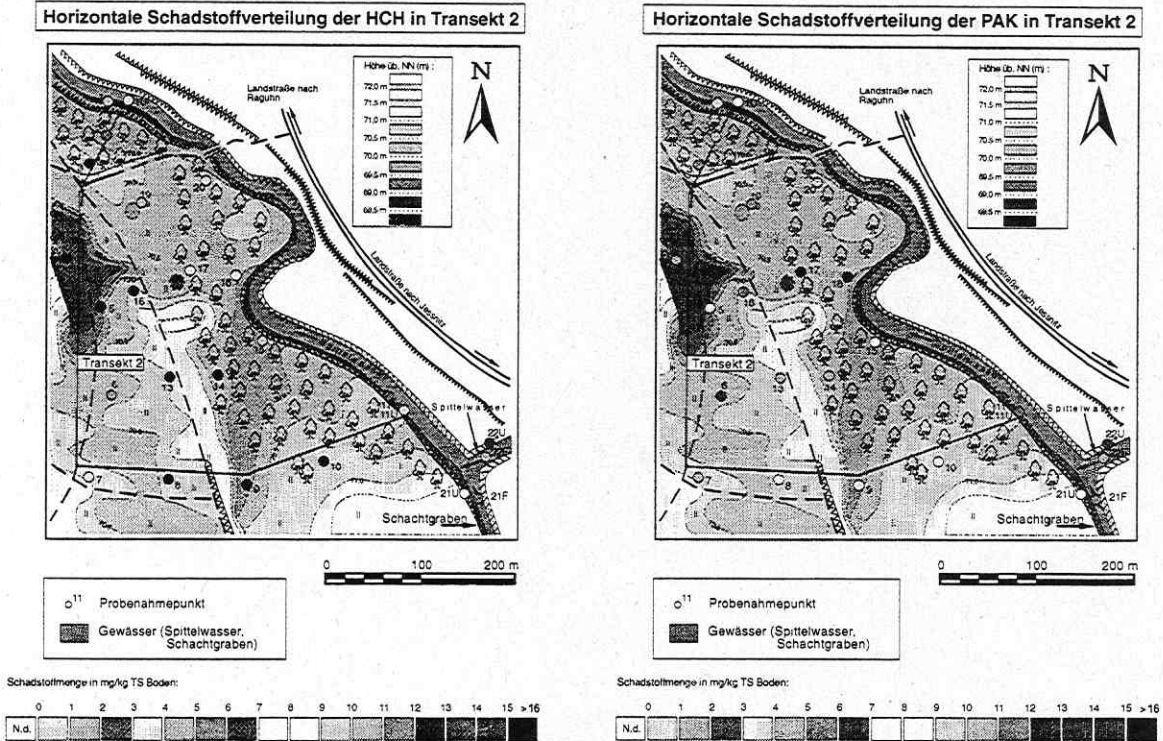
Im folgenden wird auf die Bodenbelastung des erheblich kontaminierten Untersuchungsstandortes am Spittelwasser eingegangen. Gegenstand der Untersuchungen ist die Schadstoffkonzentration in Auensedimenten und deren Abhängigkeit zum organischen Kohlenstoffgehalt (C_{org}).

2. Schadstoffverteilung im Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt etwa 2 km nordwestlich der Ortschaft Jessnitz (Landkreis Bitterfeld) im Bereich des Spittelwassers, einem natürlichen Fließgewässer, das bei Raguhn in die untere Mulde mündet. Das Gebiet ist ein trockener Auenstandort mit Grasgesellschaften, solitären Bäumen und einem ausgedehnten Birkenwaldbestand, in dem holozäne mehr oder

weniger sandige Auelehme verbreitet sind die häufigen Grundwasserschwankungen unterliegen. Der häufigste Bodentyp ist der Braunauenboden (Allochthone Vega), der als Übergangstyp zum Auengley auftritt.

Organische Schadstoffe gelangten hauptsächlich über den Schachtgraben, einem anthropogenen Vorfluter, in das Spittelwasser.



3. Deskriptive Statistik der Schadstoff- und C_{org} - Gehalte

Die Statistik umfaßt Schadstoff- und C_{org} - Gehalte aus Oberboden- und Unterbodenproben (0 - 140 cm Bodentiefe), d.h. auch aus Bodenbereichen die unter Grundwassereinfluß stehen.

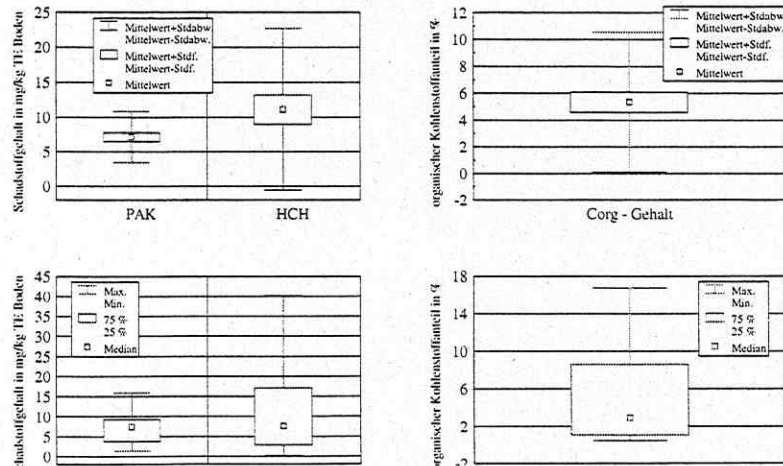
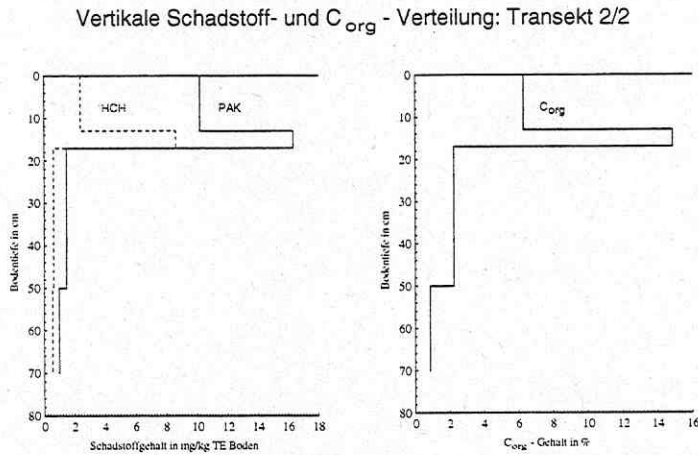


Abbildung 1: Schadstoff- und C_{org} -Statistik (jeweils $n=28$)

Deutlich wird das hohe Streuungsmaß der Schadstoff- und C_{org} - Gehalte, deren Variationskoeffizient (v) gleiche Größenordnung besitzt (v (HCH) = 110 %, v (PAK) = 90 %, v (C_{org}) = 98 %).

4. Zusammenhang zwischen Schadstoff- und organischen Kohlenstoffgehalt im Boden



Am Probestandort 2/2 soll exemplarisch auf die Schadstoff- und C_{org} - Tiefenverläufe im Untersuchungsgebiet eingegangen werden.

Abbildung 2 verdeutlicht den starken Zusammenhang der Schadstoff- und C_{org} - Verläufe. Im Wurzelhorizont des Bodens ist eine starke Zunahme des organischen Kohlenstoffanteils zu beobachten. Analog dazu nimmt die Schadstoffkonzentration in diesem Bodenbereich erheblich zu. Mit Abnahme des organischen Kohlenstoffgehalts zur Profilbasis sinkt auch der Schadstoffgehalt.

Abbildung 2: Tiefenverlauf der Schadstoffe und des organischen Kohlenstoffgehaltes

Abbildung 2 verdeutlicht den starken Zusammenhang der Schadstoff- und C_{org} - Verläufe. Im Wurzelhorizont des Bodens ist eine starke Zunahme des organischen Kohlenstoffanteils zu beobachten. Analog dazu nimmt die Schadstoffkonzentration in diesem Bodenbereich erheblich zu. Mit Abnahme des organischen Kohlenstoffgehalts zur Profilbasis sinkt auch der Schadstoffgehalt.

5. Korrelation zwischen Schadstoff- und C_{org} - Gehalten

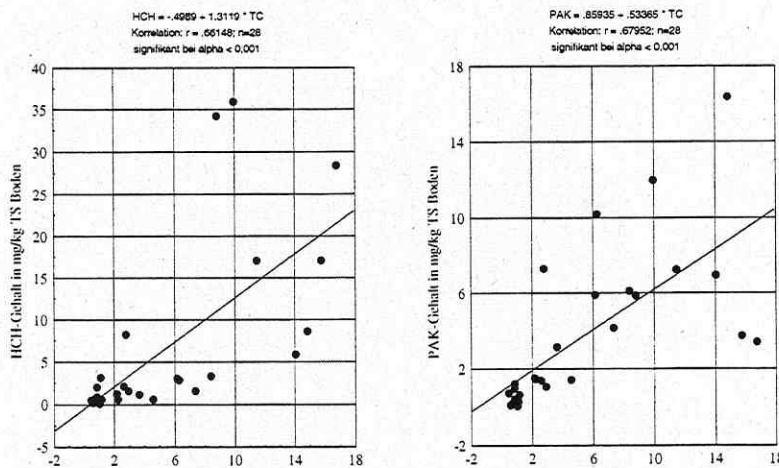


Abbildung 3: Korrelation zwischen Schadstoff- und C_{org} - Gehalten

einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Schadstoffkonzentration im Boden und dem organischen Kohlenstoffgehalt schließen läßt.

Für HCH ($r=0.66$) und PAK ($r=0.68$) konnte eine deutliche Korrelation (lineare Einfachkorrelation nach PEARSON) und ein hohes Signifikanzniveau ($\alpha < 0,001$) nachgewiesen werden (Abbildung 3), das auf

6. Zusammenfassung der Untersuchungen

- ⇒ Zwischen der räumlichen Differenzierung der Schadstoffkonzentrationen (PAK und HCH) und des morphologischen Charakters des Untersuchungsgebietes ist kein Zusammenhang zu erkennen.
- ⇒ Unter heterogenen Bodenbedingungen (ausgeprägte Substratwechsel und schwankender Grundwassereinfluß) konnte anhand statistischer Verfahren im Bereich der Spittelwasseraue eine deutliche Signifikanz zwischen Schadstoffkonzentration und dem organischen Kohlenstoffgehalt nachgewiesen werden.
- ⇒ Weitere statistische Verfahren für das Untersuchungsgebiet belegen, daß zwischen der Schadstoffkonzentration und weiteren ausgewählten Bodenparametern (Tongehalt und pH – Wert) keine Abhängigkeit besteht.

7. Literatur

- Grunewald, K. (1997): Großräumige Bodenkontamination. Wirkungsgefüge, Erkundungsmethoden und Lösungsansätze. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
- Malcolm, R.L. (1990): The uniqueness of humic substances in each of soil, stream and marina environments. Anal. Chim. Acta 232, 19-30.
- Matschullat, J., H.-J. Tobschall und H.-J. Voigt (1997): Geochemie und Umwelt. Relevante Prozesse in Atmo-, Pedo- und Hydrosphäre. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
- Schinner F. und R. Sonnleitner (1997): Bodenökologie: Pflanzenschutzmittel, Agrarhilfsstoffe und organische Umweltchemikalien. Springer Verlag.
- Thurman, E.M. (1985): Organic geochemistry of natural waters. Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht / Boston / Lancaster.

Persistente Schadstoffe in Böden von Überschwemmungsgebieten in NRW - Untersuchungen in Rhein- und Lippeauen

Friedrich, G., und Hembrock-Heger, A.

Landesumweltamt NRW

Dezernat Schutz der oberirdischen Gewässer, Auf dem Draap 25, D-40221 Düsseldorf und
Bodenschutz, Auswirkungen belasteter Böden, Wallneyerstr. 6, D-45133 Essen

Einleitung

Zur Ermittlung und Bewertung der Schadstoffgehalte von Böden in Nordrhein- Westfalen (NRW) und zur Entwicklung von Maßnahmenkonzepten zur Verringerung der Schadstoffeinträge in Böden sowie zur Verminderung/Unterbindung des Schadstoffübergangs in andere Schutzgüter (Transfer Boden → Pflanze → Mensch oder Boden → Grundwasser) wurden und werden im Landesumweltamt NRW Böden im Einflußbereich verschiedener Belastungsursachen (Klärschlamm, Altlasten, Überschwemmung u. a.) je nach Fragestellung auf verschiedene Parameter untersucht.

Aus Untersuchungen zur Schadstoffbelastung von Oberflächengewässern ist bekannt, daß viele in das Ökosystem Gewässer eingetragene Stoffe sich bevorzugt in Schwebstoffen und Sedimenten anreichern [1,2,3,4]. Die schadstoffhaltigen Sedimente/Schwebstoffe gelangen bei Hochwasserereignissen auf Böden in Überschwemmungsgebieten und führen so zu teilweise hohen Anreicherungen in Auenböden insbesondere an Schwermetallen wie z.B. Cadmium, Blei und Zink sowie an organischen Schadstoffen wie z.B. polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und chlororganischen Verbindungen wie polychlorierte Biphenyle (PCB), Chlorphenole und polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und -Furane (PCDD/F) [5,6,7,8,9,10].

Durch umfangreiche Maßnahmen im Einzugsbereich vieler Fließgewässer sind in den vergangenen Jahren die Stoffeinträge aus Punktquellen und diffusen Quellen reduziert worden, so daß die Gehalte einiger Schadstoffe in Fließgewässern rückläufig sind [11,12].

Um Informationen über die aktuelle Belastungssituation der Auenböden zu erhalten, ist die Untersuchung von oberflächennah entnommenen Bodenproben erforderlich. Die historische Entwicklung der Gewässerbelastung läßt sich prinzipiell anhand der Schadstoffgehalte der in die Auen eingetragenen Sedimente nachvollziehen. Wichtige Voraussetzungen dafür sind aber, daß sich das Sediment über einen langen Zeitraum ungestört abgelagert hat, daß eine

ausreichende Schichtdicke vorhanden ist, die die Entnahme der für die Analytik erforderlichen Menge an Probenmaterial ermöglicht und daß es sich bei den Stoffen um persistente, d.h. schwer abbaubare und schwer wasserlösliche Schadstoffe handelt.

Material und Methoden

Im Rahmen der Untersuchungen zur Ermittlung der Belastung von Böden in NRW wurden seit 1979 auch Proben von Böden unterschiedlicher Nutzung (Brache, Acker, Grünland) aus Überschwemmungsgebieten des **Rheins** entnommen und auf verschiedene Stoffe analysiert je nach Fragestellung des jeweiligen Untersuchungsvorhabens sowie der vorhandenen Informationen über die in den Böden zu erwartenden Stoffe. Die hier ausschließlich dargestellten Ergebnisse der Untersuchung von **Grünland** beziehen sich auf die Entnahmetiefe 0 - 10 cm. Die Entnahme der Bodenproben erfolgte mit Hilfe eines Pürckhauer-Bohrers von einer Teilfläche (10 m x 10m) der zu untersuchenden Fläche durch mindestens 20 Einstiche und Erstellen einer Mischprobe. Zur Bewertung der ermittelten Schadstoffgehalte wurden jeweils nicht überschwemmte Grünlandflächen im Nahbereich der untersuchten Fläche als Kontrollfläche (KF) in die Untersuchung mit einbezogen.

Die 1994 aus Überschwemmungsgebieten der **Lippe** entnommenen Bodenproben stammen ebenfalls ausschließlich von **Grünlandstandorten**. Die Entnahme erfolgte wie am Rhein aus einer Tiefe von 0 -10 cm, jedoch wurden zusätzlich Proben aus folgenden Tiefen entnommen: 0 - 2 cm, 10 - 45 cm und 45 - 60 cm. Darüberhinaus wurden an einem Standort im Bereich der Lippemündung Proben aus einer Tiefe von 0 - 92 cm in jeweils 4 cm-bzw. 8 cm-Abständen entnommen (0 - 60 cm jeweils 4 cm-Abstand, d.h. 15 Proben; 60 -92 cm jeweils 8 cm-Abstand, d.h. 4 Proben). Die einzelnen Sedimentschichten wurden mit Hilfe radiochemischer Methoden datiert [3]; die Probe aus der Entnahmetiefe 86-92 cm entspricht dem Sedimentationszeitraum von 1948-1952.

Ergebnisse

Da das Ausmaß der bei Hochwasserereignissen stattfindenden Einträge bzw. Austräge (Sedimentations- bzw. Erosionsvorgänge) in die Überschwemmungsgebiete bzw. aus den Überschwemmungsgebieten ins Fließgewässer von verschiedenen Einflußfaktoren abhängt wie z.B. Bodennutzung, Geländere relief (Mulde, Kuppe, Kolk, Uferrehne), Hangneigung und Fließgeschwindigkeit des Wassers sind erwartungsgemäß die Gehalte in den untersuchten Böden in den Überschwemmungsgebieten sowohl des Rheins als auch der Lippe sehr unterschiedlich (Unterschiede: Faktor 2 bis 40).

Bei einem großen Teil der untersuchten Schadstoffe (z.B. Cadmium, Zink, Blei, Benzo(a)pyren, polychlorierte Biphenyle (PCB))weisen die Böden in Überschwemmungsgebieten deutlich höhere Gehalte auf als die nicht überschwemmten Kontrollflächen (KF). Bei einzelnen Schadstoffen wie z.B. Hexachlorbenzol und Hexachlorcyclohexan sind die Gehalte einiger überschwemmter Flächen in der Größenordnung der Gehalte der Kontrollflächen.

So wird das Untersuchungsergebnis für einen betrachteten Untersuchungszeitraum und für einen Schadstoff maßgeblich beeinflusst von der Anzahl der untersuchten Proben und der Auswahl der untersuchten Flächen. Vergleicht man unter Beachtung der o.g. Randbedingungen die Ergebnisse der Untersuchungen in **Rheinüberschwemmungsgebieten** aus den Jahren 1979-1981 mit den Ergebnissen aus dem Jahr 1996, so ist für Cd, Pb, Ni und Cr eine Abnahme der Gehalte und für Zn, Cu und Hg eine Zunahme der Gehalte festzustellen.

Beim Vergleich der Ergebnisse der 1987 erstmalig untersuchten organischen Schadstoffe mit den in 1997 erhaltenen Ergebnissen, ist für Benzo(a)pyren und DDT eine Zunahme, für PCB (Summe 6 PCB) und Hexachlorbenzol eine Abnahme festzustellen.

Die Überschwemmungsgebiete an der **Lippe** werden neben diffusen Einträgen aus einer Vielzahl von Quellen insbesondere beeinflusst vom Steinkohlebergbau durch Einleitungen von Grubenabwässern und Kohlewaschwässern sowie von einem Standort der Chlorchemie [2,3, 13,14]. Die Ergebnisse des an der Lippe-Mündung entnommenen Sediments zeigen, daß die Belastung der im Bergbau als Hydrauliköl verwendeten PCB seit den 40er Jahren angestiegen ist - bedingt durch die zunehmende Aktivität des Bergbaus nach dem Zweiten Weltkrieg - . Der Rückgang Mitte der 80er Jahre spiegelt das Anwendungsverbot (1985) [15] und den Einsatz von Ersatzstoffen wider.

Auch bei den PAK-Gehalten ist ein Anstieg in den 40er Jahren zu beobachten. Der zeitliche Verlauf der Kohleförderung ist in den unterschiedlichen PAK-Gehalten des Sediments erkennbar.

Tetrachlorbenzyltoluole (Handelsname: Ugilec) werden seit Mitte der 80er Jahre im Bergbau als Ersatzstoff für PCB verwendet und sind lediglich in den obersten Sedimentschichten nachweisbar. Die zunehmende Verwendung von Ugilec führte zu einem kontinuierlichen Anstieg der Gehalte.

An den übrigen Standorten an der Lippe sind Belastungsschwerpunkte und damit auch Kontaminationsquellen durch einen markanten Konzentrationsanstieg der Schadstoffgehalte (PCB, Tetrachlorbenzyltoluole, Octachlorstyrol, Pentachlorbenzol, Hexachlorbenzol, Hexachlorcyclohexan, DDT) zu erkennen.

Zusammenfassung

Ergebnisse aus Untersuchungen von Böden in Überschwemmungsgebieten des Rheins und der Lippe auf Schwermetalle und organische Schadstoffe werden vorgestellt. Langjährige Untersuchungen (Rhein) bzw. Untersuchungen an einem datierten Sediment (Lippe) ermöglichen Aussagen über Veränderungen der Schadstoffgehalte.

Literatur

- [1] HELLMANN, H. (1983): Korngrößenverteilung und organische Spurenstoffe in Gewässersedimenten und Böden. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 316, 286-289
- [2] POPPE, A., ALBERTI, J. und P. BACHHAUSEN (1991): Entwicklung der Belastung nordrhein-westfälischer Flußsedimente mit Tetrachlorbenzyltoluolen und polychlorierten Biphenylen. *Vom Wasser* 76, 191-198
- [3] KLÖS, H. und C. SCHOCH (1993): Historische Entwicklung einer Sedimentbelastung: Gedächtnis einer Industrieregion. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 21, 32-37
- [4] BREITUNG, V. (1992): Belastung der Saar mit Ugielec 141 und PCB. *Vom Wasser* 79, 39-47
- [5] HEMBROCK-HEGER, A. und W. KÖNIG (1990): Vorkommen und Transfer von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Böden und Pflanzen. *VDI-Berichte* 837, 815-830
- [6] HERRMANN, R., THOMAS, W. und HÜBNER, D. (1984): Verhalten organischer Umweltchemikalien (PCA, PCB, HCH) und eines fäkalen Sterols in der Husumer Aue und auf angrenzenden Watten Nordfrieslands. *Dtsch. Gewässerkd. Mitt.* 28, 102-107
- [7] BEURSKENS, J.E.M., MOL, G.A.J., BARREVELD, H.L., VAN MUNSTER, B. und H.J. WINKELS (1993): Geochronology of priority pollutants in a sedimentation area of the Rhine River. *Environm. Toxicol. and Chem.* 12, 1549-1566
- [8] ANDERS, L. und W. DINKELBERG (1998): Auswirkungen des Sommerhochwassers der Oder auf Stoffgehalte überschwemmter Böden. *Wasser und Boden* 10, 22-25
- [9] JAPENGA, J., ZSCHUPPE, K.H., DE GROOT, A.J. und W. SALOMONS (1990): Heavy metals and organic micropollutants in floodplains of the river Waal, a distributary of the river Rhine. *Netherlands J. of Agricult. Science* 38, 381-397
- [10] MÜLLER, G. (1994): Schwermetalle und organische Schadstoffe in den Flußsedimenten. In: LOZAN, J.L.; KAUSCH, H. (Hrsg.): *Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. Wissenschaftliche Fakten.* Parey, Berlin, 234-237
- [11] LANDESUMWELTAMT NRW (1996): *Gewässergütebericht '93/'94.* Hrsg.: Landesumweltamt NRW
- [12] INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (IKSR) (1993): *Statusbericht Rhein. Chemisch-physikalische und biologische Untersuchungen bis 1991. Vergleich Istzustand 1990 - Zielvorgaben.* Hrsg.: Internationale Kommission zum Schutz des Rheins.
- [13] POPPE, A., ALBERTI, J., FRIEGE, H. und B. RÖNNEFAHRT (1988): Umweltgefährdung durch chlorierte Diphenylmethane (Ugielec 141). *Vom Wasser* 70, 33-42
- [14] *Gewässergütebericht NRW '89 (1989), Landesamt für Wasser und Abfall, 101*
- [15] *2.PCB-Richtlinie der Europäischen Gemeinschaft vom 01.10.1985*

Ansätze zur Modellierung und Bewertung ökologischer Veränderungen in Auen

Fuchs, E. und Peter, W.

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat U2 – Ökologische Wirkungszusammenhänge, Kaiserin-Augusta-Anlagen 15-17, D-56068 Koblenz
peter@bafg.de – fuchs@bafg.de

1 Einleitung

Die Höhe der Wasserspiegellagen stellen eine wichtige, zeitlich variable hydrologische Kenngröße von Flüssen dar. Auch an den als Bundeswasserstraßen genutzten Flüssen sind Veränderungen in Flusswasserständen dokumentiert und lassen sich rezent beobachten. Langfristige Änderungen von Mittelwasserständen können beispielsweise durch Flusssohlenerosion oder auch durch Baumaßnahmen wie z.B. Buhnen, Leitwerke oder Stauhaltungen verursacht sein. Solche Wasserstandsänderungen haben Folgen sowohl für die Funktion der Wasserstraße als Verkehrsträger (Schifffahrt) wie aber auch für die Ökologie der Flussaue.

Mit zunehmendem gesellschaftlichen Umweltbewusstsein und der rechtlichen Fixierung von umweltpolitischen Zielen hat sich die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) entschlossen, die ökologischen Auswirkungen von Wasserspiegellagenänderungen in den als Bundeswasserstraßen genutzten Flüssen genauer zu untersuchen. Dazu wurde die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) mit der Entwicklung einer entsprechenden Modellmethodik beauftragt. Diese soll als eine Art "Decision Support System" genutzt werden, mit dem Entscheidungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung und Entwicklung der Bundeswasserstraßen unter ökologischem und ökonomischen Aspekt nachvollziehbar und fachlich abgesichert getroffen werden können.

2 Konzept

Zum jetzigen Entwicklungsstand der Methodik werden ökologische Veränderungen in Flussauen zunächst als Veränderungen von Vegetationseinheiten definiert. Dies hat den Vorteil, dass solche Änderungen einerseits visuell fassbar und damit greifbar sind; andererseits unterliegen Vegetationseinheiten bzw. Biotope rechtlichen Schutzregelungen, womit sich

WSV relevante Ansätze zur Bewertung von planerischen Eingriffen und ihren Folgen ergeben.

Das ökologische Modell zur Prognose von Veränderungen von Vegetationseinheiten soll letztlich in ein integriertes Flussauenmodell eingebettet werden, mit dem mögliche vielschichtige Reaktionen des Systems Aue gegenüber äußeren Einflüssen konzeptionell abgebildet werden können.

Unter Annahme konstanter Einflussfaktoren wie z.B. Klima wird der Standortfaktor "Wasser" als wesentlich für die Existenz standorttypischer Vegetation angesehen. In der ökologischen Wirkungskette einer Flussaue stellt dabei der Wasserstand des Oberflächengewässers "Fluss" über den Pfad Grundwasser, Boden, Bodenwasserhaushalt sowie über flusswasserstandsabhängige Überflutungen eine wichtige Steuergröße dar.

Betrachtet wird dabei zunächst der Flussmittelwasserstand, da aufgrund der Komplexität ökologischer Wirkungsketten und einer gleichzeitig gewünschten einfachen Modellmethodik der ökologische Zustand der Aue zunächst für stationäre Bedingungen modelliert werden soll. Das für die WSV relevante Ziel ist die Ermittlung von kritischen Flussmittelwasserständen, die aus ökologischen Gründen nicht über- bzw. unterschritten werden dürfen.

3 Untersuchungsgebiet

Die abiotischen und biotischen Charakteristika eines ca. 15 km² großen Deichvorlandes zwischen den Ortschaften Vynen und Rees mit einer der engsten Rheinschleifen am Niederrhein dienen als Grundlagendaten zur Entwicklung der Modellmethodik. Ausführliche Felduntersuchungen aus den Bereichen Grundwasser, Boden, Vegetation und Fauna führten zu einem umfangreichen Datenbestand, der unter räumlichem Bezug nur sinnvoll mit einem Geographischen Informationssystem gehalten und verarbeitet werden kann.

4 Modellansatz und Modellergebnisse

Das Integrierte Flussauenmodell INFORM (INtegrated Floodplain Response Model) basiert auf einer Kombination von abiotischen Teilmodellen mit biotischen Teilmodellen, welche auf die Ergebnisse der abiotischen Teilmodelle zurückgreifen. Als zusammenhaltendes Element für die Teilmodelle wird das Werkzeug GIS verwendet, mit dem INFORM letztlich realisiert und visualisiert wird (Abbildung 1).

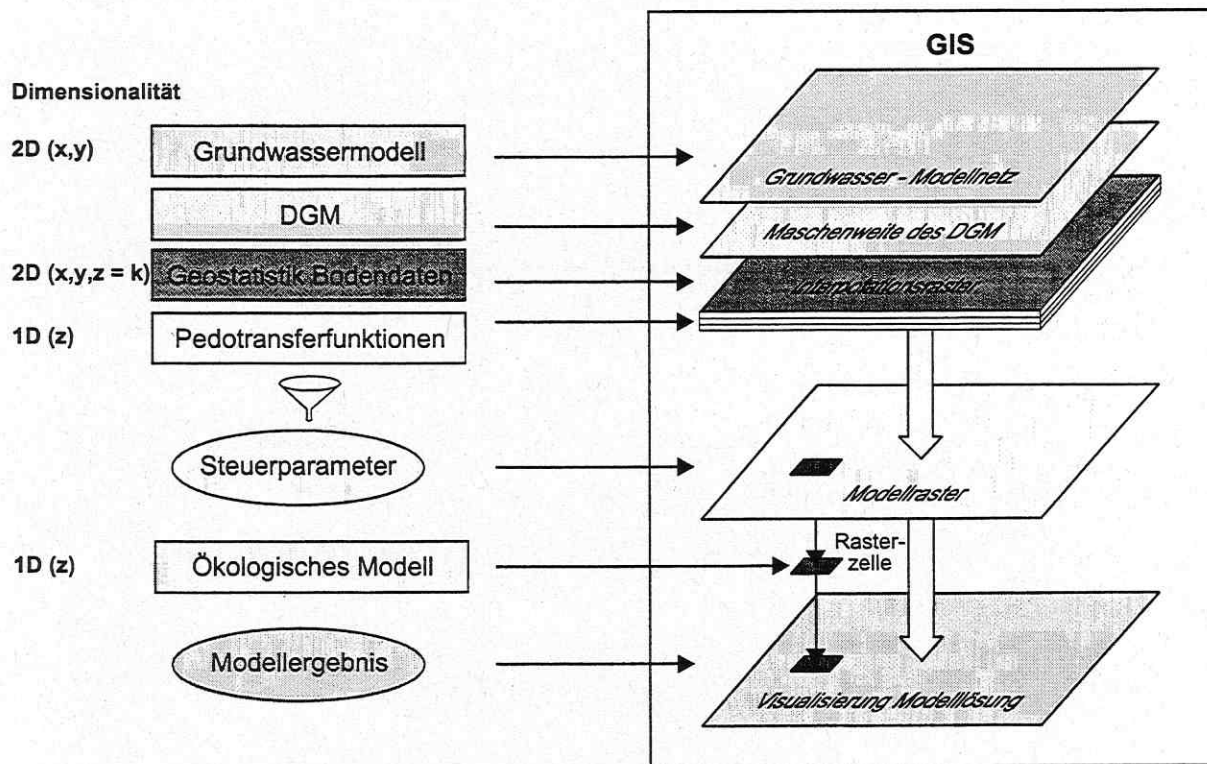


Abb. 1: Ablaufschema des Integrierten Flussauenmodells INFORM

Für die Modellierung der abiotischen Gebietsparameter wird auf gängige Verfahren bzw. Methoden zurückgegriffen. Die Grundwasseroberfläche des Projektgebietes wird mit einem Grundwasserströmungsmodell (Visual Modflow™) berechnet, welches vorgegebene Flussmittelwasserstände als modellwirksame Eingangsgröße nutzt. Aus der GIS-Verschneidung der Grundwassermodellergebnisse mit dem 15 m x 15 m-Raster des Digitalen Geländemodells resultieren die Grundwasser-Flurabstände. Der Bodenwasserhaushalt wird über Pedotransferfunktionen ermittelt, welche mit den Flurabständen als Eingangsgröße auf zuvor geostatistisch ausgewertete Bodengrunddaten des Projektgebietes (z.B. Körnung, Humusgehalt, Lagerungs-

dichte) angewandt werden. Mit diesem Schritt ergibt sich schließlich ein aggregiertes Modellnetz, auf das die ökologischen Teilmodelle aufgesetzt werden.

Für die Erstellung biotischer Teilmodelle müssen zunächst die maßgeblichen Prozesse für die Existenz der zu modellierenden biotischen Ergebnisgröße (z.B. Vegetationseinheit, Laufkäfergemeinschaften) formuliert und parametrisiert werden. Für die Erfassung der Beziehung "Standort–Auenvegetation" wurden dazu die Geländedaten mit multivariaten statistischen Verfahren (z.B. Kanonische Korrespondenzanalyse) ausgewertet.

Mit den Ergebnissen dieser Datenanalysen sowie ihrer Interpretation wurde unter Einbezug umfangreicher Literaturstudien das Teilmodell MOVER (**MO**dell for **VE**getation **R**esponse in floodplains) aufgestellt, welches die Existenz von Vegetationseinheiten in Abhängigkeit von selektierten abiotischen Eingangsparametern vorhersagt. Dabei handelt es sich um ein regelbasiertes Modell, welches die Zusammenhänge zwischen den modellwirksamen Eingangsparametern Landnutzung (2 Typen), Überflutung (12 Klassen), Körnung des Bodens (3 Klassen), pflanzenverfügbares Bodenwasser (11 Klassen) und der an die Ausprägung dieser Standortfaktoren angepassten Vegetationseinheit regional bezogen beschreibt (Abbildung 2). Das ökologische Modell MOVER basiert somit auf einem deskriptiv-deterministischen Ansatz und berechnet mit Hilfe des GIS regelbasiert die Vegetationseinheit für jede Rasterzelle des aggregierten Modellnetzes. Die flächige Verteilung der Vegetationseinheiten im Projektgebiet wird im GIS visualisiert.

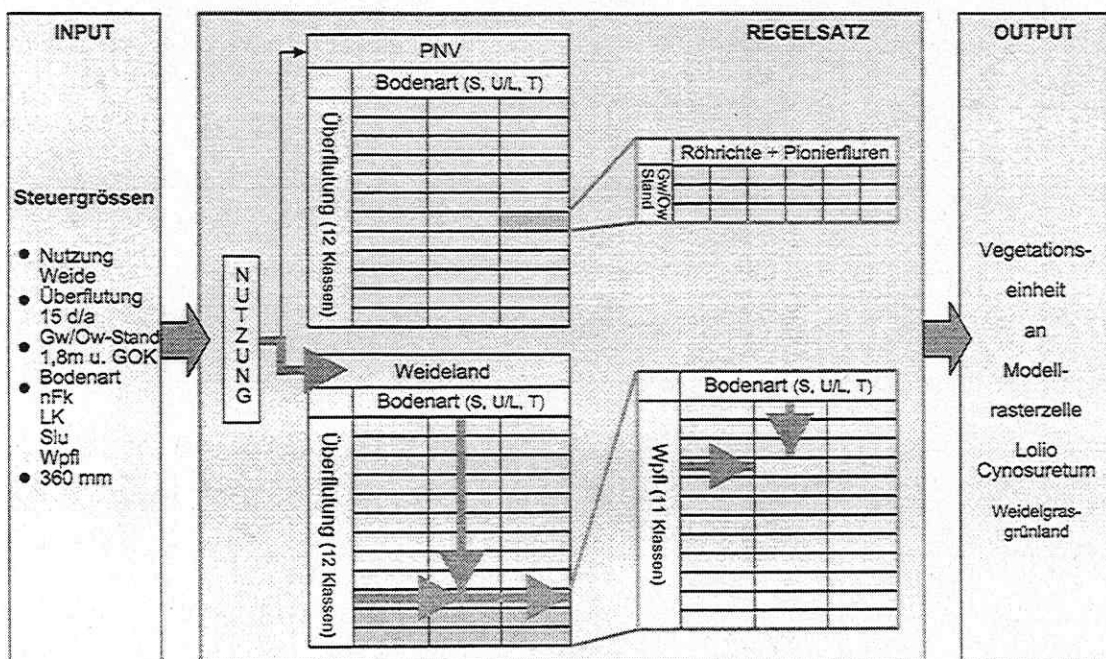


Abb. 2: Beispiel für einen Regelsatz des Teilmodells MOVER

Da die Verknüpfungsregeln zwischen abiotischen Standortfaktoren und Vegetationseinheiten weiterentwickelt und optimiert werden müssen, bedarf es einer fachwissenschaftlich kritischen Überprüfung der Modellergebnisse.

Mit MOVER lassen sich für verschiedene Szenarien von Flussmittelwasserständen die Verteilung der Vegetationseinheiten im Projektgebiet am Niederrhein konzeptionell abbilden (*Computer-Animation im Vortrag*). Die Reaktion der Auenvegetation auf langfristige Störung des Ökosystems durch Änderungen der Flussmittelwasserstände lassen sich für das Projektgebiet somit prognostizieren. Für die Ermittlung der aus ökologischer Sicht kritisch zu beurteilenden Wasserstände muss ein geeignetes Verfahren zur Bewertung der prognostizierten Veränderungen aufgestellt werden.

5 Bewertungsansatz und Bewertungsergebnisse

Das für das Integrierte Flussauenmodell INFORM entwickelte Bewertungsverfahren legt bisher als Bewertungsgegenstand die mit dem biotischen Teilmodell MOVER konzeptionell abgebildeten Vegetationseinheiten zugrunde. Im Verfahren wird ein Modell-Prognosezustand mit einem Modell-Referenzzustand abglichen, der den "Modell-Istzustand" bei einem Ausgangs-Flussmittelwasserstand repräsentiert. Erreicht der Unterschied von Prognosezustand und Referenzzustand ein bestimmtes Ausmaß, wird der hierbei vorhandene Flussmittelwasserstand als kritischer Wasserstand, die Änderung als kritische Flussmittelwasserstandsänderung bezeichnet. Wann eine Flussmittelwasserstandsänderung aus ökologischer Sicht als kritisch zu bezeichnen ist, hängt wiederum in entscheidendem Maß von der Zielstellung der Bewertung ab. Im Integrierten Flussauenmodell INFORM werden zwei Hauptziele verfolgt:

Ziel A: Ermittlung von kritischen, bauvorhabenbedingten Flussmittelwasserstandsänderungen (KbF) zur frühzeitigen Beurteilung und Lenkung von raumbedeutsamen Eingriffen an Bundewasserstraßen. Unter Beachtung naturschutzfachlicher Leitbilder werden die durch flussmittelwasserstandsändernde Planungsvorhaben prognostizierten Veränderungen von (bestimmten) Vegetationseinheiten im Deichvorland bewertet. Werden die KbF über bzw. unterschritten, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit von einem starken, raumgreifenden naturschutzfachlichen Konflikt auszugehen.

Ziel B: Rekonstruktion eines heutigen, potentiell natürlichen Deichvorlandzustandes (pnD) (geplant). Unter Beachtung ökologischer Leitbilder wird hier die Abweichung des pnD vom Referenzzustand bewertet. Es sollen Einschätzungen zur ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Bewirtschaftung von Bundeswasserstraßen getroffen werden können.

In Abbildung 3 werden schematisch die Hauptbestandteile des Integrierten Flussauenmodells INFORM mit den Bewertungselementen I, II und III sowie den Ergebnismutzungsmöglichkeiten verknüpft. Erster Schritt ist die Ermittlung von kritischen, bauvorhabenbedingten Flussmittelwasserstandsänderungen (KbF).

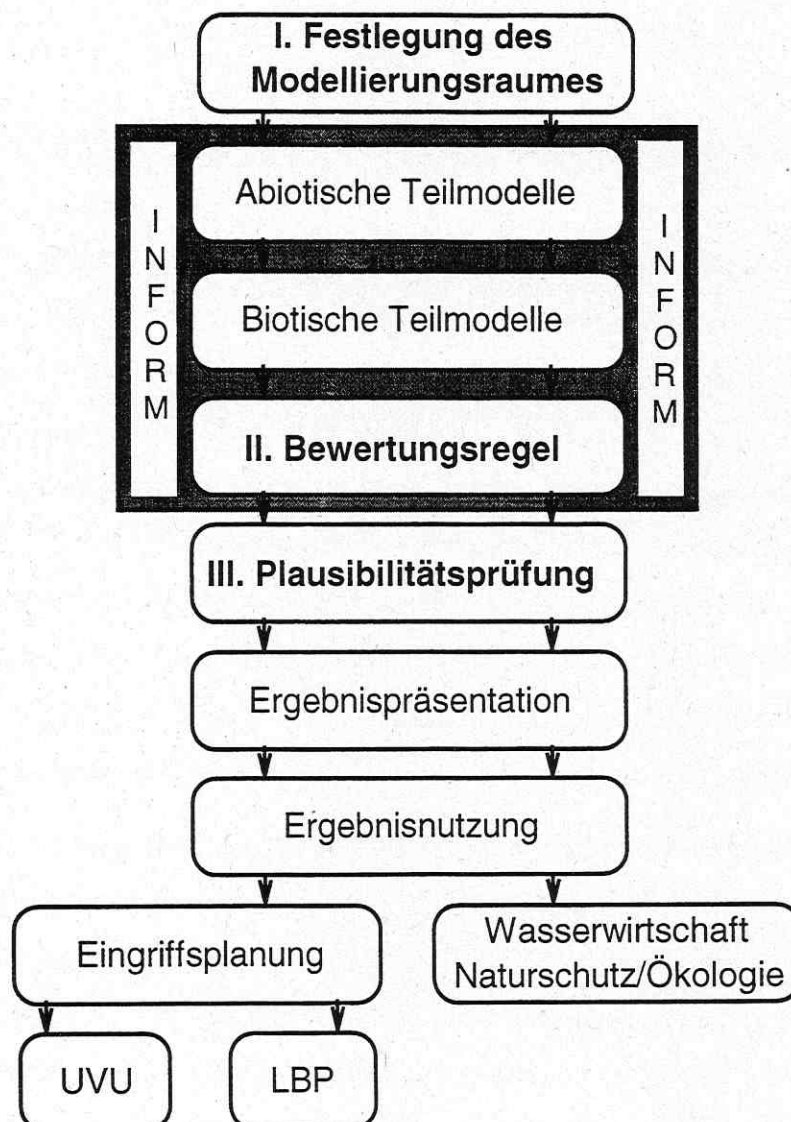


Abb. 3: Verknüpfung der Bewertungselemente I-III und Ergebnismutzungsmöglichkeiten mit INFORM

I. Festlegung des Modellierungsraumes

Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, ist eine einheitliche Abgrenzung des Modellierungsraumes notwendig. Die Begrenzung im Längsverlauf des Flusses wird ausgehend vom Ort des Vorhabens von einem festen Verhältnis zur bordvollen Gewässerbreite abhängig gemacht.

II. Auswahl und Anwendung einer Bewertungsregel

Im Modell selbst wird die Bewertung über einheitliche Bewertungsregeln bewerkstelligt, welche als "Annahmen" verstanden werden können. Bislang wurden drei verschiedene Bewertungsregeln getestet. Ist die Testphase abgeschlossen, wird die Auswahl einer Regel von bestimmten Ausgangsvoraussetzungen, beispielsweise von einem Mindestanteil von Flächen mit potentieller naturschutzfachlicher Bedeutung, abhängig gemacht.

Regel A berücksichtigt prozentuale Veränderungen von Pauschalschutzbiotopen nach § 20c Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) bzw. den prozentualen Verlust von Grünlandflächen. Regel B bewertet die Veränderungsanteile von Vegetationseinheiten hinsichtlich ihrer Feuchte-kategorie. In der Bewertungsregel C werden die Vegetationseinheiten in zwei naturschutz-fachliche Wertegruppen eingestuft und Erfahrungen aus der Methodik der Eingriffsregelung nach BNatSchG zugrundegelegt.

Abbildung 4 zeigt ein vorläufiges Ergebnis nach Bewertungsregel C, wobei nachstehende Regel angewandt wurde:

“Ein Prognosezustand ist dann kritisch, wenn sich mehr Flächen der Vegetationseinheiten mit potentieller naturschutzfachlicher Bedeutung verändern als Flächen ohne naturschutz-fachliche Bedeutung im Modellierungsraum zur Verfügung stehen.”

Unter Verwendung obiger Annahme entstehen vor Durchführung der Plausibilitätsprüfung kritische, bauvorhabenbedingte Flussmittelwasserstandsänderungen (KbF) von +13 cm und -9 cm.

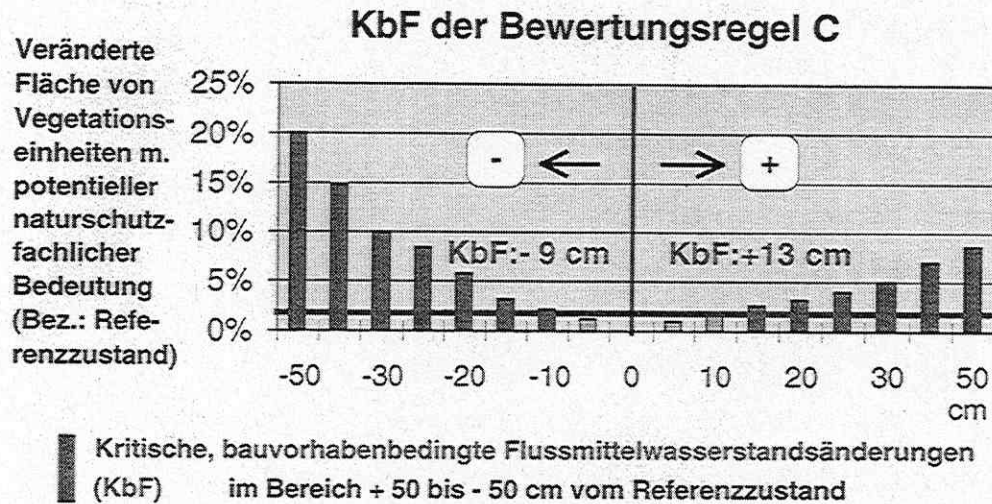


Abb.4: Kritische, bauvorhabenbedingte Flussmittelwasserstandsänderungen auf Grundlage der Bewertungsregel C (vor Durchführung der Plausibilitätsprüfung)

III. Plausibilitätsprüfung

Die angewandte Bewertungsregel wird unter Zuhilfenahme von Expertenwissen auf ihre Glaubwürdigkeit hin überprüft. In einem ersten Schritt werden die einzelnen Vegetationseinheiten einzelfallbezogen in Anlehnung an BFG (1996) und auf die Bewertungsregel angepasst bewertet. Das naturschutzfachliche, regionalspezifische Landschafts-Leitbild wird BfN (1997) entnommen.

Mit dem Ergebnis der Plausibilitätsprüfung kann eine Änderung des KbF in einem vorgegebenen Rahmen erfolgen.

Anhand obiger Ergebnisse und über Nutzung raumbezogener Aussagen sind insbesondere nachstehende Einsatzbereiche des Integrierten Flussauenmodells INFORM denkbar:

- Verwendung als Entscheidungsgrundlage bei naturschutzfachlichen und ökologischen Voreinstufungen von WSV-Einzelprojekten
- Beitrag zur Bewertung der Umweltauswirkungen auf UVP-Schutzgüter (§ 12 Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung, UVPG)
- Nutzung der flächenhaften Aussagen zum Vegetationsstandort im Rahmen von landschaftspflegerischen Planungen
- Beitrag zur Entwicklung von ökologischen Leitbildern des Deichvorlandes

6 Zusammenfassung

Anhand eines Projektgebietes am Niederrhein wird ein integriertes Flussauenmodell INFORM entwickelt, mit dem die langfristigen ökologischen Auswirkungen von Änderungen der Flussmittelwasserstände prognostiziert werden können. Das Modell soll der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) als Planungsinstrument dienen. Es soll einen Beitrag zur frühzeitigen Beurteilung und Lenkung von raumbedeutsamen Eingriffen an Bundeswasserstraßen leisten. Darüber hinaus sollen Entscheidungshilfen zur ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Bewirtschaftung von Bundeswasserstraßen gegeben werden.

INFORM besteht aus einer Kombination von abiotischen Teilmodellen (Grundwasser, Bodenwasserhaushalt) mit biotischen Teilmodellen, welche mit Hilfe des Werkzeuges GIS realisiert und gekoppelt werden. Das biotische Teilmodell MOVER beschreibt mittels eines deskriptiv-deterministischen Ansatzes die Zusammenhänge zwischen den abiotischen Standortfaktoren und den Vegetationseinheiten. Modellergebnisse in verschiedenen Szenarien vorgegebener Flussmittelwasserstände ergeben konzeptionelle Abbilder der Vegetationseinheiten-Verteilung und lassen damit prognostische Aussagen von Veränderungen der Vegetationseinheiten aufgrund geänderter Flussmittelwasserstände zu.

Zur Ermittlung der aus ökologischer Sicht kritisch zu wertenden Flussmittelwasserstandsänderungen muss zuerst die Zielstellung formuliert und anschließend darauf aufbauend ein Bewertungsverfahren entwickelt werden. Das Bewertungsverfahren setzt sich aus regelbasierten Elementen mit nachfolgender fachlicher Plausibilitätsprüfung zusammen.

Neben kritischen, bauvorhabenbedingten Flussmittelwasserstandsänderungen (KbF), die von der Veränderungsintensität naturschutzbedeutsamer Flächen abhängig gemacht werden, soll die Abweichung vom Referenzzustand zum heutigen, potentiell natürlichen Zustand des Deichvorlandes ermittelt werden. Die Ergebnisse des Integrierten Flussauenmodells INFORM können später in unterschiedliche Fachdisziplinen und Planebenen einfließen und effektive Hilfestellung im Rahmen der Standortsuche und Ausführungsplanung leisten.

Literatur

- BFG - BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (1996):** Umweltverträglichkeitsuntersuchungen an Bundeswasserstraßen, Materialien zur Bewertung von Umweltauswirkungen. BfG-Mitteilung Nr. 9. Koblenz
- BFN - BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (1997):** Naturschutzfachliche Landschafts-Leitbilder, Rahmenvorstellungen für das Nordwestdeutsche Tiefland aus bundesweiter Sicht.- Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 50/1. Bonn-Bad Godesberg

Strömung und Feststofftransport in einem Auengebiet – eine Modellanwendung

Büttner O, Quoika S*, Otte-Witte K*, Krüger F, Rode M & Baborowski M

Kontakt: buettner@gm.ufz.de

UFZ Sektion Gewässerforschung Magdeburg, Brückstr. 3a, 39114 Magdeburg

*²⁾ Universität Gesamthochschule Paderborn, Abt. Höxter, FB 8 - Techn. Umweltschutz

1 Einleitung

Die Belastung von Auen im Elbegebiet erfolgt wesentlich durch hochwasserbürtige partikulär gebundene Schadstoffe. Die Ableitung von Nutzungskonzepten der kulturwirtschaftlich genutzten Auenböden setzt eine möglichst genaue flächendetaillierte Kenntnis der mit den Schwebstoffen eingetragenen Schadstoffmengen voraus. Hierzu werden in einem ausgewählten Auengebiet neben einer Vielzahl von Felduntersuchungen Modellrechnungen mit einem zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Modell und einem Sedimenttransportmodell durchgeführt.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Möglichkeit der quantitativen Abschätzung von Erosion und Deposition von partikulär gebundenen Schadstoffen im Untersuchungsgebiet in Abhängigkeit von der jeweiligen hydraulischen Situation mit Hilfe eines zweidimensionalen Sedimenttransportmodells zu prüfen.

2 Material und Methoden

Die Berechnungen wurden für ein Auengebiet im Raum Wittenberge/Falkenberg zwischen Elbekilometer 433 und 443 mit einer Fläche von ca. 1000 ha durchgeführt. Die Berechnungen erfolgten mit den Komponenten RMA2 (Strömung) und SED2D (Sedimenttransport) der Waterways Experiment Station (US Army Corps of Engineers).

Zwei Hochwasserereignisse wurden mit diesen Modellen nachgebildet. Zur Überprüfung der Modellrechnungen sollen zunächst die Daten des Hochwassers vom März 1997 (Scheiteldurchfluß bei 1810 m³/s; im weiteren als HW97 bezeichnet; Quoika et al 1998) herangezogen werden. Dazu standen neben Pegelwerten und Ergebnissen aus Vorarbeiten mit einem eindimensionalen Strömungsmodell (Büttner et al. 1997) Daten aus der Beprobung von ca. 100 Sedimentationsfallen zur Verfügung.

Ergänzt wurden diese Werte durch umfangreiche Messungen zur Validierung des Modells während des Hochwassers im November 1998 ($Q_{\max} = 2350$ m³/s, im weiteren als HW98 bezeichnet). An 7 Stellen im Untersuchungsgebiet wurden mit einem Strömungsmesser Ge-

schwindigkeitsprofile aufgenommen. Während der Hochwasserscheitel das Untersuchungsgebiet passierte, wurden die Wasserspiegellagen auf einer Länge von ca. 10 Stromkilometern vermessen. Außerdem wurde das Einlaufen der Hochwasserwelle mit Hilfe von Luftbildern dokumentiert, die nach der Georeferenzierung zur Kalibrierung des Strömungsmodells genutzt werden können. Beim Frühjahrshochwasser 1997 wurden für die gesamte Dauer der Hochwasserwelle Schwebstoffgehalte vom Ufer des Hauptstroms als auch in strömungsberuhigten Zonen im Vorland bestimmt (Krüger et al. 1997), auch während des HW98 wurden in einen Zeitraum von drei Wochen täglich Schwebstoffproben aus dem Untersuchungsgebiet entnommen.

Zur Diskretisierung des Modellgebiets wurde ein Finite-Elemente-Netz (FE-Netz) generiert, das die Informationen zur Topographie des Untersuchungsgebietes speichert und die Grundlage des zweidimensionalen Strömungsmodells bildet. Das FE-Netz besteht aus 9700 Elementen, denen etwa 28300 Berechnungsknoten zu Grunde liegen.

3 Ergebnisse

Für das HW97 wurde zunächst vereinfachend ein stationärer Zustand für einen Rechenzeitraum von 72 Stunden angenommen. Dabei bilden die berechneten Strömungsverhältnisse und Uferlinien die reale Situation gut ab (Abb. 1). Die Modellkalibrierung wurde auf Basis der Bezugswasserlagen im Hauptstrom durchgeführt und mit Hilfe der Daten vom Pegel Gnevsdorf auf Plausibilität geprüft. Da die Qualität der Berechnungen entscheidend von der Qualität des zu Grunde gelegten digitalen Geländemodells (DGM) abhängt (Wyra 1998, Sacher & Naujoks 1998), wird gegenwärtig ein neues detailliertes DGM auf der Basis von Orthofotos (Luftbilder) erstellt.

Auch bei der Feststoffmodellierung wurde in dieser ersten Simulation ein konstanter Schwebstoffeintrag über die Rechenzeit angenommen. Da die Feststoffmodellierung auf dem errechneten Strömungsfeld beruht, können hier vorerst nur qualitative Aussagen über das Erosions- bzw. Sedimentationsverhalten der Schwebstoffe getroffen werden. Die errechneten Sohl Schubspannungen geben Aufschluß über potentielle Erosions- und Depositionsbereiche im Untersuchungsgebiet. Deutlich erkennt man Bereiche der Sohl-erhöhung in den strömungsberuhigten Zonen bzw. der Sohlvertiefung in den Einströmbereichen. Die Ergebnisse der Simulation sollen mit Hilfe der aus den Sedimentfallen gewonnenen Daten kalibriert werden.

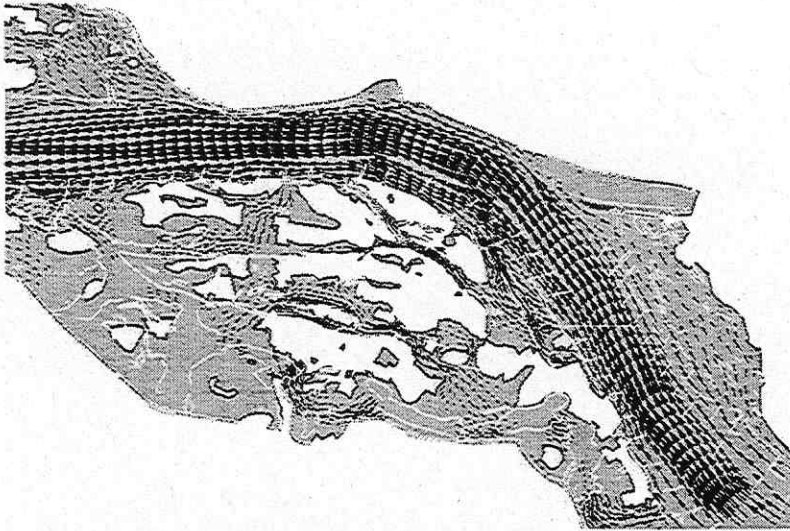


Abb. 1 Berechnetes Strömungsfeld im Kernuntersuchungsgebiet der Aue für HW97 (1810 m³/s)

Für das HW98 soll eine dynamische Simulation für das Gebiet durchgeführt werden. Der zeitliche Verlauf der Hochwasserwelle sowie die zugehörige

variable Schwebstofffracht soll nachgebildet werden. Hauptprobleme dabei sind die hohen Rechenzeiten sowie numerische Instabilitäten (Divergenz) in Bereichen der Aue, die im Laufe der Berechnung trocken fallen.

4 Zusammenfassung

Mit einem kommerziellen hydrodynamisch - numerischen Modell (zweidimensional und tiefengemittelt) wurden die Strömungsverhältnisse in einem Auengebiet nachgebildet. Entscheidend für die Qualität der Ergebnisse ist das verwendete Höhenmodell. Auf Grundlage des ermittelten Strömungsfeldes wurden Sohlschubspannung, Sedimentkonzentration sowie die sich daraus ergebene Sohlhöhenänderung im Untersuchungsgebiet berechnet. Für das HW97 wurden für den Modelltest vereinfachende Annahmen (Stationarität) getroffen. Für das HW98 sind die Berechnungen noch nicht abgeschlossen. Dafür soll eine dynamische Simulation durchgeführt werden. Die Datengrundlage für die Kalibrierung wurde durch umfangreiche, terminlich abgestimmte Meßaktionen (Wasserspiegellagenvermessung, Strömungsprofile, Befliegung während des HW98, Schwebstoffprobenahme) erweitert.

Literatur

- Büttner, O., Hagemann H., Suhr, U. (1997) Modellierung von Überflutungsflächen in einem Auengebiet der mittleren Elbe. ESRI 5. Deutsche Anwenderkonferenz. ISBN 3-9805610-0-3, 225-227
- Krüger F., Büttner O., Friese K. Meissner R., Rupp H., Schwartz R., (1997) Lokalisation der Schwermetallbelastung durch Simulation des Überflutungsregimes in einer ausgewählten Elbaue bei Wittenberge, Mit. d. Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, II, 949-952
- Sacher, C., Naujoks C. (1998) Calculating the limits of flood zones using a geographic information system, Wasser und Boden, 1:5-10
- Quoika S., Büttner O., Krüger F., Rode M., Baborowski M. (1998) Zweidimensionale Modellierung der Strömungsverhältnisse und des Sedimenttransportes in einem Auengebiet der mittleren Elbe, in: Tagungsband zum 8. Magdeburger Gewässerschutzseminar, Hrsg. von W. Geller, S. 369-370
- Wyra, J. (1998) Quality assurance in practical applications of two-dimensional flow simulation, DGM, 42:149-157

Eine einfache Methode zur Modellierung der Denitrifikation in der Aerationszone

Michel R-J

Fachhochschule Eberswalde, Schicklerstraße 3-5, D-16225 Eberswalde

Die Gefährdung des Grundwassers durch Nitrateinträge wird auch durch Vorgänge in der undurchwurzelten Aerationszone mitbestimmt. Die Modellierung der hierbei entscheidenden Sickerwasserbewegung in Kombination mit Denitrifikationsprozessen ist relativ aufwendig sowohl bzgl. der Parameterermittlung als in der Modellanwendung. Darüberhinaus sind bzgl. der Denitrifikationsprozesse noch nicht alle Vorgänge und hydrochemischen Wechselwirkungen geklärt bzw. hinreichend mathematisch beschrieben, um sie in der Prozeßmodellierung zu berücksichtigen.

In der Konsequenz werden z.Zt. Denitrifikationsprozesse in der Aerationszone bei der Modellierung des Stickstoffeintrages in das Grundwasser, besonders bei flächenhaften Betrachtungen, oft nicht oder nur mit pauschalen Schätzungen berücksichtigt.

Es war das **Ziel** der hier vorgestellten Arbeiten, eine einfache Methode zu erarbeiten, mit der besonders für flächenhafte Bewertungen die Nitratabbauvorgänge in der undurchwurzelten Aerationszone auf relativ einfache Weise besser berücksichtigt werden können, als es bis jetzt erfolgt.

Im Modell sollten folgende Parameter mit berücksichtigt werden können:

- Mächtigkeit und Substratschichtung der Aerationszone,
- Sickerwasserrate,
- Nitratkonzentration des Sickerwassers bei Eintritt in die Aerationzone aus dem Boden,
- DOC- Gehalt des Sickerwassers.

Die **Method**e wurde in zwei Schritten entwickelt:

1. Die Wasser- und Nitratdynamik in der undurchwurzelten Aerationszone wurde für eine breite Palette von Standortbedingungen mit einem systembeschreibenden Modell berechnet (Wassertransport auf Basis der Richards- Gleichung, Nitrattransport nach Diffusions- Dispersionsgleichung, Nitratabbau nach Michaelis- Menten- Kinetik).

Die Berechnungsergebnisse wurden nach dem Einfluß der o.g. Parameter analysiert; Abbildung 1 zeigt ein Beispiel.

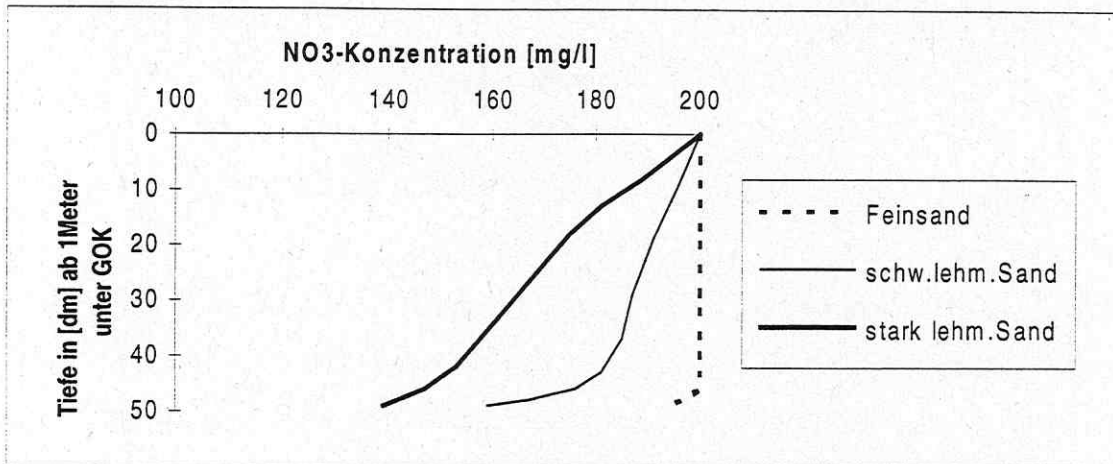


Abbildung 1: Systematische Beschreibung der Abnahme des Nitratgehaltes durch Denitrifikation mit der Profiltiefe in Abhängigkeit von Standort- und Randbedingungen (Beispiel: Mächtigkeit Aerationzone 5 m, DOC-Gehalt 100mg/l, Sickerrate 100 mm/a, Nitrat-Ausgangskonzentration 200 mg/l)

2. Aus den vorgenannten Ergebnissen wurden Richtwerte der pro Meter in der Aerationzone zu erwartenden Denitrifikationsraten errechnet. Bisher lassen sich folgende Standort- und Randbedingungen berücksichtigen:

- Substrate: Feinsand, schwach lehmiger Sand, stark lehmiger Sand,
- DOC- Gehalte im Sickerwasser: 80 bis 220 mg/l,
- beliebige Mächtigkeit Aerationzone,
- Eintrag von Sickerwasser und Nitrat aus der Bodenzone in Zeitintervallen für ein halbes Jahr und Vielfache.

Tabelle 1 zeigt einige der genannten Richtwerte.

Tabelle 1: Richtwerte der Reduzierung der Nitratkonzentration durch Denitrifikation [mg/l] pro Meter Sickerstrecke in der Aerationzone (Beispiel: Bodenart schwach lehmiger Sand, Mächtigkeit Aerationzone 5 m, Bereich oberhalb des Kapillarsaums)

	Sickerwassermenge			
	50 mm/a		200 mm/a	
	Ausgangsnitratkonzentration			
	50 mg/l	200 mg/l	50 mg/l	200 mg/l
DOC-Gehalt				
Sickerwasser				
100 mg/l	1,3	2,0	0	0
200 mg/l	3,0	6,5	2,5	3,5

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, dass es auf der Basis dieser Richtwerte ist es möglich, flächenhaft differenzierte Abschätzungen des Nitratabbaus in der Aerationzone und der zeitlichen Entwicklung von Nitratgehalten des Sickerwassers im Übergangsbereich zur Grundwasserzone vorzunehmen.

Die Anwendung der Methode stellt außer der Ermittlung der genannten Parameter keine Anforderungen an das Vorhandensein von Modellen. Aufbauend auf der Annahme eines "piston-flow" unter Feldkapazitätsbedingungen ergibt sich für die Passage von Sickerwasserfronten durch die einzelnen Schichten der Aerationzone aus den genannten Richtwerten zunächst der Nitratabbau in den Schichten und dann fortschreitend in der gesamten Aerationzone.

In der Methode werden wesentliche Prozesse der Denitrifikation berücksichtigt. Für weitere, unter bestimmten Standortbedingungen relevante Prozesse (z.B. Wechselwirkungen mit Schwefel) existieren z.Zt. noch keine Umsetzungsmöglichkeiten der theoretischen Kenntnisse in einfachen Modellen.

Konzept für Stoffhaushaltsuntersuchungen von Überflutungsböden der Elbe

Rupp H, Krüger F, Meißner R

UFZ-Sektion Bodenforschung, Forschungsstelle Falkenberg, Dorfstraße 55,
D-39615 Falkenberg

Problemanalyse

Anhand orientierender Untersuchungen konnten Schadstoffanreicherungen in Überflutungsböden der Elbe festgestellt werden (Meißner, R. et al. 1994). Die beobachteten teilweise grenzwertüberschreitenden Belastungen werden auf Hochwasserereignisse zurückgeführt, bei denen oftmals hochgradig schadstoffbelastete Sedimente auf den überfluteten Standorten abgelagert werden (Müller, D. und Rauer, H. 1997). Metallanreicherungen im Pflanzenaufwuchs sind mehrfach an der mittleren Elbe beschrieben worden. Insbesondere kommt es bei Cadmium zu Überschreitungen des Grenzwertes der Futtermittelverordnung. Trotzdem werden diese Böden bis zum heutigen Tag vornehmlich als Grünland (Schnittnutzung und anschließende Beweidung) landwirtschaftlich genutzt.

Mit dem Ziel, die Belastung von Überflutungsböden mit Schwermetallen (und organischen Schadstoffen) zu kennzeichnen und die Stofftransport- und -verteilungsmechanismen bei Hochwasserereignissen näher zu charakterisieren, werden seit 1996 durch das BMBF geförderte Untersuchungen durchgeführt (Förderkennzeichen 02-WT 9617/0). Im Ergebnis dieser Arbeiten sollen Kriterien zur Ableitung von nutzungsbezogenen Qualitätszielen für Überflutungsböden durch flächenrepräsentative Untersuchungen erarbeitet werden.

Zur Charakterisierung der sickerwassergebundenen Schadstoffverlagerung wurden auf den zeitweilig überfluteten Standorten bodenhydrologische Meßplätze eingerichtet. Mit Hilfe dieser Meßplätze soll der Wasser- und Stoffhaushalt der Überflutungsböden beschrieben werden. Die Meßplätze sind mit Tensiometern, Bodenfeuchtesonden und Saugkerzen in 15, 30, 60, 90 und 120 cm Tiefe bestückt worden. Aufgrund der zu erwartenden erhöhten Schadstoffakkumulation bei Hochwasserereignissen (Rupp, H. et al. 1996) wurden fünf Meßplätze nach einer vorangegangenen bodenkundlichen Sondierung (bis in 4 m Tiefe) in Geländesenken positioniert. Eine weitere Station befindet sich auf einem Geländerrücken. Die anfallenden Meßwerte (Tensionen und volumetrische Bodenwassergehalte) werden kontinuierlich erfaßt. Es ist ferner vorgesehen, die bodenhydrologischen Meßplätze durch Redoxsonden in den Bodentiefen 15, 30, 60 und 90 cm zu komplettieren.

Erste Ergebnisse der gegenwärtig laufenden Untersuchungen weisen auf eine Kontamination von Böden und Sedimenten im Bereich der mittleren Elbe mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen hin. Die Schwermetallbelastung der Vorlandbereiche zeigt eine enge Korrelation zum organischen Kohlenstoffgehalt der Böden. Die Metallbelastung von Überflutungsböden ist substratabhängig (Krüger, F. 1997). In situ Untersuchungen zur Metalllöslichkeit können dagegen infolge der periodisch auftretenden Überflutungen nur in begrenztem Umfang durchgeführt werden. Hier besteht Bedarf zur Weiterentwicklung geeigneter Untersuchungsmethoden.

Weiterhin konnten Beziehungen zwischen Elb-Wasserständen und Bodenwassergehalten in verschiedenen Tiefenstufen belegt werden. Vor allem zeigte sich während des Sommerhochwassers 1997 in den Monaten Juli und August (maximaler Pegelstand in Gnevsdorf 4,45 m; Mittelwasser 2,78 m) eine signifikante Erhöhung der Bodenwassergehalte in 120 cm Tiefe infolge steigender Elb-Wasserstände. Ein enger Zusammenhang ($r = 0,897$) bestand zwischen den Ganglinien des Wasserstandes und des volumetrischen Bodenfeuchtegehaltes in der Meßtiefe 120 cm bei einer zeitlichen Verschiebung von 9 Tagen. Über das sandige Unterbodenmaterial mit relativ hoher hydraulischer Leitfähigkeit findet eine schnelle laterale Infiltration von Elbewasser in die Vorlandböden statt. Daher muß in flußnahen Arealen mit sandigen Unterbodenhorizonten bei steigenden Flußwasserständen ein Schadstoffeintrag durch aufsteigendes belastetes Grundwasser befürchtet werden (Bubb und Lester, 1994).

Konzeptioneller Ansatz

Die vorliegenden Ergebnisse machen auf bestehende Wissenslücken zur kausalen Beschreibung der für Schadstofftransport und -verlagerung relevanten Prozesse aufmerksam. Es ist daher vorgesehen, neben den bodenhydrologischen Meßplätzen Lysimeter in die Untersuchung des Wasser- und Stoffhaushalts von Überflutungsböden der Elbe einzubeziehen. Insbesondere werden dann exakte Aussagen zur Grundwasserneubildung von Böden mit periodischem Überstau möglich. Da variierende Grundwasserstände einen wesentlichen Einfluß auf den Bodenchemismus ausüben, müssen die Gefäße als Grundwasserlysimeter konstruiert werden. Der Grundwasserstand im Lysimeter wird dabei über eine spezielle Einrichtung gemäß den in situ gemessenen Flurabständen eingestellt (Abbildung 1).

Ein weiteres Problem stellt die Schadstofffreisetzung bei sinkenden Redoxpotentialen, die beispielsweise mit der Freisetzung von nicht kristallinen Fe- und Mn- Oxiden verbunden ist, dar. Bei Hochwasserereignissen, die mit Überstauungen der "hot spots" von mehreren Metern Wassersäule einher gehen, sind in situ Untersuchungen zur Beschreibung der Stofftransport- und -verlagerungsprozesse in Überflutungsböden nicht möglich. Lysimeteruntersuchungen eröffnen hier experimentelle Möglichkeiten, Wirkungen einer zeitweiligen Überflutung zu erfassen. Dazu müssen die Lysimetergefäße mit speziellen Überstauvorrichtungen versehen werden, die eine Überflutungssimulation von mehreren Wochen erlauben. Durch den Einbau geeigneter Sensoren kann die Variation solcher Parameter, wie pH- Wert, Redoxpotential, Sauerstoffgehalt der Bodenluft, Matrixpotential infolge des veränderten hydrologischen Regimes erfaßt werden. Durch Lysimeteruntersuchungen wird die Lücke bei der Messung dieser Parameter geschlossen, die einerseits für die Beschreibung des Bodenchemismus bedeutsamen sind und andererseits bei Hochflutereignissen nicht oder nur in beschränktem Umfang in situ gemessen werden können.

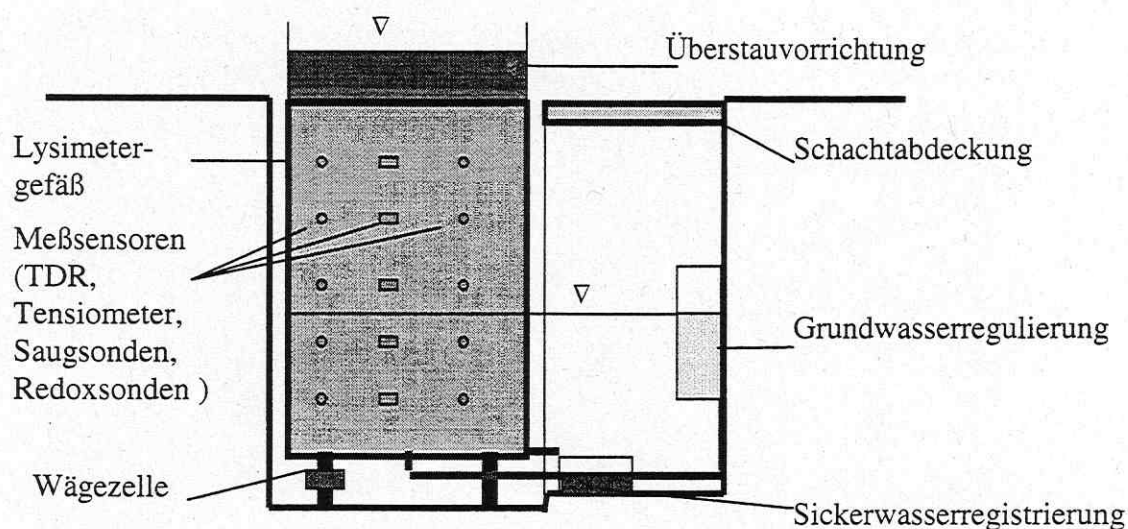


Abbildung 1: Prinzipskizze eines wägbaren Auenlysimeters

Neue Wege werden auch für die Untersuchung der Schwermetallverlagerung in Auenböden mit Hilfe der geplanten Lysimeteruntersuchungen eröffnet. Aussagen über die Verlagerung von Schwermetallen und Schwermetallverbindungen sowie über deren Transformation bei der Verlagerung vom Ober- in den Unterboden können auf die Weise abgeleitet werden.

Auenlysimeter versetzen uns ferner in die Lage, Hochwasserereignisse im Modellversuch zu simulieren, auch wenn diese in praxi im betreffenden Jahr nicht auftreten. Die dadurch

erreichbare Unabhängigkeit vom stark schwankenden hydrologischen Regime ist von großer Bedeutung für die fristgerechte Bearbeitung von Forschungsprojekten.

Zusammenfassung

Lysimeterexperimente stellen eine wertvolle Ergänzung für gegenwärtige und künftige in situ Untersuchungen dar. Sie sind als ein wesentliches Bindeglied bei der Übertragung von Ergebnissen aus Laboruntersuchungen (Mikrokosmen) auf die Ebene der Auenstandorte anzusehen und reihen sich so in das am UFZ entwickelte Gesamtkonzept zur Erforschung wesentlicher, die Stoffdynamik von Auenstandorten bestimmender Prozesse, ein.

Literatur

- Meißner, R., Guhr, H., Rupp, H., Seeger, J. und D. Spott : Heavy Metal Content of Soils and Sediments of the River Elbe in Selected Parts of East Germany.- Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung **35** (1994) 1 - 9.
- Müller, D. and Rauer, H. (1997) Anorganische Schadstoffbelastungen der Böden des Überflutungsgebietes Oberes Elbtal. Wasser und Boden, 49, 2, 15-20.
- Krüger, F., Büttner O., Friese, K., Meißner, R., Rupp, H., Schwartz R., (1997): Lokalisation der Schwermetallbelastung durch Simulation des Überflutungsregimes. Mitteilungen der DBG 85 II S. 949-952.
- Rupp, H., Meißner, R., Schonert, P. (1996): Untersuchungen zum hochwassergebundenen Sedimenteintrag in die Überschwemmungsgebiete der Elbe bei Wittenberge. 7. Magdeburger Gewässerschutzseminar, Budweis 22.-25.10.1996, Proceedings, S. 489-491.
- Bubb, J. M., Lester, J. N. (1994) Anthropogenic heavy metal inputs to lowland river systems, a case study. The river Stour, U.K.. Water, Air and Soil Pollution 78:279-296, 1994.

Zeitliche Belastungsentwicklung in Elbaue-Wehlen im Bereich Schönberg und Neukirchen

M. Vogt¹, D. Zachmann¹, C. Treutler², F. Krüger³, K. Friese³

¹TU Braunschweig, Institut für Geowissenschaften, Abteilung Geochemie, Pockelsstr. 3, 38106 Braunschweig

²UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Sektion Analytik, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig

³UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Sektion Gewässerforschung, Brückstr. 3a, 39114 Magdeburg

Einleitung

Das Bearbeitungsgebiet liegt zwischen Schönberg und Neukirchen im Mündungsbereich der Havel in die Elbe. In diesem Bereich wird die Elbe vom ehemaligen Altarmen begleitet, sogenannten Wehlen. Die Wehle nehmen die Hochwassersedimente der Elbe auf, so daß hier Zeitreihen von Überflutungsereignissen dokumentiert sind und somit die zeitliche Belastungsentwicklung nachvollziehbar wird. Zur Verifizierung dieser Annahme sollten die Untersuchungen an zwei Wehlen vorgenommen werden, die räumlich möglichst benachbart liegen und eine genügend hohe Sedimentmächtigkeit aufweisen.

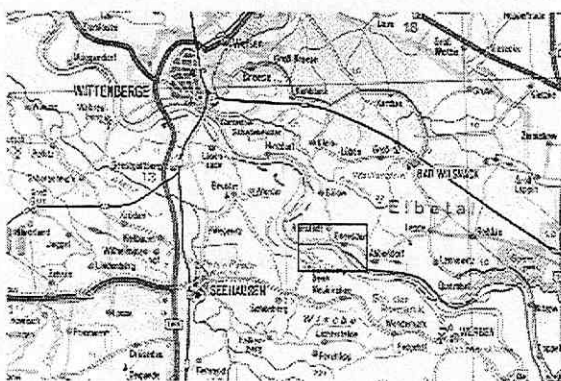


Abb.1: Karte

Nach vorangegangener Sondierung wurden der "Haken" und das "Schwarze Wehl" als geeignet ausgewählt. Der "Haken" wird bei Hochwasserständen von > 3,50m überflutet, das "Schwarze Wehl" bei Wasserständen > 4,50m.

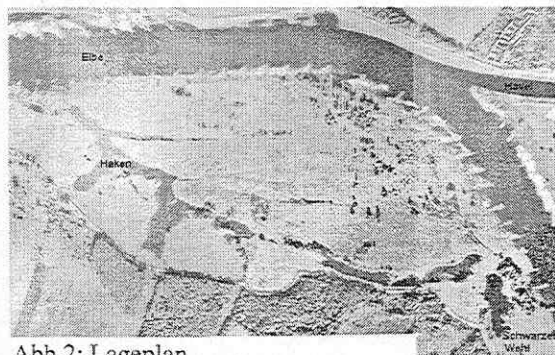


Abb.2: Lageplan

Methodik

Die Entnahme der Unterwassersedimentkerne wurden mit Hilfe des sogenannten "Becker-Samplers" der Firma *Eijkelpamp Agrisearch Equipment* durchgeführt. Die gewonnenen Sedimentkerne wurden sofort im Gelände unter Luftausschluß portioniert und in einer Argon-Atmosphäre bis zur weiteren Bearbeitung bei ca. 4° C gelagert. Um verfälschende Redoxreaktionen auszuschließen, wurden die Proben im mit Argon gefluteten Handschuhkasten den ein-

zelenen Schritte der Sequentiellen Elution (nach Jakob et al. / 1990) unterzogen.

Zur Vermeidung des Einflusses der Korngröße auf die Elementverläufe in den Profilen wurde zur Ermittlung der Gesamtgehalte die < 20 µm-Fraktion verwendet. Die Fraktionierung erfolgte mittels Sieben und Schlämmen. Diese Fraktion wurde ebenfalls für die ¹³⁷Cs- und ²¹⁰Pb-Datierung benutzt.

Die Bestimmung der Gesamtgehalte und Analyse der Eluate der Sequentiellen Elution erfolgten mit der ICP-OES.

Ergebnisse

Die Untersuchungen fokussierten sich auf die Hauptelemente anthropogener Belastung: Cd, Cr, Cu, Ni, Pb und Zn.

Die Sedimentprofile beider Wehle zeigen einen ähnlichen Verlauf der Schwermetallgehalte, wenn auch mit unterschiedlicher Charakteristik.

In den unteren Sedimentabschnitten liegen in beiden Wehlen die Gehalte von Cd, Cr, Cu und Zn ähnlich niedrig und bewegen sich im Bereich des geogenen Backgrounds. Ebenso erfolgt ab einer bestimmten Tiefe ein sprunghafter Anstieg für Cd, Cu und Zn, der für Cr nur angedeutet ist. Diese Tiefenstufe läßt sich ca. dem Jahr 1948 zuordnen und repräsentiert somit den industriellen Aufbau. Im Bereich der höheren Konzentrationen ist allerdings ein

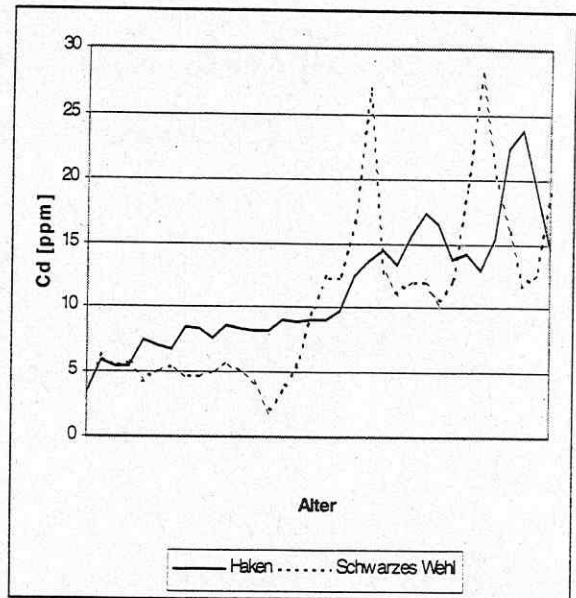


Abb.3: Cadmium-Elementverlauf in den Tiefenprofilen "Haken" und "Schwarzes Wehl"

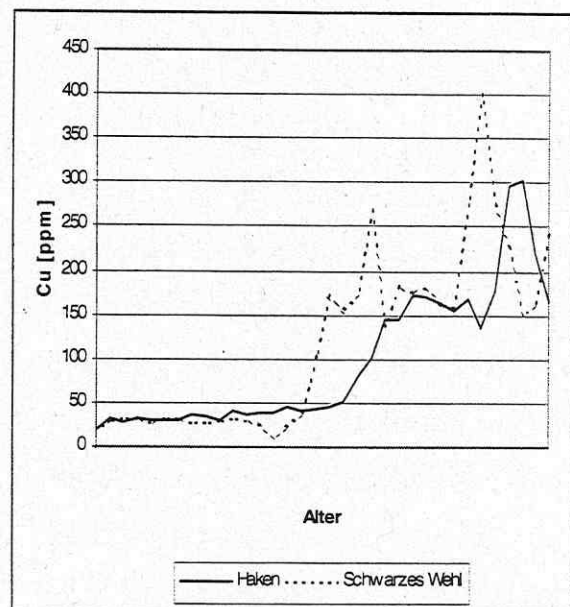


Abb.4: Kupfer-Elementverlauf in den Tiefenprofilen "Haken" und "Schwarzes Wehl"

deutlich unterschiedlicher Verlauf festzustellen, der sich auf unterschiedliche Sedimentationsprozesse zurückführen läßt. In den Sedimenten des "Hakens" sticht dominierend bei 10-15 cm ein Maximum für alle genannten Elemente heraus, welches im "Schwarzen Wehl" nicht feststellbar ist.

Das Maximum läßt sich dem Jahr 1990 zuordnen. Die Tiefenverläufe der Pb- und Ni-Gehalte zeigen im "Haken" eine vergleichbare Tendenz, nehmen zur Tiefe hin jedoch langsamer ab.

Im "Schwarzen Wehl" wird der eher monotone Trend in den jüngeren Sedimenten durch Extrema überprägt, die wiederum sedimentologisch interpretierbar sind (hohe Anteile an $C_{org.}$).

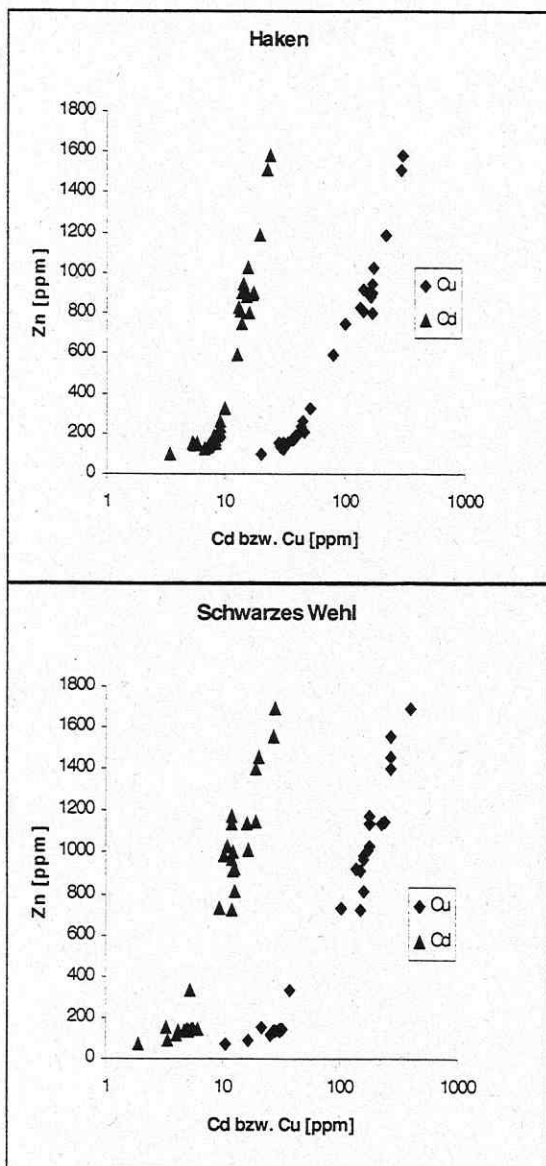


Abb.5: Korrelationsdiagramme Zink - Cadmium und Kupfer in den Tiefenprofilen "Haken" und "Schwarzes Wehl"

Für die Sequentielle Elution wurden je Profil acht Proben aus unterschiedlichen Tiefenbereichen, welche markante Gesamtgehalte aufwiesen, untersucht. Der Trend, mit abnehmenden Elementgehalten bei zunehmender Tiefe, wird durch die Sequentielle Elution bestätigt. Die Schwermetalle sind überwiegend in der schwerer reduzierbaren Phase (Schritt IV) und in der Residualfraktion (Schritt VI) gebunden, d.h. sie sind schwer löslich und damit relativ immobil.

Um eine zeitliche Belastungsentwicklung darzustellen, wurde die Tiefenachse durch eine Zeit- achse ersetzt. Mittels der im Sediment gemessenen Anomalien von ^{137}Cs sowie ^{210}Pb war eine zeitliche Zuordnung der Tiefenstufen bzw. der Sedimentationsraten möglich. Die Datierung lieferte leider nur für das Profil "Haken" befriedigende Ergebnisse. Es konnte hier eine mittlere Sedimentationsrate von ca.1,8 cm/a im Tiefenbereich bis 20 cm errechnet werden, im Bereich über 20 cm Tiefe liegt sie bei ca. 1,7 cm/a. Beim "Schwarzen Wehl" konnte nur eine Zuordnung zum Jahr 1963 (an Hand des ^{137}Cs -Peaks) erfolgen. Das Tschernobyl-Ereignis (1986) war nicht eindeutig nachweisbar.

Aufgrund der sehr niedrigen Aktivitätskonzentration des ^{210}Pb (unsupp.) konnte darüber hinaus keine Alters- bzw. Sedimentationsratenbestimmung erstellt werden.

Zusammenfassung

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, daß es, ausgehend von einem sprunghaften Anstieg in der Nachkriegszeit, in den letzten Jahrzehnten eine zunehmende Belastung der Wehle in den Elbauen im Gebiet zwischen Schönberg und Neukirchen gegeben hat. Dabei lassen sich die Elemente Cd, Cr, Cu, und Zn zu einer Gruppe mit ähnlichen Konzentrationsprofilen zusammenfassen.

Die Elemente Ni und Pb hingegen weisen schon seit Anfang dieses Jahrhunderts eine hohe Konzentration mit langsam steigender Tendenz auf. Am Beispiel des Wehls "Haken" läßt sich für das Jahr 1990 ein singuläres Maximum aller Elemente feststellen.

$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopenverhältnisbestimmungen in ausgewählten Bodenprofilen der Elbaue bei Wittenberge

Kunert M, Krüger F und Friese K

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Sektion Gewässerforschung Magdeburg,
Brückstraße 3a, D-39114 Magdeburg

Einleitung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde untersucht, ob mit Hilfe von Blei-Isotopenverhältnissen ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) anthropogene und geogene Eintragspfade des Elementes Blei in einer Überflutungsauwe differenziert werden können. Untersuchungsstandort ist die Elbaue bei Wittenberge zwischen den Elbestromkilometern 435 – 440. Das Gebiet wurde vom Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg bodenkundlich untersucht [1]. Der Element- und Nährstoffeintrag bei Hochwasser wird durch die Analyse von Überflutungswasser-, Schwebstoff-, Hochflutsediment-, Gras- und Bodenproben [2, 3] ermittelt. Bisher wurden zwei Bodenprofile ein elbnaher Standort und ein Standort in einer Flutrinne auf Blei-Isotope untersucht.

Material und Methoden

Die Bodenproben ($< 2\text{ mm}$ und $< 20\text{ }\mu\text{m}$) der ausgewählten Bodenprofile (bis 1 m Tiefe) wurden mit dem Mikrowellenaufschlußgerät Mars 5 (Fa. CEM) mittels Königswasserauszug und Totalaufschluß (Salpetersäure / Wasserstoffperoxid / Flußsäure / Salzsäure) aufgeschlossen. Die Bestimmung der Blei-Isotopenverhältnisse erfolgte mit der Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS; Elan 5000; Fa. Perkin-Elmer/Sciex). Untersuchungen zur Gewährleistung der Zuverlässigkeit der Isotopenverhältnisbestimmungen mittels ICP-MS wurden durchgeführt.

Ergebnisse

Für das Profil am Standort Flutrinne wurde durch das Frühjahrshochwasser 1997 ein Hochflutsedimenteintrag von 203.5 g/m^3 ermittelt. Eine deutliche Abnahme des $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopenverhältnisses (von 1.19 auf 1.17) erfolgt mit Zunahme der Bleigehalte in diesem Profil oberhalb 45 cm Tiefe (Abb. 1 und 2). Die Ursache kann der verstärkte Eintrag von Pb mit geringem $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopenverhältnis aus verbleitem Vergaserkraftstoff sein. Von Krause (1993) [4] wurde im deutschen Vergaserkraftstoff für $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ein Isotopenverhältnis von 1.095-1.105 veröffentlicht. Als geogenen Hintergrundwerte im Boden (Insel Helgoland, Deutschland) ermittelte Krause Werte von 1.18-1.22.

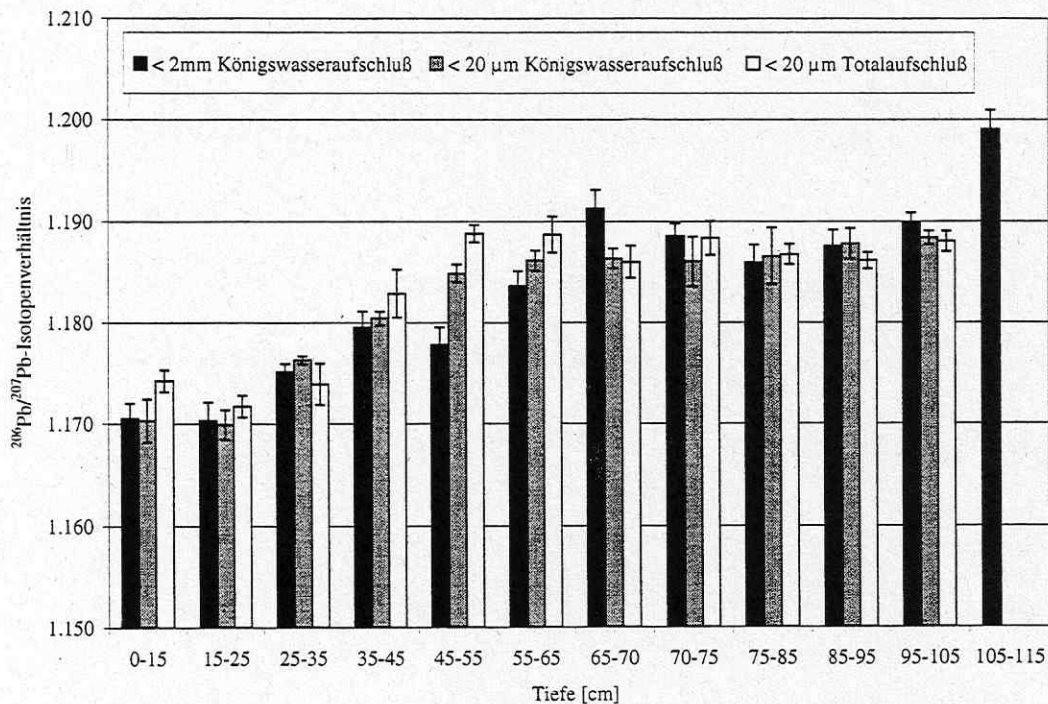


Abb. 1: $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopenverhältnisse im Bodenprofil Flutrinne.

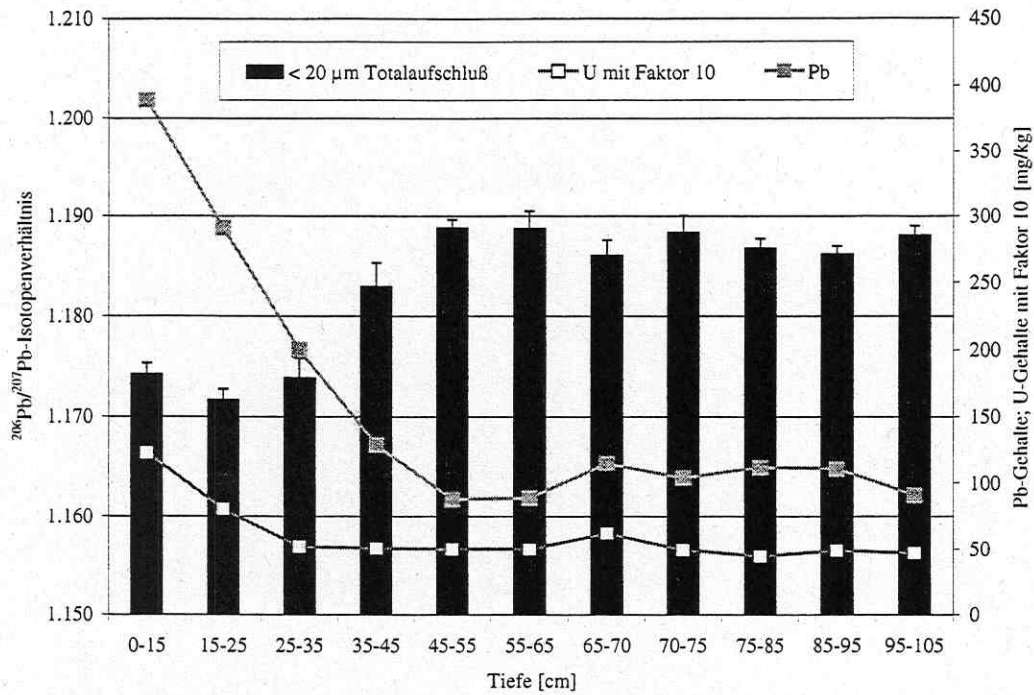


Abb. 2: $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopenverhältnisse; Blei- und Urangelhalte im Bodenprofil Flutrinne.

Für das Profil am elbnahen Standort wurde durch das Frühjahrshochwasser 1997 ein Hochflutsedimenteintrag von 972.5 g/m^3 ermittelt. Mit Anstieg der Bleigehalte ab 85 cm Tiefe wurde ebenfalls eine Abnahme des Blei-Isotopenverhältnisses ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ von 1.182 auf 1.167) analysiert. Trotz maximalen Bleigehalten ab 65 cm Tiefe wurde wieder ein Anstieg des Isotopenverhältnisses (auf 1.178) in diesem Profil ermittelt (Abb. 2-3). Die Quelle des anthropogenen Bleieintrages kann somit nicht hauptsächlich der bleihaltige Vergaserkraftstoff sein. Da gleichzeitig mit der Erhöhung des Isotopenverhältnisses ein Anstieg der Urangelhalte im Profil bestimmt wurde, ist die Ursache für den Anstieg des Isotopenverhältnisses wahrscheinlich ein Bleieintrag aus dem Uranbergbau. Von Satir und Bracke (1997) [5] wurden $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopenverhältnisse von 1.4-3.0 im Bereich der Uranvererzung und des Uranbergbaus in Schlema-Alberoda/Sachsen ermittelt.

Aus Abb. 1 und 3 wird ebenfalls deutlich, daß für die meisten Proben zwischen Königswasseraufschluß und Totalaufschluß sowie zwischen der $< 2 \text{ mm}$ - und $< 20 \text{ µm}$ -Fraktion eine gute Übereinstimmung der $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopenverhältnisse vorliegt.

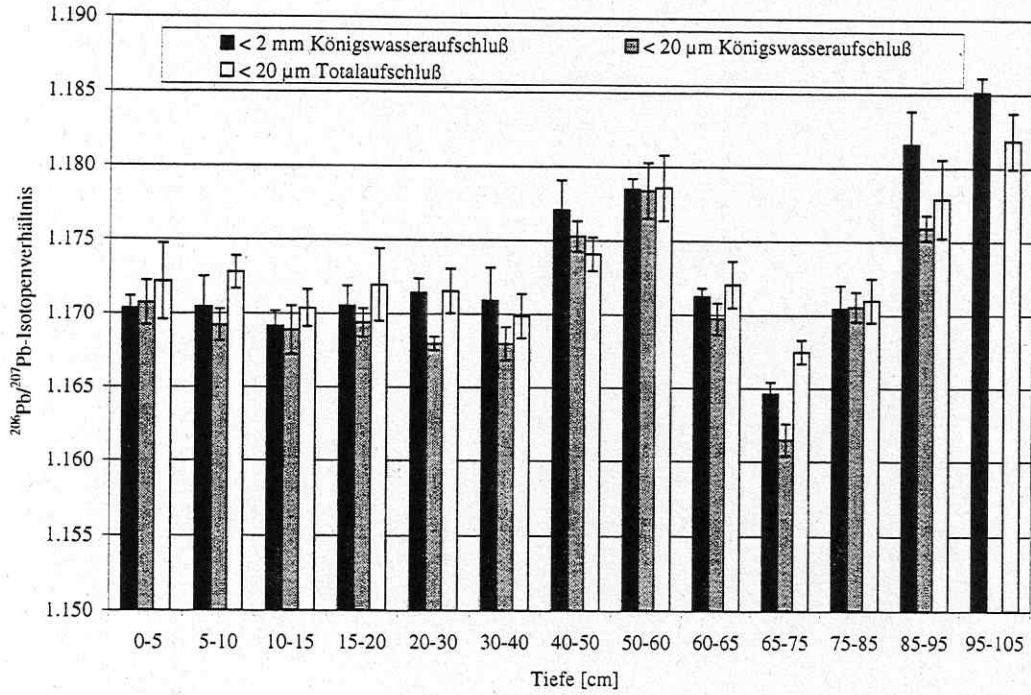


Abb. 3 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopenverhältnisse im Bodenprofil am elbnahen Standort.

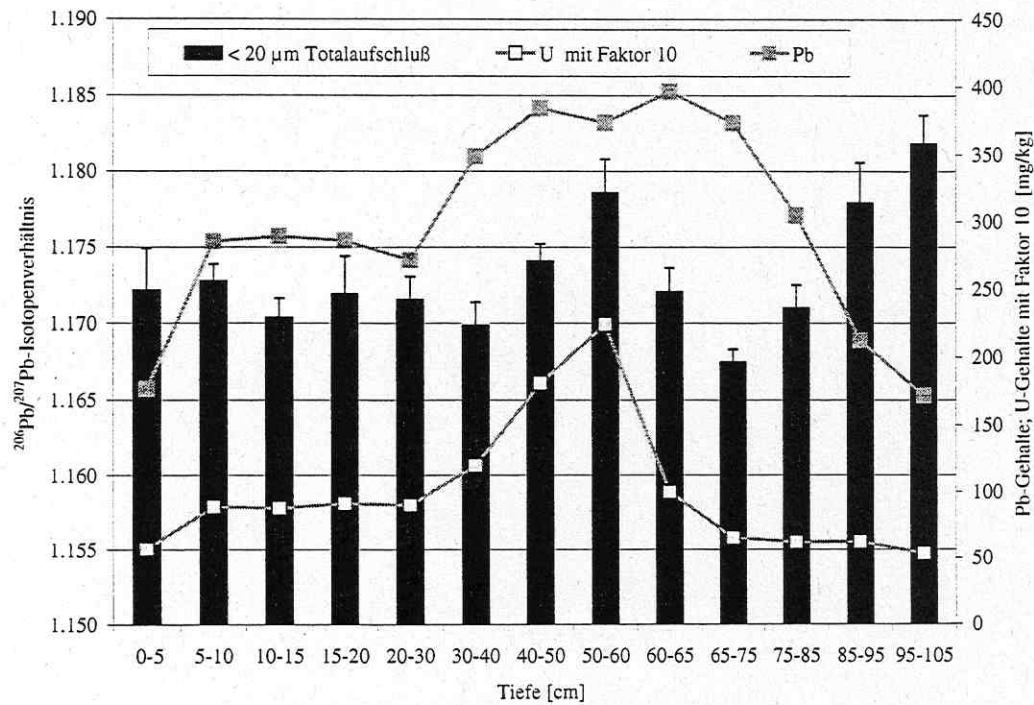


Abb. 4 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopenverhältnisse, Blei- und Urangelhalte im Bodenprofil am elbnahen Standort.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse haben gezeigt, daß es mit Hilfe von Pb-Isotopenverhältnisbestimmungen möglich ist, verschiedene Eintragungspfade des Elementes Blei zu differenzieren.

Ursache für den unterschiedlichen Verlauf der Pb-Isotopenverhältnisse in den beiden untersuchten Profilen der Elbaue bei Wittenberge sind hauptsächlich die unterschiedlichen Überflutungsbedingungen und Substrate. An weiteren Bodenprofilen und an einem Unterwassersediment aus einem Altarm im Untersuchungsgebiet werden diese Untersuchungen fortgesetzt.

Literatur

- [1] Gröngröft, A., Schwartz, R. und Miehlich, G., 1998, Wirkung von Hochwasserereignissen auf die Schadstoffbelastung von Auen und kulturwirtschaftlich genutzten Böden im Überschwemmungsbereich von Oka und Elbe. Teilprojekt: Erfassung des Vorkommens und bodenphysikalische Kennzeichnung der Auenböden. Abschlußbericht bodenkundliche Analytik. Universität Hamburg, Institut für Bodenkunde.
- [2] Friese, K., Brack, W., Krüger, F., Lohse, M., Miehlich, G., Rupp, H., Schwartz, R., Witter, B., Khamtzeva, I., Pylenok, P., Sergeev, S., Iashin, V., 1998, Hochwassergebundener Schadstoffeintrag in Auen der Elbe und der Oka: Aktueller Stand eines BMBF- und UFZ-geförderten russisch-deutschen Kooperationsprojektes. In: Geller, W. et al. (Hrsg.). Gewässerschutz im Einzugsgebiet der Elbe. 8. Magdeburger Gewässerschutzseminar, 58-61 B. G. Teubner, Stuttgart, Leipzig,
- [3] Krüger, F., Lohse, M., Rupp, H., Muhs, K., Schachel, O. und Friese, K., 1998, Nähr- und Schadstoffkonzentrationen im Überflutungswasser eines Mittelbeabschnittes bei Wittenberge. In: Geller, W. et al. (Hrsg.). Gewässerschutz im Einzugsgebiet der Elbe. 8. Magdeburger Gewässerschutzseminar, 153-154 B. G. Teubner, Stuttgart, Leipzig,
- [4] Krause, P. Doktorarbeit, 1993. Entwicklung von Anwendungsmöglichkeiten der ICP-MS und der Laser-ICP-MS in der Umweltanalytik. Universität Hamburg.
- [5] Satir, M. und Bracke, G., 1997, Radiogene Isotope in der Umweltforschung, In: Matschullat, J., Tobschall, H. J., Voigt, H.-J. (Hrsg.). Geochemie und Umwelt . Relevante Prozesse in Atmo-, Pedo- und Hydrosphäre. Springer, Berlin, 203.

Variabilität von Spurenstoffen und physikochemischen Parametern im Sicker- und Grundwasser verschiedener Auebereiche der Mulde bei Bitterfeld/Wolfen

O.Brandt^{1,3}, S.Geyer¹, G.Matheis³, K.Henle²

¹UFZ Leipzig-Halle GmbH, Sektion Hydrogeologie, Theodor-Lieser-Str. 2, D-06120 Halle

²UFZ Leipzig-Halle GmbH, Projektteam Naturnahe Landschaften, Permoserstr. 15, D-04318 Leipzig

³Technische Universität Berlin, Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geochemie, Labor Angew. Geochemie, Ackerstr. 71-76, D-13355 Berlin

Die UFZ – Sektion Hydrogeologie ist seit 1996 Partner im Forschungsprojekt „PROTOWET“ der Europäischen Union (Kontakt Nr. ENV4-CT95-0060). Ziel ist die Untersuchung geo- und hydrochemischer Prozesse der mit anorganischen und organischen Schadstoffen belasteten Mulde. Die Ergebnisse tragen gleichzeitig zur Entwicklung eines europäischen Indikationssystems als praxisgerechte ökologisch/ökonomische Bewertungsgrundlage für marine, lakustrine und fluviale Feuchtgebiete bei.

Entlang vier repräsentativer Transekte wurde in der Mulde (Abb. 1) die Schadstoffverteilung anhand von Bodenprofilen unter Berücksichtigung der variablen hydrogeomorphologischen und lithofaziell-pedogenen Verhältnisse ermittelt. Die Transekte I und III wurden mit Meßstationen für die monatliche, hydrochemische Beprobung des Oberflächen-, Grund- und des Sickerwassers in 20, 40 und 80 cm u. GOK, sowie die Aufnahme bodenphysikalischer Parameter (Redoxpotential, pH-Wert, u. a.) versehen.

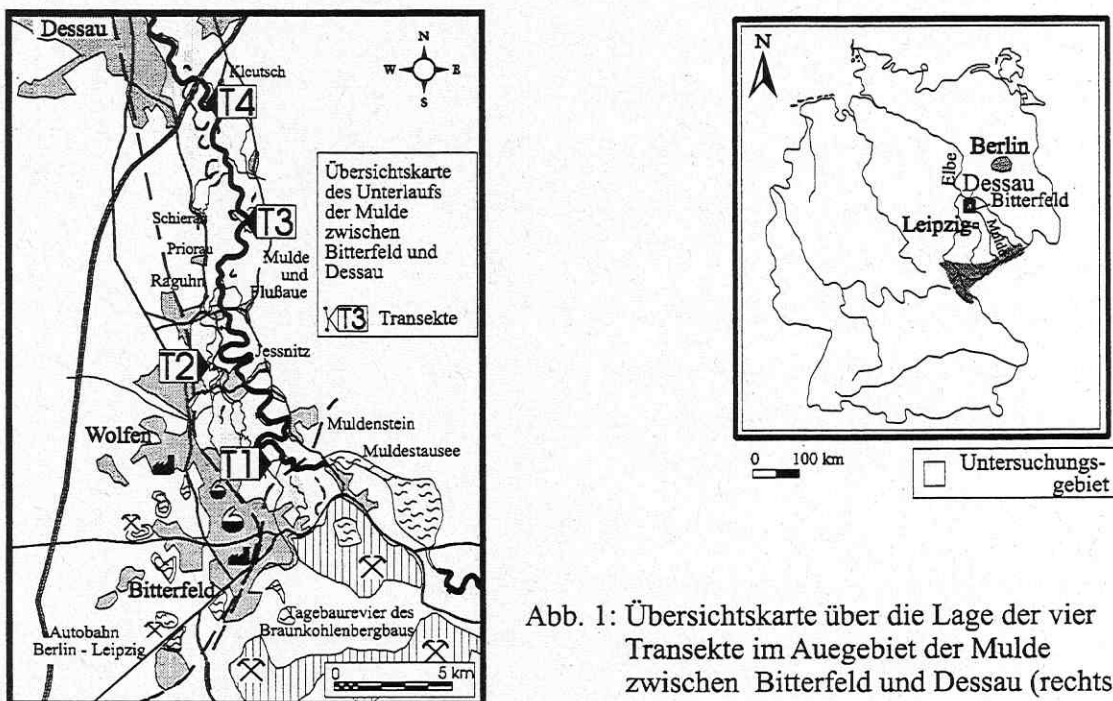


Abb. 1: Übersichtskarte über die Lage der vier Transekte im Auegebiet der Mulde zwischen Bitterfeld und Dessau (rechts).

Die Transekte I bei Muldenstein liegt, ausgerüstet mit 3 Meßstellen, in einem morphologisch kaum differenzierten Bereich mit bis zu 3,5 m mächtiger Auelehmüberdeckung. Aufgrund der Wasserregulierung durch ein flußabwärts gelegenes Wehr überwiegen ausgeglichene Fluß- und Grundwasserstände von 0,5 bis 1,2 m u. GOK mit jährlichen Schwankungen von 0,6 bis 0,7 m (Abb. 2, oben). Der oberste Grundwasserleiter besteht aus quartären Talsanden und Kiesen (Weichsel- und Holozänablagerungen).

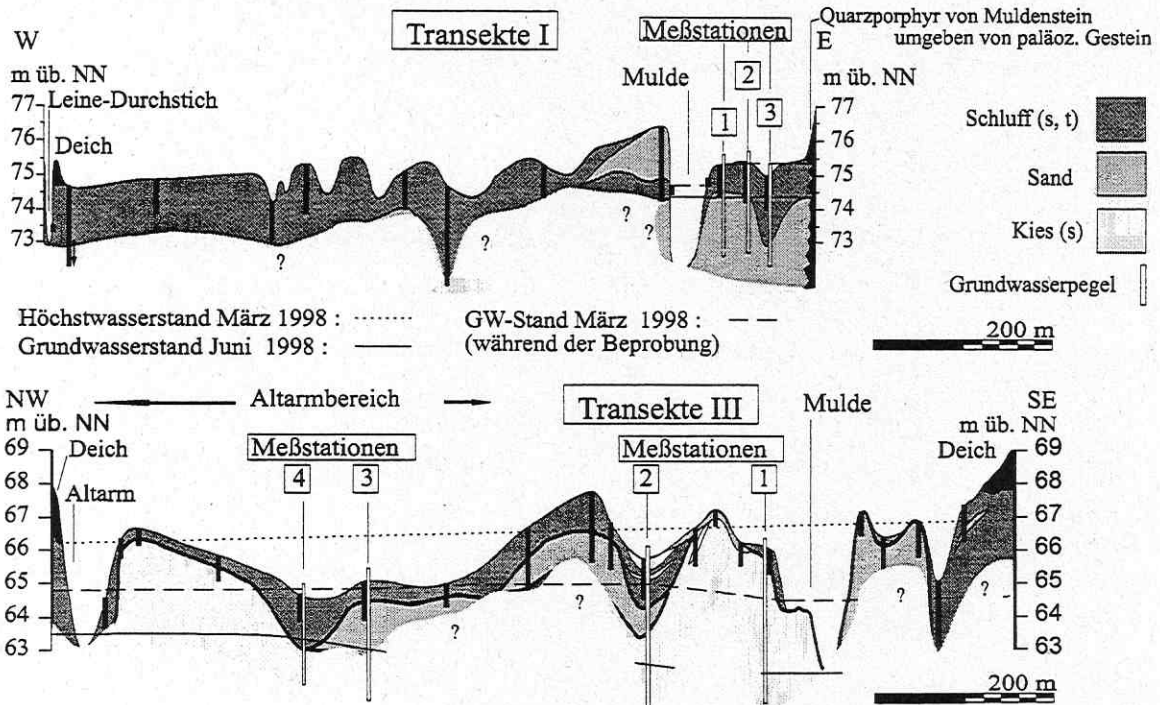


Abb. 2: Profildarstellung der Transekte I östlich von Bitterfeld/Wolfen bei Muldenstein und der Transekte III bei Schierau nördlich von Wolfen (beide Profile stark überhöht).

Das Gebiet der Transekte III bei Schierau läßt sich aufgrund seiner lebhafteren Morphologie in mindestens vier unterschiedliche, hydrogeomorphologische Teilräume gliedern (Abb. 2, unten). Meßstation 1 befindet sich auf dem Uferwall mit einer Profilfolge von A-/A_{relikt}-Horizonten über einer Kiesterrasse (Weichsel- und Holozänablagerungen). Die Meßstation 2 wurde in einer tieferen, nur episodisch überfluteten Rinne (cut-off channel) mit kiesigen A-/A_{relikt}-Horizonten installiert. Im Auelehm-bedeckten Altarmbereich wurden an einem Wiesenstandort die Meßstation 3, die Station 4 an einem tiefer gelegenen Standort angelegt. Jahreszeitliche Fluß- und Grundwasserschwankungen von mehr als 2,0 m sind auf das Fehlen wasserstandsregulierender Wehre zwischen Raguhn und Dessau zurückzuführen.

Die beschriebenen hydrogeomorphologischen und lithofaziell-pedogenen Unterschiede der betrachteten sechs Auebereiche spiegeln sich in der Variabilität wichtiger physikochemischer Parameter und Element- und Stoffgehalte im Grund- und Sickerwasser wider (Abb. 3).

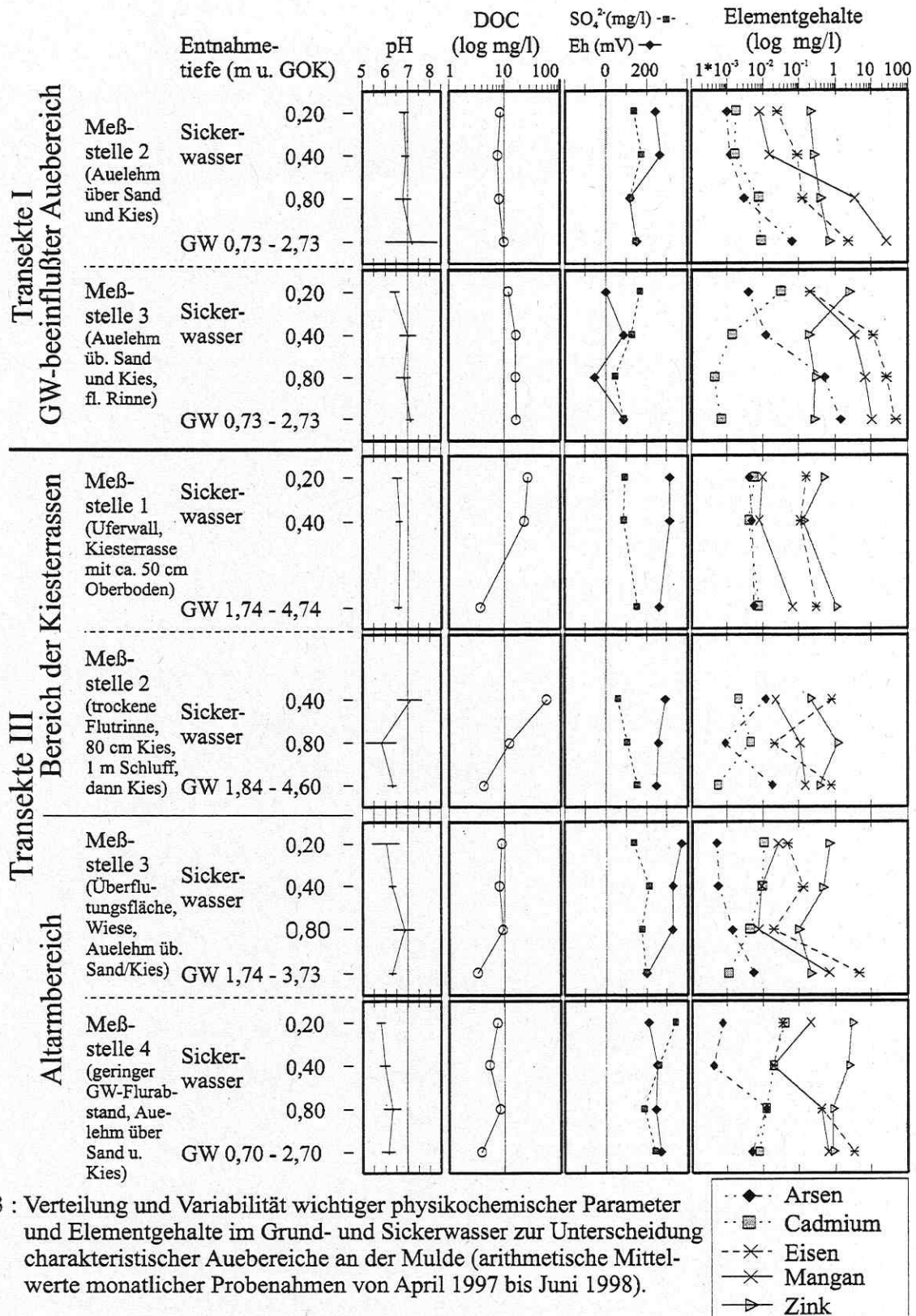


Abb. 3 : Verteilung und Variabilität wichtiger physikochemischer Parameter und Elementgehalte im Grund- und Sickerwasser zur Unterscheidung charakteristischer Auebereiche an der Mulde (arithmetische Mittelwerte monatlicher Probenahmen von April 1997 bis Juni 1998).

Die Elementkonzentrationen in den Sicker- und Grundwässern zeigen keinen korrelativen Zusammenhang zu den Feststoffkonzentrationen der Elemente aus dem Bodenprofil der Meßstellen (RF-Analysen der Kornfraktion < 63 µm).

Die Meßstellen der Transekte I weisen konstant geringe GW-Flurabstände und, gemessen an den ermittelten E_h -Werten, deutlich anoxische Boden-/Grundwasserverhältnisse auf (Abb. 3). Der Tiefenprofilverlauf der Mangangehalte an der Meßstelle 2 unterstreicht, daß mit Redox-Werten um 200 – 100 mV im Sickerwasser bei 0,8 m u. GOK eine Manganmobilisierung infolge Reduktion eintritt. Sicker- und Grundwasser der tiefer gelegenen Meßstelle 3 befinden sich mit E_h -Werten im Mittel zwischen 100 bis –100 mV im Bereich der Eisenreduktion bei sehr wahrscheinlich beginnender Sulfatreduktion und einsetzender Sulfidbildung (April/Mai 1998: Werte um –100 bis –200 mV in 0,4/0,8 m u. GOK). Cadmium und Zink weisen im Gegensatz zu ihrem Verhalten an der Meßstelle 2 im Sickerwasserprofil der Station 3 sinkende Gehalte auf, was durch eine sulfidische Festlegung unter den gegebenen stark anoxischen Bedingungen erklärbar wäre. Der Anstieg der Arsengehalte deutet vergleichbar mit denen von Eisen und Mangan im Bereich der Meßstellen 2 und 3 die Reduktion von Arsen im Sicker- und Grundwasser an.

Das Sicker- und Grundwasser im Gebiet der Transekte III weist hinsichtlich der Redox-Zustände fast durchgehend oxische Verhältnisse auf, die nur kurzfristig nach dem Hochwasser im März 1998 zu E_h -Werten um 0 mV im Sickerwasser- und 0 – 100 mV im Grundwasserbereich geführt haben. Das signifikante Gefälle der DOC-Gehalte bezüglich der Meßstationen 1 und 2 ist wahrscheinlich mit einem vollständigen C_{org} -Umsatz in den oberen Bodenhorizonten zu erklären, da sonst die Sickerwassereinträge über die Terrassenkiese (hydraul. Leitfähigkeit ca. 10^{-2} m/s) deutlich höhere DOC-Gehalte im Grundwasser erzeugen müßten. Höhere Konzentrationen an Zink, Eisen und Mangan im Sicker- und Grundwasser des Altarmbereichs (Meßstelle 4) deuten den möglichen Quellencharakter dieses Areals für die genannten Spurenelemente an. Nach den Konzentrationsverläufen im Sickerwasserprofil der Meßstelle 4, lassen sich Eisen, Arsen und Mangan von Cadmium und Zink wie schon in der Transekte I gut unterscheiden.

Schlußfolgerungen und Ausblick

Die Differenzierung von Flußauen in lithofaziell-pedogene und hydrogeomorphologische Teilbereiche mit unterschiedlichen hydro- und bodenchemischen Eigenschaften erscheint anhand der vorgestellten Ergebnisse durchaus möglich. Gegenwärtige Analysen zur Sorption von Spurenstoffen an der Bodenmatrix der Meßstellen- und anderer Bodenprofile sollen zur genaueren Bestimmung der zur Gliederung der Aue wichtigen boden- und hydrochemischen Prozesse, sowie zur Eingrenzung der dafür verantwortlichen Parameter beitragen.

Schwermetallverteilung in Auenböden des Nationalparks „Unteres Odertal“

Höhn A, Hierold W, Prietzsch C und Schälitz G

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V.,

Eberswalder Str. 84, D-15374 Müncheberg

e mail: ahoehn@zalf.de

1. Einleitung

Die untere Oderaue war in ihrem Flutungsregime etwa bis zur Jahrhundertwende noch naturnah und in der stofflichen Situation weitgehend vom geogen-pedogenen Status der erodierten Böden des Einzugsgebietes bestimmt. Mit der Einpolderung des Gebietes gab es grundsätzliche Änderungen dergestalt, daß das Wasser nur noch zu bestimmten Zeiten eingelassen wurde und dann mehr oder weniger unbewegt in den Poldern sedimentieren konnte. Durch die industrielle Entwicklung im Odereinzugsgebiet und die damit verbundenen Emissionen sind in beträchtlichem Maße Schwermetalle und andere Schadstoffe freigesetzt worden. Sie gelangten Jahr für Jahr bei Überflutung in den Retentionsräumen der unteren Oder zur Ablagerung und damit in den Boden. Punktuelle Meßergebnisse zur Schwermetallbelastung des Gebietes, die seit 1990 im ZALF vorliegen, zeigen z.T. erhebliche Überschreitungen von Grenzwerten bei großer räumlicher Variation.

Im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg wurde 1997 eine Untersuchung zur regionalen Kennzeichnung und Bewertung der Schwermetallbelastung der Überschwemmungsgebiete des Nationalparks „Unteres Odertal“ durchgeführt. Schwerpunkte der Studie waren:

- Darstellung der Schwermetallverteilung im Überschwemmungsgebiet
- Untersuchung der Bioverfügbarkeit von Schwermetallen mit sequentieller Extraktion
- Risikoanalyse bezüglich der Grünlandnutzung und
- Entscheidungshilfen für die Ausweisung von Schutzgebieten.

2. Material und Methoden

Der Nationalpark „Unteres Odertal“ befindet sich zwischen den Städten Szczecin im Norden und Angermünde im Süden. Das Untersuchungsgebiet liegt an einem 18 km langen Flußabschnitt und umfaßt die Flächen von drei Überflutungspoldern. In Transekten, die jeweils den gesamten Polderraum queren, wurden die Beprobungspunkte nach Geländemorphologie, Pflanzengesellschaft und Überschwemmungsdisposition festgelegt. Letzteres wurde durch Einbeziehung von Satellitenbildszenen der Jahre 1996 und 1997 abgeschätzt, wobei der Raum für die Lage der Transekte so festgelegt wurde, daß sowohl Auenbereiche mit langer Überschwemmungsdauer als auch Flächen mit frühzeitigem Trockenfallen enthalten waren. Insgesamt wurden 45 Untersuchungspunkte mit je drei Beprobungstiefen (2-10 cm, 15-25 cm, 30-40 cm) definiert.

Zur Charakterisierung der Bodenproben wurden die Parameter Textur, pH, KAK, Kohlenstoff und Stickstoff bestimmt. Die Analyse von insgesamt 16 Schwermetallen erfolgte mit ICP-OES im Königswasseraufschluß. Innerhalb eines ausgewählten Transektes wurden sowohl die pflanzenverfügbaren Schwermetalle mit der sequentiellen Extraktionsmethode nach ZEIEN & BRÜMMER als auch die Schwermetallgehalte der Pflanzen analysiert.

3. Ergebnisse und Schlußfolgerungen

- In den drei untersuchten Naßpoldern dominieren semiterrestrische Böden der Klasse der Gleye, aber auch mineralisch überdeckte Moore. Es besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen Höhenlage und Bodenform. Bei einem Gesamthöhenunterschied von ca. 2m treten in höheren Positionen auf Auensand Auengleye auf, in Tiefenlagen Naßgleye bis Anmoorgleye aus Auenlehm bis -ton z.T. über Mudden.
- Die im Nationalpark Unteres Odertal untersuchten Standorte zeigen gegenüber den in anderen Böden vorkommenden mittleren Schwermetallgehalten eine deutliche Konzentrationserhöhung. Die geltenden schutzgutbezogenen Orientierungswerte für Schadstoffe in Böden werden an der Mehrzahl der Standorte überschritten. Dies trifft vor allem auf die Elemente Zink, Cadmium, Arsen und Kupfer zu. Auffällig ist die Anreicherung von Mangan, das offensichtlich in besonderem Maße im Flußsystem der Oder mobilisiert wird. Im Vergleich zu den mittleren Schwermetallgehalten von Auenstandorten Brandenburgs, treten bei den Elementen Blei, Zink, Nickel und Arsen erhöhte Konzentrationen auf.

- Das Verteilungsmuster der Schwermetalle ergibt sich aus der morphologischen Charakteristik der Polderflächen. In den Landschaftsausschnitten, die nicht durch anthropogene Eingriffe verändert wurden, besteht eine signifikante Korrelation zwischen den Schadstoffgehalten und der jeweiligen Höhenlage im Gelände. Dabei kommt es zu verstärkten Akkumulationen in Senkenpositionen und zu abnehmenden Gehalten bei höher gelegenen Standorten. Schon bei geringfügigen Höhendifferenzen treten Konzentrationsänderungen der Schwermetalle auf.

Auch die bodenphysikalischen und bodenchemischen Parameter folgen diesen Gesetzmäßigkeiten, mit einer Zunahme des Tongehaltes, der Kationenaustauschkapazität und des Gehaltes an organischer Substanz sowie einer Abnahme des pH-Wertes bei tiefer gelegenen Positionen. Die Schwermetallgehalte in den Böden der Auenstandorte nehmen in Abhängigkeit von der Tiefe drastisch ab. Bereits nach 10 cm sind bei der überwiegenden Zahl der Probenpunkte die Metallkonzentrationen auf die geogenen Hintergrundgehalte abgesunken.

- Die Ergebnisse der sequentiellen Extraktion zeigen, daß die mobilen und leicht nachlieferbaren Fraktionen bei den Elementen Cadmium bis zu 65%-, Zink bis zu 43%-, Mangan bis zu 36%- und Nickel bis zu 29%-Anteil am Totalgehalt (Königswasser-Aufschluß) betragen. Für das Element Cadmium wird der Maßnahmewert zur Beurteilung der Pflanzenqualität im Ackerbau von 100 µg/kg im Ammoniumnitrat-Extrakt bei 83% der untersuchten Bodenproben überschritten. Die Cadmiumgehalte in den Pflanzenproben erreichen allerdings nur an einem Standort den als höchst zulässig angegebenen Schadstoffgehalt für Grünland von 1,1 mg/kg. Bemerkenswert sind die Akkumulationen von Cd, Zn, Mn und Ni in den Extrakten der mobilen und leicht nachlieferbaren Fraktionen, obwohl an diesen Standorten mit hohen Gehalten an Ton, organischer Substanz und mineralischen Eisenoxidphasen genügend Sorptionspartner zur Verfügung stehen.

- Die Pflanzengesellschaften der Überflutungspolder sind eindeutig von den extremen Überflutungsbedingungen geprägt und differenzieren sich nach Höhenlage (Überflutungsdauer) und Grundwasserstand. Eine speziell von Schwermetallen bestimmte Vegetation gibt es nicht. Erhöhte Bodengehalte an Schwermetallen und Makroelementen gehen nicht zwangsläufig mit hohen Pflanzengehalten einher. Ein hohes Transformationspotential muß vor allem bei den Elementen Cd, Mn, Zn, Fe aber auch Ca und Na konstatiert werden. Die Elemente Pb, P und K kommen im Boden zwar reichlich vor, gelangen aber nie im Übermaß in die Pflanze.

- Im Hinblick auf eine Gestaltung der zukünftigen Landnutzung ist zu empfehlen, für die Ausweisung von Weideflächen und bei der Grünfütterverwertung auf Senkenareale zu verzichten, dies gilt auch für eine Verwendung als Viehtränke. Zusätzliche Belastungen kommen nach Sommerüberflutungen vor, da auf dem Pflanzenbestand eine Sedimentationsschicht abgelagert wird. Weiterhin sollten Maßnahmen, die mittel- bis langfristig zu einer Erhöhung der Mobilität von Schwermetallen führen, wie z.B. die Anpflanzung von Bäumen (führt zu einer pH-Wert-Erniedrigung), vermieden werden. In den höher gelegenen Standorten können Schadstoffe aufgrund der geringen Gehalte an organischer Substanz und Tonmineralen leichter nach unten transportiert werden und in das Grundwasser gelangen. Dort wären Aufforstungsmaßnahmen ein Beitrag zur Erhöhung des Anteils an organischer Bodensubstanz und damit der Sorptionskapazität gegenüber Schwermetallen.

4. Zusammenfassung

Die räumliche Verteilung von Schwermetallen in den Böden der Überflutungspolder an der unteren Oder wird vorwiegend durch die Geländemorphologie sowie durch die Dauer und die Intensität der Überflutung bestimmt. Eine Anreicherung findet bevorzugt in Senkenpositionen statt, da dort die partikulär gebundenen Schwermetalle sedimentiert werden. Dabei ist es meist unerheblich, ob die Senke in einer tieferen oder höheren Lage vorkommt. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen zum Gesamtgehalt von Schwermetallen in Böden und ihrer potentiellen Pflanzenverfügbarkeit, sind die Elemente Zink, Cadmium und Mangan als die kritischen Problemstoffe zu betrachten. Die Erstellung von Elementverteilungskarten ist ein hilfreiches Werkzeug für Behörden und die Nationalparkverwaltung im Rahmen einer künftigen Landnutzungsplanung und für die Ausweisung von Schutzgebieten.

**Zur Kennzeichnung von Schwermetall-Hintergrundgehalten in Auenböden in den
Flußsystemen der Saale und mittleren Elbe**

Dehner, U.; Feldhaus, D.; Villwock, G*.

*GFE Geologische Forschung und Erkundung GmbH, Köthener Str. 34, 06118 Halle/S.

Bei der Betrachtung der Schwermetallgehalte in den Auenböden im Einzugsgebiet der Elbe ist zwischen dem geogenen Hintergrund und anthropogenen Hintergrundgehalten deutlich zu unterscheiden. Neue Ergebnisse zeigen, dass der größere Teil des Materials der Auenlehme einen geogenen Hintergrund (Background) besitzt, der dem des Oberbodens im Einzugsgebiet entspricht. D. h. das Löß-Material, aus dem die Auenlehmdecken im wesentlichen gebildet wurden, „vererbt“, seine geogenen Hintergrundgehalte. Einflüsse, die aus den höheren Gehalten (und Vererzungen) des Grundgebirges in den Oberläufen resultieren, sind nur von lokaler Bedeutung. Gleiches gilt für den Einfluß des frühen Bergbaus.

Für den Hintergrundgehalt (aktueller Zustand als Summe aus geogenem Background und ubiquitären anthropogenen Einträgen, LABO (1995)) ergeben sich völlig andere Verhältnisse. Durch Berücksichtigung des anthropogen eingetragenen Anteils und die Höhe der Wichtung des Oberbodens differenziert sich die Betrachtungsfläche nach ihren Schwermetallgehalten weitgehend. Erste Differenzierungsebene ist die Unterscheidung von Auenflächen mit aktueller Überflutungsdynamik von solchen Flächen, die durch Eindeichung seit 100 und mehr Jahren von Überflutungen nicht mehr oder äußerst selten betroffen waren. Die von Deichen vor Überflutung geschützten Flächen haben Hintergrundgehalte, die nur bei bestimmten Schwermetallen (Zn, Ni) gegenüber anderen Löß-Lehmen unter entsprechender Nutzung geringfügig höhere Gehalte aufweisen. Dagegen weisen die aktuellen Überflutungsflächen deutliche bis extreme Schwermetallgehalte im Oberboden auf. Diese Gehalte resultieren aus Industrie-Abprodukten und kommunalen Abwässern im Einzugsgebiet. Sie sind in der Höhe der Gehalte und im Verhältnis der Elemente untereinander z. T. bestimmten Industriestandorten (Buna, Bitterfeld, Schönebeck) zuordenbar.

Die Mächtigkeit der Schicht mit erhöhten Gehalten korreliert mit der Sedimentationsrate der Betrachtungsfläche. D. h. häufig überflutete Bereiche weisen höhere Gehalte und mächtigere

beeinflusste Schichten auf. Geländesenken mit verstärkter und häufiger oder länger andauernder Überflutung und Sedimentzufuhr sind entsprechend betroffen. Die Konzentration der Schwermetalle im Oberboden und die Prägung der Verhältnisse zwischen den Elementen durch einen Industriestandort nimmt in der Regel mit der Entfernung zu diesem ab. Die Kombination Nähe zum Emitierenden, häufige Überflutung und hoher Anteil von Ton und organischer Substanz weist die höchsten Gehalte auf. Die Abnahme der Gehalte mit der Tiefe erfolgt allmählich.

Die festgestellten erhöhten Gehalte an Schwermetallen hatten bisher keine Nutzungseinschränkungen zur Folge, da die Gehalte im Aufwuchs (Grünland) unter entsprechenden Grenzwerten bleiben.

Da die Schwermetallgehalte im Flußschlamm rückläufig sind, ist eine weitere Verstärkung der Belastung nicht zu befürchten. Der existierende Ausbau der Flüsse minimiert Ufererosion und damit den Eintrag des kontaminierten Materials in das rezente Schwebgut. Bei technischen Maßnahmen im Überflutungsraum, der Renaturierung von Uferabschnitten und der Planung von Deichrückverlegungen sind die Wirkungen der erhöhten Hintergrundgehalte im Überflutungsraum innerhalb der Gesamtmaßnahme in Einzelfallprüfungen zu prognostizieren und abzuwägen.

Zur Bewertung von Schwermetallgehalten in Auensedimenten der Saale und ihrer Nebenflüsse auf der Grundlage regionaler Standardgehalte

Müller A, Zerling L, Hanisch C

Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, PF 100440, D-04004 Leipzig

1 Einleitung

Untersuchungen zur Schwermetallsituation im Gewässersystem der Saale (TRUCKENBRODT et al. 1995, MÜLLER et al. 1998) führten zum Nachweis unterschiedlich stark schwermetallbelasteter rezenter Flußsedimente. Um die aktuellen Belastungen fundiert bewerten, Sanierungsziele realistischer formulieren und Sanierungserfolge beziffern zu können, machte es sich notwendig, die *regionalen* geogenen Hintergrundgehalte für die entsprechenden Metalle zu ermitteln¹ und die Belastungen auf ihrer Grundlage neu einzustufen. Es war anzunehmen, daß sich die Hintergrundwerte der Gewässerabschnitte und Teileinzugsgebiete wesentlich voneinander unterscheiden und daß sie vom globalen Mittelwert abweichen würden.

Die Untersuchungen wurden durch das BMBF und den Freistaat Sachsen gefördert.

2 Kontamination der Flußsedimente

Für eine Bewertung der Metallgehalte in rezenten Flußsedimenten der Saale in sieben Flußabschnitten (Tab. 1) wurden Meßwerte der Jahre 1993/1994 herangezogen (TRUCKENBRODT et al. 1995). Die Belastungen durch Quecksilber liegen hoch bis extrem hoch (chemische Industrie im Raum Merseburg) und bei Chrom im Oberlauf sehr hoch (Abwässer der Lederindustrie). Die Cadmiumbelastung erwies sich als mäßig bis stark, die Bleibelastung als mäßig hoch. Für die Bewertung der Metallgehalte in Sedimentkörpern im geologischen Sinne werden geochemische Standardgehalte genutzt, für feinkörnige Flußsedimente bisher die globalen Mittelwerte toniger Gesteine nach TUREKIAN & WEDEPOHL (1961). Die hierauf basierenden „Klassen des Geoakkumulationsindex“ (I_{geo}-Klassen) nach G. MÜLLER (1979) besitzen fünf Vorteile (1. natürliche Gehalte als Bezugsbasis; 2. Geltung für tonige Sedimente; 3. Geltung für nahezu alle Elemente des Periodensystems; 4. äquidistante Abstände im logarithmischen Maßstab; 5. Verwendung seit Jahrzehnten und daher unmittelbare Vergleichbarkeit mit früheren Einstufungen). Das Prinzip der Klassifizierung wird deshalb beibehalten. Jedoch sollen veraltete Werte korrigiert und für Vergleiche geogener und anthropogener Metallgehalte statt *globaler* Mittelwerte *regionale* bis *lokale* Standardwerte verwendet werden.

¹ Für Bestimmungen mittels ICP-MS danken wir Herrn Prof. Dr. G. Werner, Frau Dr. A. Walther und Frau Dr. A. Mroczek, zur Zeit der Bearbeitung am Institut für Analytische Chemie der Universität Leipzig.

Tab. 1. Die Schwermetallkontamination des rezenten Gewässersedimentes in Flußabschnitten der Saale, auf der Basis regionaler Hintergrundwerte in Igeo-Klassen eingestuft

Links Gehalte in mg/kg (Königswasserauszug, Kornfraktion <20 µm), rechts Igeo-Klassen (kursiv)

Saale 1993 / 1994	Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni	Hg
Unterhalb von Hof	1,7 3	115 2	610 2	133 2	450 3	98 1	1,5 4
oberhalb von Blankenstein	2,2 3	90 2	532 2	129 2	1808 5	106 1	1,3 4
Kaulsdorf – Saalfeld	2,4 3	129 3	670 2	180 2	62 0	102 1	1,0 3
Raum Dornburg	1,4 3	180 3	1402 3	98 1	80 0	76 0	2,1 4
unterhalb von Weißenfels	2,8 4	100 2	758 2	96 1	102 0	58 0	1,6 4
Alsleben – Bernburg	2,2 3	186 3	952 3	264 3	114 1	91 1	31,0 6
Raum Calbe	2,2 3	160 3	1490 3	242 3	120 1	76 0	18,0 6

3 Prinzipien für die Festlegung der geogenen Hintergrundgehalte im Flußgebiet der Saale

Erste Profilbearbeitungen ergaben, daß die geogenen Metallgehalte von Auensedimenten innerhalb eines Einzugsgebietes starken Veränderungen je nach lithologischer Ausbildung, den faziellen Verhältnissen, der auenmorphologischen und pedogenetischen Entwicklung, der Position im Profil, den Grundwasserverhältnissen und anderen Faktoren unterworfen sind. Deshalb muß der jeweils genannte *geogene Hintergrundwert ausreichend definiert* werden. So gilt für die oben genannten Ziele der „*königswasserlösliche Metallgehalt der Kornfraktion <20 µm feinkörniger fluviatiler Sedimente im oxidierenden Profilbereich unter Ausschaltung humusreicher Oberböden, anthropogener Kontaminations- und grundwasserbedingter Ausfällungshorizonte sowie limnisch-fluviatiler organogener und karbonatischer Bildungen*“. Im wesentlichen handelt es sich dabei um die M- bis M-Go-Horizonte der Bodenform Vega und der Übergangsformen zwischen Vega und Gley.

4 Regionale geogene Hintergrundwerte für das Flußgebiet der unteren Saale

Im Ergebnis der Arbeiten können die geogenen Hintergrundwerte in feinkörnigen Flußsedimenten für 45 Elemente in 33 Flußabschnitten bzw. Teileinzugsgebieten der Saale angegeben werden. Diese *lokalen* geogenen Hintergrundwerte lassen sich in Abhängigkeit von der Geologie des Einzugsgebietes und der Entwicklung im Flußlauf interpretieren.

Die *Entwicklung in der Saaleaue selbst – von der Quelle bis zur Mündung* – vollzieht sich für die Elemente in unterschiedlicher Weise (Abb. 1). Die Maxima für Zn, Cr, Co und U liegen bereits im Raum Hof (Einfluß des Fichtelgebirgskristallins); für zahlreiche Elemente finden sie sich im Bereich des Thüringer Schiefergebirges. Der Verlauf in Richtung flußab ist überwiegend durch Verdünnung gekennzeichnet. Bei U, Sn, Sb, Hg, Ag wird diese durch einen

Anstieg nach Mündung der Weißen Elster abgelöst, dem bei U, Mo und Cd nochmals ein Anstieg nach der Mündung der Gewässer aus dem Harz folgt.

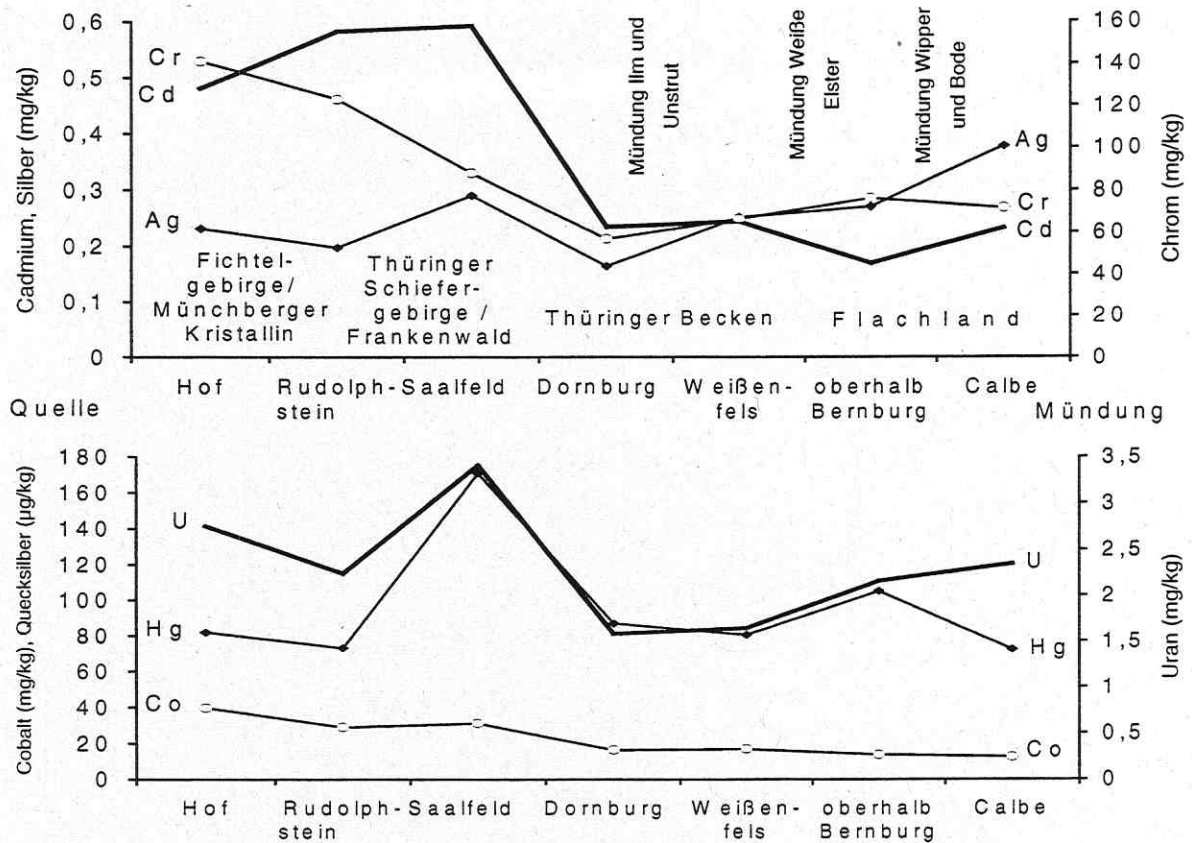


Abb. 1. Verlauf der geogenen Metallgehalte in feinkörnigen fluviatilen Sedimenten der Saale vom Raum Hof bis zur Mündung.

Königswasserauszug. Kornfraktion: <20 µm

5 Bewertung der Kontaminationen auf der Basis regionaler geogener Hintergrundwerte

Für eine neue Einstufung der Sedimentkontamination in I_{geo}-Klassen kann man sich auf die lokalen geogenen Hintergrundwerte des jeweiligen Flußabschnittes beziehen. In diesem Falle erhält man für gleiche Metallgehalte in einem Fluß unterschiedliche Klassen, je nach der Höhe des lokalen Hintergrundes. Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit leiden. Deshalb wurde (auf der Grundlage von gewichteten Mittelwerten) für jedes Element ein Standardwert „regionaler geogener Hintergrund für den Flachlandanteil des Flußgebietes der Saale“ aufgestellt (Tab. 2). Aus diesem wurden nach dem Prinzip von G. MÜLLER (1979) Klassen des Geoakkumulationsindex abgeleitet, die für die Einstufung der Metallbelastungen in Tabelle 1 Verwendung fanden. Es zeigt sich, daß die höchsten Belastungsklassen (trotz eines gegenüber dem „Tongesteinsstandard“ von 1961 niedrigeren Standardwertes) bei Cadmium liegen. Im umgekehrten Falle wird für Quecksilber – mit einem gegenüber den bisherigen Annahmen

deutlich abgesenkten Standardwert – schon vom Oberlauf der Saale an Klasse 4 (statt bisher Klasse 2) und unterhalb von Merseburg Klasse 6. Bei den übrigen Elementen ergeben sich nur geringe oder keine Verschiebungen, da die Veränderungen gegenüber den bisher zugrunde gelegten Hintergrundwerten gering sind. Auch die geogenen Hintergrundwerte für Sedimente der Elbe (KRÜGER et al. 1998), die in Tab. 2 mit angegeben sind, bewegen sich in derselben Größenordnung. Bei den Abweichungen ist zu berücksichtigen, daß es sich bei den hier angegebenen Standardwerten um die königswasserlöslichen Anteile, bei den Werten für Sedimente der Elbe um Gesamtgehalte handelt.

Tab. 2. Geochemische Standardgehalte in Auenlehmen des Saalegebietes (Flachlandanteil) im Vergleich zu denen der Elbe

Saale: Gewogenes Mittel. – Elbe: Nach KRÜGER et al. (1998). – Zahlenwerte in mg/kg (Fe in %)

	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni	Co	Hg	As	Ag	Bi	Ga	Ge
Unteres Saalegebiet	4,66	520	38	20	143	0,21	74	57	14	0,09	13	0,32	0,43	16	0,20
Elbesedimente	4,76	851	32	29	150	0,4	117	53	19	-	24	0,3	0,7	25	2,3
	Mo	Sb	Se	Sn	Th	Tl	U	W	B	Ba	Be	Cs	Li	Rb	Sc
Unteres Saalegebiet	0,6	1,4	0,24	2,5	12	0,44	2,4	0,18	38	250	2,8	11	73	80	12
Elbesedimente	0,9	1,7	-	4,9	15	1	6,5	3,6	-	598	3,9	15	58	153	19
	Sr	Ti	V	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Tb	Dy	Tm	Yb	Lu
Unteres Saalegebiet	110	780	70	26	39	75	11	46	9,4	2,0	1,2	5,8	0,35	2,2	0,3
Elbesedimente	132	5910	131	38	49	95	13	47	9,5	2,2	1,3	8,8	0,6	4,6	0,6

6 Zusammenfassung

Es werden geochemische Standardwerte für fluviatile Sedimente im Flachlandsbereich des Flußgebietes der Saale vorgeschlagen (Königswasserauszug; Kornfraktion <20 µm). Diese können als Basis für die Einstufung aktueller Metallbelastungen in Gehaltsklassen (Igeo-Klassen nach dem Prinzip von G. MÜLLER 1979) dienen. Die Kontamination der rezenten Sedimente erreicht bei Cd und Hg die höchste Belastungsklasse 6 (übermäßig belastet), bei Cr örtlich Klasse 5 (sehr stark belastet) und bei Zn Klasse 4 (stark belastet).

7 Literatur

- KRÜGER F, PRANGE A, JANTZEN E, TREJTNAR K, MIEHLICH G: Geogene Hintergrundwerte. – Wasserwirtschaft Wassertechnik, Berlin (1998) 7: 16–19
- MÜLLER A, HANISCH C, ZERLING L, LOHSE M, WALTHER A: Schwermetalle im Gewässersystem der Weißen Elster. Natürliche und anthropogene Elementverteilung im Sediment, im Schwebstoff und in der gelösten Phase. – Abh. Sächs. Akad. Wiss. Leipzig 58 (1998) 6, 1–199
- MÜLLER G: Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veränderungen seit 1971. – Umschau, 79 (1979): 778–783
- TRUCKENBRODT D, KAMPE O, EINAX J: Zur aktuellen Belastungssituation in der Saale, Ilm und Unstrut. In: Die Belastung der Elbe-Nebenflüsse mit Schadstoffen. Erste Ergebnisse. – Hrsg.: Forschungszentrum Karlsruhe 1995: S. 57–68
- TUREKIAN K K, WEDEPOHL K H: Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. – Bull. Geol. Soc. Am. 72 (1961): 175–192

Die Bedeutung der Eindeichung auf den Wasser- und Stoffhaushalt ausgewählter Böden an der Mittelelbe

Schwartz R., Gröngröft A. und Miehlich G.

Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg, Allende Platz 2, 20146 Hamburg

Natürliche Auenökosysteme verdanken ihren Artenreichtum extremen abiotischen Bedingungen im Einflußbereich der Flüsse. Im Verlauf seiner Entwicklungsgeschichte hat der Fluß durch Verlagerung seines Bettes und daraus folgend im Wechselspiel von Sedimentation und Erosion ein kleinräumlich variierendes Standortmosaik aus feuchten, tonverfüllten Rinnen, trockenen, sandigen Uferwällen, nassen Böden am Rande von Altarmen und wechselfeuchten Ebenen aus Auenlehm geschaffen. Dieses Mosaik wird auch heute noch (in Bereichen geringer anthropogener Beeinflussung) durch den Fluß umgestaltet. Mit dem Hochwasser gelangen in die nicht eingedeichten Bereiche der Aue, abhängig von der Topographie, Nähr- und Schadstoffe. Infolge von Eindeichungen und der damit ausbleibenden Überflutungen versiegt dieser partikuläre Stoffeintrag. Bodenbildende Prozesse (Entwässerung, Oxidation, Redoximorphose, Verbraunung, Verlehmung) setzen ein. Nährstoffe können ausgewaschen oder dem Boden durch landwirtschaftliche Nutzung entzogen werden. Langandauerndes Ausbleiben des Stoffeintrages führt demzufolge zu einem Verschieben der Nährstoffgehalte und -verhältnisse.

Die vorgestellten Ergebnisse entstammen dem Bereich der unteren Mittelelbe. Die Untersuchungsgebiete befinden sich bei den Stromkilometern 434 - 442 (Falkenberg) und 474 - 484 (Lenzen). Es wurden frische Sedimente der Jahre 1996-97 und Oberbodenproben aus den Außendeichs- und Binnendeichsgebiet analysiert.

Insgesamt ist eine gute Nährstoffversorgung bei einem für landwirtschaftliche Zwecke geeigneten pH- Wert zu verzeichnen. Lediglich der pflanzenverfügbare Anteil des Phosphors und in geringerem Maße auch des Kaliums ist auf den eingedeichten Bereichen erniedrigt. Bei genauer Betrachtung werden die Unterschiede zwischen den Standorten sichtbar. Die Körnungsanalyse zeigt, daß die Außendeichsproben regelhaft grobkörniger (schluffiger) sind als die eingedeichten (Abb. 1). Dies kann an den Strombaumaßnahmen (Deichbau und Flußbegradigung) liegen, infolge deren die Überströmungsgeschwindigkeit der verbleibenden Vordeichslandschaft sich möglicherweise erhöht hat. Sowohl der potentielle als auch der aktuelle mittlere pH- Wert (Abb. 2) ist in den eingedeichten Bereichen (5,3 / 5,9) niedriger als in den Außendeichsproben (5,5 / 6,2). Infolge regelmäßig wiederkehrender Hochwässer und dem damit einhergehenden Schwebstoffeintrag verbleibt hier der pH- Wert auf hohem Niveau. Frische Sedimente zeigen die höchsten Werte (6,8 / 7,2). Beim Vergleich des organischen Kohlenstoffgehaltes mit dem Gesamtstickstoff fällt auf, daß Proben aus den Außendeichsbereichen durchschnittlich höhere Werte aufweisen als die eingedeichten. Das C/N-Verhältnis ist allerdings bei den Binnendeichsproben enger (Abb. 3). Der Vergleich der Phosphor- und Kaliumgesamtgehalte mit den mobilen Anteilen zeigt in beiden Fällen, daß die niedrigsten Gehalte aus den eingedeichten Bereichen stammen (Abb. 5 und Abb. 6). Die Gesamt-Calcium- und Magnesiumgehalte lassen sich nicht in die zwei Abschnitte aufteilen (Abb. 4).

Sehr starke Regenereignisse im Oberlauf der Elbe (und der Oder!) führten im Zeitraum Juli bis August 1997 zu einem Sommerhochwasser mit einem Höchstwasserstand in Lütkenwisch (Stromkilometer 475) von 18,10 m NN, d.h. einem Wasserstand von +1,5 m über dem langjährigen Mittelwasserstand (MWST). Die Folge war eine großflächige Überflutung des Deichvorlandes. Lediglich einzelne Kuppen ragten noch aus den Fluten hervor. Senkenpositionen waren bis zu drei Wochen lang überstaut. Die Auswirkungen des Hochwassers auf den

Wassergehalt (Wassersättigung) und das Redoxpotential in zwei Tiefenprofilen (Kuppe und Senke) zeigt Abb. 7, die Tabellen 1 und 2 die entsprechenden bodenkundlichen Kennwerte der beiden Untersuchungsstandorte. Die horizontale Distanz zwischen ihnen beträgt 36 m, der vertikale Versatz 1,5 m. Die Abb. 7 weist im obersten Ergebnisblock den standortgebundenen Niederschlag und den Verlauf der Hochwasserwelle aus. In der zweite Ergebniszeile ist der Grundwasserstand unter der Geländeoberfläche aufgetragen. Die beiden unteren Ergebnisblöcke stellen den tiefenbezogenen zeitlichen Verlauf des Wassergehaltes (ausgedrückt als Sättigungsgrad) und des Redoxpotentials über den Zeitraum vom 15. Juli bis zum 15. September in den Profilen "Senke" und "Kuppe" dar.

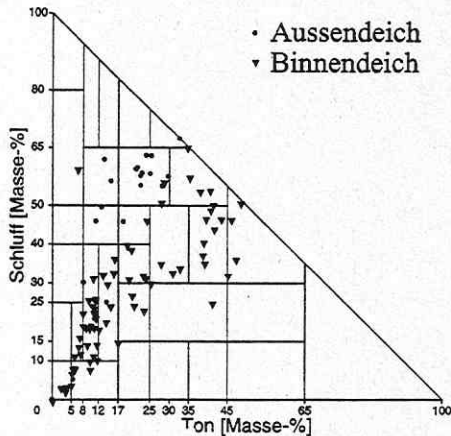


Abb. 1

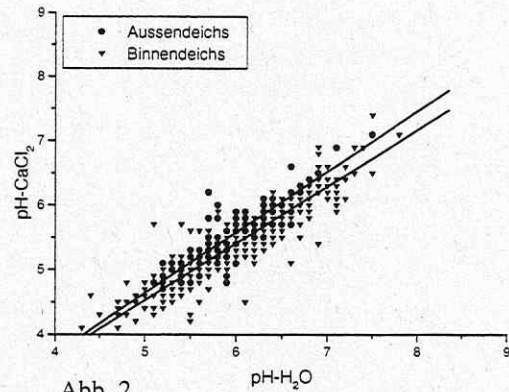


Abb. 2

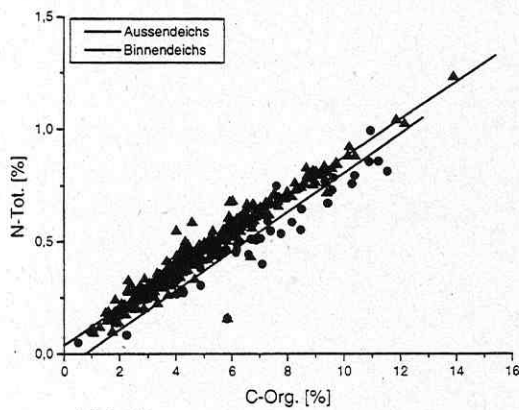


Abb. 3

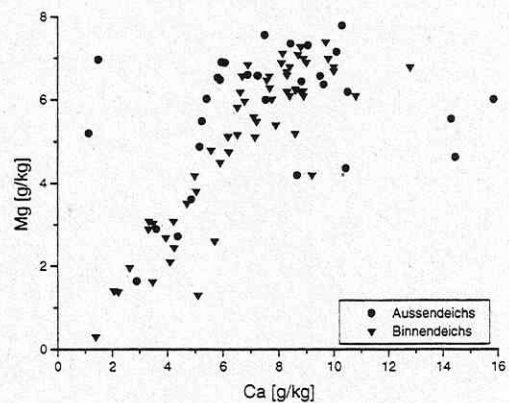


Abb. 4

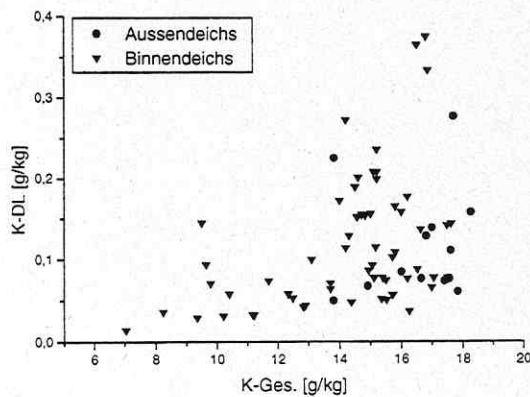


Abb. 5

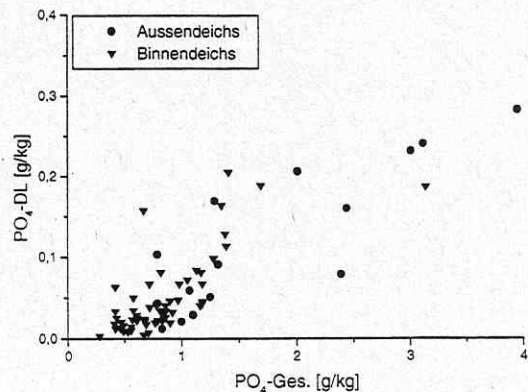


Abb. 6

Tab. 1:

Kennwerte Profil: Kuppe

Rechtswert: 4470407
 Hochwert: 5880331
 Höhe: 18,40 m ü NN

Bodenform:

Gley-Vega aus schluffigem Auenlehm
 über Auensanden

Horizont- nummer	Horizont- bezeichnung	Tiefe [cm]	Tiefe [m NN]	Bodenart (KA4)	Org. Sub. [%]
1	Ah	20	18,21	Lu	8,2
2	Go-aM	45	17,96	Lu	2,4
3	II aM + Gw	85	17,56	mSfs	0,2
4	II Gw	125	17,16	mS	0,2
5	III Gro	155	16,86	fSmsl3	0,2

Tab. 2:

Kennwerte Profil: Senke

Rechtswert: 5880313
 Hochwert: 4470394
 Höhe: 16,90 m ü NN

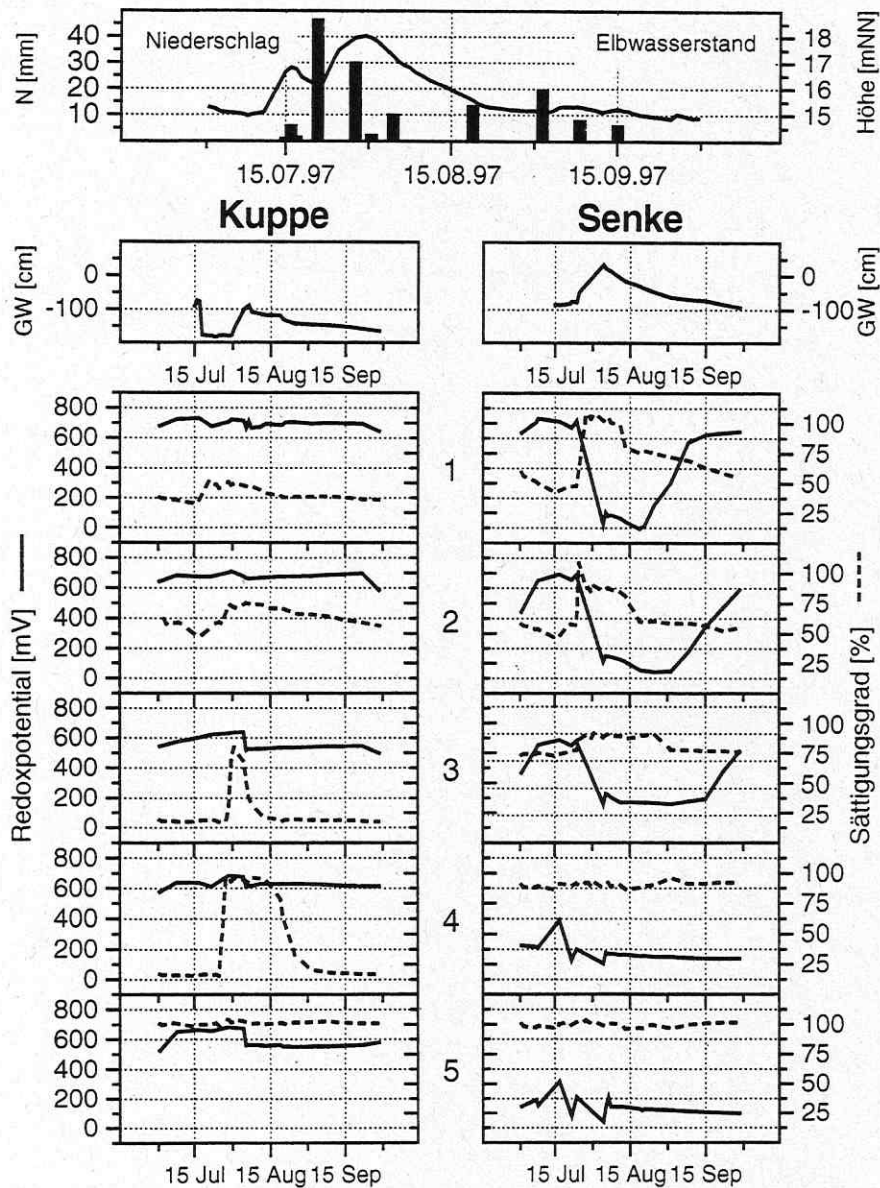
Bodenform:

Flußuferschlamm Boden aus
 Auenschlamm über sandigem Auenlehm
 über tiefem schluffigen Auenton

Horizont- nummer	Horizont- bezeichnung	Tiefe [cm]	Tiefe [m NN]	Bodenart (KA4)	Org. Sub. [%]
1	Go-oAa	15	16,76	Lu	22,0
2	II Ah-Gor	30	16,61	Lfs3	6,0
3	II Gro	55	16,36	Lms4	1,2
4	III Gor1	100	15,91	Tu3	2,0
5	III Gor2	135	15,56	Tu2	3,0

Die Hochwasserwelle wirkt sich im Hinblick auf die Wassersättigung und das Redoxpotential auf die Untersuchungsstandorte Kuppe und Senke unterschiedlich aus. Während der erste Pegelanstieg noch keine Beeinflussung der Parameter bewirkt, prägt sich der zweite Gipfel deutlich durch. Die Horizonte 5 der Profile Kuppe und Senke sind im gesamten Untersuchungszeitraum vollständig wassergesättigt. Im Kuppenprofil führt der Elbanstieg und damit korrespondierend der Grundwasseranstieg zu einer kompletten Aufsättigung des Horizontes 4 und in abgeschwächter Form auch des Horizontes 3. In den Horizonten 1 und 2 ist ebenfalls ein Wassergehaltsanstieg zu beobachten, allerdings begründet sich dieser in den starken Niederschlägen. Im 1,5 m tiefer gelegenen Senkenprofil ist dagegen nicht nur der unterste Horizont dauerhaft wassergesättigt, sondern auch der darüber befindliche. Im 3. Horizont, dessen Porenraum zu Beginn der Untersuchung nicht vollständig mit Wasser gefüllt war, zeigt sich eine Aufsättigung bis auf 90%. Besonders auffällig ist der geländebedingte sprunghafte Anstieg in den Horizonten 1 und 2. Aufgrund eines Sommerdeiches kann zunächst kein Wasser in die Rinne eindringen. Erst nach Überstauung der Geländeschwelle kommt es zu einer schlagartigen Füllung. Die Senkenhorizonte 1 bis 3 weisen die deutlichsten Redoxpotentialveränderungen auf. Von annähernd 700 mV sinkt das Potential auf knapp 0 mV ab. Die Begründung liegt in dem hohen Gehalt an organischer Substanz, deren aerober Abbau infolge des Sauerstoffabschlusses gehemmt ist und deren anaerobe mikrobielle Umsetzung sich potentialerniedrigend auswirkt. Nachdem die Hochwasserwelle zurück geht und der Wassergehalt sinkt, steigt das Redoxpotential wieder an. Bei den beiden untersten Horizonten des Profils zeigen sich nur zu Beginn der Untersuchung geringe Potentialschwankungen auf niedrigem Niveau (um 100 mV). Der Verlauf des Redoxpotentials im Kuppenprofil stellt sich ganz anders dar. Trotz einer Auffüllung des gesamten Porenraumes mit Wasser in den Unterbodenhorizonten verbleibt die

Spannung aufgrund fehlender sauerstoffzehrender organischer Substanz auf einem hohen Niveau (600 - 700 mV). Da die Oberbodenhorizonte nicht überstaut wurden und die Niederschlagsereignisse für eine Aufsättigung nicht ausreichen, ist, obwohl genügend organische Substanz vorhanden ist, ebenfalls kein Potentialrückgang zu verzeichnen. Gleichsam verhält es sich mit binnendeichs gelegenen Standorten, die auch nicht überstaut werden. Hochwässer führen hier nur zu Potentialerniedrigungen, wenn das Grundwasser (als sogenanntes Qualmwasser) bis über die Geländeoberfläche ansteigt, bzw. humusreiche Schichten aufgesättigt werden.



Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie unter dem Förderkennzeichen 03395571 gefördert. Veröffentlichung Nr.19 des Forschungsvorhabens "Auenregeneration durch Deichrückverlegung".

Klassifikation der Auenböden der Mittelelbe und deren ökologische Relevanz

Gröngröft A., R. Schwartz R. & G. Miehlich

Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg, Allende-Platz 2, D 20146 Hamburg

1 Einleitung

Die Kartierung von Bodeneinheiten stellt trotz der bei vielen Kartierarbeiten stärker merkmalsgeprägten Erfassung immer noch ein Mittel dar, die räumliche Verteilung bestimmter integrativer Bodeneigenschaften zu erfassen. Grundlage einer typologischen Einordnung der aufgeschlossenen Profile ist ein Klassifikationssystem, an das die Aufgabe zu stellen ist, sowohl eine hinreichende Differenzierung der Böden zu gestatten als auch eine möglichst stark ökologisch orientierte Grenzziehung zu ergeben. Im Rahmen mehrerer Kartieraufgaben in Auengebieten an der Mittelelbe [GRÖNGRÖFT ET AL. 1997, SCHWARTZ ET AL. 1997a, 1998] ergab sich die Notwendigkeit, die Klassifikationsvorgaben der gültigen Kartieranleitung [AG BODEN 1994, im folgenden KA4 bezeichnet, AK BODENSYSTEMATIK 1998] zu präzisieren und Lücken zu schließen. Dazu sollte aus dem Wissenshintergrund zahlreicher Profilbeschreibungen sowie analysierter Horizonte ein System entwickelt werden, das sowohl die Substrat-, die Horizont- als auch die Bodentypenansprache zweifelsfrei ermöglicht.

Dabei war es die Zielsetzung, ein den regionalen Bedürfnissen angepaßtes System zu erstellen, dessen Übertragbarkeit auf andere Auengebiete primär nicht angestrebt und daher zunächst noch überprüft werden muß. Da es sich bei den Ausgangsmaterialien an der Mittelelbe um kalkfreie Sedimente handelt, enthält das Klassifikationssystem keine Differenzierung von Substraten, Horizonten und Bodentypen hinsichtlich des Merkmals 'Kalkgehalt'. Außerdem kommen an der Mittelelbe keine Kiese und Schotter vor, eine Übertragbarkeit auf Flußsysteme, in denen diese Sedimenttypen abgelagert wurden, ist daher immer nur eingeschränkt möglich. Im folgenden wird das entwickelte Klassifikationsverfahren mit seinen Abweichungen zu den Angaben der KA4 zusammenfassend vorgestellt und einige Schlußfolgerungen aus der typologischen Interpretation gezogen.

2 Benennung von Substraten

Bedingt durch die fluvialen Ablagerungsvorgänge und die holozäne Verminderung der Erosionsbasis treten an der Mittelelbe innerhalb der Bodentiefe 2 m nur junge Flußsedimente auf.

Diese werden in Anlehnung an die Substratklassifikation der KA4 gemäß Tab.1 differenziert.

Tab. 1 Benennung der Substrate

Zusammensetzung und Herkunft 44	Bodenart/Torfart 43	Geogenese 42	Substratsymbol 41
Auenablagerung, schluffig-tonig (Tf)	Ton	fluviatil (in Auen) "Auen..."	fo-t (Auenton)
	Schluff		fo-u (Auenschluff)
	Lehm		fo-l (Auenlehm i.e.S.)
	Sand		fo-s (Auensand)
Auenlehm (Lf)			
Auensand (Sf)			
Auenschlamm (Yf)	Ton, Schluff oder Lehm	fluviatil (in Auen) mit anthropogenen Beimengungen	fo-Yl (Auenschlamm)

Um der Tatsache gerecht zu werden, daß es sich bei den rezenten, feinkörnigen Ablagerungen um Sedimente handelt, die sowohl organische als auch anorganische Komponenten anthropogener Herkunft enthalten (Klärschlammteilchen, Braunkohlestäube, [VON BUCH 1983]) und immer eine hohe Belastungsstufe mit Xenobiotika [ARGE ELBE 1988, MIEHLICH 1983, 1994, SCHWARTZ ET AL. 1997b] aufweisen, wurde ergänzend zur KA4 ein weiteres Substrat mit einer Mischgenese eingeführt: *fluviatil (in Auen) mit anthropogenen Beimengungen*. Dieses Substrat erhält bei der Zusammensetzung/Herkunft das Kürzel Yf (Y für Antropopen, f für fluvilimnogen).

3 Benennung von Bodenhorizonten

Die Horizontbezeichnungen können bestehen aus dem vorgestellten geogenem Zusatzsymbol, dem Hauptsymbol sowie dem nachgestellten pedogenen Zusatzsymbol. Für alle Symbole sind eine Reihe gegenüber der KA4 ergänzender Festsetzungen erfolgt, die hier nur summarisch wiedergegeben werden:

3.1 Zusatzsymbol für geogene und anthropogene Merkmale

- o Alle Horizonte im Bereich der Auen erhalten das vorgestellte Zusatzsymbol

a Auendynamik; kombinierbar mit A, C, G, M, S

In Ergänzung zur KA4 wird dies auch auf Böden mit Stauwasserhorizonten angewandt.

- o Die rezenten, feinkörnigen Ablagerungen aus Auenschlamm erhalten aufgrund des hohen Anteils primärer organischer Substanz das vorgestellte Zusatzsymbol

o organisch (sedimentär); kombinierbar mit A, G und M

3.2 Hauptsymbol

- o Als M-Horizont gilt bisher (KA4) ein Bodenhorizont aus sedimentiertem, holozänen, humosen Solummaterial. Für diesen Horizont entfällt das Humus-Kriterium, als Zusatzkriterium gilt: Substrat = Auenlehm, Auenton oder Auenschluff. Ein Horizont wird nur dann als M-Horizont benannt, soweit der Horizont nicht durch andere Bodenbildungen überprägt wurde. Als pedogene Überprägungen treten Humusanreicherungen (A-Horizonte), Verbraunungen (Bv-Horizonte) und Hydromorphierungen (G- und S-Horizonte) auf.

3.3 Zusatzsymbol pedogener Merkmale und Übergangshorizonte

Die Bodengeneese der Horizonte wird durch das Hauptsymbol und das nachgestellte Zusatzsymbol, bei Bedarf auch als Übergangsform, ausgedrückt. Bei den Horizonten der Auenböden werden mehrere Reihen betrachtet, in denen sich der Gradient eines Faktors (z.B. zunehmender Grundwassereinfluß) ausprägt.

- o Für die Kartierpraxis wurde für den Übergangsbereich der anhydromorphen und der hydromorphen Horizonte als Kriterium nicht der prozentuale Fleckenanteil sondern die Stufe der Flächenanteile der Fleckungen gemäß S.55 KA4 verwendet.
- o Für die anhydromorphen Horizonte wurde ein Höchstmaß an Fleckung festgelegt (2 %), bis zum dem eine Berücksichtigung des Grundwassereinflusses noch nicht notwendig ist.
- o Im häufig vorkommenden Übergangsbereich von aM- und Go-Horizonten wurde die Intensität der Fleckung festgelegt.
- o Im Falle oberbodennaher, schwacher Fleckung (2-10 %) sandiger Materialien wurde der Go-C-Horizont als Übergangshorizont zwischen dem unveränderten Ausgangsmaterial Auensand und dem hydromorphen Unterboden zugelassen.

4. Klassifikation der Bodentypen

Für die Benennung der Bodentypen wurde ein Bestimmungsschlüssel entwickelt, der sich aus der Horizontabfolge ableiten läßt. Die Übersicht der Bodentypen zeigt Tab. 2.

Mächtigkeit der anhydromorphen Horizonte (incl. der anhydromorphen Übergangshorizonte)		Oberkante der Reduktionshorizonte		Substrat des Oberbodens					
		> 8 dm	4 - 8 dm	> 4 dm	4-8 dm	< 4 dm	Auensand	Auen-lehm,-schluff,-ton	Nieder-moortorf
Gesamt-mächtigkeit anhydromorpher und hydromorpher Übergangshorizonte aus Auenlehm i. w.S.	< 1 dm	Rambra, Paternia, autochthone Vega	Gley-Rambra, Gley-Paternia	Tiefer Auengley (=Wechselgley)	Typischer Auengley, Amphigley	Flußufer-sandboden	Auen-naßgley, Auenan-moorgley	Auen-moorgley	Flußufer-schlamm-boden
	1 - 4 dm	Halbvega	Gley-Halbvega						
	> 4 dm	Norm-Vega	Gley-Vega	Vega-Gley					

Tab.2 Übersicht der unterschiedlichen Bodentypen und der maßgeblichen Kriterien

Im Sinne der KA4 und des AK BODEN-SYSTEMATIK [1998] handelt es sich bei den links stehenden Bodentypen (Mächtigkeit der anhydromorphen Horizonte μ 4 dm) um Böden der Klasse "Auenböden", bei den übrigen mit Ausnahme der Flußufersand- und -schlammböden um Böden der Klasse "Gley".

5. Schlußfolgerungen

Das in den Grundzügen dargestellte Klassifikationssystem läßt sich in Verbindung mit den präzisierten Horizontdefinitionen weitgehend zweifelsfrei für die von uns kartierten Auenböden anwenden. Problem-bereiche bestehen noch bei intensiven Wechsellagerungen von Auenlehmen und -sanden sowie bei Staunässemerkmalen. Da die Zuordnungskriterien an der Verteilung hydromorpher Merkmale sowie am Sub-strat orientiert sind, impliziert ein Bodentyp auch ein bestimmtes Muster aus Standort-eigenschaften. Durch genaue Wasser- und Stoffhaushaltsanalysen der Bodentypen "Autochthone Vega", "Gley-Vega", "Vega-Gley" und "Flußuferschlamm-boden" im Projektgebiet Lenzen soll demonstriert werden, wie stark sich die Bodentypen ökolo-gisch differenzieren.

6. Literatur

- AG BODEN (1994):** Bodenkundliche Kartieranleitung, 4.Auflage, Hannover, 392 S.
- AK BODENSYSTEMATIK (1998):** Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands. Mitteilung. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 86, S.1-180.
- ARGE Elbe (1988):** Schwermetalle der Elbe von Schnackenburg bis zur See. Hamburg, 193 S.
- BUCH, M. VON (1983):** Bodenmikromorphologische Untersuchungen der Humusformen der Pevestorfer Elbaue (Lüchow- Dannenberg). Abh. Naturwiss. Ver. Hamburg, NF25, S.91-113.
- GRÖNGRÖFT A., R. SCHWARTZ & G. MIEHLICH (1997):** Verbreitung und Eigenschaften der Auenböden in dem geplanten Rückdeichungsgebiet Lenzen - erste Ergebnisse. Auenreport 3/3, Beiträge aus dem Naturpark "Brandenburgische Elbtalaue", 58 - 65.
- MIEHLICH, G. (1983):** Schwermetallanreicherung in Böden und Pflanzen der Pevestorfer Elbaue (Kreis Lüchow-Dannenberg). Abh. Naturwiss. Ver. Hamburg, NF25, S.75-89.
- MIEHLICH, G. (1994):** Auen und Marschen als Senken für belastete Sedimente der Elbe. in: H.GUHR et al. (Hrsg.): Die Elbe im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie. 6. Magdeburger Gewässerschutzseminar. Teubner, Stuttgart, S.307-312.
- SCHWARTZ, R., A. GRÖNGRÖFT & G. MIEHLICH (1997A):** Erfassung des Vorkommens und bodenphysikalische Kennzeichnung der Auenböden. Unveröff. Abschlußbericht Bodenkartierung für das UFZ. 21 S. und Anhang.
- SCHWARTZ, R., J. DUVE & A. GRÖNGRÖFT (1997B):** Einsatz von Kunstrasenmatten als Sedimentfallen zur Bestimmung des partikulären Stoffeintrages in Auen und Marschen. Mitteilung. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 85/I, 353 - 356.
- SCHWARTZ, R., R. FITTSCHEN & L. KUTZBACH (1998):** Bodenkundliche Kartierung im Verbundprojekt "Indikatorensystem für Elbauen RIVA". Unveröff. Bericht an das UFZ, 5 S. und Anhang.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie unter dem Förderkennzeichen 03395571 gefördert. Veröffentlichung Nr.20 des Forschungsvorhabens "Auenregeneration durch Deichrückverlegung".

Die Abgrenzung von Hydrogeomorphen Einheiten – eine einfache Methode zur Bewertung von Auenlandschaften ?

Geyer S., Brandt O. und Neuber M.

UFZ-Sektion Hydrogeologie, Theodor-Lieser-Straße 4, D-06120 Halle

Einleitung

Die heutigen Auenlandschaften entwickelten sich seit dem Spätglazial in Flußtälern. Sie sind gekennzeichnet durch ihre semiterrestrische Bodenformen, die zeitweilig überfluteten bzw. überstauten Aueböden und durch die über das Jahr stark schwankenden Flurabstände des Grundwassers. Ihr Werden ist eng mit der Flußgeschichte verbunden, die in den letzten tausend Jahren zunehmend durch menschliche Eingriffe mitbestimmt wurde. So bildeten sich beispielsweise Auelehmschichten durch die erhöhte Schwebstofffracht nach Rohdungen seit der Bronzezeit und insbesondere im Mittelalter. Wegen ihrer großen Fruchtbarkeit wurden Auenböden wenn immer möglich landwirtschaftlich zum Ackerbau oder als Weideland genutzt. Andererseits bieten Auen mit ihrer hohen zeitlichen Dynamik in der Bodenfeuchte und ihrer Veränderlichkeit durch Überschwemmungsereignisse eine Vielfalt von spezifischen ökologischen Nischen mit hoher räumlicher Heterogenität. Auen gehören zu den vielfältigsten Landschaften Mitteleuropas und weisen eine hohe Biodiversität auf. Sie sind daher wertvoll für den Naturschutz.

Um den verschiedenen Nutzungsansprüchen durch Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Verkehr, Industrie und Naturschutz in Planungsvorhaben und bei der Entwicklung von Managementstrategien gerecht zu werden, werden Beurteilungsmethoden benötigt, welche helfen, die vielfältigen ökologischen Zusammenhänge in den betroffenen Auengebieten zu erkennen und zu bewerten.

Bewertungskonzepte

Ein konzeptuales Prinzip ist für geographisch und biologisch geprägte Bewertungskonzepte eine Klassifikation in vorbestimmte, standardisierten Kategorien, die leicht nachvollziehbar und verständlich sein soll, so daß auch Nichtexperten mit minimalen Trainingsaufwand eine Bewertung durchführen können (z.B. FAEWE, PROTOWET: Maltby et al. 1996, Hydrogeomorphic Approach: Brinson 1996, CORINE biotopes: ECC 1991).

Ein anderer Ansatz ist die Erhebung aussagekräftiger, charakteristischer Parameter, die als ein Indikatorsystem für Auenlandschaften zusammengefaßt werden können (z.B. RIVA-Projekt: <http://www.ufz.de/spb/nat/riva.html>).

Bewertungstechniken für Feuchtgebiete wurden erstmals in Nordamerika ab etwa 1970 entwickelt. Als Folge einer Umweltgesetzänderung (Section 404, Clean Water Act) wurde für die Administration ein Entscheidungswerkzeug für die Genehmigung von Projekten in Feuchtgebieten benötigt. Seitdem wurden mehr als 40 verschiedene Ansätze publiziert, wobei zumeist großräumige Gebiete (Staaten, Distrikte) oder aber spezifische Aufgabenstellungen wie Vegetations-, Habitatbeschreibungen oder Hochwasserrückhaltekapazität behandelt wurden (Larson und Mazzaresse 1994). Ein umfassender Lösungsansatz wurde von Brinson (1993) mit dem Konzept der Hydrogeomorphen Beschreibung (hydrogeomorphic approach, HGM) entwickelt, der inzwischen USA-weit bei Planungsbehörden zum Einsatz kommt (Brinson 1996). Das Bewertungssystem basiert auf dem Prinzip Feuchtgebiete zuerst nach geographisch/hydrologischen Gesichtspunkten zu klassifizieren, daraus ableitend Funktionen zu definieren und anschließend mit einem idealen, naturbelassenen "Standard-Feuchtgebiet" bewertend zu vergleichen. Dabei wird angenommen, daß in dem unbelasteten Referenzfeuchtgebiet die biologischen und hydrologischen Funktionen optimal ablaufen. Das Feuchtgebiet wird hier großräumig als eine Einheit gesehen und bewertet.

Maltby et al. (1994) versuchte den amerikanischen Lösungsansatz auf europäische Verhältnisse zu übertragen, mußte aber schnell feststellen, daß dies wegen der Kleinräumigkeit der hiesigen Feuchtgebiete nicht möglich war. Zudem gibt es in Europa keine vom Menschen unbeeinflussten Feuchtgebiete, die als Referenz dienen könnten. Daher wurde das Konzept zu dem sogenannten "hydrogeomorphen Einheiten Konzept (hydrogeomorphic units, HGMU)" erweitert. Das zu untersuchende Feuchtgebiet (z.B. Auenlandschaft) wird in einzelne hydrogeomorphologische Basiseinheiten aufgeteilt, die dem Untersuchungsmaßstab angepaßt werden. Hydrogeomorphen Einheiten sind definiert als Flächen homogener Morphologie (Hangneigung, Form) und gleicher Hydrologie bzw. Hydrogeologie (Evapotranspiration, Oberflächenfluß, oberflächennahes Grundwasser) und im Normalfall gleicher homogener Böden (Bodentyp, Pflanzenbedeckung).

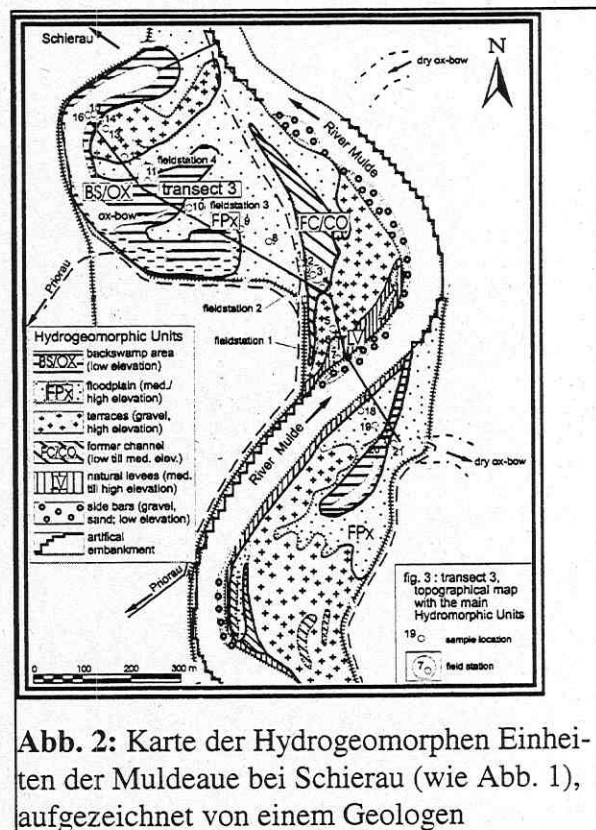
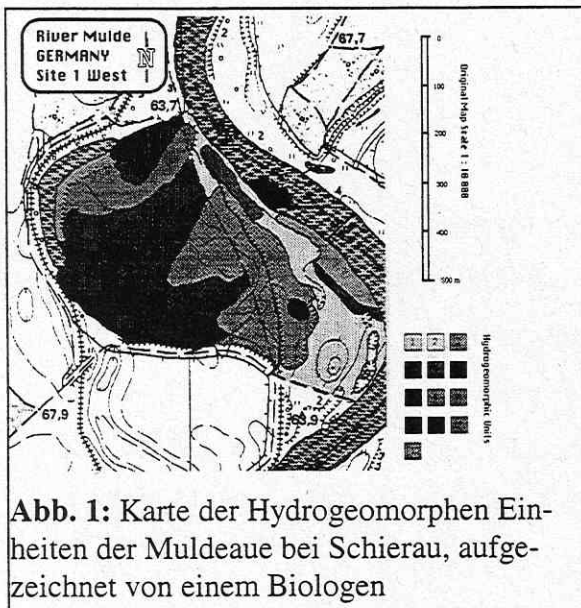
In einer anschließenden Bewertungsprozedur (Wetland Functional Assessment) wird für jede Hydrogeomorphe Einheit über einen festen Fragenkatalog in der Struktur eines Entscheidungsbaums versucht, die relevanten hydrologischen, biogeochemischen und ökologischen Funktionen zu erkennen und zu bewerten.

Untersuchungsgebiet und Methoden

Als Testgebiet für die Erfassung von "Hydrogeomorphen Einheiten (HGMU)" wurde die Mulde bei Schierau zwischen Bitterfeld und Dessau ausgewählt. Als gemeinsame Basis zur Bestimmung der HGMUs wurde ein bisher unveröffentlichter Bericht der Wetland Ecosystem research Group (WERG 1998) verwendet. Die Anleitung schreibt präzise die Vorgehensweise zur Erstellung der HGMUs und zur funktionellen Analyse von Auen und anderen Feuchtgebieten vor. Mehrere Gruppen bestimmten unabhängig voneinander die hydrogeomorphen Einheiten in dem Testgebiet. Ziel dieser Untersuchung war festzustellen inwiefern unterschiedliche Fachkenntnis und Geländekenntnis das Ergebnis verändert.

Ergebnisse

Die Ergebnisse von zwei HGMU Kartierungen sind in Abbildung 1 und 2 dargestellt.



Die erste Karte (Abb. 1) wurde im Sommer 1996 von einem Biologen in einem Tag Geländearbeit aufgenommen. Die zweite Karte (Abb. 2) wurde von einem Geologen ein Jahr später, im Herbst 1997, gezeichnet. Man erkennt, daß die Hydrogeomorphen Einheiten prinzipiell ähnlich auskartiert wurden, daß jedoch in der Ausbreitung größere Unterschiede in der Interpretation auftreten. Dies ist so zu erklären, daß die Sichtweise je nach Ausbildung und Erfahrung die Kartierer veranlaßte die Grenzen unterschiedlich zu setzen. Der Biologe setzte sein Augenmerk eher auf Veränderungen in den Pflanzenvergesellschaftungen, deren Grenzen je-

doch je nach Bodenfeuchtezustand über das Jahr wandern können. Der Geologe (Abb. 2) ließ sich eher von der Morphologie und der unterschiedlichen Bodenzusammensetzung leiten. Mit fest installierten Meßplätzen auf den bestimmten Hydrogeomorphen Einheiten werden zur Zeit bodenphysikalische und hydrogeologische Untersuchungen durchgeführt um auf diese Weise das HGMU-Konzept auf die Anwendbarkeit in belasteten Auenlandschaften zu überprüfen.

Das angeführte Beispiel zeigt, daß die Bestimmung von Hydrogeomorphen Einheiten bisher nur bis zu einem gewissen Grad objektiv durchgeführt werden kann. Der Bildungsstand und jahreszeitlich Unterschiede bei der Durchführung der Kartierung führen zwar zu ähnlich aber doch unterschiedlichen Ergebnissen. Eine Präzisierung der Bestimmungsregeln ist jedoch nicht ohne weiteres durchzuführen, da dann der Anspruch auf eine leichte Durchführbarkeit durch "Nicht-Experten" erschwert würde.

Zusammenfassung

Bewertungssysteme für Auen sollen helfen die relevanten hydrologischen, biochemischen und ökologischen Funktionen zu bestimmen und administrative Entscheidungen bezüglich der verschiedenen Nutzungsansprüchen zu erleichtern. Ausgehend von dem amerikanischen Vorbild wird das sogenannte "Hydrogeomorphe Bewertungskonzept", auf europäische Verhältnisse übertragen, vorgestellt. Im Vergleich zu dem amerikanischen System werden wesentlich kleinere Einheiten ausgewählt und einzeln für sich bewertet. Dieses "Hydrogeomorphe Einheiten Konzept" ist zur Zeit noch in Entwicklung. Eine noch zu überwindende Schwierigkeit ist die bei der Kartierung der Hydrogeomorphen Einheiten einfließende Subjektivität, die je nach Bearbeiter, zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann.

Literatur

- Brinson, M.M. (1993):** A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands. Wetlands Research Program Technical Report WRP-DE-4. U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC 20314-1000. 79 S.
- Brinson, M.M. (1996):** The HGM approach explained.- National Wetlands Newsletter, 7-16.
- [HTTP://WWW.UFZ.DE/SPB/NAT/RIVA.HTML](http://www.ufz.de/spb/nat/riva.html) :** UFZ Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle Internetseite, RIVA (Development of a Robust Generally Applicable Indicator System for Ecological Changes in Flood Plain Systems)
- Larson, J. S., Mazzaresse, D.B. (1994):** Rapid assessment of wetlands: history and application to management.- In: Mitsch, W.J. (ed), Global Wetlands: Old World and New. Elsevier, Amsterdam, 625-636.
- Maltby, E., Hogan, D.V., McInnes, R.J. (1996):** Functional analysis of European wetland ecosystems (Phase 1 (FAEWE) – The function of river marginal Wetland ecosystems.- Final Report EC DG XII CT90-0084, 448 S., Luxembourg (Office for Official Publications of the European Communities).
- Maltby, E., Hogan, D.V., Immirzi, C.P., Tellam, J.H. and Peijl, M.J. van der. (1994):** Building a new approach to the investigation and assessment of wetland ecosystem functioning.- In: Mitsch, W.J. (ed), Global Wetlands: Old World and New. Elsevier, Amsterdam, 637-658.
- ECC (1991):** EUR 13231-CORINE biotopes – The design, compilation and use of an inventory of sites of mayor importance for nature conservation in the European Community.- 132 S., Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- WERG (1998):** FAEWE Procedures – Functional Analysis of European Wetland Ecosystems.- Wetland Ecosystem research Group, Royal Holloway Institute for Environmental research, Royal Holloway, University of London, unveröffentlichter Bericht.

Untersuchungen zur Charakterisierung der Standorteigenschaften von Aueböden unter besonderer Berücksichtigung der Hydrodynamik und Nährstoffsituation

Böhnke, R.¹; Heinrich, K.²; Meyenburg, G.²
UFZ-Sektion Hydrogeologie 1, Sektion Bodenforschung 2;
Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle/Saale

1. Einleitung

Naturnahe Auenlandschaften besitzen aufgrund ihrer hohen Biodiversität und ihrer naturräumlichen Vielfalt einen hohen Stellenwert in der Hierarchie der Schutzgüter. Der bestimmende Steuerfaktor für Auen und Aueböden und ihre Lebensgemeinschaften sind periodische Überflutungen aufgrund von Hochwasser in Flüssen oder an die Oberfläche tretendes Grundwasser (Qualmwasser). Bei der Entwicklung einer Biozönose stellt der Wasserhaushalt einen dominierenden Standortfaktor dar, der in den Auen vorwiegend von der Wasserstandsdynamik im Fluß- und Grundwasser bestimmt wird. Aufgrund der häufigen Wechsel von Vernäsungs- und Austrocknungsphasen stellen die Auengebiete in Bezug auf den Wasser- und Stoffhaushalt äußerst dynamische Systeme dar, in denen sich die wirksamen Faktoren und Prozesse räumlich und zeitlich in unterschiedlichem Ausmaß wechselseitig beeinflussen.

Saisonale Einflüsse und variierende hydrologische Verhältnisse bewirken Veränderungen der chemisch-physikalischen Steuergrößen wie beispielsweise Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Eh-Wert und Temperatur im Boden und in darunter liegenden Sedimenten. Die Folgen sind dramatische Änderungen der Boden- und Bodenlösungseigenschaften, insbesondere im Mobilisierungs- und Immobilisierungsverhalten von Nähr- und Schadstoffen.

In einem interdisziplinären Forschungsvorhaben soll ein übertragbares Indikationssystem für ökologische Veränderungen in Auen erstellt werden. Aufgrund des weitgehend naturnahen Zustandes der Auengebiete im Bereich der Mittleren Elbe mit ihrer naturräumlichen Vielfalt und hohen Biodiversität werden die Arbeiten in zwei Gebieten im Biosphärenreservat Mittlere Elbe im Deichvorland durchgeführt.

2. Methoden

2.1. Meßsysteme

Um die zeitlichen Veränderungen chemischer und physikalischer Parameter im Sicker- und Grundwasser zu erfassen, wurden in unterschiedlichen morphologischen Einheiten der Untersuchungsgebiete im Biosphärenreservat Mittlere Elbe bodenhydrologische Meßstationen

(Abb. 1) errichtet. Konzeptionell ist jedes Meßsystem in autark arbeitende Module unterteilt, wodurch eine hohe Zuverlässigkeit des Gesamtsystems gewährleistet wird.

Modul 1: Messung der Bodenfeuchte, Bodentemperatur und Saugspannung sowie Probenahme von Bodenlösung mittels Saugkerzen

Modul 2: automatische Grundwasserprobenahmeeinheit mit direkter Messung von Temperatur, pH-Wert, Redoxpotential und elektrischer Leitfähigkeit; die Steuerung kann ereignis-, zeitgebunden sowie im Handbetrieb erfolgen

Modul 3: zentrale Datenerfassung

Modul 4: Multisensormodul zur kontinuierlichen Registrierung von Wasserstand, pH-Wert, Redoxpotential, elektrischer Leitfähigkeit und Temperatur im Grundwasser

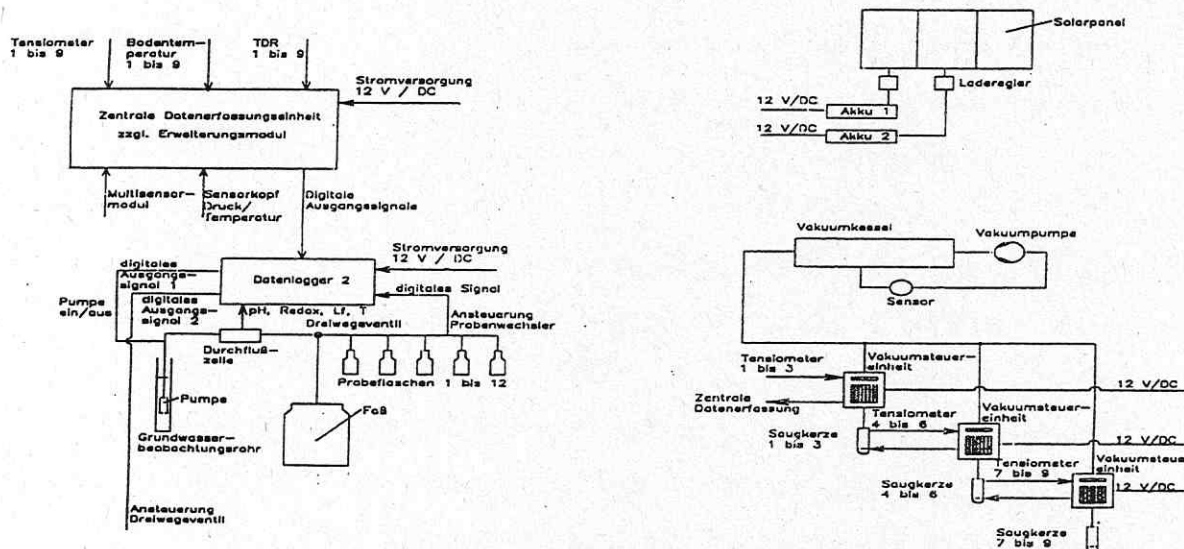


Abb.1: Bodenhydrologisches Meßsystem (Anlagenkonfiguration)

2.2. Geologische Geländeaufnahme

In den Untersuchungsgebieten an der Mittleren Elbe sind mehrere Bohrungen abgeteuft worden, die nachfolgend zu Grundwassermeßstellen ausgebaut wurden. Die Festlegung der Standorte für die Grundwassermeßstellen, an denen auch die bodenhydrologischen Meßstationen installiert wurden, erfolgte nach geomorphologischen und hydrogeologischen Kriterien. Mit Hilfe dieser Bohrungen war es möglich, sich einen Überblick über den Aufbau des tieferen Untergrundes der Auengebiete zu verschaffen.

2.3. Bodenlösung

Die Gewinnung der Bodenlösung erfolgt über tensionsgesteuerte Saugkerzen (SK2) in jeweils drei verschiedenen Tiefen bis max. 1m.

2.4. Grundwasser

Die Grundwasserbeprobung erfolgt mittels einer automatischen Grundwasserentnahmeeinheit, welche in die bodenhydrologischen Meßstationen integriert ist.

3. Ergebnisse

3.1. Geologische Verhältnisse (am Beispiel der Schöneberger Wiesen bei Steckby)

Die heutige Landschaft verdankt ihr Aussehen vorwiegend den pleistozänen und holozänen Formungsprozessen und Ablagerungen und ihre Entwicklung ist eng an die Flußlaufgeschichte der Elbe und Mulde gebunden.

Den Hauptgrundwasserleiter im Untersuchungsgebiet bilden geringmächtige (5 bis 10m) glazifluviale Schmelzwassersande der Saale-Kaltzeit sowie fluviatile Sande und Kiese der Weichsel-Kaltzeit und des Holozäns. Den Liegendstauer bildet der mitteloligozäne Rupelton. Lokal ist ein Geschiebemergel der Saale-I-Kaltzeit als Zwischenstauer verbreitet. Über den grobkörnigen, holozänen Schüttungen begann im jüngeren Atlantikum die flächenhafte Bildung der sogenannten Auelehmdecke. Der Auelehm erreicht eine Mächtigkeit von max. 2 bis 3m und bewirkt z.T. gespannte Grundwasserverhältnisse. Das Substrat der Auendeckschicht ist zumeist der Bodenartenhauptgruppe Lehm zuzuordnen, wobei nahezu alle Bodenartenuntergruppen anzutreffen sind.

3.2. Grundwasserverhältnisse, Hydrodynamik

Der Wasserhaushalt der Aue bewegt sich zwischen Überflutung durch Hochwasser und extremer Austrocknung in Niedrigwasserzeiten (Abb.2).

Zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser besteht ein enger hydraulischer Kontakt über die gut bis sehr gut durchlässigen Sande und Kiessande an der Flußsohle. Damit sind der Grundwasserstand und das Grundwassergefälle unmittelbar vom Flußwasserstand abhängig. Bei Niedrigwasser bewegt sich der Grundwasserstrom vom Talrand (Hochflächen der Hauptterrasse) zum Fluß und hat in Flußnähe seinen Tiefstand. Bei ansteigendem Wasser im Fluß entwickelt sich ein Grundwasserstrom vom Fluß zum Rande der Aue hin. Je nach Wasserstand im Fluß und Grundwasser findet eine In- oder Exfiltration statt. Das Grundwasser in den Untersuchungsgebieten ist überwiegend als nicht flurnah einzuordnen, nur an den flutrin-

nennahen Standorten können höhere Grundwasserstände erreicht werden. Ansonsten herrschen in der Aue Grundwasserstände von 0-2m unter Flur vor, in höhergelegenen Bereichen sind auch Flurabstände zwischen 2-5m vorzufinden.

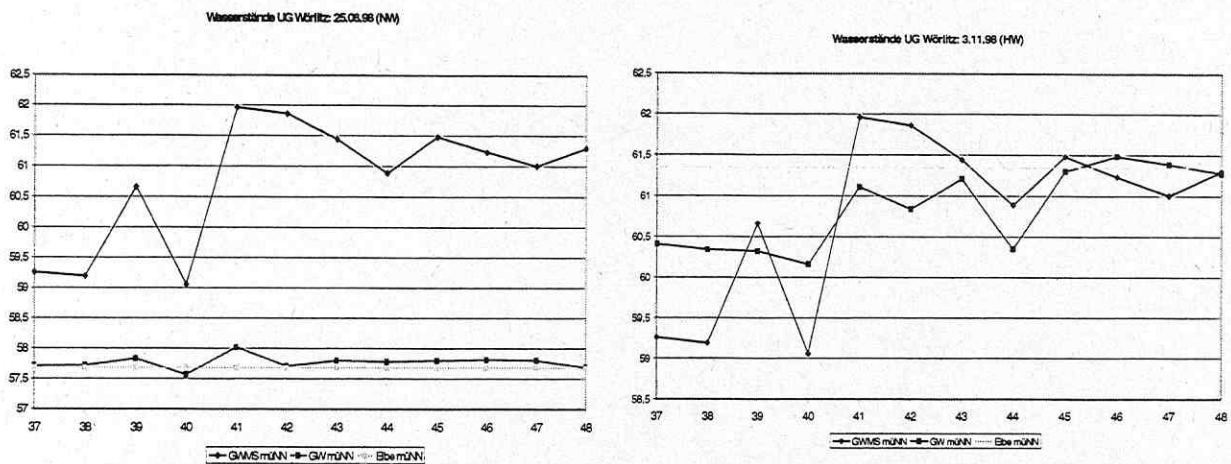


Abb.2: Grundwasserganglinien der 12 Grundwasserbeobachtungsrohre im Untersuchungsgebiet Wörlitz zu unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen

3.3. Grundwasserbeschaffenheit

Die Grundwasserbeschaffenheit ist in den Untersuchungsgebieten im Biosphärenreservat Mittlere Elbe, z.T. geogen bedingt, durch erhöhte Gehalte an Eisen und Mangan sowie hohe Sulfatgehalte gekennzeichnet. Aber auch anthropogene Belastungen infolge landwirtschaftlicher Einflüsse bzw. Einträge an industriellen Standorten wie z.B. Nitrat, Chlorid spielen eine entscheidende Rolle. Hinsichtlich seiner Beschaffenheit ist das Grundwasser im Urstromtalbereich als ein mittelhartes bis hartes, stark eisen- und manganhaltiges Wasser mit relativ hohem Gehalt an kalkaggressiver Kohlensäure charakterisiert. Die Grundwässer der Untersuchungsgebiete an der Mittleren Elbe sind nach geohydrochemischen Eigenschaften als Calcium-Hydrogencarbonat-Wässer mit überwiegend sulfatischer und chloridischer Prägung zu klassifizieren. Ein Vergleich der Hauptionenverhältnisse von Flußwasser- und Grundwasserproben aus den Untersuchungsgebieten an der Mittelelbe läßt die erwartungsgemäß gute Übereinstimmung im Chemismus der Elbewasserproben erkennen. Bei den Grundwasserproben ist eine Unterscheidung hinsichtlich des Chemismus zwischen den Untersuchungsgebieten möglich, da sich die Proben aus Wörlitz aufgrund ihrer etwas niedrigeren Gehalte an Sulfat, Chlorid, Calcium und Magnesium von den übrigen Grundwasserproben absetzen.

4. Zusammenfassung

Die zeitlich und räumlich häufig variierenden Oberflächenwasser- und Grundwasserstände führen zu extrem alternierenden Wasserregimen des Bodens und der darunter liegenden Se-

dimente. Die Folgen sind Änderungen der Einträge, Bindungsformen, Festlegungen und Mobilisierung von Stoffen. Forschungsbedarf besteht, diese Dynamik mechanistisch zu erfassen und die steuernden Prozesse in ihren Abhängigkeiten von Wasserregime und Bodeneigenschaften zu quantifizieren und flächendeckend zu integrieren.

Innerhalb des Verbundforschungsprojektes RIVA werden im Bereich der Mittleren Elbe in zwei Gebieten im Deichvorland hydrogeologische und bodenkundlich-geochemische Untersuchungen durchgeführt. Das Ziel der Untersuchungen ist die Quantifizierung des Wasser- und Nährstoffhaushaltes von Aueböden zur Erfassung der ökosystemaren Wechselwirkungen. Die Zusammenführung der bodenkundlichen und hydrogeologischen Ergebnisse dient der Erstellung kausaler Beziehungen zwischen Steuerfaktoren und der Nährstoffdynamik. Wesentliche Einflußfaktoren auf die Nährstoffdynamik und steuernde Prozesse werden durch die Kombination von Substrateigenschaften sowie Sicker- und Grundwasserdaten quantifiziert.

Aueböden im Biosphärenreservat Mittlere Elbe (I.) - ihre Klassifikation und Eigenschaften.

Rinklebe, J.; Heinrich, K.; Neue, H.-U.

UFZ - Sektion Bodenforschung Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 HALLE/Saale

Es werden typische Aueböden des Biosphärenreservates Mittlere Elbe hinsichtlich ihrer Klassifikation und ihren Eigenschaften vorgestellt. Dabei wird der detaillierten feldbodenkundlichen Analyse, Bodenbeschreibung und -charakterisierung große Bedeutung beigemessen, denn sie wird als Grundlage und Voraussetzung für die Einordnung und Interpretation aller nachfolgenden analytischen Daten angesehen.

Es finden sich eine Reihe von Bodentypen wie Veges, Paternien, Gleye und Tschernitzen in vielen Vergesellschaftungsformen. Ebenso ist die Palette der vorgefundenen Substrate äußerst vielfältig.

Die Bodenprofilansprache und Klassifikation erfolgte zunächst nach KA 4 (ARBEITSGRUPPE BODEN; 1994) sowie nach dem ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT (1998). Dabei wird der Umgang und der praktische Einsatz der KA 4 einschließlich der geltenden Substratsystematik beispielhaft demonstriert, gleichzeitig werden Probleme und Defizite der aktuell geltenden Systematik offengelegt sowie Lösungsperspektiven aufgezeigt.

Außerdem werden erste Ergebnisse von bodenchemischen, bodenphysikalischen sowie bodenbiologischen Untersuchungen präsentiert. Dies betrifft vor allem die Bodenazidität, die Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte, die Lagerungsdichten, die kf- Werte und die mikrobielle Biomasse. Weitere, prozeßorientierte Forschungsansätze werden dargestellt.

Literatur:

- ARBEITSGRUPPE BODEN. 1994. *Bodenkundliche Kartieranleitung*. (KA 4)
4. verbess. u. erw. Aufl. Hg. BA f. Geowiss. u. Rohstoffe u. GLA d. BRD.
Hannover: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlg..
- ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT. 1998. *Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands*.
Mittg. d. DBG Band 86, I-180.

“Auenregeneration durch Deichrückverlegung” - ein Managementkonzept an der Elbe und anderen Flüssen Deutschlands

Neuschulz, F. und Purps, J.
Landesanstalt für Großschutzgebiete, Naturpark Elbtalau
Neuhausstraße 9, D-19322 Rühstädt

Im Forschungsvorhaben des BMBF-Förderschwerpunktes Elbe-Ökologie: "Auenregeneration durch Deichrückverlegung" (FKZ 0339571) werden im Vorfeld einer geplanten Deichrückverlegung an der Unteren Mittel-elbe in einem interdisziplinären Pilotprojekt abiotische und biotische Parameter für eine Herleitung von Entwicklungsprognosen untersucht. Im Rahmen dieses Vorhabens ist eine intensive Recherche zu Planungen und zum Stand von Deichrückverlegungen an der Elbe und anderen Flüssen Deutschlands durchgeführt worden. Neben einer Literaturlauswertung und Inspektion bekannter Verfahren wurden mittels einer durchgeführten Umfrage zahlreiche Vorhaben bekannt, die in diesem Beitrag erstmals in Beziehung gesetzt werden. Dabei wird neben einem Vergleich der hydrologischen und naturräumlichen Ausgangsbedingungen auf die Ausrichtung als Hochwasserschutz- und/oder Naturschutzmassnahme Bezug genommen. Es werden die Chancen aber auch die Grenzen der Umsetzbarkeit dieser Managementstrategien für Flussauen dargestellt.

Vergleich verschiedener Verfahren für die Entwicklung eines digitalen Höhenmodelles für einen Ausschnitt der Elbtalaue

Hape, M. und Neuschulz, F.
Landesanstalt für Großschutzgebiete, Naturpark Elbtalaue
Neuhausstraße 9, D-19322 Rühstädt

In einem interdisziplinär angelegten Forschungsvorhaben im Förderschwerpunkt Elbe-Ökologie des BMBF zur Klärung der Möglichkeiten und Grenzen einer Auenregeneration durch eine Deichrückverlegung an der Unteren Mittelelbe bildet ein Digitales Höhenmodell (DGM) eine wesentliche Arbeitsgrundlage. Für einen ca. 1000 ha großen Ausschnitt der Elbtalaue, der bei einer geringen Reliefenergie durch ein ausgeprägtes System von Flutrinnen und -mulden geprägt ist, wurden drei verschiedene Geländeinformationen (topographische Karten 1:10 000, stereophotogrammetrische ermittelte Höhenangaben und Angaben aus einer Laser-Scann-Befliegung) miteinander verglichen. Mittels eines geographischen Informationssystems (ARC/Info) konnten drei unabhängige DGM aufgestellt und nach Differenzbildung in ihrer Eignung für unterschiedliche Auswerteanforderungen bewertet werden. Die Vor- und Nachteile der erprobten Verfahren werden diskutiert.

Nachhaltige Nutzungsverfahren für Acker- und Grünlandflächen zum Schutz der Auenbereiche der Elbe

Schmidt W ¹⁾, Steinhöfel O. ²⁾

¹⁾ Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau,
Gustav-Kühn-Str. 8, D-04159 Leipzig

²⁾ Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland, Am Park 3, D-04886 Köllitsch

Einleitung

Die Elbauen haben als natürliche Überschwemmungsflächen, als einmaliger Lebensraum für eine typische und außerordentlich reichhaltige Flora und Fauna sowie als Rast-, Ruhe- und Durchzugsgebiet vieler Vogelarten sowohl regionale als auch überregionale Bedeutung. In diesem Sinne gilt es, die heute noch verbliebenen Auenbereiche der Elbe zu erhalten bzw. zu schützen. Dies betrifft u. a. die sensiblen Grünlandstandorte an der Elbe, die zum einen durch falsche Nutzungsregime, zum anderen aber auch durch Nähr- und Schadstoffeinträge insbesondere im Rahmen von Hochwasserereignissen gefährdet sind. Insbesondere unter diesem Gesichtspunkt gilt es, die Nähr- und Schadstofffrachten bzw. -gehalte der Elbe zu reduzieren und gleichzeitig durch Erhöhung der Wasserretention im Einzugsgebiet der Elbe die Zahl und das Ausmaß von Hochwasserereignissen zu verringern.

Diese Gesamtproblematik bzw. Aufgabenstellung ist Inhalt des in zwei Teilprojekte gegliederten Forschungsvorhabens "Entwicklung von dauerhaft umweltgerechten Landbewirtschaftungsverfahren im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe" der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft im Rahmen des vom BMBF finanzierten Forschungsverbundes Elbeökologie. Im Teilprojekt I des Vorhabens sollen für die Elbauen als wichtige Überflutungs- bzw. Retentionsbereiche ökonomisch tragfähige Grünlandnutzungssysteme zur Schaffung ökologisch vielgestaltiger Auenlandschaften geprüft und angewendet werden. Hierbei sollen Landnutzungsverfahren mit Rindern, Schafen und Damwild für ökologisch sensible Grünlandstandorte an der Elbe untersucht werden, die eine sinnvolle Verwertung der anfallenden Biomasse mit vermutlich geringerer Futterqualität ermöglichen, deren erzeugte Produkte aber gleichzeitig auch einen angemessenen Marktwert haben.

Im Teilprojekt II des Vorhabens werden im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe (Erzgebirge, Sächsisches Lößhügelland usw.) gemeinsam mit Landwirtschaftsbetrieben neuartige erosions- und stoffaustragsmindernde Anbauverfahren entwickelt, ökologisch und ökonomisch geprüft und durch Demonstration zur breiten Anwendung gebracht. Hintergrund hierfür ist, daß in Sachsen rund 450 Tsd. ha Ackerfläche (entsprechend rund 60 % der gesamten Ackerfläche) durch Wassererosion bedroht und in Teilen jährlich betroffen sind. Da Sachsen zu fast 100 Prozent zum Einzugsgebiet der Elbe zu rechnen ist (GEWÄSSERGÜTEBERICHT ELBE

1995), führt die Wassererosion zu einer erheblichen Belastung der Elbe und ihrer Zuflüsse mit Sedimenten, Nährstoffen, Pestizidrückständen usw.

Material und Methoden

Mit dem *Teilprojekt I* wird das Ziel verfolgt, umweltgerechte Landwirtschaftssysteme mit Rindern, Schafen und Damwild auf ökologisch sensiblen Flächen der Elbauen zu erproben und hinsichtlich ihres Einflusses auf Biotop-, Boden-, Gewässer- Erosions- und Tierschutz sowie die Vegetationsentwicklung zu bewerten. Dazu werden folgende Weideverfahren bzw. Varianten der Landschaftspflege auch im Hinblick auf ihre ökonomische Tragfähigkeit untersucht:

- Ganzjährige Freilandhaltung von Mutterkühen mit unterschiedlicher Zufütterung von Grundfutter,
- Gatterhaltung von Damwild,
- Koppelhaltung von Schafen zur Pflege der Dammanlagen.

Hintergrund für die Prüfung dieser Weideverfahren ist die Tatsache, daß eine vollkommene Wiederherstellung der Vielfalt an Grünlandvegetationstypen, wie sie letztmals von HUNDT et al. (1976) kartiert wurde, nicht mehr möglich ist. Die meisten der damals in Sachsen entlang der Elbe kartierten Grünlandgesellschaften (Glatthaferwiesen verschiedenster Ausprägung) sind an eine Zweischnittnutzung mit Heuwerbung gebunden. Für diese Art von Futter hat die landwirtschaftliche Praxis aber heute nur noch einen geringen Bedarf, da die Futterqualität von spät genutzten und extensiv gepflegten Aufwüchsen den ernährungsphysiologischen Ansprüchen von Leistungstieren nicht mehr genügt. Eine Alternative könnten die oben dargestellten tiergebundenen Bewirtschaftungssysteme darstellen, die extensive Weideformen mit der Nutzung von Futter kombinieren, das von extensiv genutzten Mähflächen (1-2 Schnitte je Jahr, keine oder nur mineralische Grunddüngung) stammt. Zumindest auf diesen Mähflächen (später 1. Schnitt sowie reduzierte Nutzungshäufigkeit auf max. 2-3 Nutzungen je Jahr) ist die Wiederausbildung der früher weit verbreiteten standortgerechten Glatthaferwiesen vorstellbar.

Im *Teilprojekt II* wird in verschiedenen Regionen des sächsischen Elbeeinzugsgebietes in Landwirtschaftsbetrieben neuartige, nachweislich erosionsmindernde bzw. verhindernde pfluglose, d. h. konservierende Bestellverfahren mit Mulchsaat im Vergleich zum durch den Pflugeinsatz geprägten konventionellen Anbau acker- und pflanzenbaulich sowie ökonomisch bewertet und Problemlösungen dargestellt. Weitere Untersuchungsschwerpunkte bilden hierbei die Prüfung der Folgewirkungen einer konkreten großflächigen Änderung von Bewirtschaftungsverfahren auf die diffuse Stoffbelastung von Grund- bzw. Oberflächengewässern und auf den Wasserhaushalt bzw. die Wasserretention von

Ackerflächen. In Verbindung mit der Erfassung der acker- und pflanzenbaulichen sowie betriebs- und arbeitswirtschaftlichen Auswirkungen soll damit die Grundlage geschaffen werden für die Entwicklung und Umsetzung von ökonomisch tragfähigen Managementkonzepten für die Landwirtschaft als größtem Flächennutzer zur flächendeckenden und dauerhaften Anwendung von umweltentlastenden, ressourcenschonenden, gleichzeitig ökonomisch tragfähigen und damit zukunftsweisenden Anbau- und Bestellverfahren im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe.

Ergebnisse

Das oben erläuterte Forschungsvorhaben mit seinen zwei Teilprojekten wurde im Herbst 1998 begonnen. Aus diesem Grund können z. B. bezüglich der umweltgerechten Landbewirtschaftungssysteme mit Rindern, Schafen und Damwild auf ökologisch sensiblen Flächen der Elbauen noch keine Ergebnisse dargestellt werden. Dagegen liegen im Hinblick auf die erosionsmindernde, gleichzeitig den Oberflächenabfluß reduzierende Wirkung von konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren mit Mulchsaat Ergebnisse von Bodenabtragsmessungen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft und des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie mit einer Starkregensimulationsanlage vor (s. Tab.).

Tabelle: Bodenabtrag und Wasserabfluß nach konventioneller bzw. konservierender Bodenbearbeitung mit Mulchsaat zu Zuckerrüben auf 19 % geneigter, lößbedeckter Hangfläche. (Regensimulations-Parzellenversuch (Größe 44 m²), hangabwärts bestellte Zuckerrüben (3-Blatt-Stadium), Regenintensität: 40 mm/h (= Regenmenge auf 44 m²: 1.780 l), Beregnungsdauer: 60 min. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie 1994)

Mefparameter	Art der Bodenbearbeitung	
	<u>Konventionell</u> Pflug und Saatbettkombination	<u>Konservierend</u> Zinkenrotor und Mulchsaat in Phacelia-Mulchauflage
Bodenabtrag	83 t/ha	0,2 t/ha
Wasserabfluß* = % des "Regens"	835 l 47 %	137 l 8 %
Versickerte Wassermenge* = % des "Regens"	554 l 31 %	1.443 l 81 %

*: Summenwerte bis Beregnungsende (60. Versuchsminute). Danach noch abfließendes bzw. versickerndes Restwasser ist in Werten nicht enthalten

Die Abtragsmessungen belegen, daß das Ausmaß der Wassererosion durch konservierende Bodenbearbeitung mit Mulchsaat um 90 %, in einigen Fällen bis annähernd 100 % gegenüber konventionellen Anbauverfahren reduziert werden kann (s. Tab.). Auf sandreicheren Acker-

flächen im Einzugsgebiet des Erzgebirges (Bodenart Slu) bzw. im Westlausitzer Hügel- und Bergland (Bodenart Su3) konnte der Bodenabtrag durch konservierende Bodenbearbeitung mit Mulchsaat (Bedeckungsgrad 10 %) ebenfalls um fast 100 % vermindert werden (SCHMIDT et al. 1997), wobei sich auf diesen Flächen die absoluten Bodenabträge mit maximal 3,21 t Boden/ha bei konventioneller Bodenbearbeitung bzw. maximal 0,015 t Boden/ha bei konservierender Bodenbearbeitung mit Mulchsaat auf einem deutlich niedrigeren Niveau im Vergleich zu den schluffreicheren Parabraunerden bzw. Braunerden aus Löß (s. Tab.) bewegten. Gleichzeitig weisen die konservierend bearbeiteten Mulchsaatflächen gegenüber den konventionell bestellten Flächen eine deutlich höhere Wasserinfiltration und einen reduzierten Oberflächenabfluß auf (s. Tab.). Durch konservierende Bodenbearbeitung kann damit wirksam Wassererosion auf Ackerflächen gemindert bzw. verhindert werden. Gleichzeitig wird dadurch das Wasseraufnahmevermögen und das Wasserretentionsvermögen von Ackerflächen deutlich erhöht. Damit kann durch die Landwirtschaft ein wirksamer Beitrag zur Reduktion der Belastung der Elbe durch Erosionsprozesse geleistet werden.

Zusammenfassung

Als größter Flächennutzer ist die Landwirtschaft mitverantwortlich für den Schutz und den Erhalt von Auenbereichen im Einzugsgebiet der Elbe. Dies betrifft sowohl die Auen selbst als auch die landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet der Elbe, die über Bodenerosion, Oberflächenabfluß usw. zur Nähr- bzw. Schadstoffbelastung der Elbe mit beitragen. In positivem Sinne kann die Landwirtschaft ihrerseits als größter Flächennutzer entscheidend dazu beitragen, die Belastungssituation der Elbe und ihrer Auenbereich zu verbessern. Im Rahmen des in das Verbund-Vorhaben Elbeökologie eingebundenen Forschungsvorhabens "Entwicklung von dauerhaft umweltgerechten Landbewirtschaftungsverfahren im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe" der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft werden daher in einem Teilprojekt für die ökologisch sensiblen Grünlandstandorte in den Auenbereichen der Elbe Landnutzungsverfahren mit Rindern, Schafen und Damwild entwickelt, die eine sinnvolle Verwertung der extensiv bewirtschafteten Flächen ermöglichen. Im Teilprojekt II steht die Entwicklung und insbesondere möglichst umfassende Anwendung der neuartigen, nachweislich erheblich erosionsmindernden bzw. -verhindernden sowie die Wasserinfiltration deutlich verbessernden Anbauverfahren der konservierenden Bodenbearbeitung und Mulchsaat durch die sächsische Landwirtschaft im Mittelpunkt. Im Rahmen von Feldversuchen werden hierzu acker- und pflanzenbauliche Anbauempfehlungen erarbeitet und ökonomisch bewertet.

Literatur

- GEWÄSSERGÜTEBERICHT ELBE 1995. Hrsg.: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie - Radebeul 1995.
HUNDT et al. 1976: Grünlandvegetation. In: Atlas der DDR I, Blatt 14.1.
SCHMIDT, W., MICHAEL, A., SCHMIDT, J. 1997: Ergebnisse von Bodenabtragsmessungen auf konservierend bestellten Ackerflächen als Beratungsgrundlage für wassererosionsmindernde Anbauverfahren in Sachsen. VDLUFA-Schriftenreihe 46, Kongreßband 1997, S. 675-678.

Poster

Weichtiergemeinschaften als Teil-Indikatoren für Wiesen- und Rinnen- Standorte der Elbe-Auen

Foeckler, F., Deichner, O., Schmidt, H. und Follner, K.*

ÖKON Ges. f. Landschaftsökologie, Gewässerbiologie und Umweltplanung mbH,
Dechbettener Str. 9, D-93049 Regensburg; * Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle
GmbH, Permoserstraße 15, D- 04318 Leipzig

1. Projektziel

Ziele des Teilprojektes "Mollusken" (4.1) innerhalb des vom BMBF geförderten interdisziplinären Verbundprojektes "Übertragung und Weiterentwicklung eines robusten Indikationssystems für ökologische Veränderungen in Auen", RIVA, (Ltg.: Dr. habil. K. Henle, Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, s. Poster: K. Henle & S. Stab) sind:

- a) Übertragung und Weiterentwicklung bereits bestehender Bioindikatorsysteme (z.B. Richardot-Coulet et al. 1987, Foeckler 1990) für Auenstandorte der Elbe,
- b) Erarbeitung von Bioindikatorarten und -gemeinschaften anhand von Land- und Wassermollusken für die ausgewählten 3 Auenstandorttypen (Straten) innerhalb der 3 Untersuchungsgebiete in Bezug zu ihren Standortfaktoren,
- c) Fortführung und Anwendung einer Mollusken-Datenbank mit den ökologischen Ansprüchen von Gehäuseschnecken und Muscheln sowie
- d) Entwicklung multivariater statistischer Habitatmodelle für Prognosen von Auswirkungen zukünftiger Planungen und Entwicklungen unter Berücksichtigung weiterer Parameter (Boden, Wasserhaushalt, Vegetation, Laufkäfer, Schwebfliegen), die interdisziplinär in anderen Teilprojekten gewonnen werden.

2. Methodik

Im Gelände wird wie in Colling (1992) und Foeckler (1990) dargestellt vorgegangen. Die Aufsammlung der Landmollusken geschieht durch Entnahme von Streu der obersten Bodenschicht von 5 cm auf einer Fläche von ca. 31 x 31 cm (= 1/16 m²), die der Wassermollusken durch Kescherzüge in der Wassersäule unter einer Fläche von 1/16 m², wobei die vorkommenden Substrate wie Schlamm, Wasserpflanzen u.s.w. berücksichtigt werden. Zusätzlich finden Handaufsammlungen statt. Nach Trocknung der Landmolluskenbodenproben werden diese gesiebt und alle Mollusken nach Möglichkeit bis zur Art bestimmt. Zur weiteren Analyse dienen Individuenzahlen, die einheitlichen Größen- bzw. Häufigkeitsklassen zugeordnet werden.

Zur zielorientierten Auswertung der Daten sollen Methoden neuester multivariater statistischer Methoden, die in Frankreich entwickelt (Thioulouse et al. 1997) und erfolgreich angewandt (s. z. B. Castella et al. 1994, Dolédec & Statzner 1994) wurden, zum Einsatz kommen.

3. Die Untersuchungsgebiete

Hauptuntersuchungsgebiet ist die Schöneberger Wiese bei Steckby. Als Vergleichsgebiete dienen die Schleusenheger Wiese und der Dornwerder bei Sandau. Die beiden ersten befinden sich im Biosphärenreservat "Mittlere Elbe" bei Dessau, letzteres liegt südlich von Havelberg. Alle liegen in der rezenten Elbaue und werden als Wiesen und Viehweiden genutzt. Hierbei werden folgende 3 Typen als "Straten" unterschieden, von denen jeweils 20 Probeflächen, verteilt auf die 3 Untersuchungsgebiete, beprobt werden:

- höher gelegenes, trockenes Grünland
- tiefer gelegenes, nasses Grünland
- Flutrinnen

Pro Probefläche wurden 1998 zweimal (Mai und September) je 5 Proben nach einheitlichem Schema genommen; einschließlich zusätzlicher Handaufsammlungen insgesamt über 600. Dabei handelt es sich aufgrund der niedrigen Oberflächen- und Grundwasserstände meist um Landmollusken- bzw. Bodenproben für die Landmollusken-Erfassung.

4. Bisherige Ergebnisse

Die Auswertungen der 1. Aufsammlungen vom Mai 1998 haben 35 Taxa erbracht, an Rote Liste Arten z.B. *Valvata piscinalis*, *Aplexa hypnorum*, *Physa fontinalis*, *Pseudotrichia rubiginosa*, *Musculium lacustre* und *Pisidium obtusale* (s. Tab. 1).

In 26% der 300 Einzelproben aus den 3 Straten (Wiesentypen) wurden keine Mollusken gefunden. Dieses Fehlen von Mollusken und viele Einzelvorkommen konzentrieren sich meist auf die trockenen, intensiv genutzten Grünlandstandorte.

Als mögliche Gründe kommen in Frage:

- die jahrelange intensive Nutzung mit Bodenverdichtung, Fraßdruck u. a. m.
- das Fehlen von schattenspendenden, feuchtigkeitsbindenden Hochstaudenfluren, Sträuchern und Bäumen (in den Auwaldresten und Ruderalflächen, die die Untersuchungsflächen umgeben, ist die Schneckendichte deutlich höher)
- fehlende Überflutung verbunden mit seit Jahren langanhaltender Trockenheit
- Grundwasserabsenkung durch Eintiefung der Elbe, verbunden mit dem natürlicherweise geringen Wasserrückhaltevermögen des dominierenden Sandbodens
- mögliche Schadstoffgehalte im Boden (Rückstände aus der vergangenen Belastung der Elbe?)

Tab. 1: Gesamttaxaliste mit Anzahl Nachweisen pro Untersuchungsgebiet, Mai 1998

Taxon	RL-D	Lr	Schbg. W.	Schlhg. W.	Dornw.
Viviparus spec.			-	t	-
Valvata piscinalis	V	L,F	-	-	4
Carychium minimum		P	166	-	-
Aplexa hypnorum	3	P,(Pp)	10	-	-
Physa fontinalis	V	L,(F)	1	-	-
Physella acuta		L,(F)	-	-	t
Anisus leucostoma/spirorbis	-/2	Pp/Pp	260	70	11
Planorbarius corneus		L,(P)	2	t	-
Planorbis planorbis		P,L,(Pp)	159	1	-
Galba truncatula		P,Pp,(L)	5	-	15
Lymnaea stagnalis		L,(P)	22	-	-
Stagnicola spec.		L,P	157	-	-
Cochlicopa spec.			3	1	-
Cochlicopa lubrica		H,(M)	28	10	10
Vertigo pygmaea		O	t	-	-
Vallonia spec.			5	t	-
Vallonia excentrica		O,(X)	59	6	t
Vallonia pulchella		O,(H)	37	6	-
Oxyloma elegans		P	15	-	t
Succinea putris		P	62	5	10
Succinea/Oxyloma spec.		P	4	-	t
Succineidae			1	t	1
Succinella oblonga		M,(X)	5	-	-
Zonitoides nitidus		P	72	11	3
Euconulus fulvus		W,(M)	33	-	-
Eucobresia diaphana		W,(H)	81	-	-
Perpolita hammonis		W,(M)	89	-	-
Vitrea crystallina		W,(M)	39	-	-
Zonitidae			-	-	t
Pseudotrichia rubiginosa	2	P,(Wh)	9	4	7
Trichia spec.			t	-	-
Trichia hispida		M	-	1	-
Arianta arbustorum		W,(M)	1	1	1
Musculium lacustre	V	P,(L)	-	-	3
Pisidium obtusale	V	P,(Pp)	t	-	-

RL-D = Rote Liste Deutschland; Lr = Lebensraumtyp; W. = Wiese;
 Schbg. = Schöneberger; Schlhg. = Schleusenheger; Dornw. = Dornwerder;
 t = nur Totfund; - = kein Vorkommen; Zahl = Anzahl Individuen (lebend);

LR = Lebensraum (aus Falkner 1990)

F = fließende Gewässer, Bäche bis große Ströme

H = hygrophile Arten mit hohem Feuchtigkeitsanspruch, aber nicht an nasse Biotope gebunden

L = stehende Gewässer, kleine Lachen bis große Teiche und Seen

M = mesophile Arten, sowohl an feuchten als auch an trockenen, vorwiegend an mittelfeuchten Standorten

O = offene gehölzfreie Standorte, feuchte Wiesen bis Steppen

P = Sümpfe; bei Landschnecken: nasse Wiesen, Auwälder, Ufer in engster Nachbarschaft des Wassers; bei Wassermollusken: seichte pflanzenreiche Gewässer

Pp = periodische Sümpfe

W = Wald, ausschließlich an Waldstandorte gebunden

Wh = sumpfiger Wald, Bruchwald, vernäbte Waldstandorte

X = xerothermophile Arten, die trocken-warme Standorte deutlich bevorzugen

5. Weitergehende Datenanalyse

Die Analyse der Daten dieses Teilprojektes dient der Erstellung von Artengruppen, die die verschiedenen Habitattypen charakterisieren, und der Interpretation des Vorkommens dieser Bioindikatoren in Bezug zu deren ökologischen Ansprüchen, durch Aufstellen von Habitat- und Vorhersagemodelle. Außerdem sollen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Unterscheiden sich die 3 Gebiete anhand ihrer Land- und Wassermolluskenarten?
2. Lassen sich Indikatorgruppen für die 3 Wiesentypen (Straten) aufstellen, sind diese in allen 3 Gebieten gleich oder unterschiedlich? Ähneln sie denen anderer Auengebiete, z. B. der Donau? Wie robust sind die Modelle (TP Robustheit)?
3. Welche standörtlichen Zusammenhänge lassen **sich in Zusammenarbeit mit anderen Teilprojektpartnern** erarbeiten, z.B. mit TP Hydrogeologie zu den Einflüssen der Dauer der Überflutung bzw. des Trockenfallens einer Probestfläche in Abhängigkeit von den Elbe- und Grundwasserstandsschwankungen; mit TP Vegetation zur Nutzung (z. B. als Wiese oder Weide); mit TP Bodenkunde zur Rolle der Bodenbeschaffenheit, u. a. m.?
4. Welche Arten verschwinden bei Änderung der Standortfaktoren bzw. bekommen eine Chance zur Ansiedlung?

6. Literatur

- Castella, E., Speight, M.C.D., Obrdlík, P., Lavery, T. & Schneider, E. (1994): A methodical approach to the use of invertebrates for the assessment of alluvial wetlands. - *Wetlands Ecology and Management* 3: 17-36.
- Castella, E. & Speight, M.C.D. (1996): Knowledge representation using fuzzy coded variables: an example based on the use of Syrphidae (Insecta, Diptera) in the assessment of riverine wetlands. - *Ecol. Modelling* 85: 13-25.
- Colling, M. (1992): Muscheln und Schnecken - Einführung in die Untersuchungsmethodik. - In: Trautner, J. (Hrsg.) (1992): Arten- und Biotopschutz in der Planung: Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen. - Weikersheim: 111-118.
- Dolédec, S. & B. Statzner (1994): Theoretical habitat templates, species traits, and species richness: 548 plant and animal species in the Upper Rhône River and its floodplain. - *Freshwater Bio.*, 31(3): 523-538.
- Falkner, G. (1990): Vorschlag für eine Neufassung der Roten Liste der in Bayern vorkommenden Mollusken (Weichtiere). - *Schr.r. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 97 (Beiträge zum Artenschutz 10)*: 61-112.
- Foekler, F (1990): Charakterisierung und Bewertung von Augewässern des Donaupraums Straubing durch Wassermolluskengesellschaften. - Beiheft 7 zu den Berichten der ANL, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen. 154 S.
- Henle, K. & Stab, S. (1998): Robustes Indikationssystem für ökologische Veränderungen in Auen. - Posterbeitrag zum 8. Magdeburger Gewässerschutzseminar, Karlovy Vary, 20.-23.10.1998
- Körnig, S. (1989): Die Mollusken der Biospärenreservate "Steckby-Lödderitzer" und "Vessatal". - Diplomarbeit an der Universität Halle/Saale.
- Murphy, K.J., Castella, E., Clément, B., Hills, J.M., Obrdlík, P., Pulford, I.D., Schneider, E. & Speight, M.C.D. (1994): Biotic indicators of riverine wetland ecosystem functioning. - In: Mitsch, W.J. (Ed.): *Global Wetlands: Old World and New*: 659:682, Elsevier, Amsterdam.
- Richardot-Coulet, M., Castella, E. & Castella, C. (1987): Classification and Succession of former Channels of the french upper Rhône alluvial Plain using Mollusca. - *Reg. Rivers* 1: 111-127.
- Thioulouse, J., D. Chessel, S. Dolédec & J.-M. Olivier (1997): ADE-4: a multivariate analysis and graphical display Software. - *Statistics and Computing*, 7, 1:75-83.

Räumliche Verteilungsmuster von pH-Werten in der Elbaue

Christa Franke, Hans Neumeister

Universität Leipzig, Institut für Geographie, Johannisallee 19a, 04103 Leipzig
Tel. 0341/9732967, email, cfranke@rz.uni-leipzig.de

Im Rahmen des am UFZ installierten BMBF-Forschungsverbundprojekt „Übertragung und Weiterentwicklung eines robusten Indikationssystems für ökologische Veränderungen in Auen“ (RIVA) werden Untersuchungen zur räumlichen Variabilität und zeitlichen Heterogenität ausgewählter physiko-chemischer Parameter an den Schleusenheger Wiesen bei Wörlitz und den Schöneberger Wiesen bei Steckby durchgeführt.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht zunächst der pH-Wert als Grundgröße ökologischer Untersuchungen. Er ist von besonderer Bedeutung, da er sowohl Prozeßergebnis als auch zentrale Steuergröße der Stoffdynamik im Boden ist.

Die kleinräumlichen Variabilität der pH-Werte an einem Standort kann somit wesentlichen Einfluß auf die ablaufenden Prozesse und letztlich auf deren Auswirkungen haben.

Die pH-Wertmessungen erfolgten einmal mit Meßgerät pH-AGRAR 2000 im in situ am Standort. Zum anderen wurden Messungen im Labor in H₂O-, KCl- und CaCl₂-Lösung durchgeführt. (Vergleichsmessungen zeigten gute Übereinstimmung der in situ Messungen mit den pH-Werten in KCl-Lösung).

Der Standort Schöneberger Wiesen wird durch zahlreiche Flutrinnen geprägt, die einen Großteil des Jahres Wasser führen.

In den Flutrinnen wurden im Oberboden im Längs- und Querprofil im Abstand von ca. 1m pH-Wertmessungen durchgeführt.

Die Meßwertspanne der pH-Werte liegt zwischen 3,9 -7,9.

Die Ergebnisse zeigen, daß sich die Rinnensohlen, die Hänge und das Plateau sich deutlich in ihrem Säurestatus unterscheiden. Die Differenzen sind unterschiedlich ausgeprägt und belaufen sich auf bis zu 2 pH-Wertstufen. Dabei verhalten sich die Rinnen nicht einheitlich. Die in den Rinnensohlen gemessenen Werte liegen sowohl höher als auch niedriger als in den umgebenden Rinnenabschnitten. Insbesondere bei Messungen des Längsprofils der Rinnensohle konnte eine deutliche Abhängigkeit vom Bewuchs festgestellt werden. Chemische Analysen der Wassers ausgewählter Rinnen wiesen keine wesentlichen Unterschiede auf.

Die Ergebnisse zeigen, daß insbesondere die Rinnenstandorte nicht mit einem mittlerem pH-Wert, wie das oft der Fall ist charakterisiert werden können, sondern sehr differenziert betrachtet werden müssen. Die pH-Wert-Unterschiede von 2 pH-Wertstufen, die höchstwahrscheinlich noch eine ausgeprägte zeitliche Variabilität haben, können beträchtliche ökologische Auswirkungen bei Modellierung und Prognosen haben. Um die Auswirkungen der pH-Wert-Unterschiede abschätzen zu können, wurden bodenchemische Analysen durchgeführt.

Am Standort Schöneberger Wiesen wurden an 36 Meßflächen und an den Schleusenheger Wiesen an 12 Meßflächen die pH-Werte nach vorgegebenen Zufallsmuster und auch im Tiefenprofil (im Labor) gemessen. Die Standorte wurde im Rahmen oben genannten Projektes stratifiziert. Durch die pH-Wert-Untersuchungen lassen sich diese Standortgruppierungen im wesentlichen abbilden.

Nitratauswaschung durch Interflow in Lößsedimenten des östlichen Harzvorlands

Hardenbicker, U.

Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität, Domstraße 5, D-06108 Halle (Saale)

Einleitung

Bei der Abschätzung und Darstellung der Nitratauswaschungsgefährdung von ackerbaulich genutzten Böden in den Lößgebieten des östlichen Harzvorlands wird im allgemeinen von den bodenchemischen und bodenphysikalischen Eigenschaften einer Lößschwarzerde ausgegangen. Die Einstufung des Nitratrückhaltevermögens nach der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes und der klimatischen Wasserbilanz der Ackerböden des Untersuchungsraumes wird als günstig (sehr großes bis großes Nitratrückhaltevermögen (in HÖLTING 1992 nach einem Entwurf des DVGW-Merkblattes W 104 Bodennutzung und Düngung in Wasserschutzgebieten) vorgenommen. Auch neueste Untersuchungen von KRÖNERT (1997) und KRÖNERT & KNAPPE (1997) bestätigen die sehr niedrige Grundwasserneubildung und damit die geringe Gefahr der Nitratauswaschung in den Schwarzerdegebieten des östlichen Harzvorlandes.

Die tatsächliche Verbreitung der verschiedenen Bodentypen ist infolge Bodenerosion in diesem Gebiet jedoch in erste Linie von der Lage in Relief geprägt. In den Tiefenlinien bildet das abgeschwemmte Oberbodenmaterial mächtige Kolluvien. Auf den Hängen und flachgeneigten Flächen sind Pararendzinen ausgebildet, steilere Hangbereiche weisen einen nahezu völligen Bodenverlust auf, so daß der anstehende Löß in den Ap-Horizont eingepflügt ist. Die geringen Gehalte an organischem Material und das Vorhandensein von senkrechten Makroporen im Löß können eine schnelle und tiefe Versickerung des Nitrats im Bodenwasser in die Löß- und Schwemmlößsedimente in diesen Gebieten begünstigen.

Material und Methoden: Zur Erfassung des Boden- bzw. Hangwasserflusses wurde ca. 20 km westlich von Halle nördlich der Ortschaft Langenbogen im Juni 1996 ein Meßfeld angelegt. An dem schwach geneigten Testgebiet in einer Grünbrache wurden in zwei Meßstaffeln Saugkerzen jeweils isohypsenparallel im oberen (Saugkerzen A1, A2, A3, A4) und im unteren Hangbereich in einer Tiefe von 1, 2, 3 und 4 m installiert. Außerhalb der Meßstaffeln wurde zusätzlich eine weitere Saugkerze installiert (Saugkerze D4 im Versturz s. Abb. 1).

Das Einzugsgebiet des Meßfeldes bildet eine für das östliche Harzvorland typische Ackerfläche mit stark erodierten Schwarzerden und Pararendzinen.

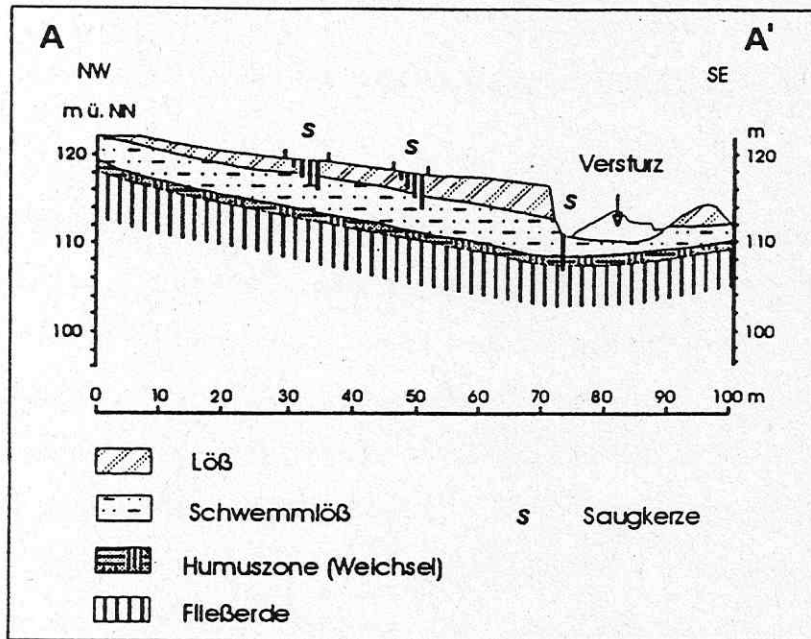


Abb 1: Geologisches Profil des Meßfeldes nördlich von Langenbogen mit Lage der Saugkerzen

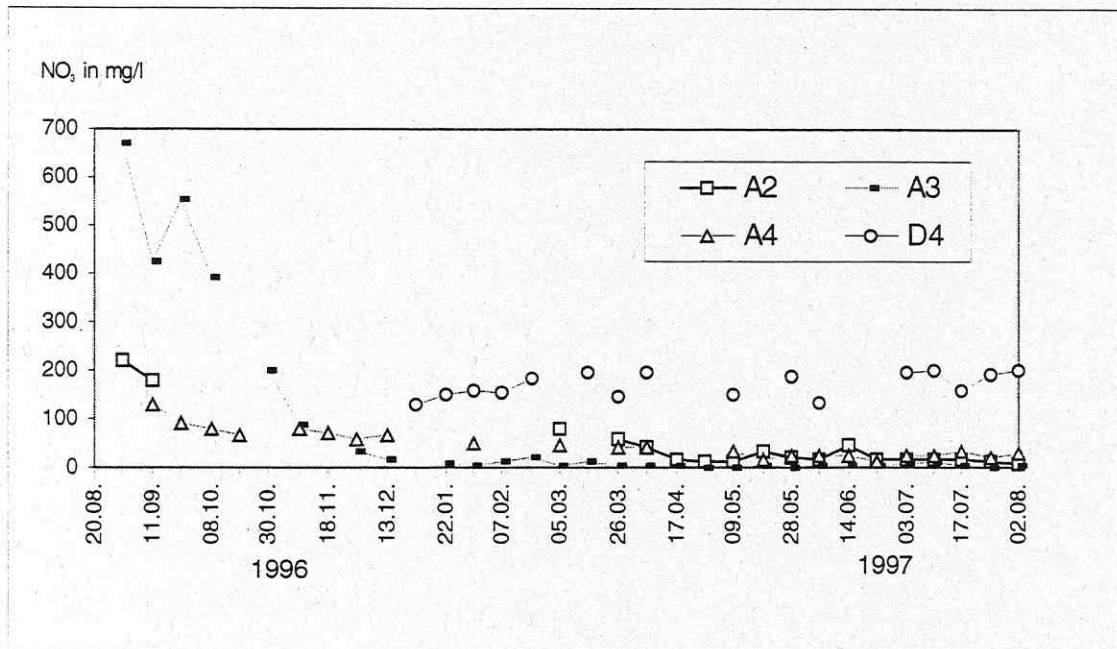


Abb. 2: Nitratkonzentrationen des Bodenwassers aus dem Meßfeld Langenbogen 1996-1997
 A2= Bodenwasser entnommen mittels Saugkerze aus 2 m Tiefe
 A3= Bodenwasser entnommen mittels Saugkerze aus 3 m Tiefe
 A4= Bodenwasser entnommen mittels Saugkerze aus 4 m Tiefe
 D4= Bodenwasser entnommen mittels Saugkerze aus 8 m Tiefe

Ergebnisse

Die ersten Analysen der Bodenwasserproben deuten auf einen nicht unerheblichen lateralen Sickerwasserfluß in einer Tiefe von 3-4 m hin. Die extrem hohen Nitratgehalte der Bodenwasserproben der Saugkerze A3 und A2 vom August bis September 1996 sind auf Gülleapplikationen der Ackerflächen oberhalb der Meßfläche zurückzuführen. Im Laufe des Herbstes wurde das Nitrat rasch ausgewaschen. Die Nitratgehalte der Bodenwasserproben, die mit Hilfe der in den oberen 4 Metern installierten Saugkerzen (A2, A3, A4) gewonnen wurden, weisen eine andere Dynamik der NO_3 -Gehalte auf als die der Saugkerze D4. Die Saugkerze D4 wurde nachträglich im Dezember 1996 eingebaut. Die Wasserproben der Saugkerze D4 weisen kontinuierlich sehr hohe NO_3 -Gehalte auf (130 bis 200 mg/l NO_3 , Mittelwert 168 mg/l NO_3). Ähnlich hohe Nitratwerte ergaben Messungen des Brunnenwassers eines Brunnens, der sich unterhalb des Meßfeldes befindet. Die Wasserproben der Saugkerze D4 stammen aufgrund der Position der Saugkerze in einer größeren Tiefe und unterhalb der fossilen und dichteren Humuszone vermutlich aus einem größeren Einzugsgebiet und geben die Nitratbelastung des ersten Grundwasserkörpers wieder.

Zusammenfassung

Im östlichen Harzvorland sind mehrere Meter mächtige Löß- und -Schwemmlößdecken, die von Tälern, Hohlwegen oder anderen künstlichen Hohlformen angeschnitten werden, disponiert für einen verstärkten Austrag von Nitrat durch Interflow. Größere Versickerungsmengen sind hier in Gebieten mit Pararendzinen und in Gebieten mit fast völligem Bodenverlust zu erwarten, in denen der Löß infolge Erosion des Ah-Horizontes oberflächennah ansteht. Fallen die Löß- und Schwemmlößschichten im Einzugsgebiet von Tälern und Tiefenlinien zu den Hohlformen hin ein, sind die Voraussetzungen für den Austrag von Nitrats durch Interflow gegeben. Das eingesickerte Wasser fließt lateral unterhalb der Wurzelzone in den Deckschichten an der Grenzfläche zur einer dichteren Schicht hangabwärts. Die Grenzflächen zum dichteren Untergrund verlaufen dabei nicht planar, so daß der Interflow häufig verstärkt entlang bevorzugter Bahnen im Untergrund verläuft.

Literatur

HÖLTING, B. (1992): Hydrogeologie. Stuttgart

KRÖNERT, R. & KNAPPE S. (1997): Stickstoffbelastung und Grundwasserkontamination. In: Feldmann, R. et al. (Hrsg.) (1997): Regeneration und nachhaltige Landnutzung - Konzepte für belastete Regionen. Springer-Verlag.

KRÖNERT, R. (1997): Einflüsse von Klima, Boden und Landnutzung auf den Gebietswasserhaushalt. In: Feldmann, R. et al. (1997): Regeneration und nachhaltige Landnutzung - Konzepte für belastete Regionen. Springer-Verlag.

Einfluß von periodischen Überflutungen auf das Redoxverhalten von Nähr- und Schadstoffen in Elbaueböden

Heinrich, K., Rinklebe, J., Neue, H.-U.

UFZ-Sektion Bodenforschung, Theodor Lieser - Str. 4, D-6120 Halle / S.

Naturnahe Auenlandschaften besitzen aufgrund ihrer hohen Biodiversität und ihrer naturräumlichen Vielfalt einen hohen Stellenwert in der Hierarchie der Schutzgüter. Sie sind durch periodische Überschwemmungen und stark variierende Grundwasserstände gekennzeichnet. Aufgrund der häufigen Wechsel von Vernässungs- und Austrocknungsphasen stellen diese Gebiete in bezug auf den Wasser- und Stoffhaushalt äußerst dynamische Systeme dar, in denen sich die wirksamen Faktoren und Prozesse räumlich und zeitlich in unterschiedlichem Ausmaß wechselseitig beeinflussen. Die vielfältigen Abhängigkeiten, Wechselwirkungen und Rückkopplungsmechanismen stellen in Verbindung mit der hohen räumlichen Variabilität von Bodeneigenschaften in Auensystemen ein äußerst komplexes Ereignis-, Prozeß- und Wirkungsgefüge dar.

Durch die räumlich und zeitlich häufig variierenden Oberflächen- und Grundwasserstände werden chemisch-physikalische Steuergrößen, wie beispielsweise pH-Wert, Eh-Wert und Temperatur im Boden und in darunterliegenden Sedimenten verändert. Die Folgen sind dramatische Änderungen der Bodenchemie, insbesondere Bindungsformen, Festlegung und Mobilisierung von Nähr- und Schadstoffen.

Für die Arbeiten, welche innerhalb eines vom BMBF geförderten Projektes RIVA - Übertragung und Weiterentwicklung eines robusten Indikatorsystems für ökologische Veränderungen in Auen durchgeführt werden, wurden auf der Basis von bodenkundlichen Vorerkundungsarbeiten zunächst vorläufige Bodenleitprofile angelegt. Entsprechend der Intensität und Dauer der Überflutung wurden repräsentative Beispiele folgender Grünlandbereiche ausgegrenzt, trockenes Grünland (tiefenvergleyte Normvega), feuchtes Grünland (Gleyvega aus Fluvilehm) und Flutrinne (humusreicher brauneisensteiniger Auengley aus Fluvilehm). Die entsprechenden Bodenleitprofile wurden horizontbezogen beprobt. Um eine Überflutung der ausgewiesenen Grünlandbereiche zu simulieren, wurde der Verlauf des pH-Wertes und des Redoxpotentials in Bodensuspensionen mit einem Boden / Wasser -Verhältnis 1:8 über einen Zeitraum von 4 Wochen verfolgt.

Für die Untersuchungen wurde auf der Grundlage von Arbeiten von PATRICK et al. (1973) ein Laborsystem (biogeochemische Mikrokosmen) entwickelt, in welchem unter quasi-natürlichen Feldbedingungen biologisch/chemische Oxidations-Reduktionsvorgänge, Temperatur und pH-Bedingungen simuliert werden können. Dieses Laborsystem verfügt über eine geregelte Gasphasen-, Temperatur-, pH- und Redoxpotentialeinstellung. Damit ist es möglich, das biologische und chemische Verhalten einer großen Anzahl von Nähr- und Schadstoffen zu quantifizieren.

Literatur:

Patrick, W. H., Williams, B. G., Moraghan (1973): A simple system for controlling redox potential and pH in soil suspensions. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 331-332.

Typisier- und Regionalisierbarkeit von Auenböden und ihren stofflichen Belastungen -ein Managementansatz für das „Untere Odertal“

W.Hierold, A.Höhn, C.Prietzsch, G.Schalitz*

*Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V. (ZALF),

Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg

Zusammenfassung

Typisier- und Regionalisierbarkeit der SM-Belastung ist über raum-/zeitliche Aufklärung der Boden-/Substrat-Muster möglich. Landschaftsanalyse insb. mit multitemporärer Auswertung muß die Dynamik der Auenlandschaft abbilden. SM sind räumlich differenziert verteilt, ihre Gehalte (insb. Cd, Pb) verhalten sich gegenläufig der Geländehöhe. Nutzungsrisiken für die Grünlandwirtschaft ergeben sich durch Pb, Zn, Cd, As und Mn vor allem in Senkenarealen als Akkumulationsräumen. Verbesserte Prognosen zur räumlichen Differenziertheit sind mit besseren Höhendaten und Strömungsmodell zu erwarten.

Einordnung und Zielstellung

Auen mit quasinatürlichem Überflutungsregime, wie sie am Unterlauf der Oder bei Schwedt mit einem System von Überflutungspoldern existieren, sind hochdynamische Landschaften und bekanntermaßen Stoffsenken. In landesweiten Meßnetzen zur Bodenzustandsüberwachung fallen Auenstandorte immer wieder durch höhere Belastungen u.a. an Schwermetallen auf. Obwohl der Pfad mit schwebstoffgebundenem Stoffeintrag relativ klar ist, ist eine generelle Belastungszuweisung aufgrund hoher Wertestreuungen nicht vertretbar.

Ziele der Arbeit, die mit Mitteln des Landesumweltamtes Brandenburg gefördert wurde, waren

- die Erfassung wesentlicher Belastungsparameter der Auenböden am Unterlauf der Oder, d.h. die Aufklärung räumlicher Verteilungsmuster von Schwermetallen und Organika,
- daraus die Ableitung von Methoden der Bodenzustandsüberwachung, die dem Landschaftstyp Aue in seinem Raum-Zeit-Verhalten adäquat sind sowie
- eine Risikobewertung der landwirtschaftlichen Grünlandnutzung.

Letzteres fällt mit der Suche bzw. Ausweisung von Totalreservatsflächen im Nationalpark „Unteres Odertal“ zusammen.

Material und Methoden

Untersucht wurden 145 Proben von Auenböden der Naßpolder im Nationalpark „Unteres Odertal“ entlang von 3 auequerenden Transekten bei Schwedt (Brandenburg). Insgesamt 45 Probenahmepunkte wurden so gewählt, daß sie in Höhenlage, Nähe zum heutigen Flußbett, Nutzungsart, Pflanzengesellschaft und Hydromorphietyp der Standortbreite entsprachen. Die bodenkundliche Kartierung erfolgte durch Abbohrung. Probenahmen erfolgten in 3 Tiefenstufen; hier werden Ergebnisse der stofflich auffälligeren jüngsten Auflagen (2 - 10 cm) mitgeteilt. Zusätzlich wurden Sedimente des Sommerhochwassers 1997 sowie einige Pflanzenproben des Aufwuchses Herbst 1997 untersucht. Regionalisierung i.S.d. Referenzierung der Punktbefunde auf Typen (Geotope) der Auenlandschaft wurde mittels multitemporärer Auswertung von Topkarten und Satellitenszenen, einer komplexen Landschaftsanalyse sowie der GIS-Verarbeitung von Landnutzungs-, Top- und Vegetationsdaten vollzogen. Die Analytik erfolgte im ZALF-Zentrallabor nach DIN-Methoden, die hier mitgeteilten Gesamtgehalte an Schwermetallen nach DIN 38414 (Königswasseraufschluß).

Tab. 1: Durchschnittliche Gehalte an Schwermetallen in Bodenproben (Tiefe 2 - 10 cm, n=45) der Oderaue

Elemente	MIN	MAX	MW	MED	S
Pb (mg/kg)	5,7	285,0	89,5	76,5	61,6
Zn (mg/kg)	23,7	879,0	251,0	216,7	167,2
Cd (mg/kg)	0,3	5,7	1,4	1,0	1,1
Cu (mg/kg)	1,6	161,0	42,6	38,6	32,2
Cr (mg/kg)	3,3	130,6	60,2	64,4	31,9
Ni (mg/kg)	1,6	53,3	27,7	31,4	12,5
Co (mg/kg)	1,3	22,1	10,1	10,8	4,4
As (mg/kg)	2,7	47,8	21,4	21,8	11,3
Fe (%)	0,26	5,74	3,11	3,54	1,28
Mn (mg/kg)	90	4416	867	730	686

MIN = Minimalgehalt

MED = Median

MAX = Maximalgehalt

S = absolute Standardabweichung

MW = Mittelwert

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 gibt exemplarisch die Ergebnisse der Bodenkartierung wieder. Es besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen Höhenlage und Bodenform. Bei einem Gesamthöhenunterschied von 2 m treten in höheren Positionen auf Auensand Auengleye auf, in Tiefenlagen (z.T. geschlossene Senken verlandeter Altarme, z.T. weiträumige Verebnungen) Naßgleye bis Anmoorgleye aus Auenlehm bis -ton z.T. über Mudden.

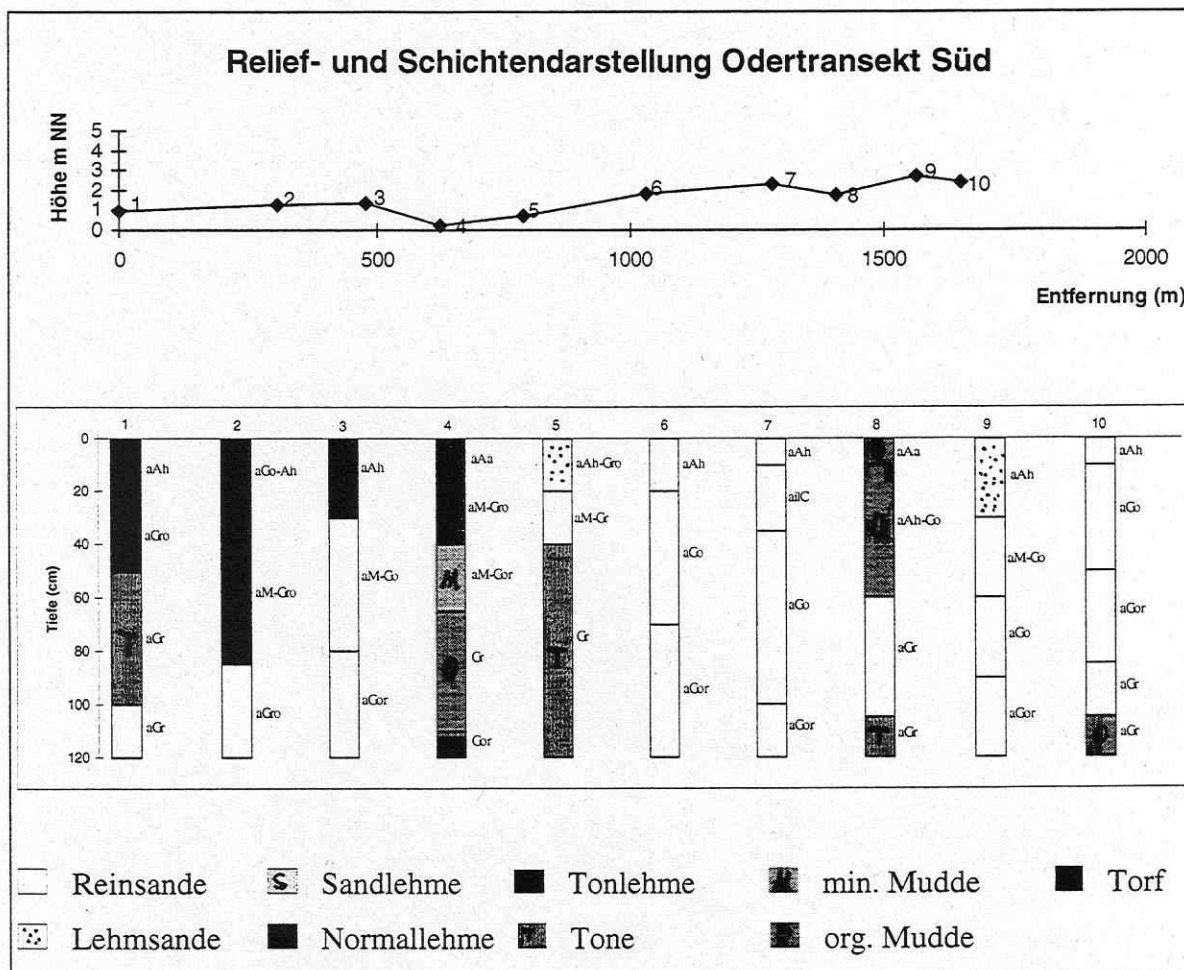


Abb. 1: Höhenniveau und Profilausprägung von Auenböden am Unterlauf der Oder a.B. des Transekt Süd bei Criewen

In mündungsnäheren Auenabschnitten treten sandige Auengleye zurück, mit zunehmender Dominanz sind die Substrattypen Auenton über Niedermoor und Auenton vertreten. Die Hydromorphie nimmt zu, so daß Auennaßgleye und Anmoorgleye die Leitböden werden. Daß keine Vega bzw. deren Übergänge zum Gley auftreten, ist mit dem Polderregime und der Mündungsnähe und damit temporär hohen Wasserständen erklärbar. Die höhenabhängige Substratdifferenzierung wird durch Einzelparameter wie Ton und Gehalt an OS bestätigt. I.d.R. haben Senkenpositionen deutlich höhere Ton- und OS-Gehalte als Folge der Fraktionie-

zung bei Hochwasserüberstau. Dieser Reliefabhängigkeit folgen die Gesamtgehalte der Schwermetalle (siehe Abb. 2), die zu den Sorbenten eine enge Beziehung haben. So verhält sich Cd i.d.R. wie Ton/OS und läßt als Aussage zur Regionalisierung der Cd-Belastung der Polderböden die Formulierung zu, daß hohe Cd-Gehalte in tiefer gelegenen Auenbereichen, insb. geschlossenen Senkenpositionen, zu erwarten sind, höhere sandige Bereiche (i.d.R. Uferwälle) dagegen z.T. deutlich unter Grenzwerten bleiben. Insgesamt sind die Gesamtgehalte relevanter Schwermetalle (Tab. 1) im Vgl. mit Grenzwerten (Brand.Liste 1993, EIKMANN/KLOKE 1993 u.a.) im Mittel unkritisch, im Vergleich z.B. zur Weser (SAUER/WALTER 1998) jedoch bei Pb, Cd, Zn und As um den Faktor 3 höher, bei Cu, Cr und Ni vergleichbar. Da z.Z. keine hochauflösenden Höhendaten (DGM) existieren, wurde versucht, die Höhendifferenzierung durch Verschnitt mehrerer Sat-Bildszenen abzubilden. Das funktioniert, wenn Szenen verschiedener Hochwasserstände kombiniert werden. Ein weiterer Ansatz ergibt sich aus dem Vergleich verschieden alter Top-Karten, in dessen Ergebnis die Verbreitung junger Schlicksedimente als belastungsbürdiges Material prognostiziert werden kann. In einem Auswerteausschnitt von 2914 ha ist durch Verlandung binnen 75 Jahren die Gewässerfläche um 40% zurückgegangen.

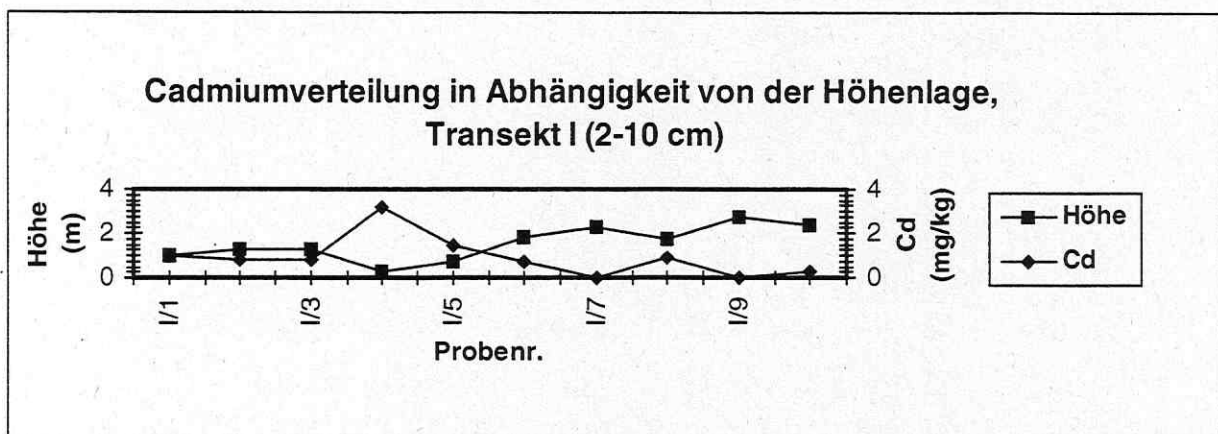


Abb. 2: Cadmiumgehalte (Königswasseraufschluß) des Oberbodens (Tiefe 2 - 10 cm) in Abhängigkeit von der Höhenlage in der Oderaue (Transect Süd)

Literatur

- Landesumweltamt Brandenburg, Abt. Abfallwirtschaft, Altlasten, Bodenschutz (Hrsg.): Brandenburgische Liste, Potsdam 1993.
- EIKMANN, T. und KLOKE, A. (1993): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden. In: ROSENKRANZ, D., EINSELE, G., HARRESS, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz, Bd. 1, Berlin 1993 (Lfg. X/93)
- HÖHN, A., W. HIEROLD & G. SCHALITZ u. Mitarb. V. G. HÖFLICH, C. PRIETZSCH & M. TAUSCHKE (1998): Regionale Kennzeichnung und Bewertung der Schadstoffbelastung von Überschwemmungsgebieten zur Landnutzungsplanung a. B. des Nationalparks „Unteres Odertal“. Münchenberg: F+E-Bericht i. Auftrag d. LUA Brandenburg, Ref. A4, 112 S.
- SAUER, M. und WALTER, C. (1998): Schwermetalle in Auenlehmen der Bremer Wesermarsch: Geogene und anthropogene Gehalte. - Wasser & Boden, **50**, 35 - 37.

Transektenkartierungen in Auen der Mittleren Elbe: ein bodenkundlich-morphologischer Vergleich zweier Untersuchungsgebiete

G. Meyenburg¹⁾, R. Schwartz²⁾, J. Rinklebe¹⁾, R. Fittschen²⁾ und L. Kutzbach²⁾

¹⁾ UFZ, Sektion Bodenforschung, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle

²⁾ Universität Hamburg, Institut für Bodenkunde, Allende-Platz 2, 20146 Hamburg

1. Einleitung und Zielstellung

Auenlandschaften sind durch periodische Überschwemmungen und stark variierende Grundwasserstände gekennzeichnet. Aufgrund der häufigen Wechsel von Phasen der Vernässung und der Austrocknung stellen diese Gebiete in bezug auf den Wasser- und Stoffhaushalt äußerst dynamische Systeme dar, in denen sich die wirksamen Faktoren und Prozesse räumlich und zeitlich in unterschiedlichem Ausmaß wechselseitig beeinflussen.

Räumliche Unterschiede spiegeln sich nicht nur in der strukturellen Vielfalt von Auenlandschaften wider, sondern auch in der Mächtigkeit und Ausprägung der Auendeckschicht. Die Erfassung dieser Standortfaktoren ist für die Bewertung biotischer und abiotischer Untersuchungsergebnisse von zentraler Bedeutung.

Im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes "Übertragung und Weiterentwicklung eines robusten Indikationssystem für ökologische Veränderungen in Auen" (RIVA) wurden Transektenkartierungen in Auen der Mittleren Elbe durchgeführt. Mit diesen Kartierungen sollten mögliche Veränderungen von Bodeneigenschaften entlang morphologischer und hydrologischer Gradienten erfaßt werden. Zusätzlich ist die Möglichkeit gegeben, verschiedene Untersuchungsgebiete unter bodenkundlichen Gesichtspunkten zu vergleichen.

2. Methodik

Entlang von Transekten wurde das Bodenprofil auf einer Länge von jeweils etwa 600 m in einem Abstand von durchschnittlich 25 m bis in 4 m Tiefe aufgenommen. Die Transekte verlaufen annähernd senkrecht zur Elbe und zu den vorherrschenden Strukturelementen. Pro Transekt wurden bis zu 24 Punkte bodenkundlich charakterisiert.

Das Relief entlang der Transekte sowie die bodenkundlichen Aufnahmepunkte wurden mittels GPS detailliert eingemessen.

3. Lage und Morphologie der Untersuchungsgebiete

Die Transektenkartierungen wurden in den Untersuchungsgebieten Schöneberger Wiesen bei Steckby zwischen den Mündungen der Mulde und der Saale sowie Dornwerder bei Sandau südlich der Havelmündung durchgeführt.

Die Untersuchungen beschränken sich auf das Deichvorland. Der überwiegende Teil der kartierten Gebiete wird als Mähwiese (Schöneberger Wiesen) bzw. als Viehweide (Dornwerder) genutzt.

Die Untersuchungsgebiete weisen hinsichtlich der geographischen Gegebenheiten in ihrem Umfeld deutliche Unterschiede auf. Auf den Schöneberger Wiesen bilden Sedimente der saalezeitlichen Hauptterrasse eine natürliche Begrenzung, an deren Fuß von der Mitte des Gebietes ein Graben nach Norden fließt und am nördlichen Rand des Untersuchungsgebietes in die Elbe mündet. Dagegen wird das Gebiet bei Sandau durch einen Deich begrenzt. Unmittelbar im Norden des Untersuchungsgebietes Dornwerder angrenzend mündet ein Stillgewässer in die Elbe. Bei diesem Gewässer handelt es sich vermutlich um einen Altarm, der das Untersuchungsgebiet im Nordosten begrenzt.

Anders als im Untersuchungsgebiet Dornwerder sind auf den Schöneberger Wiesen zwei Uferwälle anzutreffen. Insgesamt ist hier der mittlere Abstand zwischen der Geländeoberfläche und dem mittleren Elbwasserstand entlang des Transektes deutlich größer als im Untersuchungsgebiet bei Sandau.

Gemeinsam ist beiden Gebieten, daß die Geländeoberfläche entlang des Transektes mit zunehmender Entfernung von der Elbe abfällt. Während dieser Abfall auf den Schöneberger Wiesen beinahe gleichmäßig erfolgt, vollzieht er sich im Untersuchungsgebiet Dornwerder eher sprunghaft. Hier muß ein morphologisch prägender Einfluß des Altarms angenommen werden.

4. Ergebnisse

In beiden Untersuchungsgebieten überlagert die Auendeckschicht sandige und kiesige Substrate. Die Mächtigkeit der Auendeckschicht variiert zwischen etwa 0,5 und 3 m, zumeist beträgt sie deutlich weniger als 2 m. Die dominierende Bodenart der Auendeckschicht ist Lehm, wobei nahezu alle Bodenartenuntergruppen anzutreffen sind.

Der Oberboden ist zwischen 10 und 50 cm mächtig, wobei er im Untersuchungsgebiet Dornwerder im Durchschnitt etwas mächtiger ist als auf den Schöneberger Wiesen. Unter dem Begriff Oberboden werden hier alle Bodenhorizonte zusammengefaßt, die Merkmale eines Ah- oder Aa-Horizontes aufweisen. Die obersten 10 - 15 cm des Oberbodens sind zumeist stark bis sehr stark humos, in den Rinnenstrukturen sind hier teilweise anmoorige Verhältnisse anzutreffen.

Aufgrund der im Verhältnis zum mittleren Elbwasserstand niedrigen Lage der Geländeoberfläche treten im Untersuchungsgebiet Dornwerder anmoorige Verhältnisse wesentlich häufiger auf als im Untersuchungsgebiet Schöneberger Wiesen.

Der Unterboden in den tiefer gelegenen, elbnahen Bereichen ist zumeist sehr heterogen aufgebaut. Sandige und lehmige, humose Substrate liegen in Wechsellagerung vor. Weitere Beziehungen zwischen Boden- oder Substrateigenschaften und dem Abstand zur Elbe wurden nicht festgestellt.

Dagegen zeichnet sich eine Beziehung zwischen den morphologischen Standortbedingungen und den vorherrschenden Bodentypen ab. Charakteristischer Bodentyp für die höher gelegenen Bereiche ist die Vega. Tiefere Rinnenstrukturen sind durch anmoorige Auenwechselgley gekennzeichnet. In intermediärer Lage treten, abhängig von der hydromorphen Beeinflussung, Gley-Vega, Vega-Gley und Auenwechselgley als Übergangsformen auf.

In Ergänzung zur derzeit gültigen Kartiersystematik (AG Bodenkunde, 1994) wurde der Auenwechselgley als zusätzlicher Bodentyp ausgewiesen. Dieser kennzeichnet Auengleye, deren Gr-Horizont bei > 80 cm beginnt. Der Gr-Horizont ist in beiden Untersuchungsgebieten häufig erst unterhalb von 300 cm anzutreffen.

5. Literatur

AG Bodenkunde, 1994: Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., 392 S.

Überlagerung von Grundwasserdynamik und Stoffwandlungsprozessen in Flußauen mit eingedeichten Poldern

Quast, J., Merz, Ch. und Steidl, J.

ZALF – Institut für Hydrologie, Eberswalder Str. 84, D-15374 Müncheberg

Einleitung

Das Grundwasserregime in Flußauen wird grundsätzlich durch seitliche Fremdzuflüsse aus dem unterirdischen Einzugs-/Speisungsgebiet in das Entlastungsgebiet der Aue dominiert. Ausnahmen sind eingedeichte Auenbereiche in Hochwasserperioden mit Vorlandüberflutung und solche Polderbereiche, in denen es bei unter Fluß-MW liegenden Entwässerungsgräben (und Schöpfwerksbetrieb) zu einem ständigen Drängewasserzustrom aus dem Fluß kommt (z.B. Elbe → Löcknitz, Oder → Oderbruch).

Die Drängewasserströmung über Fluß-/Vorlandinfiltration, Grundwasserleiter und Exfiltration im Polder wird bestimmt durch:

- Höhe und Dauer von Hochwasserständen
- Mächtigkeit und Durchlässigkeit von Auendeckschicht und liegendem Grundwasserleiter
- Vorlandbreite, Breite der Deichbasis und Deichentfernung paralleler Entlastungsgräben (Fließweglänge!)
- Querschnitt und Wasserstände der Entlastungsgräben.

Bei steigenden Flußwasserständen ($> MW$) und moderater Entwässerung binnendeichs herrscht im Grundwasserleiter unterhalb der Auendeckschicht eine gespannte Grundwasserströmung vor. Bei niedrigen Flußwasserständen und/oder tiefer Entwässerung binnendeichs kann es zu ungespannter Grundwasserströmung und zur Belüftung des Grundwasserleiters kommen. Durch diese Dynamik werden oxische bzw. anoxische Milieubedingungen geschaffen, unter denen Stoffkomponenten des Grundwasserleiters bzw. über die Grundwasserströmung eingetragene Stoffe reagieren.

Die eigenen Arbeiten zum Wasser- und Stoffhaushalt von Auen und Poldern sind auf folgende Schwerpunkte gerichtet:

- Infiltrationsmechanismen und Infiltrationsdynamik bei Flußhochwasser bzw. Exfiltrationsfronten nach Abklingen des Hochwassers für die Regelfälle gepolderter und nichtgepolderter Auen
- Wie oben aber für die Sonderfälle tiefliegender Polder mit einem Entwässerungsniveau $< H_{MW \text{ Fluß}}$
- Exfiltrations-/Infiltrationsprozesse an Binnengräben in Poldern bei wechselnden Redox-Bedingungen
- Stoffausträge und -umsetzungen bei flächenhaft tief entwässerten und belüfteten Grundwasserleiterbereichen im Liegenden von Auendeckschichten.

Material und Methoden

Seit 1995 werden im Oderbruch im Rahmen des DFG-Schwerpunktvorhabens „Geochemische Prozesse mit Langzeitfolgen im anthropogen beeinflussten Sickerwasser und Grundwasser“ von mehreren Gruppen Untersuchungen zum Verhalten von Spurenmetallen in Redoxfeldern durchgeführt. Basis dieser Untersuchungen waren ca. 90 flach verfilterte ältere Grundwassermeßstellen sowie eine Reihe neuer Meßtrassen und drei voll verfilterte Tiefbrunnen. Die Arbeiten beschäftigen sich bis zum heutigen Zeitpunkt insbesondere mit den Prozeßstudien zu redoxabhängigen Stoffumsetzungen in den Übergangsbereichen Oberflächengewässer /Grundwasserleiter.

Feldanalysen und Modellsimulationen zum quantitativen geohydrologischen Regime hat es im Oderbruch sowohl großgebietlich als auch in orthogonal zum Deich angelegten Meßtrassen bereits seit 1970 gegeben. Bestimmt wurden die Strömungscharakteristik (Hydroisohypsenpläne, Strömungsgradienten, GW-Neubildung, kapillarer Aufstieg) sowohl für meßtechnisch erfaßte Zustände als auch für Modellvarianten.

Im Elbegebiet sind im gleichen Zeitraum Untersuchungen/Modellierungen zur Drängewasserströmung durch und unter Flußdeichen für die Polder Gothmann-Bandekow/Boizenburg, Eutzsch/Wittenberg und Großer Teich/Torgau geführt worden.

Theoretische Grundlagen zur Analyse der Drängewasserströmung bei Flußdeichen in Auen mit bindigen Deckschichten sind 1967/70 von LUCKNER (s. BUSCH, LUCKNER und TIEMER 1993) und QUAST (1969) als analytische Lösungen für Fragment-/Kompartimentgliederungen vertikal-ebener Strömungsschemata bei Grundwasserleitern mit gering durchlässigen Deckschichten erarbeitet worden. Unter der Annahme stationärer Strömungsverhältnisse für mehrere Tage andauernde HW-Stände sind für verkoppelte typische Fragmentschemata mit Digital- und Analogrechnern Strömungszustände (Potentiale) und Drängewasserflüsse in vertikalen Schnitten analysiert worden.

Ergebnisse

Die reguläre Entlastung des aus dem seitlichen Speisungsgebiet zuströmenden Grundwassers in den Fluß (z. B. Elbe) wird bei steigendem Hochwasser gedrosselt bzw. völlig unterbunden. Das rückgestaute Grundwasser tritt binnendeichs im Polder als Drängewasser/Qualmwasser aus. In ungepolderten Auen bauen sich in Abhängigkeit von den Hangdruckzuflüssen Strömungszustände auf, die entweder weiterhin gedrosselte flächenhafte Entlastung oder aber quellähnlichen Hangwasseraustritt zur Folge haben.

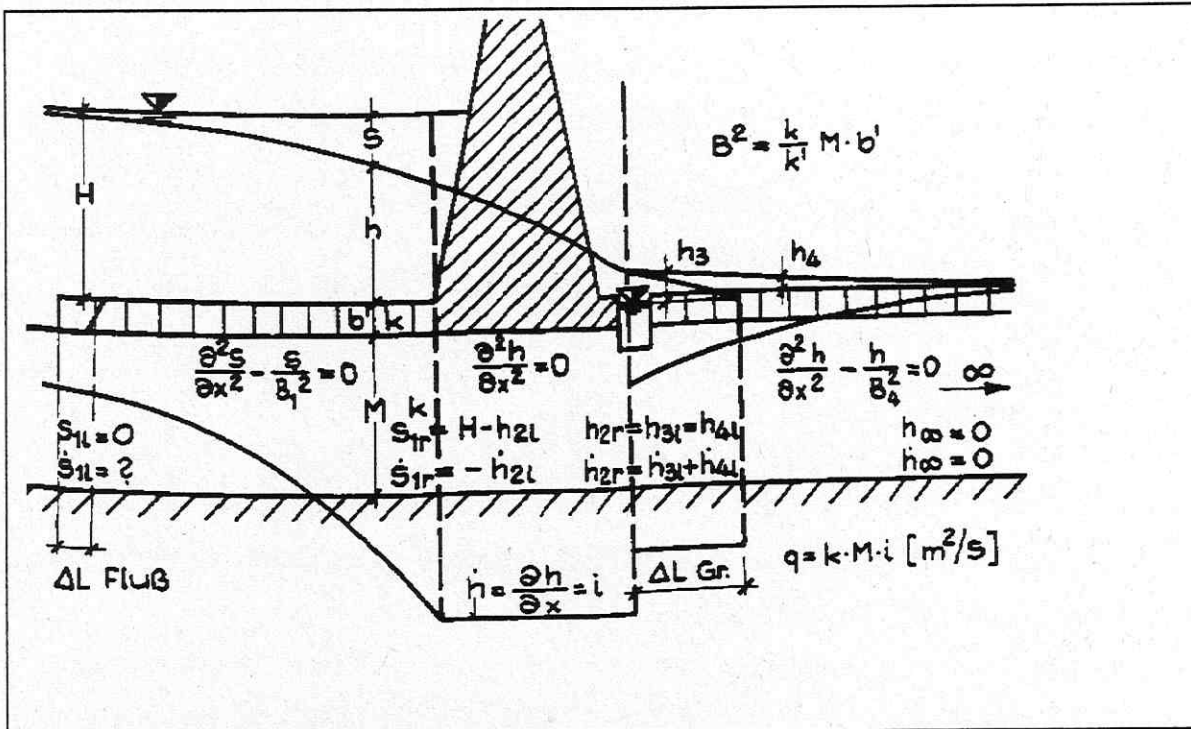


Abb. 1: Schema zur Drängewasserberechnung

Die Infiltrationsfronten von der Flußseite zum hochwasserfreien Polder bewegen sich auch bei länger anhaltenden Hochwässern (2 bis 4 Wochen) und relativ hohen Gradienten ($i = 0,05 \dots 0,1$) nur wenige dutzend Meter voran in Richtung Polder (bei $k_f = 5 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$ und $n_{\text{eff}} = 0,2 \Rightarrow 20 \dots 40 \text{ m d}^{-1}$). Bei Poldern mit Auenlehmdecken üblicher Mächtigkeit von $0,5 \dots 2 \text{ m}$ und Vorlandbreiten von $30 \dots 200 \text{ m}$ dauert es bei HW-Ereignissen mindestens $5 \dots 10$ Tage, ehe Infiltrationsfronten aus dem HW-Bereich die Entlastungsgräben/-flächen im Polder erreichen. Anschließend ist bis zum Abklingen des Hochwassers mit Exfiltration von Flußwasser und gelösten Stoffen nach der GW-Passage binnendeichs zu rechnen. Sinkt der Flußwasserstand unter das Niveau des seitlichen Grundwasserzustroms ab, exfiltriert das Grundwasser aus dem Speisungsgebiet in den Fluß (Stoffausträge aus dem Einzugsgebiet).

Bei nicht eingedeichten Überflutungsaue gibt es auch im Überflutungsfall keine Stoffeinträge in den Grundwasserleiter. Das Grundwasser stagniert, es gibt keine Infiltrationsströmung.

Im Sonderfall der unter Fluß-MW liegenden Wasserspiegel der Entlastungsgebiete im Polder (Löcknitz, Oderbruch) gibt es einen ständigen Grundwasserzustrom zum Polder, wobei die Gräben des Polders je nach örtlicher Situation exfiltrierend oder aber auch infiltrierend wirken können.

Aufbauend auf die hydraulischen Ergebnisse und modellierten Grundwassergleichpläne im Oderbruch können 4 hydraulische Bereiche ausgegrenzt werden, die für die flächendeckende Charakterisierung der chemischen Verteilungsmuster herangezogen werden können. Bei diesen Zonen handelt es sich um:

- Die Infiltrationszone nahe der Oder, charakterisiert durch relativ hohe hydraulische Gradienten
- Das südliche Poldergebiet mit mittleren Gradienten
- Den nördlichen Polder mit sehr geringen Gradienten
- Das westliche Randgebiet, welches durch infiltrierendes Grundwasser von den Hochflächen charakterisiert ist.

Für Untersuchungen zum Migrationsverhalten von Schwermetallen spielt das Redoxmilieu eine wichtige Rolle. Es wurden daher in einem ersten Schritt Redoxpotential und Eisengehalte flächendeckend erfaßt (QUAST und MERZ, 1997).

Die Verteilung des Redoxpotentials läßt sich erstaunlich gut mit den ausgegrenzten hydraulischen Zonen korrelieren. Im nördlichen Teil, der durch geringe Fließgradienten definiert ist, treten die geringsten Redoxpotentiale mit Eh-Werten zwischen 0 – 50 mV auf. Im südlichen Teil des Oderbruchs sind die Werte zwar allgemein um 100 mV höher, dennoch konnte kein freier Sauerstoff im Grundwasser nachgewiesen werden. Auch hier herrschen eindeutig anaeroben Bedingungen vor. Die höchsten Redoxwerte treten im Westteil des Oderbruchs auf, bedingt durch den unterirdischen Zustrom oxidischer Hangwässer.

Bei ungespannten Verhältnissen im liegenden GW-Leiter (GW-Oberfläche unterhalb der Deckschicht), verursacht durch tiefe Polderentwässerung oder Niedrigwasser bzw. Sohlvertiefung im Fluß entstehen vertikale Infiltrationsbedingungen für Gebietsniederschläge. Kapillarer Grundwasseraufstieg wird aufgehoben. Das Perkolat aus der Deckschicht reagiert im belüfteten GW-Leiter mit dem Sediment. Die Analysen für einzelne Inhaltsstoffe im Perkolat belegen teilweise ein Vielfaches der im Grundwasser nachgewiesenen Konzentrationen. Gründe hierfür sind lokale anthropogene Belastungen des Sickerwassers durch intensive agrarwirtschaftlichen Nutzung des Oderbruchs und Stoffumsetzungsprozesse (z.B. Sulfatfreisetzung durch Oxidation pyrithaltiger Aueböden) infolge intensiver Grundwasserabsenkungen.

Zusammenfassung

Stoffaustauschprozesse zwischen Fluß- und Grundwasser gibt es in der Regel nur bei gepolderten Auen während Hochwasserperioden. Somit herrschen Stoffaustragsprozesse aus

dem Grundwasserleiter, der Stoffe aus Speisungsgebieten nach langem GW-Transfer in die Entlastungsgewässer/-gebiete der Aue exfiltriert. Ausnahmen sind tiefliegende Polder mit ständigem Drängewasserzustrom aus dem Fluß.

Die Grundwasserneubildungsraten sind in Auen mit bindigen Deckschichten gering ($< 50 \text{ mm a}^{-1}$). Die Verweildauer/Erneuerungsperiode des Bodenwassers in den Deckschichten liegt bei 1...3 Jahren. Gespannte GW-Verhältnisse mit Kapillaraufstieg in der Deckschicht drosseln die Perkolation und Stoffausträge. Grundwasserabsenkungen im Grundwasserleiter bis unter die Deckschicht erhöhen die Perkulationsraten. Im belüfteten GW-Leiter kommt es zu gewässerbelastenden Stoffreaktionen.

Ungedeichte Überflutungsauen weisen bei HW allgemein stagnierende GW-Verhältnisse ohne die Gefahr von Stoffinfiltration auf. Die oberflächlich sedimentierenden Stoffe können erst nachfolgend bei abgesenktem GW-Potential mit Niederschlägen infiltrieren.

Rückdeichungen verschieben die Drängewasser-/Qualmwasseraustrittsbereiche im Polder. Da derartige Bedingungen nur während der relativ kurzen HW-Perioden gegeben sind, bleiben Rückdeichungen während der gesamten HW-freien Zeiträume ohne Wirkungen auf das Stoffregime der Auen.

Literatur

- BUSCH, K., L. LUCKNER und K. TIEMER (1993): Geohydraulik, Berlin Stuttgart.
- QUAST, J. (1969): Drängewasserzuflüsse zu Flußpoldergebieten, Forschungsbericht, Wasserwirtschaftsdirektion Küste-Warnow-Peene, Stralsund.
- QUAST, J. und C. MERZ (1997): Long-term investigations, modelling and hydrochemical studies in a mesoscale polder of the Oder River. – In: AMERICAN INSTITUTE OF HYDROLOGY (Ed.): Advances in groundwater hydrology – a decade of progress. – Tampa, Florida, USA, p. 228.
- QUAST, J. et al. (1994): Hydrologische und gewässerkundliche Grundlagen für ein ökologiegerechtes Management der Oberflächengewässer im Oderbruch. Ergebnisbericht für das Landesumweltamt Brandenburg.
- QUAST, J. (1998): Aktuelle wasserwirtschaftliche Fragen des Oderbruchs, in: Darkow, G. u. Bork, H.-R. (Hrsg.): Die Bewirtschaftung von Niederungsgebieten in Vergangenheit und Gegenwart, ZALF-Bericht Nr. 34, Müncheberg, S. 57-72.

Vorgehensweise und Ergebnisse einer großmaßstäbigen, flächendeckenden bodenkundlichen Kartierung des Untersuchungsgebietes „Schleusenheger Wiesen“ im Biosphärenreservat Mittlere Elbe bei Wörlitz

Rinklebe, J.¹; Marahrens, S.¹; Neue, H.-U.¹; Böhnke, R.²; Amarell, U.³

UFZ - Sektion Bodenforschung¹, Sektion Hydrogeologie², Sektion Biozönoseforschung³

Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 HALLE/Saale

1 Einleitung

Das Untersuchungsgebiet „Schleusenheger Wiesen“ im Biosphärenreservat Mittlere Elbe bei Wörlitz wird im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojektes „Übertragung und Weiterentwicklung eines robusten Indikationssystems für ökologische Veränderungen in Auen“ (RIVA) wissenschaftlich bearbeitet. Dabei wird ein interdisziplinärer Forschungsansatz verfolgt, in welchem biotische und abiotische Parameter verknüpft werden.

Hierzu wurden die Böden der Gebiete umfassend, zunächst feldbodenkundlich und nachfolgend analytisch untersucht. Um über die Verbreitung der unterschiedlichen Bodenformen im konkreten Untersuchungsgebiet Kenntnisse zu gewinnen, wurde eine flächendeckende bodenkundliche Kartierung durchgeführt.

2 Ziel

Ziel der bodenkundlichen Kartierung ist die Erstellung einer flächendeckenden Bodenkarte für das Untersuchungsgebiet. Die Bodenkarte könnte, unter Verwendung geeigneter Geoinformationssysteme, die Grundlage für die Übertragung punktuell ermittelter Daten und Prozesse in die Fläche darstellen.

3 Standort

3.1 Geographische Lage

Das Untersuchungsgebiet liegt im ost-westgerichteten Flußlaufabschnitt der Mittleren Elbe vor der Mündung von Mulde und Saale, zwischen den Stromkilometern 241,7 und 243,6. Es befindet sich linkselbisch, nordwestlich von Wörlitz, im rezenten Überschwemmungsgebiet (Deichvorland), im Gleithangbereich der Elbe.

3.2 Geologie

Die heutige Landschaft verdankt ihr Erscheinungsbild vorwiegend den pleistozänen und holozänen Formungsprozessen und Ablagerungen. Das Eis der Elsterkaltzeit schuf tiefe rinnen-, becken- und wannenförmige Hohlformen, in die das heutige Elbtal eingebettet ist. Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb dieser Elbtalglazialwanne, die sich von Dessau bis in

den Raum Riesa-Dresden erstreckt. Die Erosionsstrukturen wurden mit fluviatilen Sanden und Kiesen der Weichselkaltzeit und des Holozäns sowie mit glazifluviatilen Schmelzwassersanden der Saale- und Elsterkaltzeit ausgefüllt. Die quartären Sedimente erreichen Mächtigkeiten bis über 100m. Der tertiäre Liegendstauer, der mitteloligozäne Rupelton, befindet sich bei 60-80m unter GOK. Über den grobkörnigen, holozänen Schüttungen begann im jüngeren Atlantikum die flächenhafte Bildung der Auelehmdecke. (vgl. MÜLLER; 1988 sowie EIBMANN und LITT; 1994).

3.3 Klima

Das Biosphärenreservat ist durch Niederschlagswerte zwischen 540 und 570 mm gekennzeichnet. Die mittlere Jahresschwankung der Temperatur liegt bei 18,5°C (Monatsmittel Januar 0°C, Juli 18,5°C).

3.4 Vegetation

Unter den Grünlandgesellschaften des Untersuchungsgebietes dominiert die Fuchsschwanz-Wiese (*Galio molluginis-Alopecuretum pratensis*), eine für wechselfrische, nährstoffreiche, lehmig-tonige Böden charakteristische Assoziation.

Stärker wechselfeuchte Böden werden von einer Silgen-Rasenschmielen-Wiese (*Sanguisorbo officinalis-Silaetum silai*) besiedelt, die jedoch im vorliegenden Fall nur fragmentarisch ausgebildet ist.

Innerhalb der Flutrinnen siedelt ein kleinräumiges Mosaik verschiedener Gesellschaften. Besonders häufig findet sich ein Rotfuchsschwanzrasen (*Rumici-Alopecuretum aequalis*), während die Randbereiche der Flutrinnen und flachere Senken von Schlankseggen-Riedern (*Caricetum gracilis*), Wasserschwaden-Röhrichten (*Glycerietum maximae*) und Rohrglanzgras-Beständen (*Phalaridetum arundinaceae*) eingenommen werden.

Im ufernahen Bereich dominieren von Brennesseln beherrschte Staudenfluren, die weitgehend dem Brennessel-Seiden-Zaunwinden-Saum (*Cuscuta europaeae-Convolvuletum sepium*) angeschlossen werden können. Diese Assoziation tritt in enger Verzahnung mit der Gesellschaft des Gefleckten Schierlings (*Lamio-Conietum maculati*) auf. Häufig sind Übergänge zu Quecken-Pionierrasen (*Agropyretum repentis*) zu beobachten.

(Nomenklatur der Gesellschaften nach SCHUBERT, HILBIG und KLOTZ; 1995).

3.5 Nutzung

Bei den untersuchten Flächen handelt es sich um Grünland, welches unter Vertragsnaturschutz steht und deshalb extensiv landwirtschaftlich genutzt wird (Portionsweide für Rinder).

3.6 Geländemorphologie

Im Untersuchungsgebiet ist eine deutliche terrassenförmige Struktur ausgebildet. Die elbnahe, untere Terrasse ist durch eine wellige Bodenoberfläche mit wannenartigen Vertiefungen und Auskolkungen gekennzeichnet. Die höher gelegenen Bereiche des Gebietes sind wellig bis eben und häufig von komplexen Flutrinnenstrukturen durchzogen. Periodische Überschwemmungen durch die Elbe und stark variierende Grundwasserstände wirken prägend.

4 Geräte

- 1 m Bodentiefe: Pürckhauer-Bohrer (manuell)
3 m Bodentiefe: maschinelles, benzinbetriebenes Bohrgerät „Kobra“, z. T. manuell (hydrologische Pegelsetzung)
4 m Bodentiefe: Hilfsgrube und Edelman-Bohrer (Transektenkartierung) (manuell)
30 m Tiefe: schweres Bohrgerät (maschinell) (Sektion Hydrogeologie)

5 Methoden

5.1 Vorerkundung

Die Vorerkundungsarbeiten dienten der Festlegung der zunächst vorläufigen Leitprofile im Gelände. Hierzu wurden bereits bestehende Karten für die Untersuchungsgebiete ausgewertet. Geologischen Karten, Karten der Reichsbodenschätzung und der **Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Kartierung (MMK)**.

Die hydrologische Pegelsetzung von 12 Grundwasserpegeln (Sektion Hydrogeologie) wurde gleichzeitig für feldbodenkundliche Ansprachen bis 4 m Tiefe genutzt. Eine bis 4 m Bodentiefe durchgeführte Transektenkartierung diente ebenfalls der Vorerkundung. Desweiteren wurden gezielte Bohrungen mit dem Pürckhauer-Bohrer durchgeführt sowie kleinere Schürfe angelegt. Auf der Basis dieses Vorwissens wurde der Standort der vorläufigen Leitprofile festgelegt.

5.2 Kartengrundlage

Als Kartengrundlage diente die digitale Bundeswasserstraßenkarte (DBWK 2) im Maßstab 1: 2 000. Am 06. 04. 1998 erfolgte eine Befliegung sowie nachfolgend eine fotogrammetrische Auswertung der Luftbildaufnahmen. Die Punktdaten wurden in einem Gitter von 1 m Maschenweite erhoben, daraus wurden die Isolinien (dgn file) abgeleitet. Höhenunterschiede von 5 cm sind nachweisbar. Verwendung für den Verschnitt der DBWK 2 mit den Höhendaten über NN fanden 0,5 Höhenmeter.

5.3 Bodenprofile

Es wurden 7 Bodenprofile angelegt und beschrieben. 5 davon fungieren als Leitprofile, 2 als Begleitprofile. Die Leitprofile wurden beprobt, um nachfolgend bodenphysikalische, bodenchemische und bodenbiologische Analytik durchführen zu können. Die Leitprofile stellen die Legende vorliegender Bodenkarte, da sie die Bodenformen aller im Gebiet auftretenden morphologischen Einheiten wie Flutrinnen, feuchtes und trockenes Grünland repräsentieren.

Die Ansprache der Bodenprofile erfolgte nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Aufl. (1994) (KA 4) sowie nach dem ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT (1998).

5.4 Kartierung

Anwendung fand eine Kombination von Punktraster-, Catenen- und Grenzlinienkartierung (modifiziert nach SCHLICHTING, BLUME und STAHR; 1995). Die Aufnahmedichte wurde an die Geländemorphologie angepaßt.

6 Ergebnisse

Im Gebiet wurden 3 geologische Bohrungen bis 30 m Tiefe, 27 bodenkundliche Bohrungen bis 4m, 12 bis 3 m Tiefe und 146 bis 1 m unter GOF vorgenommen. Die Ergebnisse sind in einer Bohrkarte dokumentiert. Bei den 1m Sondierungen wurden folgende Bodenmerkmale erfaßt:

Bodentiefe (in cm)	Horizont (nach KA 4)	Bodenart (nach KA 4)	Humusgehalt (nach KA 4)	Hydromorphie (nach KA 4)	Farbe (verbal)
-------------------------	-------------------------	-------------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------

Alle Bohrpunktansprachen sind in einer Bohrkarte nachgewiesen, um Zugriff auf Primärdaten zu ermöglichen. Aus den Bodenleitprofilen, der Bohrpunktkarte, verbunden mit den Bohrpunktansprachen wurde die vorliegende Bodenkarte (siehe Poster) im Maßstab 1: 2 000 abgeleitet.

7 Literatur

- ARBEITSGRUPPE BODEN. 1994. *Bodenkundliche Kartieranleitung*. (KA 4) 4. verbess. u. erw. Aufl. Hg. BA f. Geowiss. u. Rohstoffe u. GLA d. BRD. Hannover: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlg.
- ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDL. GESELLSCHAFT. 1998. *Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands*. Mittg. d. DBG Band 86, I-180.
- EIßMANN, L. und LITT, T. 1994. *Das Quartär Mitteldeutschlands – Ein Leitfaden und Exkursionsführer*. Mit einer Übersicht über das Präquartär des Saale-Elbe-Gebietes.- Altenb. Nat.wiss. Forsch. 7.
- MÜLLER, A. 1988. *Das Quartär im mittleren Elbegebiet zwischen Riesa und Dessau*. Halle, Univ. Fak. f. Naturwiss., Diss. A
- SCHLICHTING, E.; BLUME, H.-P. und STAHR, K. 1995. *Bodenkundliches Praktikum*. 2., neubearb. Auflage. Berlin-Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag.
- SCHUBERT, R.; HILBIG, W. und KLOTZ, S. 1995. *Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands*. Jena-Stuttgart. G. Fischer.

Spatial Distribution of Heavy Metals in the Elbe Floodplain near Wittenberge

A. van der Veen & D. Zachmann

TU Braunschweig, Institut für Geowissenschaften, Pockelsstraße 3, 38106 Braunschweig

The description of the spatial distribution of heavy metals is based on the geochemical mapping of a 9 ha large section of the Elbe floodplain near Wittenberge [1]. The nearly flat plain borders on the south-eastern shore of the River Elbe. The remains of an 18th century dam lie in the investigated area, rising about 1.5 m above the plain. Generally, the height differences in this area are in the range of 50 cm.

A regular square grid with intervals set at 30 m defines the position of the one hundred sample sites. The uppermost 10 cm of the topsoil represents the maximum sample depth. For reasons of comparability, geochemical analysis is limited to the fine fraction of the samples (< 63 μm). Soil profile description, groundwater level, and altitude specify the basic sample properties. The soil composition is dominated by loamy or silty materials in the topsoil. The grain-size distribution was determined for an exemplary number of specimens. According to the results, the soil composition varies over a wide range (sand: 11 to 55 wt.%). The fine fraction in itself is rather homogeneous. Silt contributes about 80 % and clay 20 % to the fraction smaller than 63 μm .

Table 1: Statistical data and local background values for pH, K, Al, Fe, Mn, C, S, and heavy metals in the alluvial soils of the Elbe floodplain near Wittenberge (< 63 μm)

		Mean		Range	
pH		5.5	4.8	–	6.1
C	[wt.%]	7.4	2.6	–	11.9
S	[wt.%]	0.16	0.06	–	0.27
K	[$\mu\text{g/g}$]	2510	1189	–	3885
Al	[$\mu\text{g/g}$]	19319	13341	–	25440
Fe	[$\mu\text{g/g}$]	29537	19631	–	38825
Mn	[$\mu\text{g/g}$]	667	261	–	1157
Co	[$\mu\text{g/g}$]	15	7	–	23
Cr	[$\mu\text{g/g}$]	115	37	–	205
Cu	[$\mu\text{g/g}$]	136	19	–	260
Ni	[$\mu\text{g/g}$]	44	26	–	64
Pb	[$\mu\text{g/g}$]	196	31	–	360
Zn	[$\mu\text{g/g}$]	595	210	–	945

The geochemical evaluation for the distribution of heavy metals in this study includes Fe, Mn, Al, and K, together with total organic C (TOC) and S as possible factors influencing the distribution of trace elements in the fine fraction. The contents of these components allow the

influence of pedogene oxides (Fe, Mn, Al), clay minerals (K, Al), and organic substances (TOC) on the enrichment processes of heavy metals to be assessed. The trace elements considered in this study are Co, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn. Except for C and S, element concentrations were measured by ICP-OES after sample dissolution in aqua regia. O₂-pyrolysis of the samples and the IR detection of CO₂ and SO₂ (Leco) allowed the measurement of C and S. Table 1 lists the element concentrations of the analyzed alluvial soil fraction.

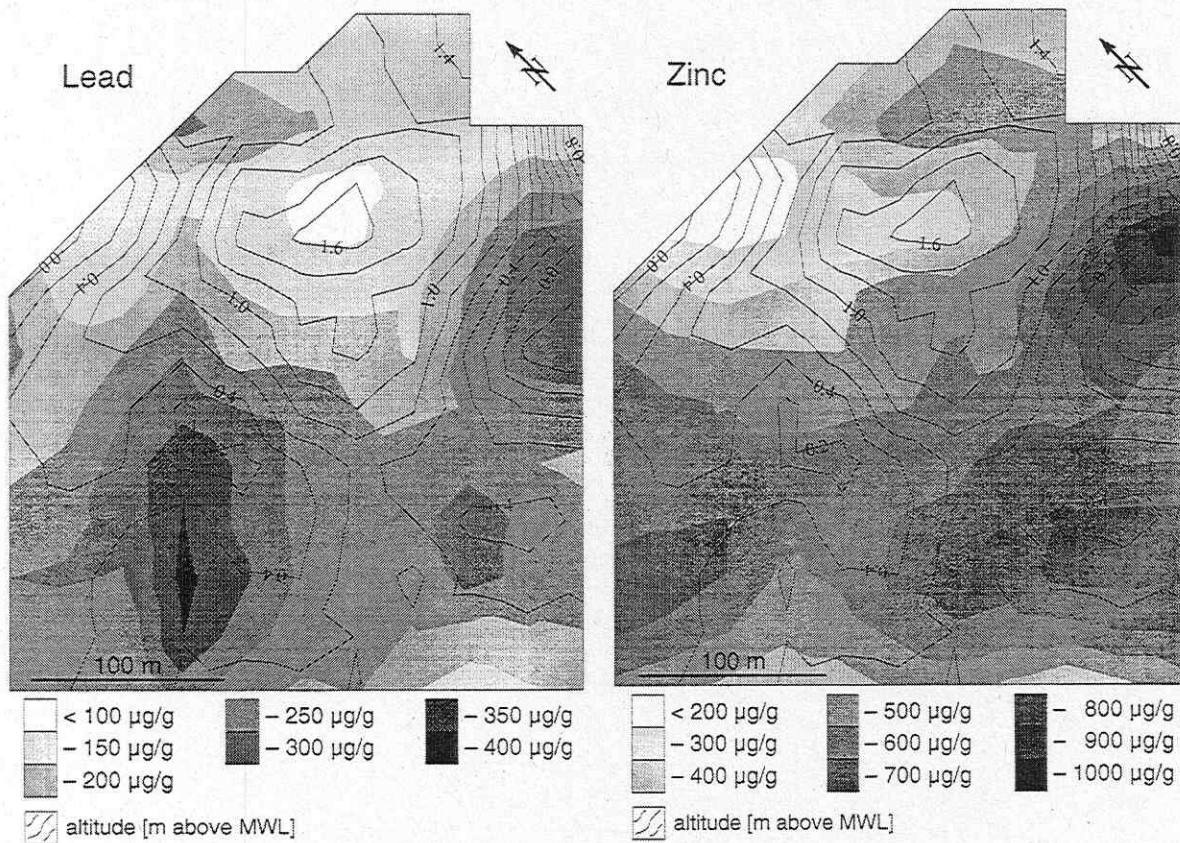


Figure 1: Spatial distribution of Pb and Zn in the alluvial soils (< 63 µm) and topography of the Elbe floodplain near Wittenberge (MWL: mean water line = 22.3 m above sea level) [1]

The geochemical maps (figure 1) show that the investigated area is usually characterized by three zones of high and two zones of low element concentration. Comparison of the individual geochemical maps and the topographic map provides initial clues on the enrichment processes and distribution of heavy metals in the soil fraction examined. The correlation topographic height and contents of heavy metals indicates altitude to be one of the primary factors affecting the heavy metal content in the topsoil. Correlation analysis (Bravais-Pearson type; [3]) confirms this factor for some of the elements. In general it can be stated that the lower the altitude, the higher the concentration of a specific element: Pb for example shows a steady

decline of contents with an increase in altitude. On the other hand, for some elements, e.g. Zn, the correlation between concentration and altitude only applies above a certain height (approximately 0.7 m above). The correlations between height and element concentrations of these samples are more scattered below the 0.7 m above MWL level than those above the limit. Flooding events and the fluctuation of the groundwater level expose the lower parts of the Elbe floodplain to more frequent changes in the soil properties, e.g. redox potential, than the higher regions. Therefore, chemical equilibria are more often disturbed in the soil profiles which are closer to the groundwater.

The control of clay-mineral proportions on the trace element concentrations in the alluvial soils cannot be derived from the collected data. Apart from the correlation between K and Al, which can be regarded as an expression of the presence of clay minerals, there are no correlations between these elements and other elements.

Besides topography, correlation analysis indicates additional controlling factors by the trace element levels in the examined soil fraction. However, the multitudes of possible additional enrichment controls overlap with others. Therefore, multivariate statistical methods like factor analysis [4] and cluster analysis [3] were used to evaluate the data collected.

Altitude seems to have a significant influence on the trace element content. As shown before, it is reasonable to split the investigation area by altitude into areas below and above 0.7 m above MWL. The topographical height can better be described as the distance from the middle groundwater level. Splitting the data yielded more definite results. Each factor analysis retrieved two factors. The total variance explained reaches 76 %.

Factor analysis for the area lower than 0.7 m above MWL produced a simply structured matrix with high loadings on the single factors. The variables considered can be divided into two groups: a) trace elements (Cu, Cr, Ni, Pb, Zn) together with C and S which load high on factor 1, b) pedogene oxides (Fe, Mn) and Co which load relatively high on factor 2. The cluster analysis yielded a comparable pattern. Again there is one group with the trace elements, C and S, and another group with the pedogene oxides. Both groups are related to a relatively low correlation coefficient ($r = 0.4$).

The results of the area higher than 0.7 m above MWL clearly differ from those of the lower area. In contrast to the lower parts, the differences between the loadings of each element on the two factors are much smaller. In the case of Ni, they are almost identical. This means that Ni is indifferent to both extracted factors. Factor 1 includes almost the same elements as the preceding analysis. This indicates the dominating control of the bonding forms of heavy

metals with organic C and S (adsorption, sulfides). Factor 2 obviously represents the pedogene oxides in both factor analysis with the difference of the inclusion of the height to factor 2 of the upper area. In both areas factor analysis distinguishes the groups: a) heavy metals and b) pedogene oxides.

In the upper area, Pb shifted from factor 1 (trace elements) to factor 2. Factor 2 now represents Pb together with Al, Fe, Mn, and the altitude. Hence it may be concluded that Pb exists in different speciations in the discriminated areas. Organic matter and reduced S could bind Pb in the lower parts of the floodplain, whereas it forms oxides or sulfate in the soils of the upper area.

The high loadings on factor 1 at both height levels and the dendrogram of cluster analysis indicate that the trace elements apart from Co and Pb (≥ 0.7 m above MWL) are mainly associated with C and S. A distinction between trace elements bound to either C or S is not possible because of the high correlation between these elements in the soil ($r_{C-S} = 0.79$). Lead in particular may exist as sulfates or sulfides depending on the redox potential, as well as bound to organic material. Similarly, other studies in the Elbe floodplain confirm the high correlation of organic C and heavy metals [5]. The association of the trace elements and the soil organic matter is understood to be a result of the anthropogenic input of the contaminants into the soil [6].

In the Elbe floodplain near Wittenberge, heavy element distribution can be summarized as being caused by repeated flooding together with the fluctuation of the groundwater level and the levels of organic matter (TOC) in the soils. Lead exists in different speciations depending on the topographical height. In the soil fraction investigated, the pedogene oxides are of little influence on the enrichment of trace elements.

References

- [1] van der Veen, A. 1998. Geochemische Schwermetallkartierung in der Elbaue bei Wittenberge/ Sachsen-Anhalt. Unpublished Diploma Thesis, Technical University of Braunschweig, pp. 69.
- [2] Prange, A.; Boessow, E.; Jablonski, R.; Krause, P.; Lenart, H.; Meyercordt, J.; Pepelnik, R.; Erbsloeh, B.; Jantzen, E.; Krueger, F.; Leonhardt, P.; Niedergesaess, R.; v. Tuempling jr., W., 1997: Geogene Hintergrundwerte und zeitliche Belastungsentwicklung. In: Erfassung und Beurteilung der Belastung der Elbe mit Schadstoffen, Vol. 3/3, GKSS, pp.152–156.
- [3] Davis, J.G. 1973. Statistics and Data Analysis. Wiley, New York, pp. 550.
- [4] Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. and Weiber, R., 1996. Multivariate Analysemethoden. Springer, Berlin, pp. 591.
- [5] Krüger, F., Büttner, O., Friese, K., Meissner, R., Rupp, H., and Schwartz, R., 1997. Lokalisation der Schwermetallbelastung durch Simulation des Überflutungsregimes einer ausgewählten Elbaue bei Wittenberge. DBG-Mitteilungen 85, pp. 949–952.
- [6] Brümmer, G.W., Zeien, H., Hiller, D.A., and Hornburg, V., 1994. Bindungsformen und Mobilität von Cadmium und Blei in Boeden. DECHEMA, Frankfurt/Main, pp. 197–217.

Teilnehmerverzeichnis

Teilnehmerverzeichnis

Manfred Altermann
Büro für Bodenökologie,
Bodenkartierung, Bodenschutz
Lichtemannsbreite 10
06118 Halle/S.
Tel.: 0345/5320594
Fax: 0345/5320594

Robert Böhnke
UFZ-Sektion Hydrogeologie
Theodor Lieser Str. 4
06120 Halle/S.
Tel.: 0345/5585-216
Fax: 0345/5585-559
E-Mail: boehnke@hdg.ufz.de

Jens Bölscher
HU Berlin
Institut für Geographische
Wissenschaften
Malteserstr. 74-100
12249 Berlin
Tel.: 030/7792-254/245/261
Fax: 030/7670-6450
E-Mail: jebo@
komma.zedat.fu-berlin.de

Dr. Dirk Bornhöft
Bundesanstalt für
Gewässerkunde
Schnellerstr. 140
12439 Berlin
Tel.: 030/63986436
Fax: 030/63986437

Dr. Werner Brack
UFZ-Sektion Ökotoxikologie
Permoserstr. 15
04318 Leipzig
Tel.: 0341/235-2656
Fax: 0341/235-2401
E-Mail: wb@theo.voe.ufz.de

Oliver Brandt
UFZ-Sektion Hydrogeologie
Theodor Lieser Str. 4
06120 Halle/S.
Tel.: 0345/5585-217
Fax: 0345/5585-559
E-Mail:
geosys.bg.tu-berlin.de

Anne Brockmann
Universität Hamburg
Institut für Bodenkunde
Allende Platz 2
20146 Hamburg
E-mail: A.Brockmann@ifb.uni-
hamburg.de

Prof. Dr. Georg Büchel
Universität Jena
Institut für Geowissenschaften
Lehrstuhl für Angewandte
Geologie
Burgweg 11
07749 Jena
Tel.: 03641/948640
Fax: 03641/948622
E-Mail: buechel@uni-jna.de

Olaf Büttner
UFZ-Gewässerforschung
Magdeburg
Brückstr. 3a
39114 Magdeburg
Tel.: 0391/8109 651
Fax: 0391/8109 150
E-mail: buettner@gm.ufz.de

Dr. Ingrid Carmienke
Staatliches Umweltfachamt
Leipzig
PF 241215
04332 Leipzig
Tel.: 0341/2421-0
Fax: 0341/2421-285

Jörg Dehnert
Sächsisches Landesamt für
Umwelt und Geologie
Referat Grundwasser
PF 800100
01101 Dresden
Tel.: 0351/8928-325
Fax: 0351/8928-245
E-Mail:
lfug-dehnert@t-online.de

Dr. Christof Engelhardt
Institut für Gewässerökologie
und Binnenfischerei (IGB)
Abteilung Ökohydrologie
Rudower Chaussee 6a
12489 Berlin
Tel.: 030/6392 4499
Fax: 030/6392 4482
E-Mail: engel@igb-berlin.de

Prof. Dr. Peter Ergenzinger
HU Berlin
Institut für Geographische
Wissenschaften
Malteserstr. 74-100
12249 Berlin
Tel.: 030/7792-254/245/261
Fax: 030/7670-6450
E-Mail: jebo@komma.zedat.fu-
berlin.de

Renko Fittschen
Universität Hamburg
Institut für Bodenkunde
Allende-Platz 2
20146 Hamburg
E-mail: R.Fittschen@ifb.uni-
hamburg.de

Francis Foeckler
ÖKON GmbH
Dechbettener Str. 9
93049 Regensburg
Tel.: 0941/270212
Fax: 0941/270197
E-Mail: oekon@donau.de

Dr. Christa Franke
Universität Leipzig
Institut für Geographie
Johannisallee 19a
04103 Leipzig
Tel.: 0341/9732
E-Mail: cfranke@ez.uni-
leipzig.de

Dr. Elmar Fuchs
Bundesanstalt für
Gewässerkunde
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15-
17
56068 Koblenz
Tel.: 0261/1306-5338
Fax: 0261/1306-302
E-Mail:
fuchs@koblenz.bfg.bund400.de

Peter Gaussmann
Humboldt-Universität Berlin
FG Nutztierökologie
Lentzeallee 75
14195 Berlin
Tel.: 030/31471-345
Fax: 030/31471-124
E-Mail: gaussmann@
map-1.iae.tu-berlin.de

Dr. Stefan Geyer
UFZ-Sektion Hydrogeologie
Theodor Lieser Str. 4
06120 Halle/S.
Tel.: 0345/5585-217
Fax: 0345/5585-559
E-Mail: geyer@hdg.ufz.de

Helmut Giebel
Bundesanstalt für
Gewässerkunde
Kaiserin-Augusta-Anlagen 13-
17
56068 Koblenz
Tel.: 0261/1306-5446
Fax: 0261/1306-5152
E-Mail: giebel@bafg.de

Thomas Grischek
TU Dresden
Institut für Wasserchemie
Mommstr. 13
01062 Dresden
Tel.: 0351/4634967
Fax: 0351/4637271
E-Mail: grischek@rcs.urz.tu-
dresden.de

Dr. Alexander Gröngröft
Universität Hamburg
Institut für Bodenkunde
Allende-Platz 2
20146 Hamburg
Tel.: 040/4123-4395
Fax: 040/4123-2024
E-mail: A.Groengroeft
@ifb.uni-hamburg.de

Bettina Gruber
Bundesanstalt für
Gewässerkunde
Schnellerstr. 140
12439 Berlin
Tel.: 030/63986436
Fax: 030/63986437

Dagmar Haase
Universität Leipzig
Institut für Geographie
Johannisallee 19a
04103 Leipzig
Fax: 0341/9722799

Christiane Hanisch
Sächsische Akademie der
Wissenschaften
PF 100440
04004 Leipzig

Martina Hape
Naturparkverwaltung Elbtalaue
Neuhausstr. 9
19322 Rühstedt
Tel.: 038791/980-0/14
Fax: 038791/980-11
E-Mail: Martina.Hape@munr-
lags.brandenburg.de

Dr. Ulrike Hardenbicker
Institut für Geographie
Univ. Halle
Domstr. 5
06108 Halle/S.
Tel.: 0345/5526048
E-Mail: Hardenbicker
@geographie.uni-halle.de

Andreas Heinken
Humboldt Universität Berlin
Landwirtschaftlich
Gärtnerische Fakultät
Lentzeallee 75
14195 Berlin
Tel.: 030/31471-101
Fax: 030/31471-124
E-Mail: ilex@map-1.iae.tu-
berlin.de

Dr. Kathrin Heinrich
UFZ-Sektion Bodenforschung
Theodor-Lieser-Str. 4
06120 Halle/S.
Tel.: 0345/5585-403
Fax: 0345/5585-449
E-Mail: heinrich@bdf.ufz.de

Peter Hemberle
Forschungszentrum Karlsruhe
GmbH
Projektträger des BMBF für
Wassertechnologie (PtWT)
Postfach 3640
76021 Karlsruhe
Tel.: 07247/823240
Fax: 07247/822277
E-Mail: peter.hemberle
@ptwt.fzk.de

**Dr. Annegret Hembrock-
Heger**
Landesumweltamt NRW
Dezernat Bodenschutz
Wallneyerstr. 6
45133 Essen
Tel.: 0201/7995-1352
Fax: 0201/7995-1574
E-Mail: Annegret.Hembrock-
Heger@essen.lua.nrw.de

Dr. Klaus Henle
UFZ-Projektbereich Naturnahe
Landschaften
Permoserstr. 15
04318 Leipzig
Tel.: 0341/235-2519
Fax: 0341/235-2534
E-mail: henle@pro.ufz.de

Gerold Hesse
Universität Jena
Institut für Geowissenschaften
Burgweg 11
07749 Jena
Tel.: 03641/948643
Fax: 03641/948622
E-Mail: gerold.hesse@gmx.de

Dr. Wilfried Hierold
ZALF Forschungsstation
Eberswalde
Dr.-Zinn-Weg
16225 Eberswalde
Tel.: 03334/58550
Fax: 03334/585514
E-Mail: whierold@zalf.de

Dr. Axel Höhn
ZALF Institut für Mikrobielle
Ökologie und Bodenbiologie
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg
Tel.: 033432/82228
Fax: 033432/82186
E-Mail: ahoehn@zalf.de

Eva Kairies
Niedersächsisches Landesamt
für Ökologie
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim
Tel.: 05121/509-773
Fax: 05121/509-794

W. Kluge
Ökologie-Zentrum der
Universität Kiel
Schauenburgerstr. 112
24118 Kiel
Tel.: 0431/8804084
Fax: 0431/8804083
E-Mail: winfrid@pz-
oekosys.uni-kiel.de

Jochen Köhnlein
Universität Hamburg
Institut für Bodenkunde
Allende-Platz 2
20146 Hamburg
E-mail: J.Koehnlein
@ifb.uni-hamburg.de

Dr. Annett Krüger
Universität Leipzig
Institut für Geographie
Johannisallee 19a
04103 Leipzig
Tel.: 0341/9732-957
Fax: 0341/9732-799
E-Mail: akruieger@rz.uni-
leipzig.de

Dipl.-Biol. Frank Krüger
UFZ-Sektion Bodenforschung
Dorfstr. 55
39615 Falkenberg
Tel.: 039386/97115
Fax: 039386/97116
E-Mail: krueger
@soil.lysi.ufz.de

Dr. Maritta Kunert
UFZ-Sektion
Gewässerforschung
Brückstr. 3a
39114 Magdeburg
Tel.: 0391/8109-310
Fax: 0391/8109-150
E-Mail: kunert@gm.ufz.de

Hans-Helmut Ludewig
Am Waldfriedhof 10
55120 Mainz-Mornbach
Tel.: 06131/682371
Fax: 06131/682371

Dr. Gunnar Meyenburg
UFZ Halle-Leipzig
Indikatorensystem
Theodor-Lieser-Str. 4
06120 Halle/S.
Tel.: 0345/5585-404
Fax: 0345/5585-449
E-Mail: gmeyenburg
@bdf.ufz.de

Dr. Rickmann Michel
Fachhochschule Eberswalde
Gesundbrunnenstr. 24
16259 Bad Freienwalde
Tel.: 03344/31573
E-Mail: rmichel@fh-
eberswalde.de

Prof. Dr. Günter Miehlich
Universität Hamburg
Institut für Bodenkunde
Allende-Platz 2
20146 Hamburg
Tel.: 040/41232017
Fax: 040/41232024
E-mail: G.Miehlich@ifb.uni-
hamburg.de

Dr. Hector F. Montenegro
University of Technology
Darmstadt
Water Resources Engineering
Rundeturmstr. 1
64283 Darmstadt
Tel.: 06151/16-2723/4067
Fax: 06151/16-3223
E-Mail: hctor.montenegro
@hrzpub.tu-darmstadt.de

Dr. Ansgar Müller
Sächsische Akademie der
Wissenschaften
PF 100440
04004 Leipzig
Tel.: 0341/7115318
Fax: 0341/7115344
E-Mail: mueller
@leopoldina.uni-leipzig.de

Dr. Frank Neuschulz
Naturparkverwaltung Elbtalau
Neuhausstr. 9
19322 Rühstedt
Tel.: 038791/980-0/14
Fax: 038791/980-11

Dr. Olaf Nitzsche
Sächsische Landesanstalt für
Landwirtschaft
FB Bodenkultur und
Pflanzenbau
PF 221161
04131 Leipzig
Tel.: 0341/9174-153
Fax: 0341/9174-111

Kai Otte-Witte
Uni-GH Paderborn
Abt. Höxter
An der Wilhelmshöhe 44
37671 Höxter
Tel.: 05271/687-269
Fax: 05271/687-268
E-Mail: h16660@cip.hx.uni-paderborn.de

Winfried Peter
Bundesanstalt für
Gewässerkunde
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15-
17
56068 Koblenz
Tel.: 0261/1306-5365
Fax: 0261/1306-5152
E-Mail:
peter@Koblenz.bfg.bund
400.de

Judith Peters
FU Berlin
Institut für Geowissenschaften
Greifenhagener Str. 27a
10439 Berlin
Tel.: 030/446 3837
E-Mail: jup@zedat.fu-berlin.de

Helge Potesta
UFZ-Sektion Hydrogeologie
Theodor Lieser Str. 4
06120 Halle/S.
z.Zt. Kloostergut 1
37130 Gleichen

Jochen Purps
Naturparkverwaltung Elbtalaue
Neuhausstr. 9
19322 Rühstedt
Tel.: 038791/980-0/14
Fax: 038791/980-11

Prof. Dr. Joachim Quast
Zentrum für Agrarlandschafts-
und Landnutzungsforschung
Institut für Hydrologie
Eberswalder -str. 84
15374 Müncheberg
Tel: 033432/82300
Fax: 033432/82301
E-Mail: hydrologie@zalf.de

Anja Reineke
Uni Jena
Institut für Geographie
Löbdergraben 32
07743 Jena
E-Mail: c6rean@geogr.uni-jena.de

Jörg Rinklebe
UFZ-Sektion Bodenforschung
Theodor-Lieser-Str. 4
06120 Halle/S.
Tel.: 0345/5585-405
Fax: 0345/5585-449

Dr. Karl-Heinz Runte
Universität Kiel
Olshausenstr. 40
24118 Kiel
Tel.: 0431/880-3643
Fax: 0431/880-7303
E-Mail: runte@email.uni-kiel.de

Dr. H. Rupp
UFZ-Sektion Bodenforschung
Dorfstr. 55
39615 Falkenberg
Tel.: 039386/97114
Fax: 039386/97116
E-Mail: rupp@soil.lysi.ufz.de

Brigitte Schmidt
Universität Hamburg
Institut für Bodenkunde
Allende-Platz 2
20146 Hamburg
E-mail: B.Schmidt
@ifb.uni-hamburg.de

Dr. Walther Schmidt
Sächsische Landesanstalt für
Landwirtschaft
Fachbereich Bodenkultur und
Pflanzenbau
PF 22 11 61; Gustav-Kühn-Str.
8
04131 Leipzig; 04159
Tel.: 0341/9174-116
Fax: 0341/9174-116
E-Mail:
LfL.04.10.Leipzig@ibm.net

Birgit Schneider
Universität Leipzig
Institut für Geographie
Johannisallee 19a
04103 Leipzig
Tel.: 0341/9738578
Fax: 0341/9732799
E-Mail: bschneid@rz.uni-leipzig.de

Dr. Elke Schulz
UFZ-Sektion Bodenforschung
Theodor-Lieser-Str. 4
06120 Halle/S.
Tel.: 0345/5585-421
Fax: 0345/5585-449
E-Mail: eschulz@bdf.ufz.de

René Schwartz
Universität Hamburg
Institut für Bodenkunde
Allende-Platz 2
20146 Hamburg
Tel.: 040/4123-6219
Fax: 040/4123-2024
E-Mail: R.Schwartz@ifb.uni-hamburg.de

Thomas Sommer
Dresdner
Grundwasserforschungs-
zentrum e.V.
Meraner Str. 10
01217 Dresden
Tel.: 0351/4050630
Fax: 0351/4050679
E-Mail: tsommer@dgfz.de

Dr. Jörg Steidl
Zentrum für Agrarlandschafts-
und Landnutzungsforschung
Institut für Hydrologie
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg
Tel.: 033432/82362
Fax: 033432/82301
E-Mail: jsteidl@zalf.de

Dr. Peter String
Geologisches Landesamt
Sachsen-Anhalt
Köthener Str. 34
06118 Halle/S.
Tel.: 0345/5212121
Fax: 035/5229010

Andrea van der Veen
TU Braunschweig
Institut f. Geowissenschaften
Pockelsstr. 4
38106 Braunschweig
Tel.: 0531/391-7280
Fax: 0531/391-8130
E-Mail: a.van-der-veen@tu-bs.de

Dr. G. Villwock
GFE GmbH Halle
(Geologische Forschung und
Erkundung GmbH)
Köthener Str. 34
06118 Halle/S.
Tel.: 0345/5244234
Fax: 0345/5244264
E-Mail: GFE-Halle-GU@t-online.de

Matthias Vogt
TU Braunschweig
Institut f. Geowissenschaften
Pockelsstr. 3
38106 Braunschweig
Tel.: 0531/502753
E-Mail: ma.vogt@tu-br.de

Michael Weller
Geologisches Landesamt
Sachsen-Anhalt
Köthener Str. 34
06118 Halle/S.
Tel.: 0345/5212-121
Fax: 0345/5229.910

Dr. Frank Winde
Institut für Geographie
FSN Jena
Dohlenweg 6d
06110 Halle/S.
Tel.: 0345/1221902
E-Mail: winde.schulze@t-online.de

Carsten Wirtz
FU Berlin
Institut für Geographische
Wissenschaften
Malteserstr. 74-100
12249 Berlin
Tel.: 030/7792245
E-Mail: carsten@geog.fu-berlin.de

Dr. Barbara Witter
UFZ-Sektion
Gewässerforschung
Brückstr. 3a
39114 Magdeburg
Tel.: 0391/8109-310
Fax: 0391/8109-150
E-Mail: witter@gm.ufz.de

Dr. Lutz Zerling
Sächsische Akademie der
Wissenschaften
Karl-Tauchnitz-Str. 1
04107 Leipzig

Verzeichnis der UFZ-Berichte

Nr. 1/1994

Prognose extremer Umweltereignisse

Sektion Expositionsforschung und Epidemiologie

Nr. 2/1994

Handlungsstrategien für den Leipziger Raum - Visionen, Innovationen, Praktikabilität

Sigrun Kabisch

Sektion Angewandte Landschaftsökologie

Nr. 3/1994

Weiche Standortfaktoren und Flächennutzung

Hans Neumann, Brigitte Usbeck, Hartmut Usbeck

Nr. 4/1994; Band 1 und 2

Modellierung und Kurzfristvorhersage von Sommersmogsituationen

Sektion Expositionsforschung und Epidemiologie

Nr. 1/1995

Vorkommen und Transfer von Dioxinen und Schwermetallen im Raum Merseburg, Lützen, Naumburg, Zeitz

Bernd Feist, Brigitte Niehus, Gisela Peklo, Peter Popp, Uwe Thuß

Sektion Analytik

Nr. 2/1995

Soziale Brüche und ökologische Konflikte in einer ländlichen Industrieregion: Der Südraum Leipzig

Ursula Bischoff, Sigrun Kabisch, Sabine Linke, Irene Ring, Dieter Rink

Sektion Angewandte Landschaftsökologie

Nr. 3/1995

Modellierung von Bodenprozessen in Agrarlandschaften zur Untersuchung der Auswirkungen möglicher Klimaveränderungen

Uwe Franko, Burkhard Oelschlägel, Stefan Schenk

Sektion Bodenforschung

Nr. 4/1995

Beiträge zum Workshop "Braunkohlebergbaurestseen"

Sektion Hydrogeologie

Nr. 1/1996

Elutionsverhalten und ökotoxisches Potential von Sonderabfällen

Albrecht Paschke, Detlef Lazik, Helmut Segner, Elke Büttner

Sektion Chemische Ökotoxikologie

Sektion Hydrogeologie

Nr. 2/1996

Biologische Indikation in Kleinfließgewässern der Dübener und Dahleener Heide

Claus Orendt

Projektbereich Naturnahe Landschaften

Nr. 3/1996

Potential und Strategien der Wiederbesiedlung am Beispiel des Makrozoobenthons in der mittleren Elbe (Dissertation)

Ute Dreyer

Sektion Gewässerforschung

Nr. 4/1996

Immissionsprognose - Univariate Modellierung und Kurzfristvorhersage von Wintersmogsituationen (Dissertation)

Uwe Schlink

Sektion Expositionsforschung und Epidemiologie

Nr. 5/1996

Untersuchungen zur gepflanzten Vegetation und ihrer ökologischen Bedeutung

Michael Winkler

Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 6/1996

Ökologische Charakterisierung von Biotopen im urbanen Raum am Beispiel von Modelltiergruppen

Erik Arndt, Hans Pellmann

Universität Leipzig, Institut für Zoologie

UFZ, Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 7/1996

Ausgewählte Rechtsfragen in bezug auf die Sanierung von Braunkohletagebau-gebieten in den neuen Bundesländern

Reinhard Müller, Birgit Süß

Max-Planck-Arbeitsgruppe Umweltrecht am UFZ

Nr. 8/1996

Hallesche Kleingärten

Nutzung und Schadstoffbelastung als Funktion der sozioökonomischen Stadtstruktur und physisch-geographischer Besonderheiten

Iris Breuste, Jürgen Breuste, Karamba Diaby, Manfred Frühauf, Martin Sauerwein,

Michael Zierdt

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

UFZ, Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 9/1996

Die Flächennutzung der Stadt Leipzig im klassifizierten Landsat-TM-Bild

Vera Heinz

Sektion Angewandte Landschaftsökologie

Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 10/1996

Untersuchungen zu Wechselbeziehungen zwischen Immissionen und Flächennutzung auf strukturtypischen Testflächen in Leipzig

K. Freyer, P. Popp, H.C. Treutler, D. Wagler, G. Schuhmann

UFZ, Sektion Analytik, Projektbereich Urbane Landschaften

Universität Leipzig, Interdisziplinäres Institut für Natur- und Umweltschutz

Nr. 11/1996

Stadtböden

Schadstoffbelastung und Schadstoffmobilität

Guido Schulte

Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 12/1996

Erfassung und Bewertung des Versiegelungsgrades befestigter Flächen

J. Breuste, T. Keidel, G. Meinel, B. Münchow, M. Netzband, M. Schramm

UFZ, Projektbereich Urbane Landschaften

Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden

Ingenieurgesellschaft Wasser-Abfall-Boden, Karlsruhe

Nr. 13/1996

Induktion von CYP1A1 durch Xenobiotica in Leberzellkulturen von Regenbogenforellen

(Dissertation)

Stefan Scholz

Sektion Chemische Ökotoxikologie

Nr. 14/1996

Ökotoxikologische Wirkungen atmogener anorganischer Schadstoffe auf Kiefernforste

Horst Schulz, Gernot Huhn, Siegrid Härtling

Sektion Chemische Ökotoxikologie

Nr. 15/1996

Kinetische Untersuchungen zum Abbau chlorierter und methylierter Benzoesäuren durch

Pseudomonas spec. B13 FR 1 (SN45P) (Dissertation)

Roland A. Müller

Sektion Sanierungsforschung/Umweltbiotechnologisches Zentrum (UbZ)

Nr. 16/1996

**Untersuchungen zur Situation des Wohnumfeldes ostdeutscher Großsiedlungen
am Beispiel von Leipzig-Grünau (Dissertation)**

Thomas Keidel

Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 17/1996

**Chancen einer Umweltwirtschaft durch §249h-AFG-Projekte untersucht
für den Freistaat Sachsen**

Helga Horsch

Sektion Ökosystemanalyse, Abteilung Ökologische Ökonomie und Umweltsoziologie

Nr. 18/1996

Modellierung der Ausbreitung kfz-bedingter Schadstoffe in der Stadt Leipzig

Dietrich Wagler

Universität Leipzig, Interdisziplinäres Institut für Natur- und Umweltschutz

UFZ, Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 19/1996

Umweltverhalten und Lebensqualität in urbanen Räumen

Tagungsbericht und wissenschaftliche Beiträge der UFZ-Sommerschule 1996

Sigrun Kabisch (Hrsg.)

Sektion Ökosystemanalyse, Abteilung Ökologische Ökonomie und Umweltsoziologie

Nr. 20/1996

Analytische Untersuchungen zum Schadstoffeintrag durch den Hausbrand

- Auswirkungen des gegenwärtigen Strukturwandels auf die urbane Belastungssituation

Werner Engewald, Thomas Knobloch, Arndt Asperger

Universität Leipzig, Institut für Analytische Chemie

UFZ, Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 21/1996

**Zusammenstellung der vom UFZ sowie von Partnereinrichtungen durchgeführten
Untersuchungen in repräsentativen Kleinzugsgebieten der Elbe**

Ralph Meißner, Helmut Guhr, Rudolf Krönert

Sektion Bodenforschung, Sektion Gewässerforschung

Sektion Angewandte Landschaftsökologie

Nr. 22/1996

Untersuchungen zur atmogenen Stickstoffdeposition und zur Nitratverlagerung
(Dissertation)

Svenje Mehlert

Sektion Bodenforschung

Nr. 23/1996

Untersuchungen zur Freisetzung der gelösten organischen Substanz des Bodens (DOM) und zum Einfluß der DOM auf die Mobilisierung ausgewählter Schadstoffe in Abhängigkeit von Boden- und Standorteigenschaften (Dissertation)

Karsten Kalbitz

Sektion Bodenforschung

Nr. 24/1996

Geschwindigkeitslimitierende Einflußgrößen beim mikrobiellen Schadstoffabbau in phenolischen Deponiewässern (Dissertation)

Frank Eismann

Sektion Sanierungsforschung

Nr. 1/1997

Dynamik von Wasser und Schadstoffen im Boden: Diskrete Simulationsmethoden

Hans Vollmayr

Sektion Chemische Ökotoxikologie

Nr. 2/1997

Beziehungen zwischen Urbanen Flächennutzungsstrukturen und klimatischen Verhältnissen am Beispiel der Stadtregion Leipzig

Ulrich Müller

Sektion Expositionsforschung und Epidemiologie

Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 3/1997

Regionalökologie

Tagungsbericht und wissenschaftliche Beiträge des Deutsch-Argentinischen Workshops

Mendoza - Argentinien

Brigitte Großer

Nr. 4/1997

Zur Stickstoffdynamik selbstbegrünter Ackerbrachen im mitteldeutschen Schwarzerdegebiet

(Dissertation)

Gerhard Sauerbeck

Sektion Bodenforschung

Nr. 5/1997

Tern-Tagung

Terrestrische und ökosystemare Forschung in Deutschland

Stand und Ausblick

Heidrun Mühle, Svenne Eichler (Hrsg.)

Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume

Nr. 6/1997

Chancen für eine nachhaltige Regionalentwicklung in altindustriellen Regionen unter

Berücksichtigung des Konzeptes des regionalen Lebenszyklus - das Beispiel Südraum Leipzig

(Dissertation)

Tillmann Scholbach

Arbeitsgruppe Regionale Zukunftsmodelle

Nr. 7/1997

**2. Leipziger Symposium „Ökologische Aspekte der Suburbanisierung“
Tagungsband der Veranstaltung am 13.6. und 14.6.96**

J. Breuste

Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 8/1997

**Soziologisch-, ökonomisch- und ökologisch lebensfähige Entwicklung
in der Informationsgesellschaft**

Wolf Dieter Grossmann, Stefan Fränzle, Karl-Michael Meiß, Thomas Multhaup, Andreas Rösch
Arbeitsgruppe Regionale Zukunftsmodelle

Nr. 9/1997

**Untersuchungen in Enclosures und im Freiwasser des Arendsees (Altmark): Mikrobielles
Nahrungsnetz, Zoo- und Phytoplankton in einem cyanophyteen-dominierten eutrophen See
(Dissertation)**

Jörg Tittel

Sektion Gewässerforschung

Nr. 10/1997

Einfluß von Standort und Bewirtschaftung auf den N-Austrag aus Agrarökosystemen

U. Franko, S. Schenk, D. Debevc, P. Petersohn, G. Schramm

Sektion Bodenforschung

Nr. 11/1997 (Dissertation)

**Der Einfluß von Immissionen auf ausgewählte Insektengruppen
(Homoptera, Auchenorrhyncha; Coleoptera, Carabidae) verschiedener Trophieebenen
(Dissertation)**

Sabine Neumann

Sektion Bodenforschung

Nr. 12/1997

**Optimierung umweltverträglicher Analysenverfahren für Mineralölkohlen-wasserstoffe im
Boden**

H. Borsdorf, J. Flachowsky

Sektion Analytik

Nr. 13/1997

**Alternativer Landschaftsplan für eine kleine attraktive Stadt in der Informationsgesellschaft -
Beispiel Visselhövede**

Wolf Dieter Grossmann, Karl-Michael Meiß, Stefan Fränzle, Thomas Multhaup

Donald F. Costello, Frank Simon, Michael Sorkin

Arbeitsgruppe Regionale Zukunftsmodelle

Nr. 14/1997

**Untersuchungen zum Eintrag von Polycyclischen aromatischen Kohlen-wasserstoffen (PAK)
über den Luftpfad in ländlichen Gebieten des Raumes Halle/Sachsen (Dissertation)**

Katja Schäfer†

Sektion Bodenforschung

Nr. 15/1997

Schwermetallgehalte der Böden im mitteldeutschen Ballungsraum - ein Überblick

Manfred Altermann, Reinart Feldmann, Michael Steininger

Büro für Bodenökologie, Bodenkartierung, Bodenschutz Halle

UFZ, Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume

Martin-Luther-Universität Halle Wittenberg, Institut für Agrartechnik und Landeskultur

Nr. 16/1997

Aspekte der Sozialverträglichkeit der Mobilitätsentwicklung in Leipzig

E. Geisler

Universität Leipzig, Interdisziplinäres Institut für Natur- und Umweltschutz
UFZ, Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 17/1997

¹⁵N-Traceruntersuchungen zur Nitrifikation/Denitrifikation, insbesondere zur Bildung von Stickstoffoxiden in Böden und wässrigen Medien (Dissertation)

Inken Sich

Sektion Bodenforschung

Nr. 18/1997

The influence of soil organic matter (SOM) on the accumulation and transformation of inorganic and organic pollutants

E. Schulz, E.-M. Klimanek, M. Körschens, N.A. Titova, L.S. Travnikova, B.M. Kogut,

V.A. Bol'schakov, Z.N. Kachnovic, S.J. Sorokin, T.N. Avdeeva, S.P. McGrath

UFZ, Department of Soil Sciences

Rothamsted Experimental Station Registered Office, Department Soil Chemistry

Dokutchaev Soil Science Institute, Department Soil Biology, Moscow

Nr. 19/1997

Die Vegetation als Senke und biochemischer Reaktor für luftgetragene Schadstoffe

Judwig Weißflog, Klaus-Dieter Wenzel

Sektion Chemische Ökotoxikologie

Nr. 20/1997

Mobilität und Bioverfügbarkeit luftgetragener Schadstoffe in emittentennahen Agrarböden Sachsen-Anhalts

Michael Manz

Nr. 21/1997

Bestimmung der Deposition von Fremd- und Schadstoffen in Kiefernforste mit Hilfe von Baumborke

Horst Schulz, Gernot Huhn, Uwe Schulz

Sektion Chemische Ökotoxikologie

Nr. 22/1997

Naturschutz in Bergbaufolgelandschaften des Südraumes Leipzig unter besonderer Berücksichtigung spontaner Sukzession

Walter Durka, Michael Altmoos, Klaus Henle

Sektion Biozönoseforschung

Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume

Nr. 23/1997

Reststoffe der Kupferschieferverschüttung

Teil 1: Mansfelder Kupferschlacken

Peter Schreck, Walter Gläßer (Hrsg.)

Sektion Hydrogeologie

Nr. 24/1997

Landschaftsstrukturen und Regulationsfunktionen in Intensivagrarlandschaften im Raum Leipzig-Halle.

Regionalisierte Umweltqualitätsziele - Funktionsbewertungen - multikriterielle

Landschaftsoptimierung unter Verwendung von GIS (Dissertation)

Burghard Meyer

Sektion Angewandte Landschaftsökologie

Nr. 25/1997

Vorkommen und Verteilung von toxisch relevanten organischen Komponenten und Schwermetallen in ausgewählten Untersuchungsgebieten

Peter Popp, Bernd Feist, Brigitte Niehus, Gisela Peklo, Uwe Thuß
Sektion Analytik

Nr. 26/1997

Mineralölbelastetes Grundwasser - Struktur, Dynamik, biochemisches Abbaupotential sowie Codierung und Verbreitung degradativer Leistungen in mikrobiellen Biozöosen dieses Ökosystems (Dissertation)

Antje Birger
Sektion Hydrogeologie
Sektion Umweltmikrobiologie

Nr. 27/1997

Sanierungsforschung in regional kontaminierten Aquiferen (SAFIRA)

Holger Weiß, Georg Teutsch, Birgit Daus (Hrsg.)
UFZ, Projektbereich Industrie- und Bergbaufolgelandschaften
Eberhard-Karls-Universität, Geologisches Institut

Nr. 1/1998

Experimentelle Tracerstudien und Modellierungen von Austauschprozessen in einem meromiktischen Restsee (Hufeisensee)

Manfred Maiss, Volker Walz, Michael Zimmermann, Johann Ilmberger, Wolfgang Kinzelbach, Walter Gläßer
Sektion Hydrogeologie

Nr. 3/1998

Untersuchungen zur elektrothermischen Verdampfung als Probenzuführungs-technik für die induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie (ETV-ICP-MS) unter besonderer Berücksichtigung der Transportphänomene (Dissertation)

Karsten Grünke
Sektion Analytik

Nr. 4/1998

Sorption von hydrophoben organischen Verbindungen an gelösten Huminstoffen (Dissertation)

Anett Georgi
Sektion Sanierungsforschung

Nr. 5/1998

**Rice Terraces of Ifugao (Northern-Luzon, Philippines)
- Conflicts of Landuse and Environmental Conservation**

Josef Settele, Harald Plachter, Joachim Sauerborn, Doris Vetterlein
UFZ, Interdisciplinary Department of Conservation Biology and Natural Resources
Philipps-University Marburg
Justus-Liebig-University Giessen
Brandenburg-Technical-University Cottbus

Nr. 6/1998

Landschaftsbewertung unter Verwendung analytischer Verfahren und Fuzzy-Logic

Ergebnisse des Workshops "Einsatzmöglichkeiten von Fuzzy Sets in der Landschaftsbewertung" vom 26. bis 28. Februar 1997 am UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

Ralf Grabaum und Uta Steinhard (Hrsg.)
Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume
Sektion Angewandte Landschaftsökologie

Nr. 7/1998

Wassergewinnung in Talgrundwasserleitern im Einzugsgebiet der Elbe

W. Nestler, W. Walther, F. Jacobs, R. Trettin, K. Freyer

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), LB Geotechnik und Wasserwesen

Technische Universität Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft

Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie

UFZ, Sektion Hydrogeologie, Sektion Analytik

Nr. 8/1998

Diversität und regionale Nachhaltigkeit: Entwicklungsperspektiven des Industriestandortes Böhlen

Irene Ring, Helga Horsch

Abteilung Ökologische Ökonomie und Umweltsoziologie an der Sektion Ökosystemanalyse

Nr. 9/1998

Interdependenzen von gebauter, sozialer und natürlicher Umwelt und deren Einfluß auf Wohnzufriedenheit und Selbsthaftigkeit

Quartiersbezogene stadtsoziologische Untersuchungen in Leipzig-Stötteritz im Rahmen des Themenschwerpunktes "Sozialräumliche Differenzierung und stadtökologischer Strukturwandel"

Abteilung Ökologische Ökonomie und Umweltsoziologie an der Sektion Ökosystemanalyse

Nr. 10/1998

Microbiology of Polluted Aquatic Ecosystems

Proceedings of the Workshop held on the 4th and 5th December 1997 at the UFZ Centre for Environmental Research

Leipzig-Halle

Petra Maria Becker (Editor)

Department of Remediation Research

Nr. 11/1998

Untersuchungen zum Boden/Pflanze - Transfer ausgewählter organischer Umweltschadstoffe in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften (Dissertation)

Kathrin Heinrich

Sektion Bodenforschung

Nr. 12/1998

Isotopenbiogeochemische Untersuchungen über Umsetzungsprozesse des Schwefels in Agrarökosystemen mittels der stabilen Isotope ^{34}S und ^{18}O (Dissertation)

Katrin Knief

Sektion Hydrogeologie

Nr. 13/1998

Leistungssteigerung bei der biologischen Bodenreinigung in Perkolationssystemen

Christian Löser, Andreas Zehnsdorf, Petra Hoffmann, Heinz Seidel

Sektion Sanierungsforschung

Nr. 14/1998

Qualitätszielkonzept für Stadtstrukturtypen am Beispiel der Stadt Leipzig

- Entwicklung einer Methodik zur Operationalisierung einer nachhaltigen Stadtentwicklung auf der Ebene von Stadtstrukturen -

Evelyne Wickop, Peter Böhm, Katrin Eitner, Jürgen Breuste

Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 15/1998

Bewertung von Maßnahmennotwendigkeiten des Umwelt- und Ressourcenschutzes im Raum Leipzig-Halle-Bitterfeld

Burghard C. Meyer, Rudolf Krönert

Sektion Angewandte Landschaftsökologie

Nr. 16/1998

Durchflußzytometrische Charakterisierung der Populationsdynamik von *Acinetobacter calcoaceticus* und *Ralstonia eutropha* (Dissertation)

Carsten Herrmann

Sektion Umweltmikrobiologie

Nr. 17/1998

Vom Individuum zur logistischen Gleichung - ein neues Verfahren zur Bestimmung der Populationsdynamik aus einem individuen-basierten Modell (Dissertation)

Lorenz Fahse

Sektion Ökosystemanalyse

Nr. 18/1998

Workshop-Bericht: **Bioremediation of polluted areas**

Luise Berthe-Corti (Hrsg.)

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Fachbereich 7

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

Nr. 19/1998

Geoökologische Bewertung urbaner Böden am Beispiel von Großsiedlungen in Halle und Leipzig -

Kriterien zur Ableitung von Boden-Umweltstandards für Schwermetalle und Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (Dissertation)

Martin Sauerwein

Projektbereich Urbane Landschaften

Nr. 20/1998

Methanmonooxygenase-Charakterisierung aus Typ II-Methanotrophen (Dissertation)

Stephan Große

Sektion Sanierungsforschung

Nr. 21/1998

12. Osnabrücker Umweltgespräch

Schnelle Vor-Ort-Analytik

Helko Borsdorf, Johannes Flachowsky

Sektion Analytik

Nr. 22/1998

2. Workshop **Huminstoffe**

Jürgen Pörschmann, Dieter Freitag, Frank-Dieter Kopinke (Hrsg.)

Sektion Sanierungsforschung

Nr. 23/1998

Third Workshop on Physical Processes in Natural Waters

31.8.-3.9.1998 in Magdeburg

Bertram Boehrer, Michael Schimmele

Sektion Gewässerforschung

Nr. 24/1998

Herkunft der balneologisch wertbestimmenden Eigenschaften in sächsischen Mineral- und Thermalwässern (Dissertation)

Kurt von Storch

Sektion Hydrogeologie

Nr. 25/1998

**Vorhersagbarkeit und Beurteilung der aquatischen Toxizität von Stoffgemischen
- Multiple Kombinationen von unähnlich wirkenden Substanzen in niedrigen
Konzentrationen -**

L. Horst Grimme, Rolf Altenburger, Thomas Backhaus, Wolfgang Bödecker, Michael Faust, Martin Scholze
Institut für Zellbiologie, Biochemie und Biotechnologie, Universität Bremen
UFZ, Sektion Chemische Ökotoxikologie

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Sektion Gewässerforschung
Brückstraße 3a
D-39114 Magdeburg
Telefon 0391/8109-101
Telefax 0391/8109-150