

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	7(2000), 1/2	S. 93–100	1 Kt., 3 Tab., 15 Lit.
----------------------------------	--------------	--------------	-----------	------------------------

## Untersuchungen an ausgewählten Standorten der Ziltendorfer Niederung vor und nach dem Oderhochwasser im Sommer 1997 mit Nachweis von Immissionsbelastungen

DIETER KÜHN, LUDGER ANDERS, KARL-HEINZ MORSTEIN & HELMUT BRANDT

### 1. Anlaß der Untersuchung

Das Oderhochwasser im Sommer 1997 hat u.a. die Frage aufgeworfen, inwieweit die teilweise durch nahegelegene Emittenten ohnehin belasteten Böden der Ziltendorfer Niederung durch sedimentierte Schadstoffe infolge der mehrwöchigen Überflutung zusätzlich belastet worden sind. Die hierüber geführten Diskussionen und Aussagen leiden sämtlich unter dem Mangel, daß der jeweilige exakte Ausgangszustand vor der Überflutung nicht bekannt ist und die Einschätzung der Veränderung eines etwaigen Belastungspotentials daher nur vager Natur sein kann. Durch den Umstand, dass ab Frühjahr 1997 in der Ziltendorfer Niederung Nachschätzungsarbeiten nach dem Bodenschätzungsgesetz durchgeführt wurden, ergab sich die günstige Gelegenheit, an ausgewählten, exakt eingemessenen Probenahmestellen zeitnah vor und nach der Hochwassereinwirkung und teilweise lageabhängig zu Emittenten gezielt Bodenuntersuchungen vornehmen und auswerten zu können. Hierüber soll im Folgenden berichtet werden.

### 2. Zum Sachverhalt

Bedingt durch umfassende Meliorationsmaßnahmen haben sich im Niederungsgebiet der Oder zwischen Eisenhüttenstadt im Süden und Brieskow-Finkenheerd im Norden, der sogenannten Ziltendorfer Niederung, bewertungsrelevante Veränderungen der Böden (Verbesserung der Wasserverhältnisse) und ihrer Nutzung (teilweise Umwandlung von Grünland in Ackerland) ergeben. Der Amtliche Landwirtschaftliche Sachverständige (ALS) des zu-

ständigen Finanzamtes, zu dessen Aufgaben auch die Durchführung der Bodenschätzung gehört, hat deshalb im Frühjahr 1997 für die landwirtschaftlich genutzten Flächen der Gemeinden in der Ziltendorfer Niederung ein Bodenschätzungsverfahren (Nachschätzung) nach § 12 BodSchätzG eingeleitet.<sup>1</sup>

In Vorbereitung der geplanten Nachschätzung in der Ziltendorfer Niederung waren Vergleichsstücke, die für die Erstschätzung im Jahre 1951 angelegt worden waren, zu überprüfen, gegebenenfalls zu verwerfen und neu anzulegen. Der ALS legte nach eingehender Überprüfung aufgrund der eingetretenen Veränderungen insgesamt sechs neue Vergleichsstücke als Stützpunkte der geplanten Schätzungsarbeiten in der Ziltendorfer Niederung (siehe Karte 1) zusätzlich an. Folgende Stücke wurden ausgewählt, eingemessen und in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe (LGRB)<sup>2</sup> beprobt und nach dem Regelwerk der Bodenschätzung einerseits (siehe Tab. 1) und bei der Wiederholungsbeprobung nach den Vorschriften der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage, Hannover 1994, kurz KA 4 (Ad-hoc-AG Boden 1994, Arbeitskreis Bodensystematik 1998) andererseits bewertet und kartiert (siehe Tab. 2).

Anhand der festgestellten Merkmale legen die Bodenschätzer mittels Grünland- bzw. Ackerschätzungsrahmen Boden- bzw. Grünlandzahlen fest, die eine Aussage über die Ertragsfähigkeit des Bodens gestatten und im übrigen als Bemessungsgrundlage für die Grundsteuer, als Orientierung für Festlegung von Pachtzinsen, Kaufpreise u.a. dienen.

<sup>1</sup> Mit den eigentlichen flächenhaften Schätzungsarbeiten sind sogenannte Schätzungsausschüsse betraut. Ein Schätzungsausschuß besteht aus dem ALS und zwei ehrenamtlichen Bodenschätzern. Der Schätzungsausschuß bewertet jeden einzelnen der normalerweise im 50 Meter-Raster angelegten Bohrpunkte durch Vergleich mit vom ehemaligen Reichsschätzungsbeirat, heute Bundesschätzungsbeirat, rechtsverbindlich bewerteten Musterstücken (durchschnittlich 400 m<sup>2</sup> große Bodenareale annähernd gleicher Bodenqualität). Die Zahl der in erreichbarer näherer Umgebung eines Bodenschätzungsobjektes gelegenen Musterstücke reicht insgesamt naturgemäß nicht aus, um die Böden einer Gemeinde in ihrer Vielfalt ausreichend bewerten zu können. Deshalb werden zusätzlich für die wichtigsten und besonders typischen Böden einer Gemeinde, wiederum im Vergleich mit entsprechenden Musterstücken, sogenannte Vergleichsstücke ausgewählt, beschrieben und bewertet.

<sup>2</sup> Zwischen den Bodenschätzern der Finanzverwaltung und den Bodengeologen des LGRB (zweier Institutionen der angewandten Bodenkunde in Brandenburg) besteht seit Jahren eine enge Zusammenarbeit zum gegenseitigen Nutzen. Während die Finanzverwaltung z.B. von der bodenkundlich modernen Ansprache und analytischen Untersuchung aller neu angelegten Vergleichs- und Musterstücke durch das LGRB profitiert, verwendet das LGRB die Ergebnisse der Bodenschätzung als zusätzliche und reichhaltige Datenquelle zur Absicherung eigener Tätigkeitsfelder. Geplant ist die Digitalisierung der Grablochbeschreibungen aus den sogenannten Feldschätzungsbüchern.

Tab. 1: Vergleichsstücke der Ziltendorfer Niederung<sup>3</sup>

Ifd. Nummer	Lage in der Gemeindeflur	Nutzungsart	Klassenzeichen	Bewertung	Termin der Probenahme	
					vor der Überflutung	nach der Überflutung
1	Brieskow-Finkenheerd	Grünland	L II a 3	49	30.05.1997	16.10.1997
2	Brieskow-Finkenheerd	Grünland	T III a 3	35	30.05.1997	16.10.1997
3	Wiesenaus	Ackerland	SI 4 A1	32/31	29.04.1997	19.09.1997
4	Wiesenaus	Ackerland	S 4 A1	25/24	29.04.1997	19.09.1997
5	Ziltendorf	Grünland	IS II a 2	49	29.04.1997	19.09.1997
6	Vogelsang	Ackerland	S 4 D	22/21	28.04.1997	19.09.1997

Die neu angelegten Vergleichsstücke sollten neben den vorhandenen Musterstücken bei den für den Spätsommer geplanten Schätzungsarbeiten als Wert- und Vergleichsmaßstab dienen. Diese Planung wurde durch die folgenden Naturereignisse jedoch gegenstandslos.

Nachdem infolge einer als "Vb-Wetterlage" bezeichneten charakteristischen Wettersituation im oberen Einzugsgebiet der Oder im Zeitraum von nur wenigen Tagen außergewöhnlich hohe Niederschläge von bis zu 1500 mm gefallen waren, entwickelte sich eine Hochwasserwelle mit auf polnischer Seite katastrophalen Folgen. Am 17. Juli erreichte eine erste Hochwasserwelle den Pegel Ratzdorf am Zusammenfluß von Oder und Neiße und damit deutsches Gebiet. Während in den folgenden Tagen die Deiche zu den Niederungsgebieten Oderbruch und Neuzeller Niederung erfolgreich gesichert werden konnten, kam es am 23. Juli zu dem ersten folgenschweren Deichbruch nördlich der Siedlung Aurith, in dessen Folge ca. 5000 ha fruchtbare Auenböden der Ziltendorfer Niederung überschwemmt wurden. Erst im September 1997 war die Niederung wieder vollständig trockengelegt.

Von den im Mai/Juni angelegten Vergleichsstücken waren Nummer 1, 2, 3, und 5 überflutet worden. Die Stücke 4 und 6 könnten lediglich vorübergehend durch zeitweilig erhöhten Grundwasserstand beeinflusst worden sein. Die Stücke 1 und 2 befinden sich an der tiefsten Stelle der Niederung (+ 22 m über NN) und waren demzufolge am längsten überflutet. Angemerkt sei auch, daß sich die Stücke 1 und 2 in unmittelbarer Nähe zum ehemaligen Heizkraftwerk Brieskow-Finkenheerd (Inbetriebnahme 1923) und das Vergleichsstück Nr. 6 nahe dem Eisenhüttenkombinat Ost (Inbetriebnahme 1953) in Eisenhüttenstadt befinden. Durch die über Jahrzehnte erfolgten Immissionen war also eine gewisse Vorbelastung von vornherein zu erwarten. Als Folge der Überstauung starb die Vegetation im Bereich der überfluteten Vergleichsstücke ab. Eine nennenswerte und

sichtbare Sedimentation von Schwebstoffen und Treibgut erfolgte nicht, abgesehen von sandigen Schwemmfächern unmittelbar an den Deichbruchstellen, weil der Deichbruch innerhalb des Hochwasserereignisses relativ spät erfolgte.

### 3. Bodenverhältnisse

Bevor auf die Ergebnisse der beiden Beprobungen eingegangen werden soll, werden im Folgenden die natürlichen Verhältnisse näher beschrieben. Die Karte 1 gibt einen Überblick über die Bodenverhältnisse der Ziltendorfer Niederung und der angrenzenden Gebiete. Sie wurde auf der Basis verschiedener z. T. großmaßstäbiger und sehr differenzierter Unterlagen für den Endmaßstab der Karte erstellt (Geologische Spezialkarte 1 : 25 000 Bl. 3753-3754 und 3853-3854, Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftliche Standortkartierung 1 : 100 000 Bl. 32 und 33, Bodenschätzungskarten 1 : 25 000 Bl. 3753-3754 und 3853-3854, Topographische Karte 1 : 25 000 Bl. 3753-3754 und 3853-3854). Damit kann der Naturraum hinreichend genau für die Bewertung der Eintragungssituation beschrieben werden.

Die Ziltendorfer Niederung südöstlich von Frankfurt ist eine Erweiterung der Oderaue westlich des Stromes. Sie wird westlich von einer Terrasse des Berliner Urstromtales begrenzt, die über 10 m höher als das Auenniveau gelegen ist. Die Terrassenkante zur Oderaue ist durch periglaziäre Prozesse zu einem meist flachen Hang verändert worden. Teilweise wird dieser morphologische Rand von Dünen bedeckt, die den Reliefunterschied zur Aue lokal wiederum verstärken.<sup>4</sup>

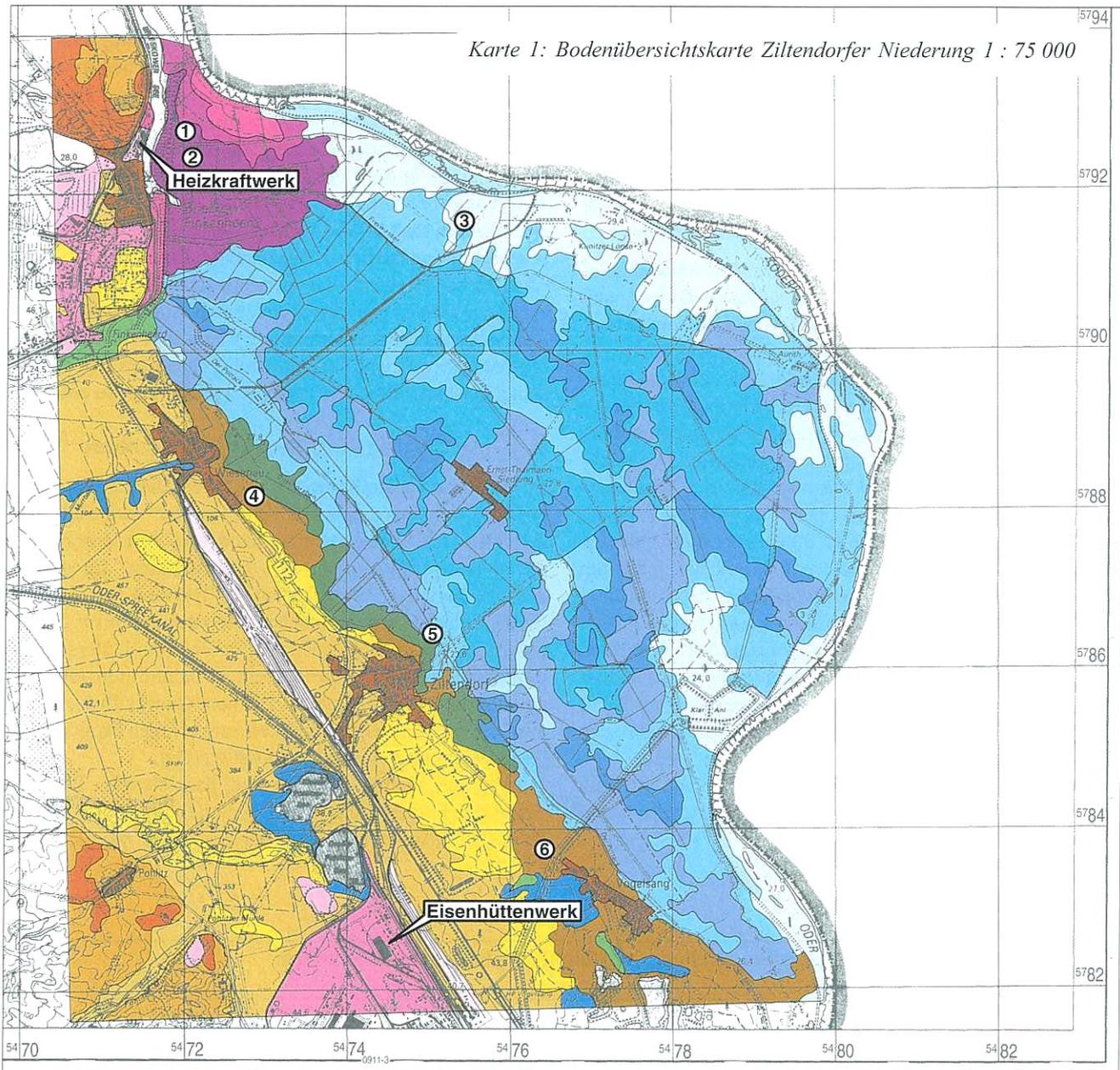
Die Substrate des Berliner Urstromtales bestehen überwiegend aus periglaziär überprägten Talsanden über reinen Talsanden. In ersteren konnte sich in der Regel eine Verbraunung bilden. Diese reicht bis in die Tiefe der periglaziären Überprägung (Hauptlagenmächtigkeit ca. 50 cm). Dieser Bereich ist durch Frostwechselprozesse klastisch aufbereitet und besitzt ferner geringe Mengen äolischer Komponenten,

<sup>3</sup> Nach den Vorschriften der Bodenschätzung (Arbeitsanleitung 1969) handelt es sich bei den Grünlandvergleichsstücken um Böden mit mittlerem (Bodenstufe II) bzw. schlechtem (Bodenstufe III) Aufbau. Bodenstufen (bei Ackernutzung Zustandsstufen) umreißen einen Komplex fruchtbarkeitsbestimmender Eigenschaften, der sich vereinfacht mit der Humosität und Tiefgründigkeit der Krume und Kontinuität der Horizontübergänge beschreiben läßt.

Die Klimastufe a besagt, dass es sich um Standorte mit einer Jahresmitteltemperatur >8°C handelt. Die Grünlandvergleichsstücke sind durch mittlere (Wasserstufe 3) und gute (Wasserstufe 2) Wasserverhältnisse charakterisiert.

Bei den drei Vergleichsstücken der Nutzungsart Acker handelt es sich neben der Bodenart Sand um Anlehmsand (SI). Sie wurden der Zustandsstufe 4 (grob vergleichbar der Bodenstufe II beim Grünland) zugeordnet. Sie sind im Holozän (A1) bzw. Pleistozän (D) entstanden.

<sup>4</sup> Die Terrassenkante war und ist ein bevorzugter Siedlungsraum. Auf ihr liegen die Siedlungen Brieskow-Finkenheerd, Wiesenaus, Ziltendorf und Vogelsang (siehe Karte 1). Nördlich von Eisenhüttenstadt verläuft der Strom der Oder direkt an dieser Terrassenkante, wodurch die Niederung im Süden abgeschlossen wird. Im Norden auf der Höhe des Ortsteiles Brieskow grenzt die Urstromtalterrasse als westlicher Auenrand an eine Hochfläche mit Geschiebelehmen. Südlich Frankfurt fließt die Oder direkt an dieser Hochfläche entlang und schließt die Niederung im Norden ab.



- 1 Vega-Gleye aus flacher Braunkohlenkraftwerksasche verbreitet über Auenlehmsand über tiefem Auensand und jeweils gering verbreitet über Auensandlehm über tiefem Auensand und über Auensand
- 2 Vega-Gleye aus flacher Braunkohlenkraftwerksasche verbreitet über Auenlehm über tiefem Auensand und jeweils gering verbreitet über Auensandlehm über tiefem Auensand und über Auenlehm-sand über tiefem Auensand
- 3 Vega-Gleye aus flacher Braunkohlenkraftwerksasche fast ausschließlich über Auenlehm- bis -schluffton über tiefem Auensand und selten über Auensandlehm über tiefem Auensand
- 4 Vega-Gleye aus überwiegend Auensand und gering verbreitet Auenlehmsand bis -sandlehm über Auensand
- 5 Vega-Gleye aus überwiegend Auenlehmsand über Auensand und gering verbreitet aus Auensand
- 6 Vega-Gleye aus überwiegend Auenlehmsand und gering verbreitet aus Auensandlehm über Auensand
- 7 Vega-Gleye aus überwiegend Auensandlehm über Auensand und gering verbreitet Auenlehm über Auensand
- 8 Vega-Gleye aus überwiegend Auenlehm über Auensand und gering verbreitet Auenlehmton über Auensand
- 9 fast ausschließlich Vega-Gleye aus Auenlehm- und -schluffton über Auensand und selten Erdnieder Moore aus Torf über Auensand
- 10 überwiegend Gleye aus Flußsand, gering verbreitet Gley-Braunerden aus Kryoturbsands über Urstromtalsand und selten Moorgleye aus flachem Torf über Flußsand
- 11 überwiegend Reliktgley-Braunerden und jeweils gering verbreitet Gley-Braunerden und vergleyte Braunerden aus Kryoturbsand über Urstromtalsand
- 12 verbreitet Erdnieder Moore aus Torf über tiefem Flußsand und jeweils gering verbreitet Gleye aus Flußsand und Moorgleye aus flachem Torf über Flußsand
- 13 fast ausschließlich Erdnieder Moore aus Torf über Auensand oder über tiefem Auensand
- 14 überwiegend podsolige Braunerden aus Flugsand und verbreitet podsolige Braunerden aus Flugsand über tiefem Urstromtalsand
- 15 fast ausschließlich podsolige Braunerden und gering verbreitet Braunerden aus Kryoturbsand über Schmelzwassersand
- 16 überwiegend podsolige Braunerden und jeweils gering verbreitet vergleyte podsolige Braunerden aus Kryoturbsand über Urstromtalsand sowie podsolige Braunerden aus Flugsand über tiefem Urstromtalsand
- 17 überwiegend Fahlerde-Braunerden aus Kryoturbsandlehm über Fließsandlehm über tiefem Grundmoränenlehmsand und gering verbreitet lessivierte Braunerden aus Kryoturbsandlehm über Schmelzwassersand
- 18 Lockersyrose überwiegend aus Kippsand über Urstromtalsand und verbreitet aus Kippschutt über Kippsand über tiefem Urstromtalsand
- 19 ausschließlich Regosole aus Kippsand
- 20 verbreitet Regosole aus Kippsand über Urstromtalsand und jeweils gering verbreitet Lockersyrose aus Kippschutt über Kippsand über tiefem Urstromtalsand, Pararendzinen aus schwach schutführendem Kalksand über Urstromtalsand sowie Versiegelungsfläche
- 21 verbreitet Braunerde-Hortisole aus Kryoturbsand über Urstromtalsand und jeweils gering verbreitet vergleyte Pararendzinen aus schwach grusführendem Kippkalksand über Urstromtalsand und Versiegelungsfläche
- 22 verbreitet Vega-Gley-Hortisole aus Auensandlehm über Auensand und jeweils gering verbreitet Pararendzinen aus schwach grusführendem Kippkalksand über Auensandlehm und Versiegelungsfläche

so dass dieser Bereich des Bodens stärker zur Verbraunung neigt. Im Bereich des Urstromtales sind die Böden meist grundwasserferner. Der Grundwasserspiegel befindet sich heute überwiegend mehrere Meter unter Flur. Im Bereich der abgeflachten Terrassenkante weisen die Böden reliktsche Vernäsungserscheinungen auf, die vermutlich noch aus den Zeiten regelmäßiger Überflutungen stammen. Denkbar ist aber auch ein spätglazialer/frühholozäner höherer Grundwasserstand im Urstromtal in der Nähe des Odertales vor dessen Eintiefung.

Die Substrate der Niederung wurden durch den Fluss abgelagert. Im Untergrund befinden sich in der Regel ältere Sande. Die Verteilung der charakteristischen Auenlehm- bis -tonbedeckung richtet sich nach dem Verlauf ehemaliger Altarme und der Entfernung zum heutigen Strom. Das heißt, die Fließgeschwindigkeiten bei früheren Überschwemmungen vor der Eindeichung bestimmten diese Verteilung. Mit zunehmender Entfernung vom Oderstrom nimmt der Tongehalt in der Auenlehmdecke schnell zu. Die Mächtigkeiten der Auenlehm- bzw. -tonbedeckung sind meist unter 1 m. BROSE 1998 hat die Verteilung von verschiedenen Substraten in der Oderaue beschrieben. Die sandigen Bereiche in Stromnähe sind durch die Uferwallbildung zu erklären. Im tieferen Untergrund unter dem bodenkundlichen Betrachtungsraum wechseln oft schluffig-tonige und sandige Ablagerungen der Oder. Nach einer maximalen Eintiefungsphase unmittelbar nach dem Eisrückzug über das Gebiet der heutigen Ostsee erhöhte sich mit dem Meeresspiegelanstieg die Erosionsbasis wieder. Die Auen wurden mit Sedimenten aufgefüllt.

Die Tabelle 2 klassifiziert die 6 untersuchten Standorte nach der KA 4 entsprechend den Beprobungsstandorten nach dem Hochwasserereignis.

Alle anderen Standorte weisen die für diesen Abschnitt des Odertales typische sandig-lehmige bis schluffig-tonige Substratbedeckung von Auensanden auf. Aufgrund der relativ niedrigen Niederschlagssummen dieser Region ist bei der Bodenbildung primär von einer Vergleyung auszugehen. Anzeichen für eine Pseudovergleyung sind aufgrund des relativ hohen Grundwasserstandes in der Oderaue nicht eindeutig erkennbar. Wie bereits oben erwähnt (Tab. 2), sind die Standorte 1 und 2 von einer flachen, stark kalkhaltigen Flugascheschicht bedeckt. Diese schluffig-sandige Braunkohlenkraftwerksasche besitzt neben dem typischen Kalkgehalt für derartige Immissionssubstrate die entsprechenden chemischen Verhältnisse. Auf den überfluteten Standorten und in ihrer Umgebung waren außer an den Deichbruchstellen während der Beprobung nach dem Hochwasser keine (klastischen) Sedimentationserscheinungen zu erkennen.

#### 4. Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Es muss vorangestellt werden, dass nicht die Ergebnisse eines von Anfang an geplanten Feldversuches vorgestellt werden. Bei der Erstuntersuchung handelt es sich lediglich um die routinemäßige Anlage von "Stützpunkten" für die Bodenschätzung bzw. Bodenkartierung. Die zum Zeitpunkt der Erstbeprobung vorgenommene Untersuchung mit z. T. relativ groben Nachweisgrenzen und im Sinne der Untersuchung einer Schadstoffbelastung nicht vollständigen Untersuchungspalette (auch ohne das Element Quecksilber), konnte aus Gründen der Vergleichbarkeit zum zweiten Probenahmeterrin nicht grundlegend geändert werden.

Vorweg soll auch erwähnt werden, dass dieselbe Probe im Sinne der Fragestellung nicht zweimal untersucht werden kann. Die Wiederholung ist nur auf einem möglichst nah

Tab. 2: Bodenformenansprache

Lfd. Nr.	bodensystem. Einh. (Subtyp)	substratsystem. Einheit (Subtyp)	verbale Bezeichnung der Bodenform
1	AB-GG	a-cus(Yab) \ fo-lt // fo-ss	Vega-Gley aus flachem Flugschluffsand (Braunkohlenkraftwerksasche) über Auenlehmton über tiefem Auenreinsand
2	AB-GG	a-cus(Yab) \ fo-ut // fo-ss	Vega-Gley aus flachem Flugschluffsand (Braunkohlenkraftwerksasche) über Auenschluffton über tiefem Auenreinsand
3	AB-GG	fo-ls // fo-ss	Vega-Gley aus Auenlehmsand über tiefem Auenreinsand
4	rGG-BB	pky-ss(Sp) / fu-ss	Reliktgly-Braunerde aus Kryoturbatreinsand (Geschiebedecksand*) über Urstromtalreinsand
5	GGa	fo-ll / fo-ss	Auengley aus Auennormallehm über Auenreinsand
6	rGGh	pky-ss(Sp) / fu-ss	Relikthumusgley aus Kryoturbatreinsand (Geschiebedecksand*) über Urstromtalreinsand

\* Synonyme Verwendung zu vergleichbaren Bodenausgangsgesteinen auf Hochflächen (i. w. Hauptlage bzw. periglazial überprägter Sand)

Die Standorte 4 und 6 befinden sich auf der abgeflachten Terrassenkante des Berliner Urstromtales am Rand der Oderaue. Es ist davon auszugehen, dass selbst durch das Hochwasser im Sommer 1997 der Grundwasserspiegel nicht die Höhe der reliktschen Gleymerkmale erreichte, da sich diese Böden ca. 3 bis 5 m über dem angrenzenden Niederungsniveau befinden. Diese angrenzenden Areale wurden nur flach überflutet.

(Dezimeterbereich) gelegenen Standort innerhalb eines Horizontes möglich. Aus der natürlichen Varianz der Bodendecke ergeben sich Unterschiede in den Analyseergebnissen, die wie unten beschrieben einen Vergleich hinsichtlich der Auswirkungen eines Hochwassers erschweren. Engräumig wechselnde Substratunterschiede können im Einzelfall für die Varianz einzelner Parameter größere Bedeutung haben als der diesbezügliche Einfluss durch Einträge eines Hochwassers.

Die Horizontsymbole wurden entsprechend den geltenden Nomenklaturen für die bodenkundliche Kartierung (Ad-hoc-AG Boden 1994, Arbeitskreis Bodensystematik 1998) bestimmt. Die Tabelle 3 enthält wesentliche Parameter, die anhand der Proben untersucht wurden. Andere ebenfalls analysierte Parameter wurden nicht aufgeführt, weil die Werte entweder unterhalb der Nachweisgrenzen für einzelne Elementgehalte nach der Bestimmungsmethode Königswasseraufschluß mit ICP-AES (Beispiel Cadmium  $< 0,2 \text{ mg/kg}$ ) liegen oder sich aus der räumlichen und vertikalen Verteilung der Gehalte keine sicheren Aussagen ableiten lassen. Die Beprobung erfolgte bis maximal 1 m unter Flur. Bei der Tiefenangabe in cm für den tiefsten Horizont in Tabelle 3 wurde deshalb  $> 100 \text{ cm}$  angegeben. Steht als letzte Tiefenangabe ein konkreter Wert, bedeutet dies, dass ein noch folgender Horizont nicht mehr beprobt wurde.

Schwerpunkt der Untersuchungen war ein *Vergleich* der Gehalte ausgewählter Elemente in den Böden der sechs Standorte *vor und nach* dem Hochwasserereignis und in Abhängigkeit zur Lage der Emittenten anhand von Vorsorgewerten (BACHMANN et al. 1997, PRÜß 1994), aber auch anhand natürlicher Gehalte vergleichbarer Böden (TERYTZE, K., KROSCHEL, P. & B.-D. TRAULSEN 1997).

Ein Vergleich mit Hintergrundwerten der natürlichen Gehalte der untersuchten Elemente Brandenburger Böden ist jedoch insofern problematisch, weil das in der Literatur vorgefundene Material jeweils nur begrenzte Vergleichsmöglichkeiten zuläßt. Offensichtlich ist eine hinreichende Aussagekraft im Sinne einer relevanten Vergleichsmöglichkeit nur bei Berücksichtigung weiterer Bodenparameter gegeben (Bodenart, mineralische Zusammensetzung, pH-Wert, Gehalt an organischer Substanz, geologische Herkunft des Materials, Nutzungsart, Horizont, anthropogene Vorbelastung usw.).

Ein Vergleich der gefundenen Werte mit Gehalten Brandenburger Böden ist daher anhand von Spannen der von TERYTZE, K., KROSCHEL, P. & B.-D. TRAULSEN 1997 in Böden des Spreewaldes festgestellten natürlichen Gehalte (getrennt nach Sandböden und Böden mit Tongehalt  $> 8 \%$ ) vorgenommen worden. Die Böden des Spreewaldes erscheinen hinsichtlich Entstehung und Aufbau zumindest näherungsweise mit den Böden der Ziltendorfer Niederung vergleichbar, obwohl bindige Böden (schwere Lehme und Tone) fehlen, die Untersuchungen sich offensichtlich nur auf den Ah-Horizont beziehen und auch im Spreewald durch den jahrzehntelangen Betrieb der Braunkohlenkraftwerke Lübbenau und Vetschau eine gewisse Vorbelastung zu erwarten ist.

Bei näherer Betrachtung der Analysenergebnisse muss zunächst herausgestellt werden, dass die erwartete Vorbelastung durch Emissionen des Heizkraftwerkes Brieskow-Finkenheerd und des Eisenhüttenkombinates Eisenhüttenstadt in der Tat auf den Standorten 1, 2 und 5 bei den Elementen Cr, V und Zn bestätigt werden kann. Es werden deutlich höhere Gehalte nachgewiesen, als sie vergleichbare Standorte in Brandenburg (TERYTZE, K., KROSCHEL, P. & B.-D. TRAULSEN 1997) aufweisen (Tab. 3).

Bei den genannten Elementen werden Vorsorgewerte erreicht, teilweise leicht überschritten. Eine erhebliche Belastung im Sinne einer vielfachen Überschreitung von Vorsorgewerten konnte nicht aufgefunden werden.

Der Arsengehalt in einigen Horizonten der Standorte 1 und 2 erreicht die Vorsorgewerte. In den oberen Horizonten der Standorte 5 und 6 sind auch die Gehalte des Elementes Blei erhöht. Allerdings sind diese beiden Standorte in der Nähe stark befahrener Straßen gelegen, so dass ebenso die Nachwirkungen der Nutzung bleihaltiger Kraftstoffe in Betracht gezogen werden müssen.

Bezogen auf die möglichen Auswirkungen durch Einträge des Hochwassers kann festgestellt werden, dass es keine sicheren Hinweise darauf gibt, dass sich Werte erhöht haben. Das Überschreiten der Nachweisgrenzen für das Element Nickel bei der zweiten Beprobung in den bindigen Horizonten der Vergleichsstücke 1 und 2 wird auf die o.a. Heterogenität des Standortes zurückgeführt. Bei den Böden der Standorte 1, 2, 3 und 5 müßten insbesondere im ersten Horizont Unterschiede zwischen den beiden Beprobungsergebnissen feststellbar sein. Teilweise liegen die neueren Werte sogar unterhalb der Erstbeprobung, was ebenfalls nur mit Unterschieden zwischen Erst- und Wiederholungsstandort zu erklären ist.

Es ist also positiv zu bewerten, dass sich aufgrund des Hochwasserereignisses keine zusätzlichen nachweisbaren Belastungen ergeben haben. Bei den Schwermetallen liegen nach der Ersten Verordnung zur Änderung der Klärschlammverordnung 1997 (EPA 1982) oder den Orientierungswerten nach (EIKMANN & KLOKE 1993) keine kritischen Wertüberschreitungen vor. Allerdings werden die nutzungs- und schutzgutbezogenen Orientierungswerte für eine multifunktionale Nutzung (Bodenwert I) bei den Elementen Chrom und Vanadium für die Standorte 1 und 2 im 2. oder 3. Horizont überschritten. Bei Vanadium wird sogar der Bodenwert II für landwirtschaftliche Nutzflächen ( $100 \text{ mg/kg}$  Boden) bei 2 Proben überschritten.

Anhand der Befunde lassen sich differenzierte Aussagen zum betrachteten Naturraum ableiten. 3 Phänomene, verbunden mit der Entwicklung des Naturraumes und seiner Nutzung, sind für die unterschiedlichen Gehaltssituationen im Betrachtungsraum verantwortlich:

- Auswirkungen der Auenlehmbildung,
- Unterschiede zwischen eigentlicher Aue mit Überflutungen und randlichen Terrassen
- anthropogene Einflüsse durch Kraftwerksimmissionen.

In Verbindung mit den anderen Bodeneigenschaften (Bodenart, pH-Wert,  $\text{CaCO}_3$ -,  $\text{C}_t$ -Gehalt und  $\text{KAK}_{\text{pot}}$ ) können Schlussfolgerungen zur potentiellen Verlagerung von kritischen Elementen abgeleitet werden. Auffällig ist, dass gerade bei den Standorten mit höheren Elementgehalten die bodenphysikalischen und bodenchemischen Eigenschaften einer Verlagerung eher entgegen stehen. Allerdings sind sie dadurch für die Nutzung relevanter.

In der Aue spiegeln sich die deutlichen vertikalen Substratunterschiede auch in den bodenchemischen Eigenschaften und Elementgehalten wider. So erfolgt bei allen vier Auenprofilen (1, 2, 3 und 5) ein deutlicher Gehaltsanstieg für die meisten Elemente von den Sanden im Untergrund zu den bindigeren Substraten, die die Sande bedecken. Im jeweils obersten Horizont ist in der Regel nochmals mit höheren Werten zu rechnen, wie dies die Standorte 3 und 5 teilweise belegen. Für die Standorte 1 und 2 trifft dies in gleicher Weise zu.

Tab. 3 Ausgewählte Analysewerte im Vergleich zu Vorsorgewerten und natürlichen Gehalten

Vgl. stück Nr.	Pro-Mo- nat Nr.	Horizont	Ul- Trefe cm	Bod- art	pH CaCl <sub>2</sub>	KAK Pot. mval/100g	C <sub>f</sub> Gehalt %	S c h w e r m e t a l l e <sup>1)</sup>																				
								Ar- sen Ana- lyse Vor- sorge wert	Ch- rom Ana- lyse Vor- sorge wert	Kup- fer Ana- lyse Vor- sorge wert	Ni- ckel Ana- lyse Vor- sorge wert	Bl- ei Ana- lyse Vor- sorge wert	Van- adium Ana- lyse Vor- sorge wert	Zi- nk Ana- lyse Vor- sorge wert														
1 (3)	1	rAh	20 n.b.		7,75		12,37	8	15	4,5	30	15-30	12	20	13-30	-5	15	2-11	17	40	10-50	45	100	13-35	54	60	27-170	
	2	rApr+Go	50 Tu2		7,09		1,81	17	17	4,5	85	100	15-30	22	60	13-30	-5	70	2-11	39	100	10-50	118	100	13-35	107	200	27-170
	3	rGo	90 Li2		7,02		0,46	15	17	4,5	49	60	15-30	-10	40	13-30	-5	50	2-11	19	70	10-50	71	100	13-35	39	150	27-170
	4	Go	>100 Ss		7,20		-0,09	-3	6	4,5	8	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	6	40	5-30	6	100	4-24	-5	60	12-55
1,1	1	rAp1	10 Su4*		7,73	43,0	12,57	12	15	4,5	31	30	15-30	-10	20	13-30	-5	15	2-11	7	40	10-50	41	100	13-35	42	60	27-170
	2	rApr+Go1	50 Li3		7,69	41,8	10,90	6	15	4,5	25	30	15-30	-10	20	13-30	-5	15	2-11	7	40	10-50	55	100	13-35	36	60	27-170
	3	rGr	80 Li2		7,12	33,6	1,82	14	17	4,5	83	60	15-30	19	40	13-30	20	50	2-11	40	70	10-50	96	100	13-35	100	150	27-170
	4	rGr+Go	105 Si3		7,12	26,2	0,40	14	17	4,5	52	60	15-30	-10	40	13-30	13	50	2-11	18	70	10-50	66	100	13-35	38	150	27-170
2 (3)	1	rAh	15 n.b.		7,55		12,38	15	15	4,5	40	30	15-30	19	20	13-30	-5	15	2-11	28	40	10-50	16	100	13-35	11	60	27-170
	2	rM+Go	35 Tu3		6,84		0,96	9	17	4,5	82	100	15-30	18	60	13-30	-5	70	2-11	27	100	10-50	118	100	13-35	106	200	27-170
	3	rM+Gr	85 Li2		6,89		0,63	-3	17	4,5	7	60	15-30	-10	40	13-30	-5	50	2-11	-5	70	10-50	-5	100	13-35	-5	150	27-170
	4	Gr	>100 Ss		6,74		-0,09	5	6	4,5	72	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	2-11	23	40	5-30	81	100	4-24	45	60	12-55
3 (4)	1	rAh	15 Su4*		7,65	45,6	13,47	6	15	4,5	27	30	15-30	14	20	13-30	-5	15	2-11	17	40	10-50	32	100	13-35	56	60	27-170
	2	rM+Go1	35 Li3		6,87	33,7	1,74	11	17	4,5	85	60	15-30	19	40	13-30	25	50	2-11	44	70	10-50	96	100	13-35	116	150	27-170
	3	rM+Go2	55 Li2		6,59	33,3	0,88	12	17	4,5	83	60	15-30	13	40	13-30	26	50	2-11	26	70	10-50	93	100	13-35	107	150	27-170
	4	rM+Gr	90 Li2		6,82	27,1	0,66	3	17	4,5	70	60	15-30	-10	40	13-30	17	50	2-11	28	70	10-50	89	100	13-35	80	150	27-170
	5	Gr	>100 Ss		6,91	4,9	0,16	-3	6	4,5	10	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	7	60	5-30	19	100	4-24	9	60	12-55
4 (11)	1	rAh	25 Si3		5,02		1,29	5	15	4,5	27	30	15-30	-10	20	13-30	-5	15	2-11	16	40	10-50	25	100	13-35	34	60	27-170
	2	rGo	55 Ss		5,43		0,12	-3	6	4,5	12	30	02-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	6	40	5-30	11	100	4-24	7	60	12-55
	3	Go	>100 Ss		5,23		-0,09	-3	6	4,5	-5	30	02-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	9	40	5-30	7	100	4-24	7	60	12-55
	4	rGo+Ap	25 Su2		5,41	13,0	1,24	4	6	4,5	22	30	15-30	-10	20	13-30	-5	15	2-11	17	40	10-50	18	100	13-35	36	60	27-170
5 (6)	1	rGo	55 Ss		5,65	2,2	-0,09	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	7	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55
	2	rGr+Go	75 Su2		4,47		0,24	-3	6	4,5	21	30	15-30	-10	20	13-30	-5	15	2-11	11	40	10-50	15	100	13-35	17	60	27-170
	3	Ah	25 Ss		3,94		0,60	-3	6	4,5	-5	30	15-30	13	20	5-15	-5	15	1-9	16	40	23	-5	100	4-24	14	60	12-55
	4	rGo	40 Ss		4,31		0,18	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	7	40	5-30	-5	100	4-24	7	60	12-55
6 (11)	1	rGo	60 Ss		4,68		-0,09	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	6	40	5-30	6	100	4-24	7	60	12-55
	2	Go	>100 Ss		4,87		-0,09	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	9	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55
	3	rAp	25 Ss		4,04		0,59	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	18	40	5-30	9	100	4-24	11	60	12-55
	4	rGo+Ah+Bv	40 Ss		4,33		0,24	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	10	40	5-30	9	100	4-24	9	60	12-55
7 (6)	1	rGo	65 Ss		4,83		0,10	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	-5	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55
	2	rGr+Go	>100 Ss		4,74		-0,09	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	-5	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55
	3	Ah	15 Si4		4,92		2,83	7	15	4,5	38	30	15-30	13	20	13-30	-5	15	2-11	34	40	10-50	39	100	13-35	87	60	27-170
	4	rGo+Ap	25 Si3		5,12		2,03	7	17	4,5	49	60	15-30	12	40	13-30	-5	15	2-11	20	40	10-50	62	100	13-35	83	60	27-170
8 (11)	1	Go	50 Ss		5,08		0,13	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	5	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55
	2	Gr	>100 Ss		5,34		-0,09	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	5	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55
	3	Go+Ah	10 Si3		5,45	24,8	2,59	7	15	4,5	36	30	15-30	14	20	13-30	-5	15	2-11	29	40	10-50	39	100	13-35	83	60	27-170
	4	Go+rAp1	20 Si3		5,54	24,5	2,76	6	15	4,5	38	30	15-30	13	20	13-30	-5	15	2-11	26	40	10-50	46	100	13-35	78	60	27-170
9 (11)	1	Go+rAp2	35 Si3		5,27	24,9	2,01	6	17	4,5	38	60	15-30	-10	40	13-30	-5	15	2-11	23	40	10-50	48	100	13-35	72	60	27-170
	2	Gr	80 Ss		5,11	1,7	-0,09	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	-5	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55
	3	Go	>100 Ss		5,50	0,8	-0,09	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	-5	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55
	4	Ah	30 Ss		6,48		0,67	5	6	4,5	6	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	58	40	5-30	-5	100	4-24	34	60	12-55
10 (11)	1	Ah+Go	50 Ss		6,26		0,14	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	-5	40	5-30	8	100	4-24	-5	60	12-55
	2	rGo	>100 Ss		6,19		-0,09	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	-5	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55
	3	rGo+Ap	30 Ss		6,08	6,0	0,61	-3	6	4,5	12	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	19	40	5-30	-5	100	4-24	36	60	12-55
11 (11)	1	rGhor+Ap	40 Ss		6,10	2,3	0,13	-3	6	4,5	9	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	-5	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55
	2	rGhor	60 Ss		6,13	1,2	-0,09	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	5	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55
	3	rGhor	60 Ss		6,13	1,2	-0,09	-3	6	4,5	-5	30	2-15	-10	20	5-15	-5	15	1-9	5	40	5-30	-5	100	4-24	-5	60	12-55

<sup>1)</sup> Der Gehalt des Elementes Cadmium lag stets unterhalb 0,2 mg/kg  
<sup>2)</sup> Perzentilwert 90  
 \* Feldansprache der Bodenarten  
 n. b. = nicht bestimmt  
 Minus und Ziffer = unterhalb dieser Nachweishgrenze  
 ( ) Nummer der Legendeinheit in der Karte

Allerdings ist das oberste Substrat anderer Genese (Braunkohlenkraftwerksasche). Deshalb sind im Gegensatz zu den Standorten 3 und 5 die Werte der ersten Horizontproben deutlich höher. Bei genauerer Betrachtung fällt auf, daß einerseits die erhöhten Werte (z. B. As, Cr, Zn) auch noch unterhalb der Flugasche anzutreffen sind und andererseits diese teilweise im Substrat unterhalb der Flugasche diese sogar höher sind als in der Flugasche selbst. Folgende Interpretation scheint wahrscheinlich. In der ersten Zeit der Ascheimmissionen wurden diese durch die Bewirtschaftung in den Boden eingearbeitet. Erst nach einem Nutzungsartenwechsel von Ackerland zu Grünland konnte sich das oberste Substrat mit seinen besonderen Eigenschaften bilden. Dies erklärt jedoch noch nicht, weshalb einige Elementgehalte unterhalb der Flugasche höher sind. Eigentlich müßten aufgrund des Verdünnungseffektes beim ehemaligen Einpflügen von Immissionen im Boden die Gehalte unterhalb der heutigen Flugasche niedriger sein. Wegen der bodenphysikalischen und insbesondere der bodenchemischen Eigenschaften dieser Horizonte kann eine vertikale Verlagerung und damit eine Anreicherung weitgehend ausgeschlossen werden. Die Zusammensetzung der Immissionen hat sich ab ca. 1955 (etwa auch Zeitpunkt des Nutzungsartenwechsels) geändert. Die bis dahin verfeuerte Kohle aus dem Tagebau Helene/Katja westlich des Kraftwerkes wurde durch Kohle aus der Lausitz abgelöst. Das Element Nickel tritt nur bei diesen beiden Standorten und nur im Substrat unterhalb der Flugasche auf, was die unterschiedliche Zusammensetzung von Immissionen im Verlaufe der Zeit belegt. Immissionen aus der ab 1953 betriebenen Eisenverhüttung nahe Eisenhüttenstadt haben die Gehalte der Standorte 1 und 2 kaum beeinflusst, da die zur Eisenverhüttung näher gelegenen Standorte 4 bis 6 wesentlich niedrigere Werte entsprechender Elemente in den obersten Horizonten aufweisen.

Ein geringer anthropogener Eintrag erfolgt stets mit der Bewirtschaftung. Die Werte aus der Ackerkrume der Standorte 4 und 6 belegen, ähnlich den entsprechenden Werten des Standortes 5, Immissionen der Eisenverhüttung. Bei den von Natur aus sehr gehaltsarmen Urstromtalsanden dokumentiert sich der Nutzungs- oder Immissionseintrag im Ap-Horizont. Einflüsse aus der Aue oder durch Kraftwerksasche aus Brieskow-Finkenheerd sind nicht sicher nachweisbar.

## 5. Organische Belastungssituation

Im Rahmen von Untersuchungen durch die Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Analytik, zu den Auswirkungen des Sommerhochwassers 1997 an der Oder wurden in ausgewählten Boden- und Sedimentproben neben den Gehalten anorganischer Stoffe (Schwermetalle, Nährstoffe) auch die Konzentrationen von Organika wie z. B. polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK nach EPA 1982), Pflanzenschutzmittel (PSM)-Rückstände etc. bestimmt. Hierzu wurden von den überfluteten Flächen Bodenmischproben aus den Tiefenbereichen 0 - 10 cm bzw. 10 - 30 cm entnommen. Außerdem wurden zur Beschreibung der Ausgangssituation Untersuchungen an Proben von Vergleichsstücken vorgenommen.

Neben der Stoffgruppe der PAK konnten weder PSM-Rückstände noch andere Organika in relevanten Konzentrationen in den untersuchten Bodenproben nachgewiesen werden.

Die Gehalte an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in den Proben der Vergleichsstücke lagen zwischen 0,17 mg/kg TS und 1,56 mg/kg TS. Auffällig sind 2 Befunde in der Nähe des ehemaligen Heizkraftwerkes Brieskow-Finkenheerd, wo neben hohen Gehalten an organischer Substanz (21,6% bzw. 22,4%) PAK-Gehalte von 1,5 mg/kg TS und 1,56 mg/kg TS nachgewiesen wurden. Beide Befunde weichen von der allgemeinen PAK-Belastung in dieser Region (durchschnittliche PAK-Gehalte nach dem Hochwasser 0,67 mg/kg TS) ab (ANDERS & DINKELBERG 1998).

## Zusammenfassung

Im Rahmen von Nachschätzungsarbeiten der Bodenschätzung wurde im Frühjahr 1997 vor dem Oderhochwasser eine Beprobung von Böden der Ziltendorfer Niederung durchgeführt. Nach dem Hochwasser wurde die Gelegenheit einer Zweitbeprobung genutzt, um mögliche Veränderungen nachzuweisen. Nachweisbar waren Schwermetallbelastungen durch Immissionen in der Nähe des Heizkraftwerkes Brieskow-Finkenheerd, die bereits vorher existierten. Ein Vergleich der Analyseergebnisse vor und nach dem Hochwasser läßt keine Schlußfolgerungen über erhöhte Einträge der untersuchten Stoffe zu.

## Summary

Samples were collected in a part of flood land of the river Odra so called Ziltendorfer Niederung during a repetition of soil taxation in springtime 1997 shortly before the flood was coming in. The occasion of another sampling was used after the flood. The aim was to find quantitative changes of different anorganic and organic components especially heavy metals. But a flood-caused increase of contaminants could not be evidenced. Higher charges of heavy metals were proved only by emission of a nearby power station, for a long time known. The comparison of analyses of samples taken before and after the flood do not permit to deduce on an increased input of studied components.

## Literatur:

- AD-HOC-AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 4. Aufl., Hannover
- ANDERS, L. & W. DINKELBERG (1998): Auswirkungen des Sommerhochwassers der Oder auf Stoffgehalte überschwemmter Böden. – Wasser und Boden, 50, S. 22-25, Berlin
- Arbeitsanleitung „Neues Feldschätzungsbuch“ Stand 08. Juli 1996, Arbeitsmaterial der Finanzverwaltung
- ARBEITSKREIS BODENSYSTEMATIK (1998): Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands. – Mitt. d. Dtsch. Bodenkundl. Gesell. 86, S. 1-180, Oldenburg
- BACHMANN, G., BANNICK, C.-G., GIESE, E., GLANTE, F., KIENE, A., KONIETZKA, R., RÜCK, F., SCHMIDT, S., TERYTZE, K. & D. V. BORRIES, (1997): Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes. – In: Rosenkranz, D.; Bachmann, G.; Einsele, G. und Harreß, H.-M. (1988): Bodenschutz – Ergänzbare Handbuch für Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, Bd. 2. – 3500 S., Berlin (Erich Schmidt)

- BROSE, F. (1998): Genese holozäner Flußauen, dargestellt am Beispiel des unteren Odertales. – Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, 5, 1, S. 7-13, Kleinmachnow
- EIKMANN, T. & A. KLOKE (1993): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden. – In: ROSENKRANZ, D., BACHMANN, G., EINSELE, G. & H.-M. HARREß (1988): Bodenschutz – Ergänzendes Handbuch für Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, Bd. 2. – 3590 S., Berlin
- EPA (Environmental Protection Agency) (1982): Pesticide Assessment Guidelines Standards, Subdivision N, Section 163: Mobility Studies, Chemistry: Environmental Fate. – Office of Pesticides and Toxic Substances, Washington, D.C.
- Erste Verordnung zur Änderung der Klärschlammverordnung. – Bundesgesetzblatt, 1997, Teil I Nr. 15, ausgegeben zu Bonn am 14.3.1997
- Geologische Karte der DDR 1 : 25 000, Blätter Nr. 3753-3754, 3853-3854. – ZGI, Berlin
- Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung 1 : 100 000, Blätter Nr. 32, 33
- PRÜEß, A. (1994): Einstufung mobiler Spurenelemente in Böden. – In: ROSENKRANZ, D., BACHMANN, G., EINSELE, G. & H.-M. HARREß (1988): Bodenschutz – Ergänzbare Handbuch für Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, Bd. 2. – 3500 S., Berlin (Erich Schmidt)
- Bodenschätzungskarten 1 : 25 000, Blätter Nr. 3753, 3754, 3853, 3854
- RÖSCH, A. & KURANDT, F. (1950): Bodenschätzung. – Berlin (Carl Heymanns)
- TERYTZE, K., KROSCHEL, P. & B.-D. TRAULSEN, (1997): Quecksilberbelastungen der Böden des Biosphärenreservates Spreewald und deren Transfer in Pflanzen. – Bodenschutz, 2, 3, S. 83 ff
- Topographische Karte 1 : 25 000, Blätter Nr. 3753, 3754, 3853, 3854

Anschrift der Autoren:

Dr. Dieter Kühn  
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe  
Brandenburg  
Stahnsdorfer Damm 77  
14532 Kleinmachnow

Dr. Karl-Heinz Morstein  
Oberfinanzdirektion Cottbus  
Am Nordrand 45  
03050 Cottbus

DL Helmut Brandt  
Finanzamt Frankfurt/O.  
Müllroser Chaussee 53  
15230 Frankfurt/O.

Dr. Ludger Anders  
Landesanstalt für Landwirtschaft  
Templiner Str. 21  
14473 Potsdam

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, No. 145