

Übertragbarkeit von stabilen und dynamischen Eigenschaften von Auenböden mit Hilfe von Kenntnissen über deren Verbreitung

Jörg Rinklebe, Christa Franke, Kathrin Heinrich, Christoph Helbach, Heinz-Ulrich Neue

1 Grundzüge der Verbreitung von Auenböden der Elbe

Die Bodenverbreitung der Auenlandschaften „Schöneberger Wiesen“ bei Steckby, der „Schleusenheger Wiesen“ bei Wörlitz im Biosphärenreservat Mittlere Elbe sowie „Dornwerder“ bei Sandau im Landschaftsschutzgebiet „Untere Havel“ wurde im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojektes „Übertragung und Weiterentwicklung eines robusten Indikationssystems für ökologische Veränderungen in Auen“ (RIVA) beispielhaft erkundet. Detaillierte Kartenrecherchen und Vorerkundungsarbeiten führten zur Konzeptbodenkartenerstellung (RINKLEBE UND NEUE 1999). Im Zuge umfangreicher Bodenkartierungen wurden Bodenformenkarten nach der gültigen deutschen Bodenklassifikation (KA 4 1994 und ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT 1998) angefertigt.

Generell finden sich am ufernahen Elbbereich Sapropelle aus Organomudden, Ramblen und Paternien bis Gley-Paternien aus Auensand. Auf den unteren Elbterrassen werden große Flächenareale von vergleyten Tschernitzen aus Auenschluffen eingenommen. Eine nahezu flächenhafte Auenlehmdecke überzieht die Gebiete, es dominieren Vegen aus Auenlehm. Die Randbereiche der Flutrinnen werden aus Bodengesellschaften von Gley-Vegen und Vega-Gleyen aus Auenlehm gebildet. In den Flutrinnen finden sich Gleye aus Auentonschluffen bis Auenschlufflehm. Stellenweise konnten sich Pelosol-Gleye und Pseudogley-Gleye aus Auentonen bilden (weiter führende Details siehe RINKLEBE ET AL. 2000A,B,C,D).

2 Standorte und Methoden

In den drei RIVA -Untersuchungsgebieten wurden die 60 Probeflächen feldbodenkundlich bis 1 m Bodentiefe erkundet, beschrieben, die Bodenart mit der Fingerprobe bestimmt und nach der ARBEITSGRUPPE BODEN (1994) (KA 4) und dem ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT (1998) nach Bodenformen klassifiziert. (Detaillierte Standortbeschreibungen finden sich in FRANKE UND NEUMEISTER, 1999 und RINKLEBE ET AL. 1999A,B, 2000A,B,C). Der Oberboden (0 – 20 cm) wurde bodenkundlich beprobt und laboranalytisch der pH-Wert (in KCl-, CaCl_2 -Lösung und destilliertem H_2O), die C_t , N_t -Gehalte (mittels C/N/S-Analyser, Vario EL Heraeus), die P_{DL} , K_{DL} -Gehalte (nach HBU 2000) und die Zn_t , Cd_t , Pb_t , Cu_t , Ni_t , Cr_t , Fe_t , Mn_t , Al_t , Na_t , K_t , Ca_t und Mg_t -Gehalte (mittels Flammen-AAS) sowie die elektrische Leitfähigkeit gemessen. Die Wassergehalte im pF-Bereich ($\text{pF} = \log \text{ cm Wassersäule}$) 1,8, 2,5 und 3,0 wurden mit einer Druckmembranapparatur bestimmt. Die Messung der Wassergehalte für den pF-Wert 4,2 (15 bar) erfolgte an gestörten Flachzylinderproben im Hochdruckapparat. Die statistischen Verrechnungen erfolgten mittels des Programmpaketes SPSS 7,5 FÜR WINDOWS (1997).

Die bodenhydrologischen Intensivmessplätze beinhalten in jedem Messfeld eine tensionsgesteuerte Saugkerzenanlage, an welcher in jeweils drei Tiefen (jeweils Horizontmitte nach der bodenkundlichen Ansprache der Bodenprofile) und drei Replikationen Bodenlösung gewonnen wird, an denen Nährstoffkonzentrationen im Labor analysiert wurden. Außerdem werden die Bodenfeuchte, das Matrixpotenzial und die Bodentemperatur in drei Replikationen per Datenlogger aufgezeichnet. Tab. 1 zeigt die mit den Intensivmessplätzen erfassten Bodenformen von Auenböden der Elbe, die Messtiefen sowie das Messprogramm.

Tab. 1. Ausstattung der Bodenhydrologischen Messplätze auf den Schleusenheger Wiesen in der Elbaue bei Wörlitz sowie die erfassten Auenbodenformen

Bodenform	Messgröße	Bodentiefe [cm]
Pseudogley - Gley aus Auenschluffton über Auensand	Bodentemperatur (PT 100) Bodenfeuchte (TDR) Saugspannung (Tensiometer) Bodenlösung (Saugkerzen)	30, 60, 100
Vega aus Auensandlehm	Bodentemperatur (PT 100) Bodenfeuchte (TDR) Saugspannung (Tensiometer) Bodenlösung (Saugkerzen)	20, 70, 90
Tschernitza aus Auenschluff	Bodentemperatur (PT 100) Bodenfeuchte (TDR) Saugspannung (Tensiometer) Bodenlösung (Saugkerzen)	30, 70, 90

3 Möglichkeiten der Übertragbarkeit von stabilen Eigenschaften von Auenböden der Elbe

Einen Überblick über die Grundzüge der Verbreitung von Böden in der Landschaft ist mittels Kartenrecherchen für einen Sachkundigen relativ einfach zu gewinnen. In den Geologischen Landesämtern liegen Bodenkarten (Reichsbodenschätzung, **Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Kartierung (MMK)**, Bodenübersichtskarten und diverse weitere Bodenkarten) sowie geologische Karten vor; diese sind prinzipiell verfügbar. Obwohl Bodenformen einen Komplex bodenökologischer Eigenschaften integrieren, unterscheiden sie sich durch bestimmte Bodeneigenschaften voneinander. Können diese Unterschiede anhand feldbodenkundlich oder laboranalytisch messbarer Parameter quantifiziert werden, so ist es möglich, den Bodenformen spezielle Eigenschaften zuzuordnen. Zum Beispiel weisen Tschernitzen aus Auenschluffen hohe Humus- Nähr- und Schadstoffgehalte auf. Sind also Informationen über deren Verbreitung verfügbar, sind an diesen Standorten ähnliche Eigenschaften zu erwarten; es ist eine Prognose möglich. Die Bodenkarten geben über die Verbreitung von Bodenformen oder Bodentypen in der Landschaft Auskunft. Mit Hilfe der Karten können so Bodeneigenschaften anderer Auenökosysteme prognostiziert werden. Kenntnisse über das Bodeninventar und seine Bodeneigenschaften sind hierfür Voraussetzung. Folglich ermöglicht die Kenntnis über die Verbreitung von Bodenformen eine Übertragbarkeit von Bodeneigenschaften auf Auenböden anderer Standorte. (FRANKE ET AL. 1999, 2000; RINKLEBE ET AL. 2000B,C).

Zunächst wurden die Bodenformen der UG und deren Eigenschaften erfasst. Mit den Flächen deckenden bodenkundlichen Kartierungen sind 13 Bodenformen von Auenböden ausgewiesen (Tab. 1). Nach den Regeln der ARBEITSGRUPPE BODEN (1994) (KA 4) und dem ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT (1998) erfolgte eine Aggregation der Bodenformen (Tab. 2).

Nährstoffe und Schwermetalle im Boden werden vorrangig an Ton und Kohlenstoff sorbiert. Exemplarisch wurde der P_{DL} -Gehalt ausgewählt und hier dargestellt (Abb. 1 – 3).

Tab. 2. Aggregierung von Auenbodenformen

Ursprüngliche Bodenform nach KA 4	Symbol nach KA 4	Aggregation 1 der Bodenform	Symbol nach KA 4	Aggregation 2 der Bodenform	Symbol nach KA 4
Vega aus Auentonschluff über (tiefem) Auensand	AB: fo-tu//fo-s	Vega aus Auenlehm	AB: fo-l	Vega aus Auenlehm	AB: fo-l
Vega aus Auennormallehm über (tiefem) Auensand	AB: fo-ll//fo-(k)s	Paternia aus Auensand	AQ: fo-s	Auengley aus Auentonschluff	GGa: fo-tu
Vega aus Auensandlehm	AB: fo-sl	Vega-Gley aus Auenlehm	AB-GG: fo-l	Tschernitza aus Auenschluff	AT: fo-u
Vega aus Auenlehmsand/ Auensandlehm über (tiefem) Auensand	AB: fo-ls//fo-ss	Pelosol-Gley aus Auenton	DD-GG: fo-t		
Paternia aus Auensand	AQ: fo-s	Auengley aus Auentonschluff	GGa: fo-tu		
Gley-Vega aus Auenlehm	GG-AB: fo-l	Auengley aus Auensandlehm	GGa: fo-sl		
Vega-Gley aus Auenlehm über (tiefem) Auensand	AB-GG: fo-l//fo-s	Tschernitza aus Auenschluff	AT: fo-u		
Pelosol-Gley aus Auenton	DD-GG: fo-ut				
Auengley aus Auenschluffton über Auensand	GGa: fo-ut//fo-s				
Auengley aus Auentonschluff/Auenlehm über (tiefem) Auensand	GGa: fo-tu//fo-s				
Auengley aus flachem Auenlehm über Auensand über Auentonschluff	GGa: fo-l//fo-s//fo-tu				
Auengley aus Auensand über (tiefem) Auenschluffton	GGa: fo-s//fo-ut				
Tschernitza aus Auenschluff über (tiefem) Auensand	AT: fo-u//fo-s				

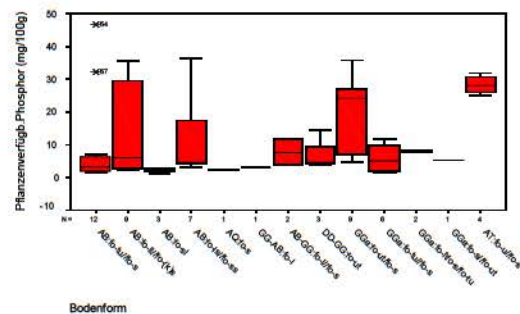
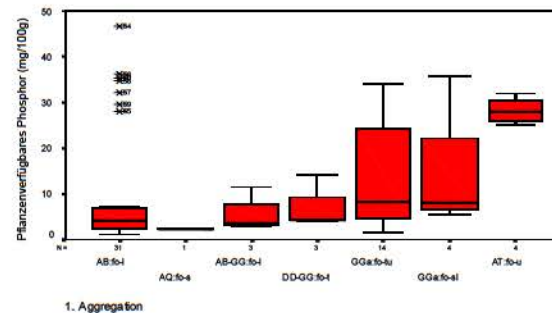
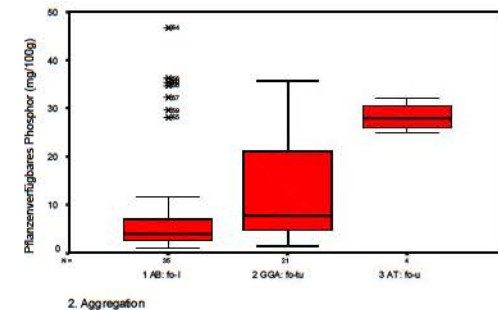
Abb. 1. Konzentrationen und Variabilitäten des P_{DL} - Gehaltes aller Bodenformen dreier Elbauen-ökosystemeAbb. 2. Konzentrationen und Variabilitäten des P_{DL} - Gehaltes der im ersten Schritt aggregierten Bodenformen dreier ElbauenökosystemeAbb. 3. Konzentrationen und Variabilitäten des P_{DL} - Gehaltes der im zweiten Schritt aggregierten Bodenformen dreier Elbauenökosysteme

Abb. 1 – 3 zeigen die Extrema, Minimum und Maximum, Quantile sowie die Mediane des doppellaktatlöslichen Phosphors gegliedert nach Bodenformen aller drei Gebiete (Symbole s. Tab. 2).

Die Mediane des P_{DL} -Gehaltes der Vegen aus Auentonschluff, aus Auennormallehm, aus Auensandlehm, aus Auenlehmsand und der Gley-Vega aus Auenlehm unterscheiden sich nicht signifikant. Jedoch ist die Heterogenität innerhalb der Vegen aus Auennormallehm und der Vegen aus Auenlehmsand am höchsten (Abb. 1).

Die Auengleye aus Auentonschluffen zeigen im Vergleich zu den anderen Gleyen den höchsten Median und die größte Heterogenität hinsichtlich des P_{DL} -Gehaltes. Innerhalb der Gleye lassen sich keine weiteren signifikanten Unterschiede hinsichtlich des P_{DL} -Gehaltes nachweisen (Abb. 1).

Die Tschernitzen aus Auenschluffen weisen im Median die höchsten P_{DL} -Gehalte und eine geringe Heterogenität auf. Sie unterscheiden sich von den anderen Bodenformen signifikant. Tschernitzen aus Auenschluffen sind im elbnahen Flussbereich ausgebildet. In ihnen wurden die höchsten Nährstoff- und Schwermetallgehalte gemessen. Aufgrund ihrer sehr hohen Kohlenstoffgehalte und der besonderen Humusqualität ist in ihnen das Nährstoff- und Schwermetallbindungsvermögen am höchsten (Abb. 1 – 3).

Werden die Bodenformen aggregiert (1. Aggregation, Abb. 2), so zeigen sich zwischen den Vegen jeglichen Substrates kaum Unterschiede. Die Gleye aus Auentonschluffen und Auensandlehmen zeigen hinsichtlich des P_{DL} -Gehaltes größere Variabilitäten als die anderen Bodenformen. Die Tschernitzen aus Auenschluffen lassen sich durch die höchsten Gehalte sehr gut von den anderen Bodenformen diskriminieren.

In der 2. Aggregation werden die Unterschiede zwischen den Bodenformen sehr deutlich (Abb. 3). Die Tschernitzen aus Auenschluffen weisen signifikant höhere P_{DL} -Gehalte als die Gleye aus Auentonschluffen und die Vegen aus Auenlehm auf (Abb. 3). Die Gleye aus Auentonschluffen weisen hohe Ton- und Kohlenstoffgehalte auf, dementsprechend wurden an diesen Böden der Flutrinnenstandorte höhere Nährstoff- und Schwermetallgehalte als bei den Vegen aus Auenlehm gemessen.

Stellvertretend ist hier P_{DL} dargestellt. Alle untersuchten Nähr- und Schadstoffe verhalten sich grundsätzlich ähnlich. So lässt sich hinsichtlich der Nähr- und Schadstoffgehalte der Bodenformen der untersuchten Auenböden generell folgende Reihung ableiten und statistisch absichern:

Tschernitzen aus Auenschluffen > Gleye aus Auentonschluff > Vegen aus Auenlehm.

Die Aggregation der Auenbodenformen auf hohem Niveau ermöglicht eine Differenzierung der Böden nach messbaren Bodeneigenschaften (Nähr- und Schadstoffgehalte, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit etc.). Den Bodenformen können Nähr- und Schadstoffgehalte bzw. deren Spannweiten durch eine derartige Aggregation differenziert zugeordnet werden. Damit ist bei Kenntnis der Bodenverbreitung eine Prognose mit Hilfe von Bodenkarten hinsichtlich von Nähr- und Schadstoffgehalten und deren Spannweiten in Böden weiterer Auenökosysteme möglich und eine potenzielle Übertragbarkeit gegeben.

4 Dynamik von Auenböden der Elbe

Die Aggregation der Auenbodenformen erfolgte in drei große Gruppen, die Tschernitzen aus Auenschluffen, Gleyen aus Auentonschluffen und Vegen aus Auenlehm. Dementsprechend sind Repräsentanten dieser drei Bodenformen für ein kontinuierliches Monitoring von dynamischen bodenkundlich-hydrologischen Kennwerten ausgewählt worden und hier dargestellt (Abb. 5): Eine Tschernitz aus Auenschluff, ein Pseudogley-Gley aus Auenschluffton über Auensand und eine Vega aus Auensandlehm.

Temperatur: Die Bodentemperatur beeinflusst die Geschwindigkeit chemischer Prozesse und damit sämtliche Stoffwechsel- und Wachstumsprozesse der Organismen im Boden (Gisi et al. 1990). Die Auswirkungen der Temperatur auf Materialeigenschaften der Bodenbestandteile, wie z.B. auf die Oberflächenspannung oder die Viskosität der Bodenlösung, sind ebenso wichtig (Gisi et al. 1990). Die Luft- und Bodentemperaturen sinken entsprechend der saisonalen Temperaturschwankungen in den

Wintermonaten und in den Sommermonaten steigen sie (Abb. 5). Dabei reagiert die Bodentemperatur gegenüber der Lufttemperatur verzögert; außerdem unterliegt sie nicht so starken Schwankungen wie die Lufttemperatur (HEINRICH ET AL. 2000A, B). Die Oberbodenhorizonte unterliegen dabei verhältnismäßig größeren Schwankungen als die Untergrundhorizonte. Die Untergrundhorizonte erwärmen sich im Frühjahr/ Sommer langsamer und kühlen im Herbst/Winter langsamer ab als die Oberbodenhorizonte. Die Unterböden „speichern“ im Herbst/Winter die Bodenwärme.

Bodenfeuchte : Wasservorrat und -verteilung in Auenböden können kurzfristig stark schwanken. Praktisch sämtliche Transport- und Speichereigenschaften des Bodens sind vom Wassergehalt abhängig (GSI ET AL. 1990). Eine Durchfeuchtung der Auenböden erfolgt – im Gegensatz zu terrestrischen Böden – von oben durch Niederschlags- bzw. Überflutungswasser *und* von unten durch das aufsteigende Grundwasser. Dementsprechend weist die mittlere Bodentiefe in der Vega aus Auensandlehm von 12/98 bis 03/99 die geringste Bodenfeuchte auf. Hier kommt es außer bei extremen Hochwasserereignissen ausschließlich zu einer Beeinflussung der Bodentiefe 20 cm durch das Niederschlagswasser, während die Bodentiefe 90 cm unter Grundwassereinfluss steht. Abb. 5 zeigt u.a. den Verlauf der Bodenfeuchte in der grundwasserfernen Vega aus Auensandlehm in der Tiefe von 20 cm, 70 cm und 90 cm. Zu Beginn des Jahres 1999 beträgt der volumetrische Wassergehalt 40,4 %, 35 % und 38,6 %. Der Boden ist nicht gesättigt. Die pF-Werte sind 2,5, 2,0 und 1,9. Die Schwankungen sind gering. In der Nähe der Bodenoberfläche sind die Wassergehalte bis zum Mai höher als im tieferen Boden. Dies ist eine Folge der Wasserzufuhr überwiegend bedingt durch Niederschläge. In den folgenden Horizonten wurde die BF vor allem durch das Winterhochwasser mit einem hohen Grundwasserstand bedingt (HELBACH 2000).

Mit Eintreten intensiven Pflanzenwachstums nimmt ab Mai die Bodenfeuchte in 20 cm Tiefe auf 36 Vol. % ab. Im Juni verbleibt die Bodenfeuchte auf gleichem Niveau, da Niederschläge die Evaporation ausgleichen. Im Juli fällt die BF dann bis auf 26 Vol. % ab. Die starke Abnahme des Wassergehaltes wird durch den Wasserverbrauch der Vegetation und die Evaporation verursacht. Die Entwässerung des Bodens über die Feldkapazität hinaus wird durch Pflanzen hervorgerufen, die das Wasser bis zum permanenten Welkepunkt (pF 4,2) zu entziehen vermögen. Auf diesen Wert pegelt sie sich bis in den November ein. Am Ende der Vegetationszeit steigt die BF mit steigendem Niederschlag rasch an. Mit 36,3 % erreicht die BF nahezu den Anfangswert von 40,4 %, liegt aber unterhalb der Sättigungsgrenze. In 70 cm bzw. 90 cm Tiefe nimmt die Bodenfeuchte erst ab Juli langsam um wenige Prozente auf 30 bzw. 34 Vol. % ab. Bis zum Jahresende verbleibt sie auf diesem Niveau. (HELBACH 2000).

Bei dem Gley aus Auenschluffton über Auensand (Flutrinnenstandort) lässt sich aufgrund der besonderen Bodenausbildung und der hohen Überflutungsdauer ein anderer Zusammenhang erkennen. Nach Hochwasserereignissen ist dieser Standort aufgrund der mittleren tonreichen Bodenzone, welche als Stauer fungiert, bis zu drei Monaten überflutet. Deshalb wird in der mittleren tonreichen Bodenzone am meisten Wasser gespeichert, und die Bodenfeuchte ist hier am größten.

Tension: Die Saugspannung sinkt bei Überflutung erwartungsgemäß in allen Tiefen bei allen drei Böden auf Werte unter 0 mbar. Fallen die Böden trocken, steigt die Tension wieder an; am schnellsten und am stärksten im oberen Bodenhorizont (HEINRICH ET AL. 2000A,B).

Die Wasserspannungskurve gibt den Wassergehalt eines Bodens bei einer bestimmten Wasserspannung wider. Der Verlauf der Beziehung zwischen Wassergehalt und Wasserspannung ist für jeden Horizont charakteristisch. Er wird als Wasserspannungskurve oder pF-Kurve bezeichnet und ist eine Größe für Berechnungen von Wasserbewegungen und anderen Größen des Wasserhaushalts (SCHEFFER 1998).

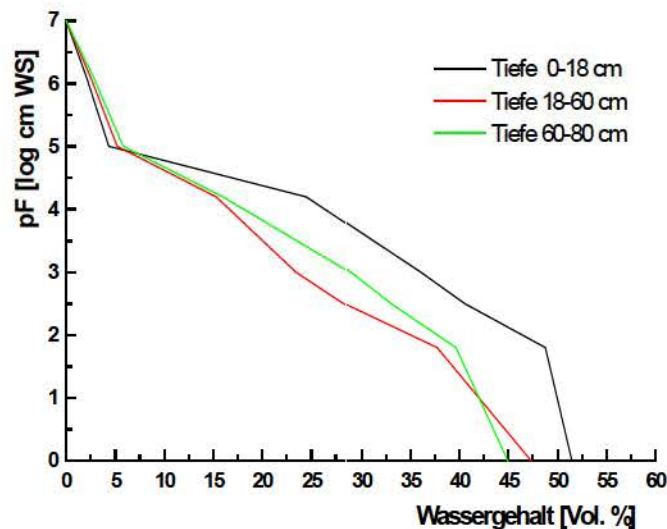


Abb. 4. Wasserspannungskurven in drei Bodentiefen in einer Vega aus Auensandlehm

Die Abb. 4 zeigt die Beziehung von Wassergehalt und Wasserspannung in der Vega aus Auensandlehm. Das Substrat ist sandig (Slu, Sl4, Sl4), die Trockenrohdichten liegen bei (1,24, 1,39 und 1,47 g/cm³ – Angaben im Tiefenverlauf). Das Grobporenvolumen in der Tiefe 0 – 18 cm beträgt 51,48 Vol. %, in 18 – 60 cm 47,33 Vol. % und in 60 – 80 cm 44,95 Vol. %. Die nutzbare Feldkapazität beträgt, über den gesamten Tiefenverlauf, ca. 24 Vol. %. Die Anteile der Grobporen an der nFK schwanken zwischen 6,61 Vol. % (60 – 80 cm) und 9,41 Vol. % (18 – 60 cm). Die Mittelporen weisen, im Tiefenverlauf, 16,06, 13,01 und 17,05 Vol. % auf. Im Jahresverlauf der Bodenfeuchte 1999 werden maximale pF-Werte von 4,07, 2,35 und 2,38 erreicht. Der unterschiedliche Verlauf der Kurven wird durch die verschiedenartige Porengrößenverteilung der Böden verursacht. Das Gesamtporenvolumen und die Porengrößenverteilung sind maßgeblich für die Verteilung von belüftenden und Wasser führenden Poren. (HELBACH 2000).

Wasserstände: Unterschiede hinsichtlich der Überflutungsdauer und der Grundwasserstände sind im Vergleich der drei Bodenformen deutlich erkennbar. Der Gley aus Auenschluffton (Flutrinnenstandort) ist am längsten überflutet. Zwischen Fluss- und Grundwasser besteht ein enger hydraulischer Kontakt (BÖHNKE UND GEYER 1999, 2000). Die Wasserstandsänderungen in der Elbe führen im Ufernahbereich zu einem Wechsel von infiltrierenden und exfiltrierenden Verhältnissen, wobei die flussnahen Auenbereiche die stärksten Grundwasserschwankungen aufweisen (bis zu 5 m) (BÖHNKE UND GEYER 1999, 2000).

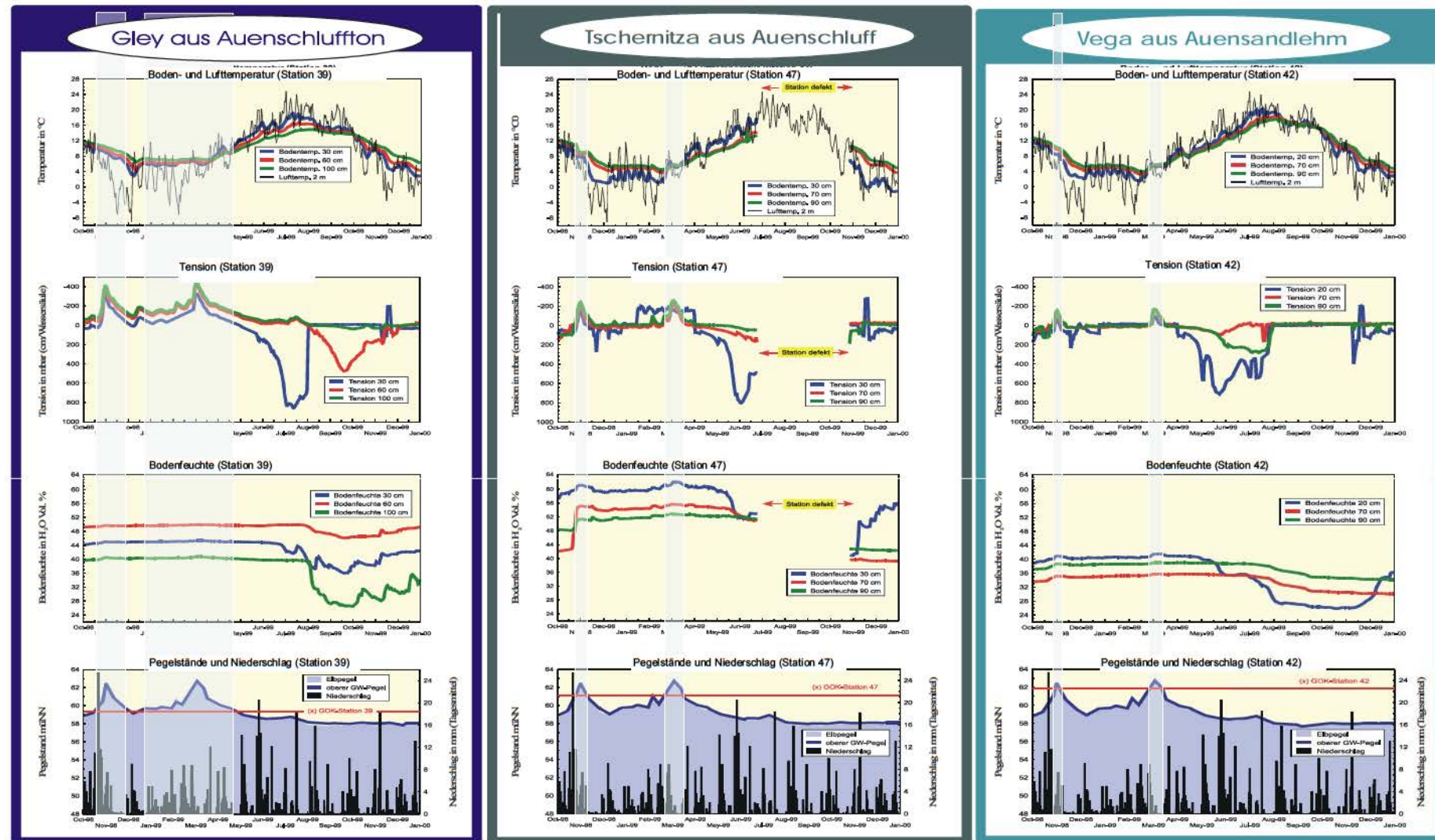


Abb. 5. Bodentemperatur, Tension, Bodenfeuchte in einem Gley aus Auenschluffton, einer Tschernitza aus Auenschluff und in einer Vega aus Auenlehm gemessen in jeweils drei Bodentiefen (10/98 – 01/ 00) sowie die Lufttemperatur, der Wasserstand, die Überflutungsdauer und die Niederschlagsverteilung der „Schleusenheger Wiesen“ bei Wörlitz

Literatur

- ARBEITSGRUPPE BODEN (1994) Bodenkundliche Kartieranleitung. (KA 4) 4. Verb. u. erw. Aufl. Hrsg. Bundesanstalt für Geowiss. u. Rohst. u. Geologische Landesämter d. BR Deutschland: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Hannover
- ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT (1998) Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands. Mittlg. d. Dt. Bdkdl. Gesell. Band 86: 1–180
- BÖHNKE, R., GEYER, S. (1999) Grundwasserdynamik und -beschaffenheit der Elbauen im Biosphärenreservat Mittlere Elbe. Leipziger Geowissenschaften. Bd. 11: 145–152. ISSN: 0948-1257
- BÖHNKE, R., GEYER, S. (2000) Grundwasserdynamik in Auensedimenten der Mittleren Elbe. In: Friese, K., Witter, B., Rode, M., Miehl, G. (Hrsg.) Stoffhaushalt von Auenökosystemen. Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Springer Verlag. ISBN: 3-540-67068-8. S. 99–108
- FRANKE, C., NEUMEISTER, H. (1999) Räumliche Datendichte zur Abbildung der räumlichen Variabilität des pH-Wertes. Leipziger Geowissenschaften. Bd. 11., S. 105–112. ISSN: 0948-1257
- FRANKE, C., RINKLEBE, J., HEINRICH, K., NEUMEISTER, H., NEUE, H.-U., GEYER, S. (1999) Räumliche Verteilung ausgewählter Bodenkennwerte im Biosphärenreservat „Mittlere Elbe“ und Landschaftsschutzgebiet „Untere Havel“, Leipziger Geowissenschaften. 11: 167–174
- FRANKE, C., RINKLEBE, J., NEUE, H.-U. (2000) Heterogenität ausgewählter Kennwerte unterschiedlicher Bodenformen von Auenböden. ATV-DVWK-Schriftenreihe. bmbf. Gewässer, Landschaft. Aquatic Landscapes. ISBN: 3-933707-64-1. 22:230–231
- GISI, U., SCHENKER, R., SCHULIN, R., STADELMANN, F.X., STICHER, H. (1990) Bodenökologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart. New York. ISBN: 3 13 747201 6
- HBU – HANDBUCH DER BODENUNTERSUCHUNG (2000) Bd. 1 und 2. DIN-Vorschriften. Wiley-VCH. Beuth Berlin Wien Zürich
- HEINRICH, K., POTESTA, H., RINKLEBE, J., BÖHNKE, R., GEYER, S., NEUE, H.-U. (2000A) Zusammenhang zwischen bodenphysikalischen Kennwerten und der Fluviodynamik in Auenböden der Mittleren Elbe. In: Mitteilung Nr. 6 der Bundesanstalt für Gewässerkunde/ Projektgruppe Elbe Ökologie, Koblenz - Berlin. Tagungsband des Statusseminars Elbe - Ökologie vom 02. bis 05. November 1999 in Berlin. S. 229
- HEINRICH, K., POTESTA, H., RINKLEBE, J., BÖHNKE, R., GEYER, S., NEUE, H.-U. (2000B) Zusammenhang zwischen bodenphysikalischen Kennwerten und der Fluviodynamik in Auenböden der Mittleren Elbe. In: Bundesamt für Naturschutz, Bonn (Hrsg.) Renaturierung von Bächen, Flüssen und Strömen. Angewandte Landschaftsökologie. Heft 37 Bonn – Bad Godesberg. ISBN: 3-7843-3710-4. 283–286
- HELBACH, C. (2000) Der Eindringwiderstand in Auenböden als Indikator der Bodenfeuchte. Dipl. Arbeit, Halle. Inst. f. Bodenkunde u. Pflanzernährg. der Landw. Fakultät d. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg und der Sektion Bodenforschung des UFZ-Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle GmbH. 104 S. u. Anhang
- RINKLEBE, J., FRANKE, C., HEINRICH, K., NEUMEISTER, H., NEUE, H.-U. (1999A) Die Verteilung von Schwermetallen in Bodenprofilen von Auenböden im Biosphärenreservat Mittlere Elbe, Leipziger Geowissenschaften. 11. S. 129–138
- RINKLEBE, J., HEINRICH, K., NEUE, H.-U. (2000C) Auenböden im Biosphärenreservat Mittlere Elbe - ihre Klassifikation und Eigenschaften. In: Friese et al. (Hrsg.) Stoffhaushalt von Auenökosystemen. Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Springer Verlag. ISBN: 3-540-67068-8. S. 37–46
- RINKLEBE, J., HELBACH, C., FRANKE, F., NEUE, H.-U. (2000A) Großmaßstäbige Bodenformenkarte der „Schöneberger Wiesen“ bei Steckby im Biosphärenreservat Mittlere Elbe. In: Mitteilung Nr. 6 der Bundesanstalt für Gewässerkunde/ Projektgruppe Elbe Ökologie, Koblenz – Berlin. Tagungsband des Statusseminars Elbe- Ökologie vom 02. bis 05. November 1999 in Berlin. 225–226
- RINKLEBE, J., HELBACH, C., FRANKE, F., NEUE, H.-U. (2000D) Large Scale Soil Mapping of Wetland Soils at the Elbe River. In: Bundesamt für Naturschutz, Bonn (Hrsg.) Renaturierung von Bächen, Flüssen und Strömen. Angewandte Landschaftsökologie. Heft 37. Bonn – Bad Godesberg. ISBN: 3-7843-3710-4. 325–328
- RINKLEBE, J., KLIMANEK, E.-M., HEINRICH, K., NEUE, H.-U. (1999B) Tiefenfunktion der mikrobiellen Biomasse und Enzymaktivitäten in Auenböden im Biosphärenreservat Mittlere Elbe. Mittlg. d. Dt. Bdkdl. Gesell. 91 II, 699–702
- RINKLEBE, J., MARAHRENS, S., BÖHNKE, R., AMARELL, U., NEUE, H.-U. (2000B) Großmaßstäbige bodenkundliche Kartierung im Biosphärenreservat Mittlere Elbe. In: Friese, K., Witter, B., Rode, M., Miehl, G. (Hrsg.) Stoffhaushalt von Auenökosystemen. Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Springer Verlag. ISBN: 3-540-67068-8. S. 27–35
- RINKLEBE, J., NEUE, H.-U. (1999) Großmaßstäbige Konzeptbodenkarte des Untersuchungsgebietes „Schöneberger Wiesen“ bei Steckby im Biosphärenreservat Mittlere Elbe. Tagungsband der Fachtagung Elbe. Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue. 4. bis 7. Mai 1999 in Wittenberge. Forschungsverbund Elbe-Ökologie. 237–238
- SCHAEFFER, F. (1998) Lehrbuch der Bodenkunde. 14., neu bearbeitete und erweiterte Auflage von P. Schachtschabel, H.-P. Blume, G. Brümmer, K.-H. Hartge, U. Schwertmann. Stuttgart. Ferdinand Enke Verlag. ISBN 3-432-84774-2
- SPSS 7,5 FÜR WINDOWS (1997)

Indikation in Auen

Präsentation der Ergebnisse **aus dem RIVA-Projekt**

Mathias Scholz, Sabine Stab, Klaus Henle (Hrsg.)

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume

Das dem Bericht zugrunde liegende Projekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF, Projektträger BEO) unter dem Förderkennzeichen 0339579 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Beiträge liegt bei den Autoren.