

Wasser- und Stoffhaushalt von Auenböden an der unteren Mittelelbe

René Schwartz, Alexander Gröngröft, Günter Miehllich

1 Einleitung

Entlang der Elbkilometer 472 - 484 nahe der Ortschaft Lenzen wird seit Mitte des Jahres 1996 vom BMBF das Verbundforschungsvorhaben „Auenregeneration durch Deichrückverlegung“ (Kennzeichen: 00339571) gefördert. Das Untersuchungsgebiet umfasst ein Areal von 1411 ha, wovon knapp 1/5 (276 ha) auf die Vordeichsflächen entfallen. Auf insgesamt fünf, für das Gesamtgebiet charakteristischen und die Fragestellung relevanten Testflächen (zusammen 92 ha) finden die Untersuchungen der acht Teilprojekte statt. Das Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg beschäftigt sich mit dem Wasser- und Stoffhaushalt der Böden. Konzept und Methoden sowie apparative Ausstattung und Ergebnisse zu den Zeitreihenuntersuchungen sind Miehllich et al. (1999) zu entnehmen.

2 Kennzeichnung der Untersuchungsgebiete

Die **Geologie** der Elbaue zeigt oberflächlich im Wesentlichen drei unterschiedlich alte Substrate anstehend. Flankiert wird das Urstromtal durch die Saale-kaltzeitlichen glazigenen und glazifluviatilen Sedimente (Sand, Kies, (Geschiebe-) Lehm und Mergel). Zwischen ihren Rändern (Höhe bis zu 80 m über NN) findet sich auf einem Niveau von ca. 20 m NN die Weichsel-kaltzeitliche Niederterrasse mit ihren fluvialen Sedimenten (Fein- bis Grobsand), die gebietsweise auch äolisch umgelagert und zu teilweise mächtigen Binnendünen (*Stixter und Klein Schmölener Düne*) aufgehöhnt sein können. Nochmals rund einen bis zwei Meter tiefer liegen die holozänen, fluvialen Sedimente (Ton, Schluff, Feinsand, z.T. Torf). Sie bilden die eigentliche Talaue. Stellenweise ragen aus dem Urstromtal saalezeitliche Geestinseln wie beispielsweise der „*Höhbeck*“ oder die „*Langendorfer Inse*“ heraus. Die Entstehung des Elbtales bei Lenzen aus geologischer und pedologischer Sicht beschreibt Schwartz (1999a). Den Einfluss periodischer Hochwässer auf Genese, Verbreitung sowie den daraus resultierenden Standorteigenschaften der **Böden** in der dem Untersuchungsgebiet gegenüberliegenden „*Pevestorfer Elbaue*“ zeigen Meyer und Miehllich (1983). Verbreitung und Eigenschaften der Auenböden in dem geplanten Rückdeichungsareal kennzeichnet Gröngröft et al. (1997). Charakteristisch ist eine überwiegend 1,2 - 1,6 m mächtige Auenlehmdecke aus zumeist schluffigem Ton, welche das wesentlich bewegtere Relief der unterliegenden jungpleistozänen Sande (überwiegend grob- bis feinsandige Mittelsande) nahezu ausgleicht. Auf Grund der dichtenden Wirkung des bindigen Materials kommt es im Hochwasserfall zu artesisch gespanntem Grundwasser. Dieses führt an Bereichen mit geringmächtigen Auenlehmdecken oder gar an Fehlstellen zu starken Qualmwasseraustritten. Anhand eines flächenhaft angesprochenen fossilen Oberbodenhorizontes innerhalb des Auenlehmpaketes lassen sich zumindest zwei Hauptablagerungsphasen nachweisen (Schwartz 1999a). Deichnah ist es in einzelnen Abschnitten infolge von Deichbrüchen zu einer bis zu 300 m weit reichenden Übersandung der Auenlehmdecke gekommen. Vergleicht man die Böden aus dem seit dem 12. Jahrhundert eingedeichten Bereich mit denen aus dem rezenten Vordeichsareal, so sind im jetzigen Außendeichsbereich die oftmals stromparallelen Abfolgen der einzelnen Bodentypen und die enge Beziehung ihres Hydromorphierungsgrades von der relativen Höhenlage der Standorte zum **langjährigen Mittelwasserstand** (MW) der Elbe hervorzuheben (Schwartz 1999c). Diesen hat Gröngröft (1999) aus den Tageswerten der vergangenen 34 Jahre der Stationen *Wittenberge* und *Lenzen* ermittelt. Für den Pegel Lenzen (Elbkilometer 484,7) ergibt sich für diesen Zeitraum ein Mittelwasserstand von 15,5 m NN. Anhand des Vergleiches der Werte der beiden Stationen lässt sich unter der Annahme eines konstanten Gefälles (Eisfreiheit vorausgesetzt) die mittlere Neigung der Elbe für diesen Stromabschnitt (0,139 m/km) ausweisen. Unter Zuhilfenahme dieser Kenngrößen besteht nun die Möglichkeit, aus der Entfernung des Messpunktes zum Referenzpegel und seiner Höhe die jeweiligen **Überflutungswahrscheinlichkeit** (im langjährigen Mittel oder während der Vegetationsperiode) zu berechnen.

3 Klassifikation der Böden

Die zurzeit gültige bodenkundliche Kartieranleitung (KA4) ist in der Ansprache von Grund- sowie Stauwasser geprägten Horizonten im Hinblick auf eine Bodenfeuchteregime-gerechte Typisierung der Böden zu ungenau. Anhydromorphe und hydromorphe Übergangshorizonte sind hinsichtlich ihres Hydromorphierungsgrades nicht logisch gereiht. Außerdem ergeben sich bei der Geländeansprache Merkmalskombinationen, die in der KA4 nicht vorgesehen sind (z.B. gräuliche Grundfarbe des Bodens auf Grund von langanhaltender Wassersättigung bei gleichzeitig hohen Ausfällungsraten von Eisen und Mangan). Eine Lösung dieser Klassifikationsprobleme zeigen Gröngröft und Schwartz (1999). Sie geben basierend auf ihren Erfahrungen von mehreren Kartierungen entlang der Mittelelbe Vorschläge für eine **veränderte Klassifikation** hinsichtlich Horizontierung und Typisierung von Böden in Auengebieten.

4 Bodenwasserhaushalt

Im Zentrum des bodenkundlichen Interesses steht der **Wasserhaushalt** der Böden in den beiden Landschaftseinheiten. Als auentypische Besonderheit ist die Wassergehaltszunahme der Standorte durch elbwasserstandsgesteuerten Grundwasseranstieg und Überflutung zu nennen. Dies betrifft nicht nur das rezente Vordeichsland, sondern es werden infolge von Qualmwasseraustritt im Hochwasserfall stellenweise auch niedrig gelegene Binnendeichsstandorte überstaut. Auf Grund der großen Wasserleitfähigkeit der unterliegenden Sande prägt sich eine Hochwasserwelle auch noch rund einen Kilometer hinter dem Deich aus und führt zu einer Aufsättigung des Profils von unten (Schwartz et al. 1999a). Dies kann anhand der vertikalen Differenzierung der Eisen- und Manganausfällungen (die Hauptausfällungszone der Mangankonkretionen befindet sich oberhalb der des Eisens) belegt werden. Aus der Kombination von relativer Geländehöhe, Substratabfolge, Elbwasserstandsverlauf und Niederschlagsmenge bzw. -verteilung sowie der Vegetation ergeben sich standorttypische Bodenfeuchte-Tiefen-Verteilungsmuster. Diese werden mittels Bestimmung der Bodenwasserspannung über die Vegetationsperiode (April bis Oktober) in zumindest zwei Tiefen (30 und 90 cm) kontinuierlich aufgezeichnet und in Anlehnung an ein von Zepp (1995) erarbeitetes Klassifizierungssystem in drei Wasserspannungsklassen (< 60 hPa = nass bis sehr feucht, $60 - 500$ hPa = feucht bis frisch, > 500 hPa = mäßig frisch bis trocken) nach ihren prozentualen Anteilen an diesen Spannungsklassen eingruppiert. Aus der Kombination der beiden Bodenfeuchteverteilungsklassen ergibt sich der Bodenfeuchteregimetyp an einem Standort für das bestimmte Jahr. Interessant ist, dass nicht immer der höchstgelegene, sandige Uferwall auch der trockenste ist. Je nach Witterungsverlauf nehmen die einzelnen Standortfaktoren einen unterschiedlich starken Einfluss auf die Bodenwasserspannung. Schwartz et al. (2000) befasst sich mit der Ausweisung von Bodenfeuchteregimetypen an drei charakteristischen Standorten (Uferwall, Hochfläche, Rinne) in der rezenten Aue. Für das Jahr 1998, das mit einer für das Gebiet relativ hohen Niederschlagsmenge von 650 - 690 mm (bodengleich gemessen) bei gleichzeitig homogener Verteilung dieser Regenereignisse als feuchtes Jahr anzusprechen ist, trennen sich die einzelnen Messtiefen lediglich in Bezug auf die Anteile der nassen bis sehr feuchten bzw. der feuchten bis frischen Phase. Zu Wasserspannungen im Totwasserbereich kam es zu keiner Zeit, auch nicht an den im Verhältnis trockeneren Binnendeichsstandorten. Der Anteil der mäßig frischen bis trockenen Phase mit einer Wasserspannung > 500 hPa betrug dort maximal 70 %. Ein Vergleich der Zeitreihenuntersuchungen von außen- und binnendeichs gelegenen Messplätzen belegt, dass auf Grund der Meliorationsmaßnahmen (Drainage über ein ausgedehntes Grabensystem) die eingedeichten Bereiche ein wesentlich trockeneres Bodenfeuchteregime aufweisen als vergleichbar hoch gelegene Außendeichsstandorte (Schwartz et al. 1999b). Die bei der Profilaufnahme festgestellten redoximorphen Merkmale beim Binnendeichsstandort, die zur Ausweisung eines „*Auengleys*“ geführt haben, müssen somit als reliktsch angesprochen werden. Sie spiegeln einen Wasserhaushalt wider, der vor der Eindeichung und Entwässerung vorlag. Heutzutage zeigt dieser Standort hinsichtlich seiner Wasserspannungs-Tiefenverteilung große Parallelen zu einer außendeichs gelegenen „*vergleyten Norm-Vega*“, welche sich aber bezüglich des langjährigen Mittelwasserstandes der Elbe rund einen Meter höher, bei + 1,7 m über MW, befindet.

4 Stoffhaushalt

Im Grundsatz steuert der Sättigungsgrad der Böden das **Redoxpotenzial**, wobei es aber keinen linearen Zusammenhang gibt. Beispielsweise schwankt in einem Unterbodenhorizont (Messtiefe 55 cm, Bodenart: Slu, Org. Sub.: 1,0 %) das Redoxpotenzial bei nahezu gleichbleibendem Wassergehalt um bis zu " +/-800 mV. Andererseits werden in diesem Horizont aber auch Wassergehaltsänderungen von 12 Vol.-% festgestellt, ohne dass es zu einer nennenswerten Potenzialverschiebung kommt. Offensichtlich sind neben dem Sättigungsgrad und dem Dargebot an reaktiver organischer Substanz auch noch Faktoren wie Bodentemperatur und Sauerstoffgehalt des Grundwassers maßgeblich. Potenzialeinstellungen können demnach von Tagen bis hin zu mehreren Wochen dauern. Den Einfluss einer Hochwasserwelle auf den Wassergehalt und das Redoxpotenzial mit den dazugehörigen Einflussgrößen zeigt Schwartz et al. (1998) am Beispiel zweier ausgewählter Horizonte. Um eine Aussage über die Variabilität der Redoxspannung tätigen zu können wurde in einem Profil (Auen-Anmoorgley, Tu3, Org. Sub.: 2,0 %) in 1,0 m Tiefe ein Messfeld von 1 m² Größe mit insgesamt 25 Messsonden gleichmäßig bestückt. An einer Stichtagsmessung im Herbst 1997 konnten Minimalwerte um - 180 mV und Maximalwerte von + 135 mV festgehalten werden, mithin eine Differenz von über 300 mV. Zu anderen Zeitpunkten, insbesondere am Ende von langandauernden konstanten Grundwasserständen, war diese Differenz nicht mehr ganz so groß. Minimal betrug sie im März 1999 im direkten Anschluss an eine fast ein halbes Jahr anhaltende Überstauungsphase auf niedrigem Gesamtniveau nur noch 50 mV.

Neben den Auswirkungen auf den Wasserhaushalt kommt es im Überflutungsfall auch zum **Stoffeintrag** in die Auen. Dieser kann sowohl qualitativ als mit Einschränkungen auch quantitativ mittels Kunstrasenmatten, die die Grasnarbe simulieren, bestimmt werden (Schwartz et al. 1997). Stromnah auf dem Uferwall lagern sich erwartungsgemäß die mengenmäßig größten und von der Körnung betrachtet größten Sedimente ab. Sind es auf den stromparallelen Rehen dominierend Mittelsande, finden sich auf den oftmals lediglich feinstrukturierten Hochflächen schluffige Lehme. Diese überwiegen auch in den abflusslosen Senken, wenngleich sie dort tendenziell noch etwas feiner sind. Der Vergleich mit den historischen Ablagerungen im Binnenland (Tu2-3) zeigt, dass zu Zeiten der Hauptsedimentationsphasen des Auenlehms im Mittelalter die Elbe eine wesentlich geringere Schleppkraft gehabt haben muss, da sich ansonsten nicht so feine Partikel hätten absetzen können. Auch wenn sich seit der Wiedervereinigung die Wasser- und mit einer Zeitverzögerung von fast drei Jahren die Sedimentqualität der Elbe elementspezifisch z.T. erheblich verbessert hat (Schwartz et al. 1999), ist der aktuelle **Schadstoffeintrag**, insbesondere in abflusslosen Senkenpositionen, als sehr groß zu beziffern. Auf den Zusammenhang von Geländehöhe und Schadstoffmenge im Sediment- / Bodenkörper sowie den Transfer in die Pflanzen und damit in die Nahrungskette mit den daraus entstehenden Gefahren wies bereits Miehlich (1983) hin. Betrachtet man diese Stoffeinträge allerdings unter dem Gesichtspunkt des Bundes-Bodenschutz-Gesetz, so muss man einräumen, dass die Konzentrationen bis auf wenige ausnahmen (z.B. Cd) die angegebenen Prüfwerte nicht überschreiten, wohl aber die Vorsorgewerte (Schwartz 1999b). Neben den Schad- werden aber auch **Nährstoffe** während eines Hochwassers auf den Vordeichsflächen abgelagert. Das langfristig wirksame Resultat lässt sich aus einem Vergleich von Außen- und Binnendeichsproben abschätzen. Die im folgenden vorgestellten Ergebnisse basieren auf einer Datengrundlage von fast 500 Oberbodenproben, wovon 395 aus dem Binnendeichsareal und 101 von Außendeichsstandorten stammen. Einzelne Analysen sind allerdings nicht an allen Proben vollzogen worden. Betrachtet man sich den aktuellen pH-Wert (gemessen in H₂O) und den potentiellen (gemessen in CaCl₂), so zeigt sich, dass die Minimalwerte außendeichs (4,3 / 3,8) als Folge der nahezu pH-neutralen frischen Sedimente regelhaft höher sind als die aus dem Vergleichsareal (3,5 / 3,3). Die Medianwerte (6,0 / 5,5) unterscheiden sich dagegen nicht signifikant. Maximalwerte (binnendeichs) von 7,8 bzw. 7,4 sind ein Beleg für Aufkalkungen. Außendeichs liegen sie bei 7,5 bzw. 7,1. Auf Grund von Kohlenstoffeinträgen über unzersetzte Streustoffe und vor allem den rezenten Schlämmen, deren C-Gehalt sich zumeist zwischen 4 und 10 % bewegt (Gröngröft und Schwartz 1999), sind die durchschnittlichen C-Werte vor dem Deich deutlich höher als dahinter (6,2 % zu 4,4 %). Da aber die Gesamtstickstoffkonzentrationen sich nicht signifikant unterscheiden (außendeichs 0,47 %; binnendeichs 0,41 %) und es zumindest in der mittleren Elbe keine kalkhaltigen Sedimente gibt, ist somit auch das C/N-Verhältnis, wenngleich auf engen Niveau (10-12), außendeichs regelhaft weiter als binnendeichs. Betrachtet man allerdings den mineralisierten Anteil des Stickstoffs in Form von Nitrat oder Ammonium, so ist dieser außendeichs wesentlich höher (0,33 mg/100g Boden i.d.Tr. N-Min-NO₃, 0,22 mg/100g Boden i.d.Tr. N-Min-NH₄) als binnendeichs, (0,19 mg/100g Boden

i.d.Tr. N-Min-NO₃, 0,16 mg/100g Boden i.d.Tr. N-Min-NH₄) was für eine hohe Umsetzungsrate spricht. Die Konzentration des doppellactatlöslichen Kaliums ist auf Grund von Düngereinträgen hinter dem Deich etwas größer als davor (Medianwert: 0,092 g/kg zu 0,077 g/kg), wobei beide Werte aber im Bereich der Gehaltsklassen 'A-B' liegen. Beim doppellactatlöslichen Phosphor sieht dies ganz anders aus. Hier sind die außendeichs festgestellten Werte fast fünf mal so hoch (0,142 g/kg (Versorgungsklasse 'D') zu 0,028 g/kg (Versorgungsklasse 'A-B') wie die aus dem eingedeichten Bereich.

5 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Maßnahmen wie Eindeichung und Melioration auf den Wasser- und Stoffhaushalt gravierende Auswirkungen haben. Bei geplanten Rückdeichungsprojekten gilt es zu bedenken, wie sich die Bodeneigenschaften und daran angebunden deren Funktionen aufgrund der geänderten Rahmenbedingungen (Aufgabe des Entwässerungssystems, Überflutung, Nähr- und Schadstoffeintrag) z.T. erheblich und nachhaltig verändern werden.

Literatur

- Gröngröft, A. (1999) Die Überflutungswahrscheinlichkeit der Auen im Bereich der unteren Mittelbe. *Hamburger Bodenkundliche Arbeiten*, 44, S. 171-180
- Gröngröft, A., Schwartz, R. (1999) Vorschläge für die Klassifikation von Böden in Auengebieten B abgeleitet aus Erfahrungen an der Mittelbe. *Hamburger Bodenkundliche Arbeiten*, 44, S. 155-170
- Gröngröft A., Schwartz R., Miehlich G. (1997) Verbreitung und Eigenschaften der Auenböden in dem geplanten Rückdeichungsgebiet Lenzen - erste Ergebnisse. *Auenreport*, 3, Rühstädt, S. 58-66
- Meyer, H., Miehlich, G. (1983) Einfluß periodischer Hochwässer auf Genese, Verbreitung und Standorteigenschaften der Böden in der Pevestorfer Elbaue (Kreis Lüchow-Dannenberg). *Abh. Naturwiss. Ver. Hamburg*, NF 25, S. 41-73
- Miehlich, G. (1983) Schwermetallanreicherung in Böden und Pflanzen der Pevestorfer Elbaue (Kreis Lüchow-Dannenberg). *Abh. Naturwiss. Ver. Hamburg*, NF 25, S. 75-89
- Miehlich, G., Gröngröft, A., Schwartz, R. (1999) Auenregeneration durch Deichrückverlegung. 3. Sachstandsbericht, Teilprojekt 2: Wasser- und Stoffhaushalt der Böden. Unveröffentl. Bericht des Instituts für Bodenkunde, Universität Hamburg, 44 S.
- Schwartz, R. (1999a) Geologische und pedologische Aspekte der Entwicklung des Elbtales bei Lenzen. *Hamburger Bodenkundliche Arbeiten*., 44, S. 52-64
- Schwartz, R. (1999b) Beurteilung der Stoffeinträge über frische Schlämme für die Böden in der rezenten Aue und in zukünftigen Außendeichsflächen der unteren Mittelbe. *Hamburger Bodenkundliche Arbeiten*., 44, S. 84-92
- Schwartz, R., Duwe, J., Gröngröft A. (1997) Einsatz von Kunstrasenmatten als Sedimentfallen zur Bestimmung des partikulären Stoffeintrages in Auen und Marschen. *Mittlgn. Deutsch. Bodenkundl. Gesell.* 85-I, S. 353-357
- Schwartz, R., Gröngröft, A., Miehlich, G. (1999a) Die Bedeutung der Eindeichung für den Wasser- und Stoffhaushalt ausgewählter Böden an der Mittelbe. In: K. Friese et al. (Hrsg.) *Stoffhaushalt von Auenökosystemen der Elbe und ihrer Nebenflüsse*. UFZ-Bericht 1/99, Magdeburg. S. 109-112
- Schwartz, R., Gröngröft, A., Miehlich, G. (1999b) Auswirkung von Eindeichung und Melioration auf den Wasserhaushalt von Auenböden - aufgezeigt am Beispiel zweier Grünlandstandorte an der unteren Mittelbe bei Lenzen, *Auenreport Sonderband 1*, Rühstädt, S. 41-54
- Schwartz, R., Gröngröft, A., Miehlich G. (2000) Charakterisierung typischer Böden im Überschwemmungsbereich der unteren Mittelbe und Ergebnisse zu deren Wasserhaushalt, Springer. In: Friese, K., Witter, B., Miehlich G., Rode, M. (Hrsg.) *Stoffhaushalt von Auenökosystemen - Boden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen*. Springer, Berlin, 15 S. (im Druck)
- Schwartz, R., Nebelsiek, A., Gröngröft, A. (1999) Das Nähr- und Schadstoffdargebot der Elbe im Wasserkörper sowie in den frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten am Meßort Schnackenburg in den Jahren 1984-1997. *Hamburger Bodenkundliche Arbeiten*, 44, S. 65-83
- Schwartz, R., Schmidt, B., Miehlich, G. (1998) Einfluß einer Hochwasserwelle auf den Wassergehalt und das Redoxpotential von Auenböden an der Mittelbe. In: W. Geller et al. (Hrsg.) *Gewässerschutz im Einzugsgebiet der Elbe*. 8. Magdeburger Gewässerschutzseminar, Teubner, Stuttgart. S. 257-258
- Zepp, H. (1995) Klassifikation und Regionalisierung von Bodenfeuchteregime-Typen. In: *Relief, Boden, Paläoklima*, Bd. 9, Berlin, 224 S.