

10 MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN DER RÜCKDEICHUNGSMAßNAHME

Mit der geplanten Deichrückverlegungsmaßnahme ist das Erreichen mehrerer Ziele verbunden. Wichtigster Punkt ist unter ökologischen Gesichtspunkten die Gewinnung zusätzlicher Retentionsflächen. Des weiteren steht der verbesserte Hochwasserschutz im Vordergrund. Unter diesem Aspekt sind drei Punkte zu nennen: Am sogenannten ‚Bösen Ort‘ trifft die Elbe senkrecht auf die Deichlinie. Im Hochwasserfall (insbesondere bei Eisgang) stellt dieser Abschnitt einen besonderen Gefahrenschwerpunkt dar. Zum zweiten tritt entlang der Untersuchungsgebietsfließstrecke der Hochwasserschutzdeich in mehreren Abschnitten direkt bis an den Flußschlauch heran. Ein schützendes Vordeichsland fehlt in diesen Bereichen. Außerdem ist die Mächtigkeit (Höhe und Breite) der brandenburgischen Deichlinie deutlich geringer als die auf niedersächsischer Seite. Ein geänderter Deichverlauf könnte sowohl eine verbesserte Schutzwirkung als auch eine ökologische Aufwertung bewirken. Hinsichtlich der Baukosten würde die Maßnahme gegenüber einer bloßen Deichertüchtigung keine übermäßige Erhöhung bedingen, da mit dem Bau des neuen Hochwasserschutzdammes (kleine Variante) gleichzeitig eine Verkürzung der Deichlinie verbunden ist.

Das Material der neuen Deichtrasse soll weitestgehend aus dem Untersuchungsgebiet gewonnen werden. Zur Anbindung der neu ausgedeichten Flächen an das Überflutungsgeschehen der Elbe ist es nach Fertigstellung der zurückverlegten Deichlinie geplant, den Altdeich in mehreren Bereichen zu schlitzen, wobei über die Schlitzungshöhe und -breite der Zeitpunkt und die Menge des ein- und ausströmenden Elbwassers in das Rückdeichungsgebiet gesteuert werden soll. Hinter der neuen Deichlinie ist aufgrund der dann geänderten Grundwasserstände das jetzige Grabensystem den neuen Verhältnissen anzupassen.

Aufgrund der Deichrückverlegung wird es zu einer Veränderung der Elbwasserstände kommen, was sich direkt auf die Grundwasserstände im gesamten Untersuchungsgebiet auswirkt. Neben den daraus resultierenden Änderungen des Bodenwasserhaushalts, wird es durch die mit dem Flutwasser eingetragenen Partikel ebenfalls zu einer Beeinflussung des Stoffhaushaltes kommen.

Grundlage für die Prognose über die Veränderungen der Elb- und Grundwasserstände sowie des Wasser- und Stoffhaushalts der Böden innerhalb des Untersuchungsgebietes bilden zwei Rückdeichungsvarianten, bei deren Realisierung 350 ha (kleine Variante) bzw. 670 ha (große Variante) zukünftige Vordeichsflächen gewonnen werden können. Der mögliche Verlauf der neuen Deichtrassen ist in der Abbildung 40 im Kapitel 8 dargestellt. Detaillierte Beschreibungen der einzelnen angedachten Szenarien sind NEUSCHULZ et al. [1997 u. 1999] zu entnehmen. Während bei der Umsetzung der kleineren Variante die Teststandorte ‚EW‘ und ‚OH‘ in das Rückdeichungsareal ein-, der Standort ‚DF‘ jedoch ausgeschlossen werden würde, wäre letzterer bei der größeren Variante ebenfalls mit in der auszudeichenden Fläche integriert. Bei den

Berechnungen zu den Wasserhaushaltsprognosen wurde von einer Überflutung dieses Standortes ausgegangen.

10.1 Elbwasserstand

Datengrundlage für die folgenden Ausführungen bilden einerseits die Wasserstandszeichnungen des WSA Magdeburg sowie deren Auswertungen von der BAW Karlsruhe.

Da der alte Deich in weiten Bereichen stehen bleiben und nur an einzelnen Stellen teilweise abgetragen wird, ist die Schlitzungshöhe in diesen Abschnitten von entscheidender Bedeutung für den hydraulischen Anschluß des neu entstehenden Vordeichareals im Hochwasserfall. Die Sohlenhöhen der einzelnen Schlitze sind so gewählt, daß eine ansteigende Welle erst ab einem Durchfluß von mindestens 640 m³/s, von unterstrom ausgehend das Rückdeichungsgebiet zunächst die natürlichen bzw. künstlich angelegten / vertieften Flutmulden auffüllen wird, bevor sich das Wasser ab einem Durchfluß von 820 m³/s auch außerhalb der Rinnen ausbreiten kann. Übersteigt der Durchfluß die Marke von 1130 m³/s, bewirkt ein Einströmen in das Gebiet über den obersten stromauf gelegenen Schlitz eine Strömungsumkehr im Rückdeichungsgebiet. Die Fließrichtung entspricht dann wieder der des Stromes. Das rückwärtige Überströmen der Aue bei auflaufenden Hochwässern ist typisch für weite Bereiche der als Dammflußmäander ausgeprägten unteren Mittelelbe.

Ein Durchfluß von 640 m³/s entspricht mit der Pegelhöhe von 15,33 m NN am Pegel Lenzen ungefähr dem Jahresmittelwert der Reihe 1964 - 1999 (s. Kap. 4.4.1). Dies bedeutet, daß rund die Hälfte des Jahres von einem direkten Kontakt zwischen Strom und Rückdeichungsgebiet über den niedrigst gelegenen Schlitz am Fähranleger bei Lenzen auszugehen ist. Knapp 1/3 des Jahres sind die Wasserstände der Elbe so hoch, daß das einströmende Wasser in der Lage ist, aus dem Rinnensystem auszufern. Ein Überspülen des obersten Schlitzes wird in ca. 20 % des Jahres zu beobachten sein.

Mit der baulichen Maßnahme der Deichschlitzung anstelle des vollständigen Abtrags soll sichergestellt werden, daß die Fließgeschwindigkeiten im Rückdeichungsgebiet und die damit verbundenen Erosionskräfte so gering bleiben, daß es zu keiner Stromspaltung kommt. Um dennoch eine ausreichende Durchströmung zu gewährleisten, muß der quer zur Elbe verlaufende ‚Alte Fährdamm‘ im Bereich des oberen Schlitzes am ‚Bösen Ort‘ stellenweise abgetragen werden, wodurch sich ehemalige Verhältnisse wiederherstellen ließen. Betrachtet man die historische Karte von GRUND aus dem Jahr 1699 hinsichtlich des im 17. Jahrhundert entstanden Fährdammes, sind bereits zu diesem Zeitpunkt insgesamt drei Durchlässe erkennbar (s. Abb. 18).

Innerhalb des Rückdeichungsgebietes soll das in Fragmenten noch vorhandene ehemalige Flutrinnensystem wieder aktiviert werden, wobei der freiwerdende Aushub dem Bau der neuen Deichtrasse dienen kann. Die wesentliche Funktion des Rinnensystems besteht zukünftig darin, bei rückläufigen Pegelständen das Oberflächenwasser aufzunehmen und es rasch der Elbe zurückzuführen. Auf diese Weise sollen lang andauernde, sich über weite Bereiche erstreckende Stagnationsphasen im Nachgang an ein Hochwasser möglichst ausgeschlossen werden. Entlang der Geländevertiefungen ist es vorgesehen, auentypische Prozesse wie Sedimentation und Erosion bewußt zuzulassen bzw. zu fördern. Um jedoch im Rückdeichungsgebiet aus wasserbaulicher Sicht ungewollte Umlagerungen infolge zu starker Durchströmung nach Möglichkeit zu minimieren, ist es geplant, die einzelnen Flutrinnen nicht miteinander zu verbinden.

Durch die Erweiterung des Fließquerschnittes im Bereich der Rückdeichungsfläche verringert sich in diesem Abschnitt, bei gleicher Wassermenge, im Hochwasserfall der Pegelstand. Dies wird aus der Abbildung 113 deutlich, in welcher für drei Abflußsituationen ($Q = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$, $2300 \text{ m}^3/\text{s}$, $3250 \text{ m}^3/\text{s}$) die Veränderungen der Wasserspiegellagen bezüglich beider Rückdeichungsvarianten (350 ha, 670 ha) im Vergleich zum Ist-Zustand dargestellt sind.

Es zeigt sich, daß der Rückgang der Scheitelhöhe im Vergleich zum Ausgangszustand um so größer ist, je höher die Hochwasserwelle aufläuft. Außerdem fallen erwartungsgemäß die Differenzen bei der großen Rückdeichungsvariante deutlicher aus als bei der kleinen. Ferner ist festzustellen, daß erst ab einem Mindestdurchfluß von $1500 \text{ m}^3/\text{s}$, das entspricht am Pegel Lenzen ungefähr einem Wasserstand von 17,23 m NN, von einer nennenswerten Wasserspiegelerniedrigung innerhalb der Rückdeichungsgebiets-Fließstrecke zu sprechen ist. Unterhalb dieser Marke beträgt der Unterschied auf der gesamten Länge sowohl bei der kleinen als auch bei der großen Variante weniger als 5 cm. Mit einem Durchfluß von $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ ist nahezu jedes Jahr innerhalb der Frühjahrsmonate zu rechnen. Dahingegen entspricht die Menge von $2300 \text{ m}^3/\text{s}$ bereits annähernd einem HQ5. Das heißt, dieses Ereignis tritt (theoretisch) alle fünf Jahre auf. Die größte Wasserspiegelabnahme wird zwischen den Strom-km 477 und 478 zu beobachten sein. Bei einem Durchfluß von $3250 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ20) beträgt sie in diesem Abschnitt für die kleine Variante - 39 cm und für die große - 46 cm. Bezüglich der stromab des Rückdeichungsgebietes gelegenen Bereiche werden, im Gegensatz zu den stromauf befindlichen, nahezu unabhängig von der Wasserführung nur minimale Wasserspiegelveränderungen vorhergesagt. Von einer Minderung der Wassermenge im Hochwasserfall infolge der Rückdeichung wird demnach nicht ausgegangen. Diese Annahme ist aus bodenkundlicher Sicht zutreffend, wie folgende Überschlagsrechnung belegt: Ausgehend von einem Porenvolumen von 50 % ist 1 ha Boden in der Lage, fünf Millionen Liter Wasser in einem Meter Bodentiefe aufzunehmen. Hochgerechnet auf 670 ha zusätzliche Überflutungsfläche ergibt dies 335.000 m^3 Wasser. Nimmt man einen Durchfluß von $670 \text{ m}^3/\text{s}$ an, würde demnach bereits in 83 min. das

gesamte Porenvolumen wassererfüllt sein. Da der Abfluß im Hochwasserfall tendenziell höher ist und der Boden bereits teilgesättigt ist, sind die realen Zeiten noch deutlich kürzer. Das heißt, bereits nach ungefähr einer Stunde könnte der Boden kein weiteres Wasser mehr aufnehmen. Die Wassermenge im Strom würde sich im Idealfall noch weiter verringern. Dies erklärt, warum es in stromab gelegenen Bereichen zu keinem Wasserspiegelabfall kommen wird.

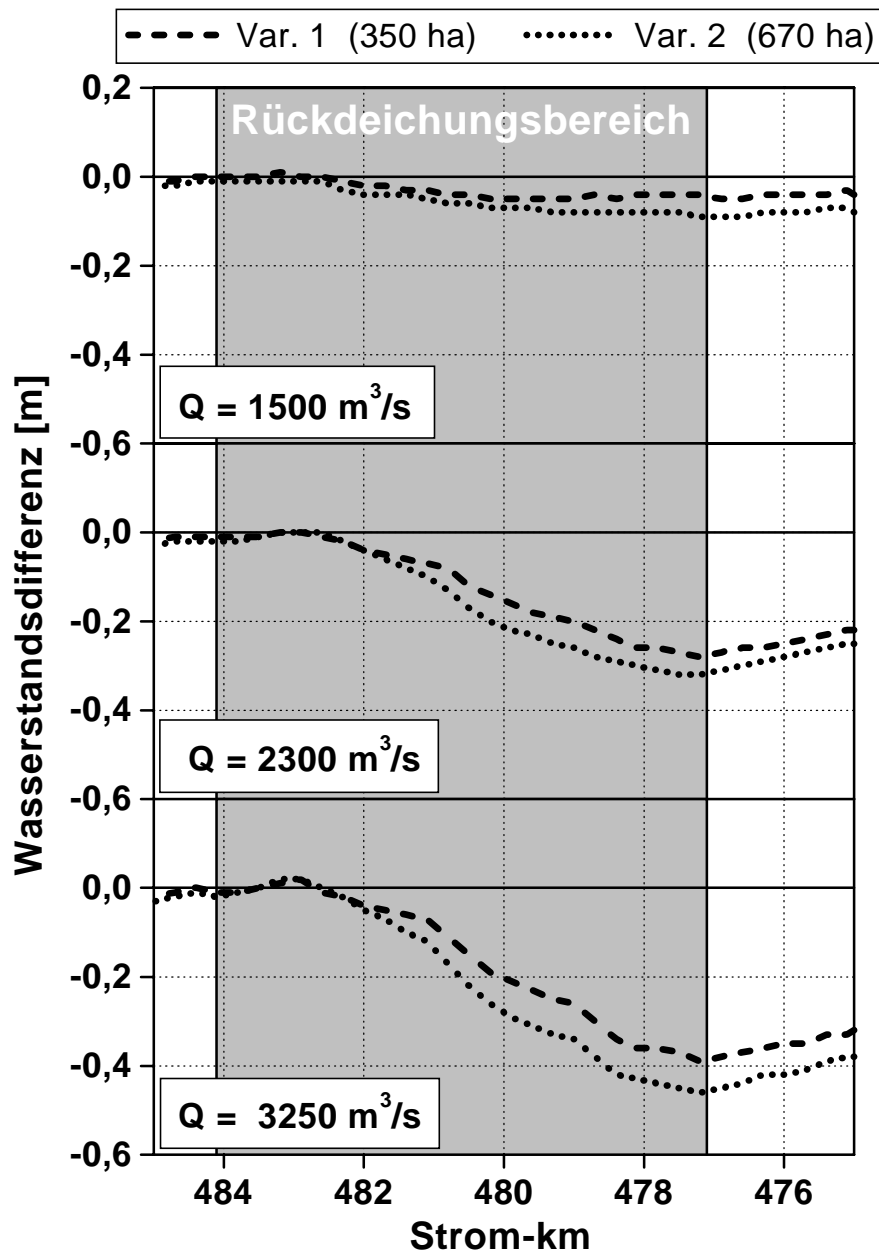


Abb. 113: Berechnete Wasserspiegelveränderungen der Elbe zwischen Strom-km 475 und 485 für zwei Rückdeichungsvarianten bei drei Abflußsituationen

Aus den veränderten Dauerlinien der Elbe resultieren abweichende Überflutungswahrscheinlichkeiten an den Teststandorten. Aufgrund der hydraulischen Teilabtrennung durch den Verbleib von Resten des Altdeiches in weiten Abschnitten des Rückdeichungsgebietes, wird es bei bestimmten Wasserständen eine deutliche Wasserspiegeldifferenz zwischen dem Elbstrom und dem gefluteten Vordeichsland geben. Der Pegelstand der Elbe wird deshalb zeitweilig deutlich über dem der Rückdeichungsfläche liegen, wobei der Unterschied im Bereich des oberen Deichschlitzes, d.h. am Strom-km 476,3 - 476,7 am höchsten und in Richtung Pegel Lenzen (Strom-km 484) auf Null zurückgeht. Eine lineare Interpolation der Elbwasserstände, ausgehend vom Pegel Lenzen und einem daraus folgenden Rückschluß auf die zukünftigen Überflutungshäufigkeiten und -dauer ist aus diesem Grund hier nicht möglich. Folglich müssen neben den Auswertungen von GRÖNGRÖFT [1999] noch die Ergebnisse der Modellberechnungen der BAW Karlsruhe als Basisdaten für die Bestimmung der Überflutungswahrscheinlichkeit mit herangezogen werden. Für die sechs Teststandorte sind diese sowohl für den Ist-Zustand als auch für die kleine Rückdeichungsvariante getrennt nach dem Gesamtjahr und der Vegetationsperiode in der Tabelle 51 aufgeführt. Die eingeklammerten Werte besagen, daß es sich um eine Überstauung infolge von Qualmwasseraustritt handelt. Abgeleitet wurden sie aus der Verschneidung der Ergebnisse aus den Grundwasser-berechnungsprogrammen des Teilprojektes 1 [MONTENEGRO et al. 2000] mit den eigenen Felderhebungen.

Tab. 51: Überflutungswahrscheinlichkeiten der Teststandorte und deren Veränderungen nach Rückdeichung (kleine Variante)

| Standort | Höhe | | Überflutungswahrscheinlichkeit [%] | | | |
|-----------|--------|--------|------------------------------------|--------------|--------------------|--------------|
| | [m NN] | [m MW] | Gesamtjahr | | Vegetationsperiode | |
| | | | 1964 - 99 | Rückdeichung | 1964 - 99 | Rückdeichung |
| EH | 18,82 | 2,84 | 0,8 | 0,4 | 0,2 | 0,2 |
| LP | 18,41 | 1,78 | 8,3 | 3,8 | 3,5 | 3,0 |
| LS | 16,91 | 0,28 | 38,1 | 26,9 | 26,1 | 22,8 |
| EW | 16,55 | 0,65 | (10,4)* | 20,9 | (8,2)* | 17,5 |
| DF | 16,49 | 0,49 | (0,0)* | (1,2)* | (0,0)* | (1,1)* |
| OH | 16,77 | 0,39 | (13,0)* | 16,6 | (10,5)* | 13,7 |

* - Überstauung infolge Qualmwassers

Aus der Tabelle 51 ist zu entnehmen, daß die Überflutungswahrscheinlichkeit an den außendeichs gelegenen Teststandorten nach der Rückdeichung zurückgehen wird (vgl. Kap. 8). In Abhängigkeit zur Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmter Pegelstände der Elbe fällt dies um so deutlicher aus, je niedriger ein Standort liegt. Dies erklärt, warum am Rinnenstandort ‚LS‘ ein Rückgang von über 11 % bezogen auf das Gesamtjahr bzw. 3 % für die Vegetationsperiode vorhergesagt wird. Für die bisher in der Qualmwasserzone liegenden, zur Zeit noch

eingedeichten Böden (*EW'* und *OH'*) wird die Dauer der vollständigen Wassersättigung dagegen infolge der nun direkt wirksam werdenden Hochwasserphasen der Elbe verlängert. Die vergleichsweise geringe Erhöhung am Standort *OH'* (Gesamtjahr: 3,6 %, Vegetationsperiode: 3,2 %) bedingt sich durch die geschützte Lage nahe des obersten Zulaufes der Elbe in das Rückdeichungsgebiet. Am näher am untersten Einstrom gelegenen Standort *EW'* steigt sie im Gegensatz dazu in beiden Zeiträumen fast einheitlich um den Faktor zwei. Der derzeit weit im Binnenland gelegene Standort *DF'* wird bei Umsetzung der kleinen Rückdeichungsvariante in der sich dann neu ausbildenden Qualmwasserzone liegen. Die Simulation der Grundwasserstände ergibt für diese Stelle aber nur eine geringe Sättigungswahrscheinlichkeit von rund einem Prozent, sowohl über das Gesamtjahr als auch in der Vegetationsperiode. Inwieweit dies realistisch ist, hängt von der Intensität der hydraulischen Anbindung der überflutenden Elbe an den Grundwasserleiter ab. Entscheidend sind die Anzahl, Größe und Lage der Bereiche mit einer fehlender Auenlehmdecke. Wenn der Standort *DF'* mit in das Rückdeichungsareal einbezogen wird (Realisierung der großen Variante), betragen die Überflutungswahrscheinlichkeiten für das Gesamtjahr 22,5 % und für die Vegetationsperiode 18,9 %.

Die Ergebnisse zeigen, daß sich die Folgen der Rückdeichung auf die Überflutungswahrscheinlichkeit zwischen den beiden Landschaftsräumen grundsätzlich unterscheidet. Während sich an den Außendeichsstandorten infolge der bei gleicher Wasserführung niedriger auflaufenden Hochwasserwellen eine deutliche Minderung in den Überstauungshäufigkeiten (vor allem in den Wintermonaten) abzeichnet, werden die im Ist-Zustand größtenteils gut dränierten deichfernen Binnendeichsstandorte nach der Rückdeichung eine erheblich zunehmende überflutungsbedingte Vernässung erfahren. Dies betrifft nicht nur die Monate typischer Hochwässer (Januar bis Mai), aufgrund ihrer niedrigen Lage können auch während der restlichen Vegetationsperiode Überstauungen auftreten. Die Auswirkungen auf die derzeit deichnahen Qualmwasserböden nehmen bei gleicher relativer Höhe zum Mittelwasserstand der Elbe mit zunehmender Annäherung an den unteren Zustrombereich im Bereich des Fähranlegers Lenzen zu, da für die weit stromauf gelegenen Standorte eine Abschirmwirkung durch den hochliegenden obersten Überlaufpunkt am *„Bösen Ort“* besteht.

Hochwasserbedingte Naßphasen des Oberbodens während der Vegetationsperiode von mehr als 10 Tagen Dauer, die aufgrund relativ hoher Temperaturen bereits zu niedrigen Redoxspannungen, d.h. starkem Sauerstoffmangel in den Ah-Horizonten führen können (s. Kap. 9.2.3), treten bisher nur an den Außendeichsstandorten *LS'* (mit einer jährlichen Eintrittswahrscheinlichkeit von $p = 0,76$) und *LP'* ($p = 0,11$) auf. Nach der Rückdeichung wird dies an allen Binnendeichs-Teststandorten mit einer vergleichsweise hohen Wahrscheinlichkeit (*OH'*: $p = 0,36$ bis *EW'*: $p = 0,56$) zu beobachten sein.

10.2 Wasserhaushalt der Böden

Die Veränderung der Standorteigenschaften der Böden in Folge der Rückdeichungsmaßnahme sowie der damit gegebenenfalls einhergehenden Landnutzungsänderung betreffen mehrere Aspekte, die im folgenden jeweils getrennt beurteilt werden. In Vordergrund steht hierbei der Bodenwasser- und -lufthaushalt, da deren Veränderungen sich wiederum auf den Nähr- und Schadstoffhaushalt auswirken.

Der Bodenwasserhaushalt eines vorgegebenen Auenstandorts kann aus der Grundwasserganglinie, der periodisch stattfindenden Überflutung und dem Verlauf der Klimafaktoren, insbesondere der klimatischen Wasserbilanz abgeleitet werden. Langfristig kann sich ebenfalls die Veränderung der Vegetation auf den standörtlichen Wasserhaushalt auswirken. Um die Veränderungen infolge der Rückdeichung im Untersuchungsgebiet prognostizieren zu können, dienen daher im weiteren zum einen die höhenabhängige Überflutungswahrscheinlichkeit [GRÖNGRÖFT 1999], korrigiert um die Veränderungen nach Rückdeichung (BAW Karlsruhe) und die Simulation der Grundwasserstände an den Teststandorten von MONTENEGRO et al. [2000] sowie die Klimastatistik der DWD-Station Lenzen (s. Kap. 4.6) als maßgebliche Eingangsgrößen.

Wie im Kapitel 9.1.1 bereits ausführlich behandelt, wirken sich die Elbwasserstände direkt auf den Grundwasserspiegel im gesamten Untersuchungsgebiet aus. Veränderungen im Elbspiegel führen deshalb standortsabhängig zu geänderten Ganglinien des Grundwassers. Die flächenhaften Auswirkungen auf das Grundwasserniveau sind umfangreich bei MONTENEGRO et al. [2000] nachzulesen. Hier sollen ausschließlich die Abweichungen an den Teststandorten präsentiert werden.

Den derzeit vorhandenen bzw. nach Rückdeichung sich einstellenden minimalen, medianen und maximalen monatlichen Grundwasserstand zeigt am Beispiel des Standorts ‚EW‘ die Abbildung 114. Eingangsdaten für die Auswertung sind die durch das Teilprojekt 1 aus der Ganglinie der Elbe (Zeitraum 1964 - 1998) für diese Stelle generierten Grundwasserstände und die daraus abgeleiteten statistischen Kennwerte. Nimmt man dieselbe Datenreihe und verwendet das Berechnungsmodell für die Rückdeichung (kleine Variante) erhält man die Vergleichswerte.

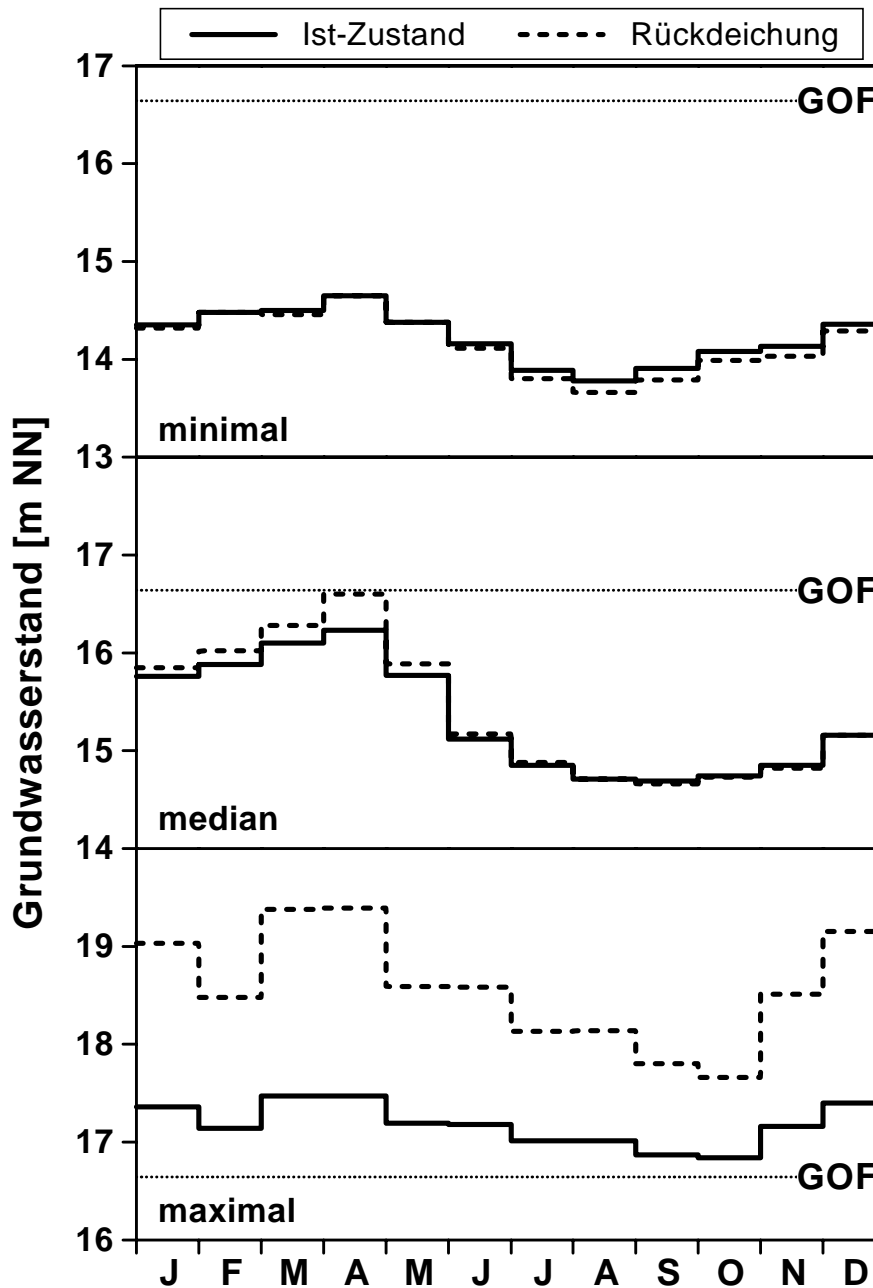


Abb. 114: Vergleich der monatlichen statistischen Kennwerte der Grundwasserstände am Standort ‚EW‘ für den Ist-Zustand und die Rückdeichung (kleine Variante)

Deutlich wird, daß sich die größten Unterschiede bei den Maximalwasserständen ergeben. Fast zwei Meter können die Differenzen ausmachen, wobei ab einer Höhe von 16,6 m NN der Standort ‚EW‘ überstaut ist. Daß sie in den Frühjahrsmonaten größer ausfallen als in den

Spätsommer- und Herbstmonaten liegt am Wasseraufkommen der Elbe mit den Höchstwasserständen im März und April. Grund für die starke Veränderung gegenüber dem jetzigen Zustand ist die zukünftig vorherrschende direkte Überflutungsmöglichkeit des Standortes. Die Hochwasserphasen sind es auch, die dafür sorgen, daß der mediane Grundwasserstand in diesen Zeiten gegenüber dem heute vorhandenen ansteigen wird. Der größte diesbezügliche Anstieg wird für den April mit 38 cm prognostiziert. Außerhalb der Frühjahrsmonate sind die beiden Linien fast deckungsgleich, das heißt der mittlere Grundwasserstand verändert sich in diesem Zeitraum nicht oder nur geringfügig. In den Monaten, in denen die Elbe nur sehr wenig Wasser führt, wird der minimale Grundwasserstand an dieser Stelle etwas niedriger ausfallen als er zur Zeit ist (durchschnittlich - 7 cm). Dies liegt an der Wiederanbindung ehemaliger Flutrinnen an die Elbe und der daraus resultierenden, im Vergleich zum heutigen Zustand verstärkten Entwässerung. An den Standorten ,OH' und ,DF' werden auf geringerem Niveau vergleichbare Auswirkungen festzustellen sein.

Die Tabelle 52 faßt die Ergebnisse zu den veränderten Grundwasserständen an den drei derzeit eingedeichten Teststandorten zusammen. Demnach wird der mittlere Grundwasserstand an diesen Standorten sowohl über das Gesamtjahr als auch die Vegetationsperiode zwischen 3 und 6 cm ansteigen. Vergleicht man die Ergebnisse allerdings mit den 5 %-Werten, das heißt den Werten, die im langjährigen Mittel die genannte Eintrittswahrscheinlichkeit besitzen, zeigt sich, daß diese wesentlich stärker vom jetzigen abweichen als die Medianwerte. Zu unterscheiden sind die Anstiege an den zukünftig außendeichs befindlichen Standorten ,EW' und ,OH' (Erhöhung zwischen 0,75 und 0,91 m) von dem, bei der hier zu Grunde gelegten kleinen Rückdeichungsvariante auch später eingedeichten Standort ,DF'. Hier liegt der Anstieg bei ca. 0,5 m.

Tab. 52: Grundwasserstände und deren Veränderungen bei Rückdeichung an den binnendeichs gelegenen Teststandorten

| [m NN] | Gesamtjahr | | | | Vegetationsperiode | | | |
|-----------|------------|-------|--------------|-------|--------------------|-------|--------------|-------|
| | 1964 - 99 | | Rückdeichung | | 1964 - 99 | | Rückdeichung | |
| | Med. | 5 % | Med. | 5 % | Med. | 5 % | Med. | 5 % |
| EW | 15,11 | 16,75 | 15,15 | 17,50 | 15,25 | 16,82 | 15,28 | 17,62 |
| DF | 15,53 | 17,05 | 15,59 | 17,85 | 15,65 | 17,08 | 15,69 | 17,99 |
| OH | 15,12 | 15,85 | 15,16 | 16,35 | 15,20 | 15,90 | 15,23 | 16,37 |

Als charakteristisches Merkmal der Böden des Untersuchungsgebiets kann sich ihre Wasser- und Luftversorgung je nach Wasserführung der Elbe und Witterungsverlauf im Vergleich der Jahre erheblich unterscheiden. Für den einzelnen Standort ist aus diesem Grund nur eine bestimmte Wahrscheinlichkeit typisch, mit dem beispielsweise eine Überflutung und damit eine

Einschränkung der Luftversorgung einerseits aber auch eine Erhöhung der Wasserversorgung in den an das Hochwasser anschließenden Zeiten andererseits erfolgt. Um für jeden Teststandort die Veränderung des Wasserhaushalts infolge der Rückdeichungsmaßnahme vorhersagen zu können, kommt es deshalb darauf an, die Wahrscheinlichkeit des Eintritts der klimatischen Bedingungen (feuchte – trockene Jahre) mit der Wahrscheinlichkeit und Dauer der Überflutungen zu vereinen. Hierbei wird angenommen, daß die Variabilität der Grundwasserstände über die Berücksichtigung des Elbwasserstands enthalten ist. Um die Wirkung von Überflutung und klimatischer Wasserbilanz miteinander kombinieren zu können, ist es notwendig, für jeden Standort die Bedeutung einer Flutung für den Wasserhaushalt abzuschätzen, d.h. die Menge an Zuschußwasser. Dieses ist dann als zusätzlicher Input zu der klimatischen Wasserbilanz in die Standortwasserbilanz zu berücksichtigen.

Um die Variabilität der Wasserhaushaltsbedingungen für jeden Teststandort demonstrieren zu können, wurde, aufsetzend auf das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Bodenfeuchtedreieck (s. Kap. 5.3.3), von GRÖNGRÖFT et al. [2001] ein mathematisches Verfahren zur Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit nasser und trockener Bodenzustände während der Vegetationsperiode entwickelt. Als die ökologisch relevante Bodentiefe ist der Oberboden (A-Horizont) anzusehen, da dieser zum einen der Hauptwurzelraum ist und zum anderen den Lebensraum für die überwiegende Zahl an Bodenorganismen darstellt.

Das im weiteren näher erläuterte Verfahren beruht auf mehreren Annahmen. Der Anteil von Naßphasen, zu deren Bestimmung sowohl die gemessenen Elbwasserstände (1964 - 1999) als auch die für den gleichen Zeitraum simulierten Grundwasserstände herangezogen werden, ergibt sich aus der Zeitspanne, in der der Standort entweder überflutet (Wasserstand am Pegel Lenzen über dem standortspezifischen Bezugswasserstand) oder durch Grundwasser (simulierter Grundwasserstand oberhalb 20 cm Bodentiefe) vernäßt ist, zuzüglich einer anschließenden Phase der Versickerung des freien Wassers aus dem Boden nach Rückgang eines Hochwassers. Diese Phase wurde aus den Wassergehalts- und Wasserspannungsmessungen an den Teststandorten abgeleitet, wobei Zeiten zwischen minimal einem Tag für die sandige Auenbraunerde des Standorts ‚EH‘ bis maximal 14 Tage in der tonreichen Gley-Vega (Standort ‚OH‘) angesetzt wurden. Aus den Auswertungen der Tageswerte von 1964 - 1999 läßt sich in einem zweiten Schritt die Eintrittswahrscheinlichkeit für die auftretenden Naßphasen ableiten.

Der Anteil von Trockenphasen ergibt sich aus der Wasserbilanz des Standorts, worunter hier die klimatische Wasserbilanz (Niederschlag minus potentieller Evapotranspiration) zuzüglich der Zuschüsse aufgrund von Hochwässern bzw. hohen Grundwasserständen verstanden wird. Für die Variabilität der klimatischen Wasserbilanz wurden die Daten der DWD-Station Lenzen der Jahre 1995 - 1999 ausgewertet. Die Zuschüsse infolge des Wassereinstaus ergeben sich einerseits aus dem bis zum Zeitpunkt des Wassereinstaus mit mittleren klimatischen Annahmen entwässerten

Anteil der Feldkapazität des Gesamtprofils sowie den täglichen Zuschüssen während des Einstaus aufgrund der unter anderen Umständen vorherrschenden Verdunstung. Für die Untersuchungsjahre 1998 und 1999 konnten aus den Feldmessungen Beziehungen zwischen der Wasserbilanz der Standorte und den Anteilen an Trockenphasen generiert werden, welche auf alle übrigen Jahre übertragen wurden. Aus der Eintrittswahrscheinlichkeit der Wasserbilanz ließ sich auf diesem Weg diejenige für die auftretenden Trockenphasen ermitteln. Bei der Verknüpfung beider Eintrittswahrscheinlichkeiten in Form eines Dreiecksdiagramms wird der Naßphasen-Anteil wie berechnet übernommen, während der Anteil an Trockenphasen sich ausschließlich auf den verbleibenden Teil der Vegetationsperiode bezieht.

Aufgrund fehlender Klimadaten war eine präzisere Simulation des Wasserhaushalts der Standorte nicht möglich. Das Verfahren von GRÖNGRÖFT et al. [2001] berücksichtigt aber wesentliche hydrologische Effekte der sechs Teststandorte. Unberücksichtigt bleiben die mögliche Oberbodenvernässung infolge von Starkregenereignissen sowie der Zuschuß zur Wasserbilanz durch kapillaren Aufstieg. Beide Effekte erwiesen sich aber während der beiden aufgezeichneten Vegetationsperioden als wenig bedeutsam für den Wasserhaushalt der untersuchten Böden. Ferner vernachlässigt das Verfahren die Bedeutung einer veränderten Vegetation auf den Bodenwasserhaushalt. Außerdem muß bedacht werden, daß die Datengrundlage bezüglich der Bodenwasserspannung lediglich zwei Vegetationsperioden (1998 und 1999) umfaßt.

In den folgenden Abbildungen (115 bis 120) werden die Trocken- und Naßphasen im Oberboden in ihrem zeitlichen Anteil an der Vegetationsperiode (April - Oktober) dargestellt. Die an 100 % fehlenden Anteile eines Punktes innerhalb des Dreiecks ergeben jeweils die frischen und feuchten Bodenzustände, die für die Wasser- und Luftversorgung der Vegetation als am günstigsten anzusehen sind. Eine konstant trockene Vegetationsperiode bedeutet daher einen Eintrag in der oberen Ecke, eine gleichmäßig feuchte und / oder frische in der unteren linken Ecke sowie eine dauerhaft nasse in der unteren rechten Ecke. Wenn sich nennenswerte Anteile nasser und trockener Zustände zu hohen Anteilen addieren, d.h. der günstige feuchte bis frische Zustand nur einen geringen Zeitraum der Vegetationsperiode umfaßt, kann der Standort als wechsell trocken bis wechsell naß bezeichnet werden. Innerhalb des linken Dreiecks werden neben den theoretisch möglichen Kombinationen (erkennbar an den Schraffuren) zusätzlich die Ergebnisse aus den Felderhebungen für beide Vegetationsperioden mit einem Punkt repräsentiert. Aus den graduierten Schraffuren läßt sich die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Zustandes ableiten. Die Angabe 50 % bedeutet, daß mit einer 50 %-igen Wahrscheinlichkeit (Auftreten theoretisch jedes zweite Jahr) das Ergebnis für eine Vegetationsperiode in einem der entsprechend schraffierten Felder liegt. Die Wahrscheinlichkeiten wurden für alle möglichen Felder der im 5 %-Abstand klassierten Trocken- und Naßphasenanteile berechnet. Der Wert 75 % besagt, daß mit 75 %-iger Wahrscheinlichkeit (in 3 von 4 Jahren zutreffend) der Meßwert für die Vegetationsperiode in dem entsprechend markierten oder demjenigen mit der 50 % Schraffur

liegt. Die Werte sind demnach kumulativ zu betrachten. Insgesamt umfassen die schraffierten Felder somit die Resultate aus 95 von 100 möglichen Vegetationsperioden.

Die Abbildung 115 zeigt den Vergleich des auf diese Weise bestimmten Wasserhaushalts der 2,8 m über MW liegenden Auen-Braunerde des Teststandortes ‚EH‘ von Ist- zu Prognosezustand. Die Wahrscheinlichkeit der Überflutung des bereits jetzt im Vordeichsland befindlichen Standorts ist bereits im Ist-Zustand gering, sie nimmt nach erfolgter Rückdeichung durch den Wasserspiegelrückgang im Hochwasserfall noch weiter ab. Naßphasen während der Vegetationsperiode betragen dann in jedem Jahr weniger als 5 %. Damit ist der Standort fast ausschließlich von der jährlichen Variabilität der Klimabedingungen abhängig. In günstigen Jahren - wie 1998 - kommen optimale Verhältnisse, d.h. keine Trockenheit vor, in sehr niederschlagsarmen, sonnenreichen Jahren kann der Oberboden bis zu 80 % der Vegetationsperiode trocken sein. In der Spanne von 0 bis 40 % Trockenheit während der Vegetationsperiode liegen 50 % der Jahre. Der Standort wird auch zukünftig durch Auwaldvegetation geprägt, daher ist ein Vegetationswandel bei der Prognose nicht zu berücksichtigen.

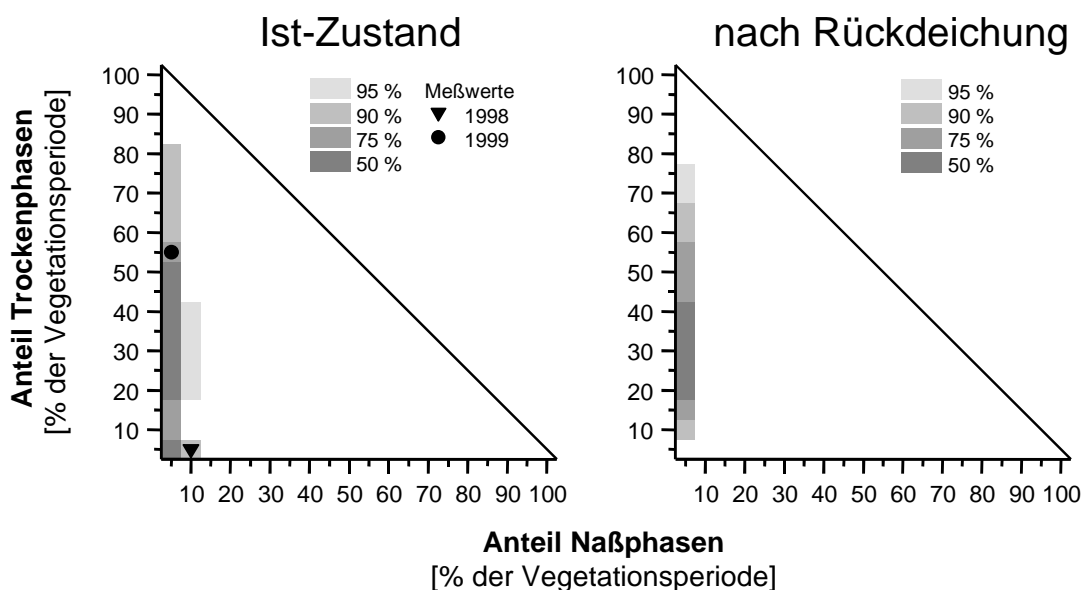


Abb. 115: Gegenüberstellung des Wasserhaushalts während der Vegetationsperiode am Standort ‚EH‘ im Ist-Zustand und nach Rückdeichung

Die Norm-Vega des Standorts ‚LP‘ liegt ungefähr einen Meter tiefer als der Standort ‚EH‘ und wird daher auch in der Vegetationsperiode gelegentlich überflutet (im Mittel zu 3 %). Während im Ist-Zustand die überflutungsbedingte Vernässung im Extremfall 55 % der Vegetationsperiode ausmachen kann, nimmt dieser Anteil nach Rückdeichung auf 35 % ab (s. Abb. 116). Geringere

nFK und Wurzeltiefe als am Standort ‚EH‘ haben zur Folge, daß für diesen Standort in Jahren ohne sommerlichen Wasserzuschuß von der Elbe eine deutliche Austrocknung des Oberbodens charakteristisch ist, wobei typische Anteile 30 - 70 % der Vegetationsperiode erreichen. Die gemessenen Jahre 1998 und 1999 liegen beide innerhalb des Wahrscheinlichkeitsfeldes, das 50 % der Jahre umfaßt. Auch nach Rückdeichung finden sich in diesem Trockenheitsbereich die meisten Werte, wenngleich der Anteil der Naßphasen deutlich zurückgegangen ist. Der Standort wird im Ist-Zustand als Grünland genutzt, die Wasserhaushaltsprognose für die Rückdeichung geht von einem Erhalt dieser Nutzungsform aus. Grundsätzlich bietet der Standort aber auch die Voraussetzungen für einen Hartholzauwald. Sollte dieser hier entstehen, ist, da mit der Erhöhung der Wurzeltiefe des Auwalds und der Verbesserung des Kleinklimas der Oberboden längere Zeit frisch oder feucht bleibt als unter Grünland, einerseits mit einer leichten Abnahme bei den Anteilen an Trockenphasen zu rechnen. Andererseits verdunstet Auwald wesentlich mehr Wasser als Grünland, was zu einem Anstieg der Trockenphasen führt. Welcher dieser beiden Effekte überwiegen wird, ist zum derzeitigen Zeitpunkt noch unklar.

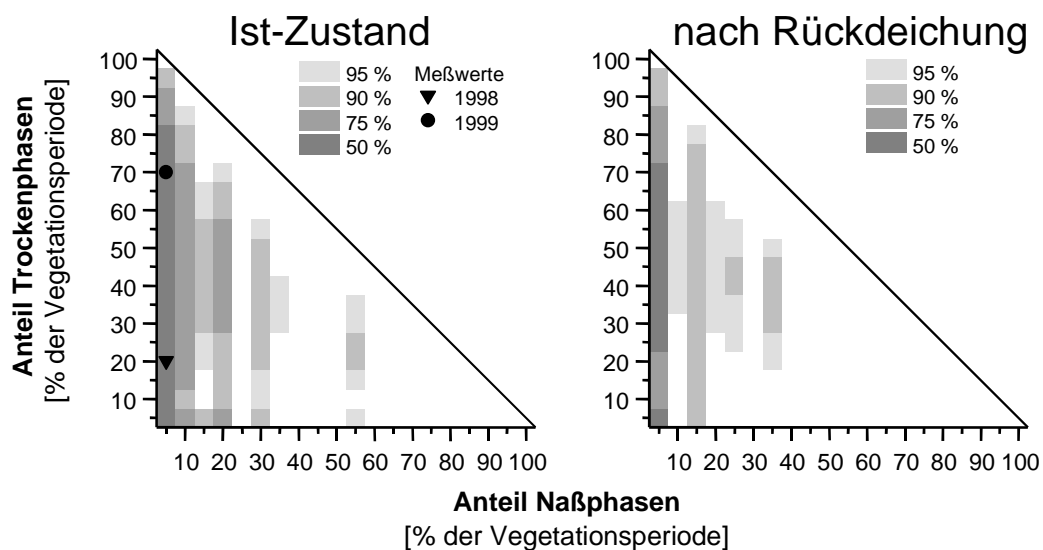


Abb. 116: Gegenüberstellung des Wasserhaushalts während der Vegetationsperiode am Standort ‚LP‘ im Ist-Zustand und nach Rückdeichung

Der Auen-Anmoorgley des Standorts ‚LS‘ ist auch nach einer Rückdeichung im Vergleich der am häufigsten überflutete Standort. Von aktuell 26 % ändert sich die Überflutungswahrscheinlichkeit in der Vegetationsperiode dann auf 23 % (s. Abb. 117). Der Vergleich der beiden Bodenwasser-Haushaltsdreiecke zeigt insgesamt eine Verschiebung in den trockeneren Bereich. Der mit einer 95 %-igen Wahrscheinlichkeit maximal zu erwartende Trockenphasen-Anteil steigt von derzeit 65 % auf zukünftig 90 % an. Gleichzeitig geht der Naßphasenanteil um 10 %, ausgehend von 85 % im Ist-Zustand auf 75 % zurück. Insgesamt dominieren aber

weiterhin Jahre mit deutlicher Vernässung und geringen bis mittleren Anteilen an Trockenheit. Während der Standort bei günstigen klimatischen Verhältnissen nur zwischen nassen und frischen Feuchtezuständen wechselt, kommen in Jahren geringerer klimatischer Wassereinträge auch Trockenphasen vor. Im Wechsel der Jahre kann der Standort daher sowohl als frisch, als naß als auch als wechselnaß bezeichnet werden. Die Vegetation im Ist-Zustand ist ein Flutrasen, was sich auch nach Rückdeichung nicht verändern wird.

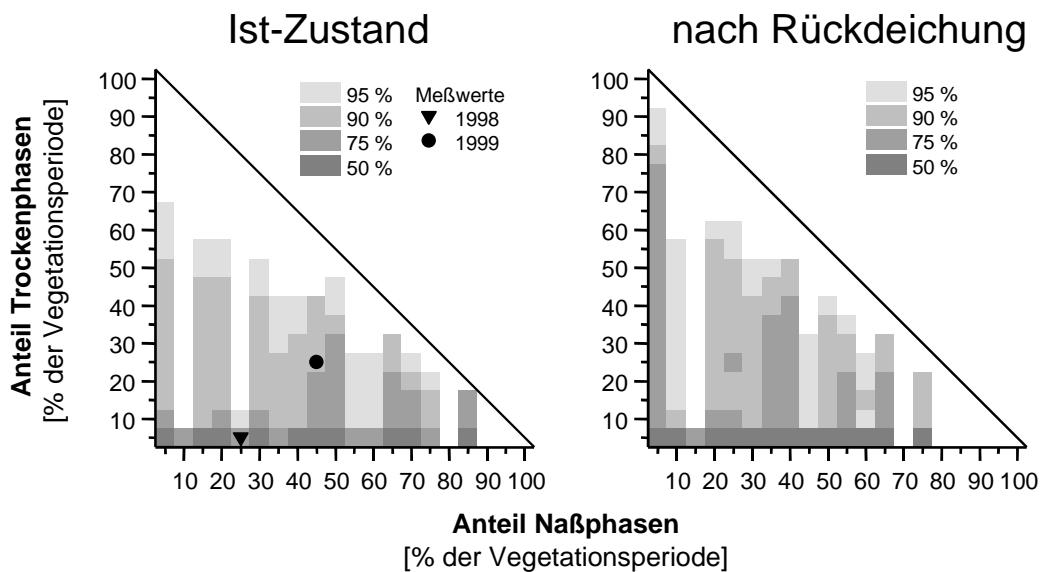


Abb. 117: Gegenüberstellung des Wasserhaushalts während der Vegetationsperiode am Standort ‚LS‘ im Ist-Zustand und nach Rückdeichung

Als einziger Standort wies die Gley-Vega des Teststandortes ‚EW‘ in beiden Meßjahren 1998 und 1999 Anteile an Trockenphasen auf, die sich nicht aus den Unterschieden in den Wasserbilanzen erklären lassen. Somit war die Erstellung einer durch Messung abgesicherten Beziehung zwischen dem Anteil an Trockenphasen und der Wasserbilanz nicht möglich. Unterstellt wurde daher ein über einen weiten Wasserbilanzbereich konstanter Anteil an Trockenheit in der Vegetationsperiode. Dies ist in Abbildung 118 zu erkennen. Zunehmen wird dagegen im Vergleich zu heute der Anteil an Naßphasen. Der Standort ‚EW‘ hat demnach einen Wasserhaushalt, der im Vergleich zum Oberholz (s.u.) einen etwas höheren Grad an Trockenheit aufweist. Dies läßt sich mit dem aktuellen Wasserbedarf der Vegetation - ein lückiger Alteichenbestand mit dichter Strauchschicht - begründen.

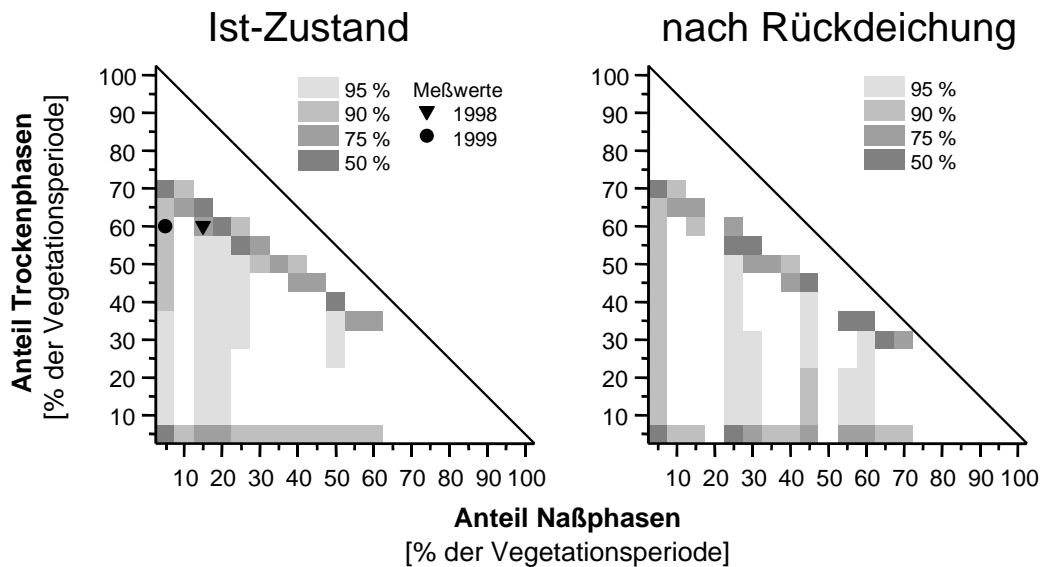


Abb. 118: Gegenüberstellung des Wasserhaushalts während der Vegetationsperiode am Standort ‚EW‘ im Ist-Zustand und nach Rückdeichung

Die größten Veränderungen im Bodenwasserhaushalt werden sich für den Auengley am Standort ‚DF‘ ergeben. Dieser liegt als einziger Meßstandort soweit von der Elbe entfernt (1200 m) und gleichzeitig im Einflußbereich des Grabensystems, daß im Ist-Zustand auch bei Hochwasser in der Elbe niemals mit Vernässungen im Oberboden zu rechnen ist. Der Wasserhaushalt reagiert deshalb nahezu ausschließlich auf die unterschiedliche klimatische Wasserbilanz (s. Abb. 119). Im Mittel treten derzeit zu rund 55 % der Vegetationsperiode Trockenphasen im Oberboden auf. Der Wasserhaushalt dieses Standortes ändert sich gravierend, wenn er bei einer Rückdeichung der direkten Überflutung ausgesetzt wird. Die simulierte Überflutungshäufigkeit liegt dann mit 19 % (bezogen auf die Vegetationsperiode) zwischen derjenigen der Gley-Vega (‚EW‘) und dem Auen-Anmoorgley (‚LS‘). In Abhängigkeit vom Verlauf der Klimafaktoren und der Elbwasserstände treten nun sowohl unvernäßte als auch deutlich vernäßte Jahre auf, in die variable Anteile von Trockenheit eingeschaltet sind. Bis zu maximal 85 % können die Naßphasen im Ausdeichungsfall innerhalb einer Vegetationsperiode ausmachen. Das Verteilungsmuster des Wasserhaushalts ähnelt unter diesen Umständen künftig stark demjenigen des Auen-Anmoorgleys des Standorts ‚LS‘. Dieser ist aktuell durch einen Flutrasen gekennzeichnet, weshalb dann bei vergleichbarer Nutzungsart und -intensität auch an dieser Stelle mit einer solchen Vegetation zu rechnen ist. Sollte der Standort ‚DF‘ allerdings nicht ausgedeicht werden, reduzieren sich die Naßphasen gegenüber dem abgebildeten Zustand, da dann eine Vernässung ausschließlich durch Qualmwasser stattfinden kann. Profilaufbau und Höhenlage lassen darauf schließen, daß der Wasserhaushalt in diesem Fall wahrscheinlich dem des Ist-Zustandes des Standortes ‚OH‘ entsprechen wird.

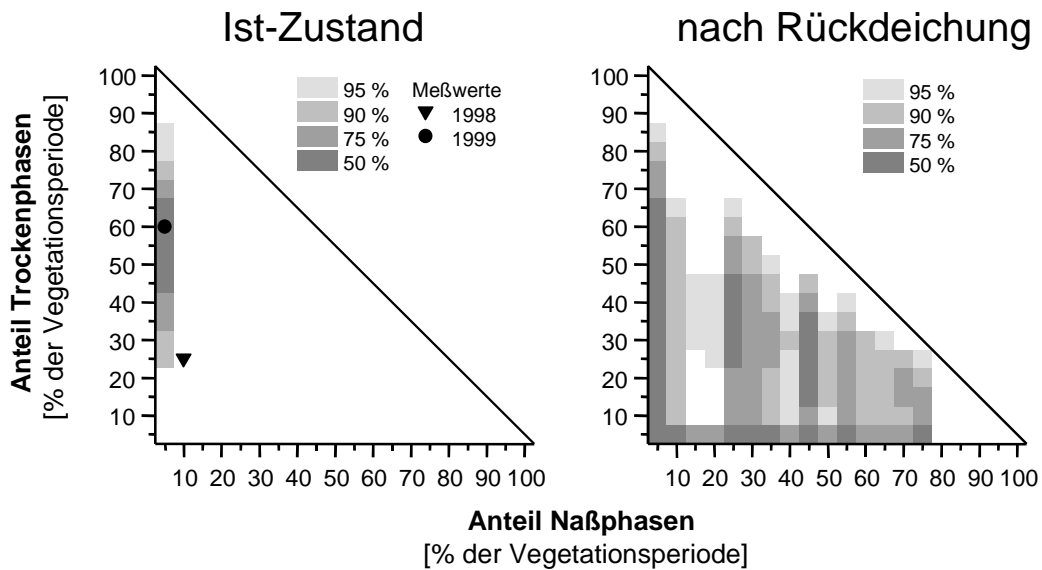


Abb. 119: Gegenüberstellung des Wasserhaushalts während der Vegetationsperiode am Standort ‚DF‘ im Ist-Zustand und nach Rückdeichung

Für die Gley-Vega am Standort ‚OH‘ wird nach der Rückdeichung die Überflutungswahrscheinlichkeit in der Vegetationsperiode um 3 % auf im Mittel knapp 14 % ansteigen (s. Abb. 120). Durch die Lage in der Qualmwasserzone und die relativ geringe Geländehöhe ist dieser Standort bereits im Ist-Zustand in manchen Sommern anhaltend, d.h. bis zu 75 % der Zeit vernäßt. Auffällig ist, daß im Vergleich der Jahre die Feuchtezustände kein Kontinuum bilden, sondern mit relativ hohen Wahrscheinlichkeiten sowohl Jahre ohne Naßphasen als auch solche mit anhaltenden Naßphasen vorkommen. Jahre mit ausgeglichenem Wasserhaushalt, wie am Standort ‚EH‘, treten dagegen fast nicht auf. Typisch für diesen tonreichen Standort ist ein abrupter Wechsel nasser und trockener Feuchtezustände, wobei der Anteil der Naßphasen stark variiert. Auch nach einer Rückdeichung ändert sich der Wasserhaushalt an dieser Stelle nicht grundlegend. Tendenziell wird der Standort aber nasser werden. Gegenüber den Abschätzungen ist allerdings die Veränderung in der Vegetationsbedeckung zu berücksichtigen. Während der Untersuchungen konnte die Initialpflanzung des Auwaldes den Wasserhaushalt noch nicht walddtypisch verändern. Nach dem Kronenschluß der Auwaldgehölze wird sich eine allmähliche Erhöhung der Wurzeltiefe und ein insgesamt erhöhter Wasserbedarf einstellen. Aus dem Vergleich mit den untersuchten Waldstandorten ‚EH‘ und ‚EW‘ kann bisher nicht eindeutig entschieden werden, ob die Vertiefung der Wurzelverteilung zu einer leichten Abnahme von Trockenphasen im Oberboden führt oder ob der erhöhte Wasserbedarf in Kombination mit einer durch anhaltende Staunässe behinderten Tiefwurzelung zu einer Verlängerung der Trockenheit des Oberbodens beiträgt.

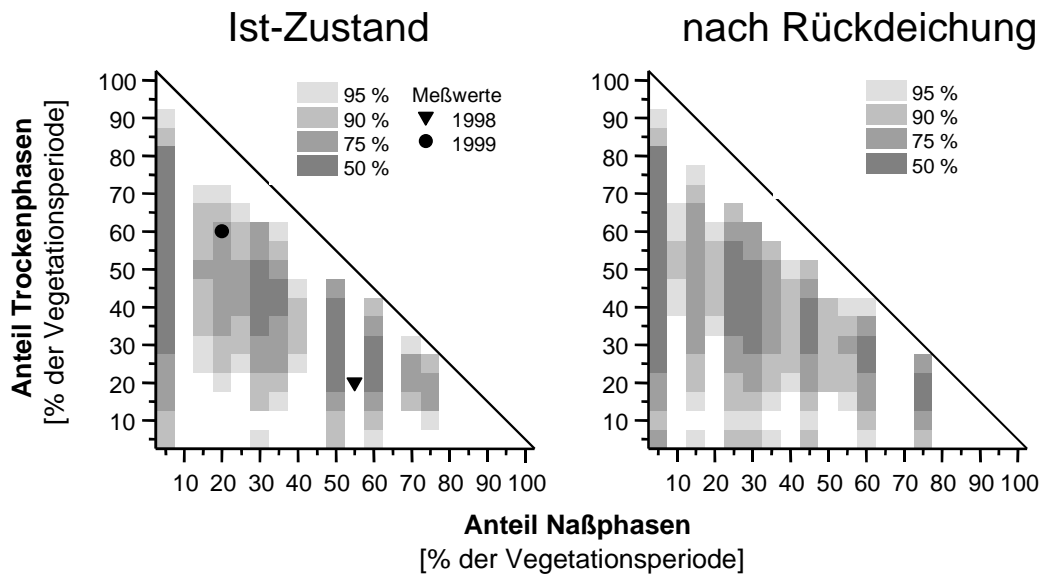


Abb. 120: Gegenüberstellung des Wasserhaushalts während der Vegetationsperiode am Standort ‚OH‘ im Ist-Zustand und nach Rückdeichung

10.3 Stoffhaushalt der Böden

10.3.1 Nährstoffe

Anhand der Nährstoffvorrats-Analyse sowie der Bestimmung der gelösten Anteile in den Teststandorts-Profilen konnte gezeigt werden, daß der Nährstoffhaushalt der Böden sowohl durch die direkten Überflutungen als auch durch den Zutritt von Qualmwasser beeinflusst wird. Es sind im Grundsatz zwei Arten des Stoffeintrags in die Böden zu unterscheiden: der von im Elbwasser gelösten Stoffen sowie die Ablagerung von Schwebstoffen aus dem Wasserkörper. Für den letztgenannten Typ ist insbesondere die Intensität der Sedimentablagerung bei den zu erwartenden Hochwässern im Rückdeichungsgebiet entscheidend. Daher soll zunächst auf den Wissenstand zu diesem Prozeß eingegangen werden.

Um die Sedimentationsrate in den Vordeichsarealen abzuschätzen, sind zwei methodische Ansätze verfolgt worden. Zum einen die Messung der während eines Hochwassers sedimentierten Massen mittels Kunstrasenmatten [SCHWARTZ et al. 1997a] und zum anderen die Schätzung der Sedimentablagerung aus der Zunahme der Zinkgehalte in den Oberböden gegenüber der geogen bedingten Ausgangskonzentration (s. Kap. 8.1). Für beide Verfahren liegen neben den eigenen Daten zahlreiche Vergleichswerte von RUPP et al. [2000] von einem ungefähr 40 km stromauf gelegenen Untersuchungsgebiet (Strom-km 435 - 440) vor. Anhand

der bisherigen Ergebnisse kann der Prozeß des Sedimenteintrags zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nur in Grundzügen beschrieben werden.

In direkter Ufernähe treten in der Regel die höchsten Sedimentationsraten auf. Hier dominiert die Sandfraktion über den Feinkornanteil. In den übrigen Gebieten hängt sowohl die Eintragsmenge als auch die Textur stark von der lokalen Strömungsgeschwindigkeit des überflutenden Elbwassers ab. Im Hochwasserfall wirken stark durchströmte Rinnensysteme wie der Hauptstrom selber. In verminderten Maße kommt es auch hier zur Ausbildung der für diesen Flußabschnitt der Elbe charakteristischen sanddominierten stromparallelen Uferrehnen. Flache Senken, die auf unterschiedlichem Höhenniveau liegen können, fördern im allgemeinen die Sedimentation. Allgemein gilt: Je höher ein Standort im Verhältnis zum Mittelwasser der Elbe liegt, umso größer ist der Sandanteil. Umgekehrt nimmt der Tonanteil in der Regel mit zunehmender Entfernung vom Strom zu. Mit Zunahme des Scheitelabflusses der Elbe steigt in allen Bereichen die Ablagerungsmenge an. Zu beobachten ist, daß bei abnehmenden Sedimentationsraten nicht nur der Feinkornanteil, sondern auch der Anteil an organischer Substanz zunimmt (Ausnahme Getreiselablagerungen). Ausschließlich auf Böden mit mächtigen jährlichen schluff- und tondominierten Frachten, wie sie nur in Rinnenbereichen zu finden sind, kommt es zur Ausbildung reiner Schlammhorizonte ohne nennenswerte Sandeinschlüsse. Ansonsten findet eine zeitgleiche Ablagerung von wechselnden Sand- und Schlammanteilen statt, die dann gemeinsam von Bodenorganismen in den Oberboden eingearbeitet werden. Es variieren somit nicht nur die abgelagerten Mengen, auch die Qualität der abgesetzten Stoffe unterscheidet sich körnungsbedingt erheblich.

Für das Novemberhochwasser 1998 haben RUPP et al. [2000] Sedimentationsraten im Vordeichsland von $0,18 - 1,04 \text{ kg/m}^2$ ($8,3 \text{ kg/m}^2$ am Ufer) gemessen. Rechnet man diesen Eintrag für einen Zeitraum von 100 Jahren hoch, ergeben sich Werte, die dem aus der Zinkbilanz bestimmten Gesamteintrag in die Vordeichsländer des Untersuchungsgebietes entsprechen. Dieser beträgt rund $20 - 60 \text{ kg/m}^2$ auf den hochgelegenen Standorten, kann aber in Senkenlagen auf 230 kg/m^2 und mehr ansteigen. In Abhängigkeit von den Annahmen zur Entwicklung der Zinkgehalte in den Schwebstoffen der Elbe (s. Kap. 4.5) lassen sich mittlere jährliche Einträge von $0,2$ bis $0,5 \text{ kg/m}^2$ für die sehr hoch gelegenen Areale ($> 2,0 \text{ m MW}$), sowie $0,5$ bis $1,5 \text{ kg/m}^2$ für die flächig dominierenden mittelhohen Plateaubereiche ($1,0 - 2,0 \text{ m MW}$) und $2,0 - 4,0 \text{ kg/m}^2$ für die ausgeprägten Rinnenpositionen ($< 1,0 \text{ m MW}$) ansetzen. Dies entspricht umgerechnet auf einen Hektar im langjährigen Durchschnitt einem Sedimenteintrag von $2000 - 40.000 \text{ kg}$ pro Jahr.

In welchem Maße die Aufweitung des Elbstroms innerhalb des Rückdeichungsgebietes im Hochwasserfall zu einer Strömungsverlangsamung und damit verbunden zu einer verminderten Schwebstoffkonzentration des Flutwasser in diesem Bereich führt, kann zur Zeit nicht beurteilt

werden. Ebenfalls muß die Änderung der Rauigkeit der Vegetation (z.B. der Wandel von Grünland zu Sukzessionsflächen, bzw. Aufwuchs der angepflanzten Bäume) in ihrer Bedeutung für die Sedimentation zur Zeit als unbekannt gelten. Als Annahme für die Berechnungen wurde vereinfachend von einer dem jetzigen Vordeichsland entsprechenden Sedimentationsrate ausgegangen.

Die Hochflutablagerungen führen zu nennenswerten Einträgen von Nährstoffen auf bzw. in die Vordeichsböden. Anhand der mittleren Gesamtgehalte der im Untersuchungszeitraum in den Jahren 1997 - 1998 abgelagerten frischen Hochflutsedimente wurde dieser Anreicherungsgrad quantifiziert. Das Ergebnis ist in Tabelle 53 dargestellt.

Tab. 53: Geschätzte jährliche Nährstoffeinträge (incl. Kohlenstoff) durch abgelagerte Hochflutsedimente

| [kg/ha/a] | sehr hoch gelegene Standorte | mittelhoch gelegene Standorte | tiefgelegene Standorte |
|--------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Kohlenstoff | 160 - 400 | 400 - 1200 | 1600 - 3200 |
| Stickstoff | 15 - 40 | 40 - 120 | 150 - 300 |
| Phosphor | 6 - 15 | 15 - 45 | 60 - 120 |
| Schwefel | 4 - 10 | 10 - 35 | 45 - 90 |
| Kalium | 35 - 95 | 95 - 280 | 380 - 750 |
| Magnesium | 15 - 40 | 40 - 120 | 160 - 315 |
| Calcium | 25 - 70 | 70 - 200 | 270 - 540 |

Die partikulären Nährstoffeinträge variieren höhenabhängig über einen großen Bereich. Die Spanne zwischen den Minimal- und Maximalwerten beträgt gut das 20-fache. In Abhängigkeit von der Bindungsform ist die Verfügbarkeit der Nährstoffe zwar unterschiedlich, aufgrund der hohen Anteile an organischer Substanz jedoch insgesamt als günstig einzustufen. Für die untersuchten Nährstoffe ergibt sich im Einzelnen:

In den sedimentierten Hochflutsedimenten läßt sich kein anorganischer **Kohlenstoff** nachweisen. Die Gesamtheit der partikulären Kohlenstoff-Einträge basiert somit entweder auf erodiertem Oberbodenmaterial, unzersetzten Streustoffen, lebender organischer Substanz (z.B. Algen) oder auf anthropogen verursachten Einleitungen aus Klärwerken und Industrieanlagen. Kohlereste, die vor gut einem Jahrzehnt noch in verstärktem Maße nachzuweisen waren [BUCH 1983], finden sich dagegen nur noch selten.

Die partikulären **Stickstoff**-Einträge sind ausschließlich an die organische Substanz der frischen Sedimente gebunden und daher überwiegend sehr rasch verfügbar. Für die höchsten

binnendeichs gelegenen Standorte sind die partikulären N-Einträge nach der Rückdeichung in einer Größenordnung zu erwarten, die dem Niederschlagswassereintrag entspricht. Unterbleibt ein weiterer künstlicher Stickstoffeintrag, werden an diesen Stellen auch nach Rückdeichung noch mesotrophe Verhältnisse erreicht. Für die übrigen Bereiche, die zu großen Anteilen seit Jahren nicht mehr mit Stickstoff gedüngt wurden und daher im Laufe der Zeit eine deutliche Aushagerung der N-Vorräte erfahren haben, bedeutet die Rückdeichung eine deutliche N-Eutrophierung, wobei die sich in Senkenlagen jährlich absetzenden Stickstoff-Mengen ungefähr einer intensiv Stickstoff gedüngten Ackerfläche gleichzusetzen sind. Es ist aber damit zu rechnen, daß die hohen bis sehr hohen Einträge zu einem großen Teil durch gesteigerte N₂-Verluste (Denitrifikation) kompensiert werden, so daß in der Bilanz die reinigende Funktion der Auen für das Fließgewässer Elbe mit der Rückdeichung steigt.

Die partikulären **Phosphor**-Einträge sind, obwohl nur teilweise rasch pflanzenverfügbar, im Vergleich zu gängigen Düngempfehlungen als hoch zu beurteilen. Dies konnte auch die Gegenüberstellung der Standorte vor und hinter dem Deich zeigen (s. Kap. 9.2.6). Das Niveau der Phosphor-Versorgung, das in dem geplanten Rückdeichungsgebiet noch überwiegend in den Versorgungsstufen A und B liegt, wird sich nach einigen Jahren auf C bis E erhöhen. Die schnellsten diesbezüglichen Veränderungen werden in den Senkenlagen stattfinden. Hier ist bereits nach wenigen Jahren eine deutliche Zunahme zu erwarten.

Die wie Stickstoff überwiegend organisch gebundenen partikulären **Schwefel**-Einträge überschreiten den Schwefelbedarf der Vegetation in jedem Fall. Hinzu kommt gelöstes Sulfat, dessen Gehalt im Einflußbereich der Elbe aber auch bisher bereits erhöht ist. Eine Luxus-Versorgung der Pflanzen hinsichtlich dieses Elementes ist die Folge.

Kalium weist bei gleicher Körnung in den Außendeichsböden gegenüber den binnendeichs gelegenen höhere Gesamtgehalte auf, was auf eine Anreicherung mit dem Flutwasser hindeutet. Aufgrund der Fixierung in den Tonmineralen bzw. dem Einbau im Silikatgitter ist jedoch nur ein Teil davon von den Pflanzen nutzbar. Die Untersuchungen der Kalium-Verfügbarkeit ergab deshalb auch keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Landschaftseinheiten. Der Eintrag gelöster Kaliumionen mit dem Elbwasser führt allerdings sowohl bei den Außendeichsböden als auch bei den in der Qualmwasserzone liegenden zu einer deutlich erhöhten Konzentration in der Bodenlösung, so daß auch für diesen Makronährstoff infolge der Rückdeichung von einer Verbesserung des Angebots für die Vegetation auszugehen ist.

Die bevorzugte Bindung des partikulären **Magnesium**-Eintrags an die Silikate bedingt zwar eine relativ geringe Pflanzenverfügbarkeit der Einträge, das Gesamtniveau wird aber in den bisher elbfernen Grünlandflächen wesentlich ansteigen, da zu den partikulären Einträgen die erhöhten Gehalte in den elbebürtigen Flutwässern kommen. Wie bei Kalium und Schwefel wird auch

dieses Nährelement in der zukünftigen Qualmwasserzone verstärkt in pflanzenverfügbarer Form auftreten.

Obwohl die Böden des Untersuchungsgebietes kalkfrei sind, ist die Belegung der Austauschplätze mit **Calcium** sehr hoch, so daß die Pflanzenversorgung mit diesem Element auch im jetzigen Zustand in allen Bereichen gesichert ist. Der aktuellen Elementzusammensetzung an den Austauschern der Außendeichsböden entsprechend, wird sich der Calcium-Anteil etwas verringern (s. Kap. 9.2.6), was aber keine Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum haben wird. Der partikuläre Eintrag von Calcium und anderen basisch wirkender Kationen wird der stellenweise innerhalb des Rückdeichungsgebietes beginnenden Versauerung des Oberbodens entgegen wirken.

Zusammenfassend ergibt sich, daß in dem geplanten Rückdeichungsgebiet eine deutliche Eutrophierung zu erwarten ist. Sie basiert am stärksten auf dem partikulären Stickstoff- und Phosphor-Eintrag, da diese Nährstoffe im Rückdeichungsareal zur Zeit nur in geringen Mengen den Pflanzen zur Verfügung stehen. Bei den übrigen analysierten Elementen wird sich die derzeit bereits überwiegend gute bis sehr gute Versorgung der Pflanzen weiter erhöhen. Von den geänderten Verhältnissen werden zuerst die Rinnen- und Plateaustandorte betroffen sein, auf Dauer wird sich dies aber auch auf den hochgelegenen Standorten bemerkbar machen.

Die möglichen Auswirkungen auf die Vegetationszusammensetzung haben SCHUBERT & SCHWARTZ [2000] behandelt. Sie zeigen auf, daß es bei gleicher Nutzung zu einem Artenrückgang kommen wird. Andererseits handelt es sich bei den einwandernden Arten teilweise um seltene, eng an die Auendynamik gebundene Pflanzen wie NEBELSIEK [2000] und HEINKEN [2001] herausstellen.

10.3.2 Spurenmetalle

Veränderungen der Schadstoffgehalte der Böden in den zukünftigen Rückdeichungsflächen erfolgen wie bei den Nährstoffen vor allem über die Ablagerung frischer Hochflutsedimente. Daher sei zunächst auf die im Kapitel 10.3.1 aufgeführten Sedimentationsraten verwiesen. Die Tabelle 54 gibt die für die Berechnungen zu Grunde gelegten Spurenmetallgehalte sowie deren geogene und anthropogene Anteile wieder. Die Angaben entsprechen den Durchschnittswerten der in den Jahren 1997 - 1998 auf den Kunstrasenmatten abgelagerten Hochflutsedimenten.

Tab. 54: Durchschnittliche Spurenmetallgehalte in frischen Hochflutsedimenten der Jahre 1997 - 1998 sowie deren geogener und anthropogener Anteil

| [mg/kg] | As | Cd | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Zn |
|-----------------------------|------|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|
| frische Sedimente | 53,1 | 7,7 | 141 | 157 | 5,6 | 61 | 161 | 1161 |
| geogener Anteil | 24,0 | 0,4 | 117 | 32 | 0,3 | 53 | 29 | 150 |
| anthropogener Anteil | 29,1 | 7,3 | 24 | 125 | 5,3 | 8 | 132 | 1011 |

Bei der Sedimentation von Stoffen in Auen handelt es sich um einen natürlichen Prozeß. Aus diesem Grund dürfen bei der Gegenüberstellung der nach Bundes-Bodenschutzgesetz zulässigen jährlichen zusätzlichen Schadstoffeinträge ausschließlich die nicht natürlicherweise in den Sedimenten vorhandenen Anteile in die Berechnung einfließen. Zu beurteilen sind die Einträge deshalb, da es sich bei der Deichrückverlegung um einen durch den Menschen verursachte Veränderung des Landschaftsraumes handelt. Da die Ergebnisse des Kapitels 4.5 belegen, daß mit einem weiteren deutlichen Schadstoffrückgang in der Elbe zumindest in den nächsten Jahren nicht zu rechnen ist, wurde für die Prognose von einer gleichbleibenden Schwebstoffqualität ausgegangen. Die unter Berücksichtigung der elbetypischen Hintergrundkonzentrationen aus den in den Hochflutsedimenten gemessenen Gehalten sowie den Sedimentationsraten abgeleiteten höhenabhängigen anthropogen bedingten Stoffeinträgen gibt die Tabelle 55 wieder. Sie werden den nach Bundes-Bodenschutzgesetz maximal zulässigen zusätzlichen jährlichen Schadstoffeinträgen gegenübergestellt.

Tab. 55: Maximal zulässiger zusätzlicher jährlicher Schadstoffeintrag nach BBodSchG (§ 8 Abs. 2 Nr. 2) sowie mit abgelagerten Hochflutsedimenten anthropogen bedingte jährliche Spurenmetalleinträge

| [g/ha/a] | max. zulässiger Eintrag | sehr hoch gelegene Standorte | mittelhoch gelegene Standorte | tiefgelegene Standorte |
|-----------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| As | -- | 60 - 145 | 145 - 440 | 580 - 1165 |
| Cd | 6 | 15 - 37 | 37 - 110 | 145 - 290 |
| Cr | 300 | 50 - 120 | 120 - 360 | 480 - 960 |
| Cu | 360 | 250 - 625 | 625 - 1875 | 2500 - 5000 |
| Hg | 1,5 | 11 - 27 | 27 - 80 | 106 - 212 |
| Ni | 100 | 15 - 40 | 40 - 120 | 160 - 320 |
| Pb | 400 | 265 - 660 | 660 - 1980 | 2640 - 5280 |
| Zn | 1200 | 2020 - 5055 | 5055 - 15.165 | 20.220 - 40.440 |

Die aufgeführten jährlichen Schadstoffeinträge überschreiten auch unter der Annahme, daß ausschließlich der anthropogen verursachte Anteil als negativ zu bewerten ist, bei allen

genannten Spurenmetallen die gemäß § 8 Abs. 2 Nr. 2 des BBodSchG in der BBodSchV festgelegten Werte. Dies ist um so deutlicher zu beobachten, je niedriger sich ein Standort im Verhältnis zur Mittelwasserlinie der Elbe befindet. Insbesondere die Quecksilbereinträge sind als extrem hoch zu bezeichnen. Im ungünstigsten Fall werden die maximal zulässigen jährlichen Elementeinträge um das 140-fache übertroffen. Aber auch für Cadmium und Zink übersteigt der Eintrag die Vorgabe um ein Vielfaches. Bei diesen drei Elementen wird sogar an den Stellen, die die niedrigsten Sedimentationsraten aufweisen, der jeweilige Wert nicht eingehalten. Nach geltendem Recht sind Böden, in die ein derartig hoher Schadstoffeintrag erfolgt, davor zu schützen.

Bestätigt werden die Werte durch die von RUPP et al. [2000] angegebenen Stoffeinträge, die zwar tendenziell etwas niedriger ausfallen, was aber nichts an der Gesamtaussage ändert. Erklären lassen sich die voneinander abweichenden Befunde damit, daß die Ergebnisse von RUPP et al. [2000] sich auf die Einträge eines untersuchten Jahres (1998) beziehen, während die oben aufgeführten einem langjährigen Mittel entstammen.

Anhand der mittleren jährlichen Gesamt-Einträge ist unter den derzeitigen Voraussetzungen davon auszugehen, daß bei Quecksilber der Maßnahmenwert der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze an den Rinnenstandorten bereits nach 9 - 15 Jahren erreicht wird, bei den mittelhohen Plateauflächen wird es einige Jahrzehnte dauern und auf den sehr hoch gelegenen Uferwällen wird der Maßnahmenwert nach ungefähr einem Jahrhundert erreicht. Für die übrigen aufgeführten Elemente ist eine Überschreitung des jeweiligen derzeit gültigen Maßnahmenwertes basierend auf der aktuellen Sedimentqualität nicht zu erwarten. Da die Aufnahme von Cadmium in die Vegetation weniger von dem Gesamtgehalt als viel mehr von dem pH-Wert abhängig ist, ist es vorstellbar, daß auch die Cd-Gehalte bei ungünstiger Kombination der Standorteigenschaften so weit ansteigen, daß der Futtermittelgrenzwert überschritten wird [vgl. MIEHLICH 1983].

Die prognostizierten jährlichen Schadstoffeinträge können nur dazu dienen, einen Richtwert der zukünftigen sedimentationsbedingten Bodenbelastungen zu setzen. Qualitätsveränderungen in den frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten der Elbe können sowohl höhere als auch niedrigere Werte ergeben. Auf den Flächen, auf denen nach Rückdeichung eine Fortsetzung der Grünlandnutzung beabsichtigt ist, sind daher nach den Vorgaben der BBodSchV vor Maßnahmenbeginn beweissichernde Proben und nach der Rückdeichung ein Schadstoffmonitoring unabdingbar. Außerdem ist die Sedimentqualitätsentwicklung stetig zu verfolgen.

11 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE RÜCKDEICHUNG

Bevor konkrete Umsetzungsempfehlungen für die Rückdeichungsmaßnahme erfolgen können, muß grundsätzlich entschieden werden, ob das Geplante aus bodenkundlicher Sicht erwünscht ist. Die Durchführung der angestrebten Maßnahme würde sich sowohl auf den Wasser- als auch den Stoffhaushalt der Böden im Planungsgebiet auswirken, wobei sowohl von positiven als auch von negativen Aspekten auszugehen ist. Die betroffenen Böden würden im Jahresdurchschnitt etwas nasser werden und einen enger an das Geschehen der Elbe angepaßten Wasserhaushalt aufweisen. Zwar liegt schon jetzt, zumindest in der Qualmwasserzone, ein auentypisch stark dynamischer Bodenwasserhaushalt vor, dieser würde jedoch, da eine periodische Überstauung ein wichtiges Charakteristikum einer intakten Aue darstellt, bei einem direkten Anschluß der Böden an das Überflutungsgeschehen noch einen höheren Grad an Natürlichkeit zurück erlangen. Durch die unterschiedliche Lage zu dem in Teilen bestehen bleibenden aktuellen Hochwasserschutzdeich ist von einer zunehmenden Vielfalt der Böden mit unterschiedlichen Standorteigenschaften auszugehen. Der Bereich der jetzigen Qualmwasserbeeinflussung würde weiter in das Landesinnere verschoben werden, so daß auch diese ökologisch wertvollen Zonen erhalten bleiben würden. Auf die zur Zeit bereits außendeichs befindlichen Standorte würden die Auswirkungen der Deichrückverlegung auf den Bodenwasserhaushalt relativ gering sein. Insgesamt sind somit die diesbezüglich prognostizierten Veränderungen als positiv zu bewerten, da mit der Förderung auentypischer Standorteigenschaften die Voraussetzung zur Etablierung eines Auwaldes oder anderer charakteristischer Auenvegetation geschaffen wird. Außerdem würde, da das Grabensystem seine Funktion verlieren würde, der Bodenwasserhaushalt an derzeit stark entwässerten Standorten eher wieder den Profilmerkmalen entsprechen.

Im Gegensatz zum Wasserhaushalt sind die Veränderungen des Stoffhaushaltes kritischer zu betrachten. Der Nährstoffstatus ist in weiten Bereichen der Rückdeichungsfläche aktuell vergleichsweise gering. Ein erhöhter Eintrag würde die Standorte in unterschiedlichem Maße eutrophieren, was mit einem Artenrückgang einhergehen kann. Hinsichtlich des Schadstoffeintrages in die bisher unbelasteten bzw. nur gering belasteten Böden wäre von einer starken Zunahme auszugehen, die dazu führen würde, daß die Gehalte in den Senkenbereichen in kurzer Zeit teilweise die gesetzlich festgelegten Prüf- und Maßnahmenwerte des Bundes-Bodenschutzgesetzes überschreiten würden. Insbesondere für Quecksilber wäre in diesen Bereichen die Anreicherung derart übermäßig, daß bereits in einem Jahrzehnt das Risiko eines Schadenseintritts für den Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze als hoch einzustufen wäre. Dies würde mittel- bis langfristig einen Ausstieg aus der momentan noch vorhandenen landwirtschaftlichen Nutzung ratsam machen. Es ist jedoch auch zu bedenken, daß die Schadstoffe, die sich seit der Industrialisierung in den Außendeichsbereichen abgelagert haben, nach bisherigem Erkenntnisstand keinen Einfluß auf die Ausbildung einer auentypischen Vegetation genommen haben. Abzuwägen ist deshalb, ob aus umweltpolitischer Sicht ein Teil

der Schadstoffe, die die Elbe mit sich führt, in den Auen verbleiben kann und damit ein anderes Ökosystem (wie z.B. das Wattenmeer) von dieser Fracht verschont bleibt. Insgesamt ist unter diesem Gesichtspunkt vor allem auf eine weitere Reduzierung der Schadstoffeinleitungen hinzuwirken. Dies ist, da die Hauptemittenten bekannt sind, möglich.

Die oben getätigten Ausführungen zeigen, daß in diesem konkreten Fall der Prozeßschutz (hier die Auendynamik) aus bodenkundlicher Sicht als ein höheres Gut anzusehen ist als der Umweltschutz, woraus sich eine Befürwortung der Deichrückverlegung ergibt. Um die Belastung in den betroffenen Arealen so gering wie möglich zu halten, werden nachfolgende Empfehlungen ausgesprochen:

- Auf eine flächenmäßig stark ausgedehnte Bodenentnahme sollte aus Sicht eines sparsamen Umgangs mit der begrenzt verfügbaren Ressource Boden verzichtet werden. Es ist ratsam, die Lehmentnahmestellen auf die Bereiche zu konzentrieren, an denen sie für die neue Deichtrasse benötigt werden. Bevorzugt wären solche Stellen auszuwählen, an denen eine überdurchschnittlich mächtige Auenlehmdecke (> 1,5 m) vorliegt.
- Senkenbereiche zur Lehmentnahme sind aufgrund des dort vorherrschenden hohen Gehalts an organischer Substanz weniger geeignet.
- Sandentnahmestellen sind möglichst an den Stellen einzurichten, an denen bereits Lehm gewonnen wurde. Um jedoch auch oberflächlich anstehende sandige Bereiche zu schaffen, die während der Sommermonate trockenfallen, sollte gegebenenfalls auch Sand aus externen Bereichen Verwendung finden.
- Die Bodenentnahmestellen sind vorzugsweise so anzulegen, daß sich unterschiedliche Böschungswinkel einstellen, um auf diese Weise ein höheres Maß an Standortvariabilität zu erhalten.
- Um die Qualmwasserzone hinter dem versetzten Deich auf ein gewünschtes Maß beschränken zu können, sollten die Lehmentnahmestellen ausschließlich auf den zukünftigen Außendeichsbereich begrenzt bleiben. Im Rückdeichungsgebiet ist das Durchstoßen der Auenlehmdecke aber erwünscht, da sich dann über den gut wasserleitenden Auensand auch außerhalb der Hochwasserzeiten und in größerer Entfernung zur Elbe ein dynamischer Oberflächenwasserstand einstellen kann.
- Da es infolge der Befahrung mit schweren Baufahrzeugen zu einer Bodenverdichtung und unter ungünstigen Witterungsverhältnissen auch zu einer Verschlammung kommen kann, ist es nahezu zwingend, die Betriebswege auf einen eng begrenzten Korridor zu beschränken. Wenn nötig, müssen diese während der Bauphase fahrbar gehalten werden. Eine ständige Verlegung der Fahrwege führt zu einem unnötigen Bodenverbrauch. Nach Beendigung der Arbeiten ist ein Rückbau der Betriebswege empfehlenswert.

- Notwendige Zwischenlager von Sand und Lehm sind idealerweise auf ein Minimum zu reduzieren.
- Unter dem Gesichtspunkt einer möglichst geringen Schadstoffanreicherung wäre eine Gestaltung der Hauptein- und -ausstrombereiche in der Form, daß im Rückdeichungsgebiet Stagnationsphasen des Überflutungswassers und damit verbunden das Aussinken von sehr feinen, am stärksten belasteten Fraktionen reduziert werden, optimal.
- In Anbetracht des Schadstoffeintrages wird es für notwendig erachtet, mittelfristig (10 Jahre) auf eine Grünlandwirtschaft im zukünftigen Außendeichsareal zu verzichten. Beweidung sollte nur noch unter landschaftspflegerischen Aspekten vorkommen. Ein hoher Anteil an Sukzessionflächen ist wünschenswert.
- Aufgrund des Nährstoffeintrags sind zukünftig auf weiterhin landwirtschaftlich genutzten Flächen zusätzliche Düngergaben unnötig und deshalb nicht zu empfehlen.
- Um Bereiche zu schaffen, in denen es infolge von auentypischen Sedimentations- und Erosionsprozessen zur Etablierung von seltenen Auen-Rohböden kommen kann, ist zumindest in den Haupteinstrombereichen darauf zu achten, daß die Durchströmungsgeschwindigkeit für einen derartigen Materialan- bzw. abtransport ausreichend hoch ist.
- Das derzeit im Rückdeichungsgebiet vorhandene Grabensystem verliert zukünftig seine Funktion. Weitere Unterhaltungsmaßnahmen sind deshalb nicht notwendig.
- Für die Abführung von Teilen des hinter dem neuen Deich auftretenden Qualmwassers ist es ratsam, in ausreichendem Abstand (mind. 100 m) einen neuen deichparallelen Fanggraben zu ziehen und diesen an das bestehende Grabensystem anzuschließen. Um einen übermäßig hohen Qualmwasseranfall zu verhindern, sollte während der Bauphase darauf geachtet werden, daß die Auenlehmdecke nicht durchstoßen wird. Dies kann durch eine vorherige Sondierung vermieden werden.
- Zur Beweissicherung wird eine flächendeckende Erhebung des derzeitigen Schadstoffstatus angeraten. Nach Rückdeichung müßte ein regelmäßiges Schadstoffmonitoring (alle 2 Jahre) durchgeführt werden. Hierbei ist aus heutiger Sicht insbesondere auf die Entwicklung der Quecksilbergehalte zu achten. Parallel kann die Sedimentqualitätsentwicklung am Meßort Schnakenburg der ARGE ELBE zur Kontrolle herangezogen werden.

12 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Arbeit war es, den Wasser- und Stoffhaushalt der Böden in der Elbaue bei Lenzen zu charakterisieren und seine Veränderung nach einer möglichen Rückdeichung zu prognostizieren. Dies erforderte nicht nur die Beschreibung der Böden in ihrem Aufbau und ihrer stofflichen Zusammensetzung, sondern auch die Herausarbeitung der stattfindenden Prozesse. Hierbei war es notwendig, den Fluß mit seiner Aue als Einheit zu betrachten.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich der unteren Mittelelbe zwischen den Strom-km 472 und 485. Der geologische Aufbau des Untergrunds ist maßgeblich durch die Saale- und Weichseleiszeit geprägt. Die sandigen Sedimente der letztgenannten stellen die Basis, auf dem die holozänen Ablagerungen das ehemals stark reliefierte Gelände soweit ausgeglichen haben, daß heutzutage nur eine feinstrukturierte Geländeoberfläche zu erkennen ist. Diese befindet sich mit Höhen zwischen 15,0 und 17,5 m NN häufig nur wenige Dezimeter oberhalb der Mittelwasserlinie (MW) der Elbe. Die höchsten natürlichen Erhebungen im Untersuchungsgebiet bilden mit maximal + 3 m über MW die oftmals stromparallelen Uferwälle. Das Klima ist als Übergangsklima zwischen ozeanischem und kontinentalem zu bezeichnen. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 8,3 °C, im Mittel fallen im Jahr 580 mm Niederschlag. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts war der Großteil des Untersuchungsgebietes waldbestanden. In den folgenden Jahrzehnten wurde nahezu der komplette Baumbestand abgeholzt. Heute findet sich in den meisten Bereichen eine unter Grünland betriebene Offenlandschaft.

Insgesamt umfaßt das Untersuchungsgebiet 1410 ha, wovon knapp 1/5 auf die Vordeichsbereiche entfallen. In Übereinstimmung mit allen Verbundprojektpartnern wurden innerhalb dieses Areals fünf charakteristische Testflächen unterschiedlicher Größe (4 - 47 ha) ausgewählt, auf denen zur Aufnahme der bodenkundlich relevanten physikalischen, chemischen und hydrologischen Parameter insgesamt sechs Teststandorte eingerichtet wurden. Drei von ihnen repräsentieren im Außendeichsbereich eine Sequenz unterschiedlich hoher Standorte: Rinne (*Lütkenwisch-Rinne LS'*), Hochfläche (*Lütkenwisch-Hochfläche LP'*) und Uferwall (*Elbholz EH'*). Die drei binnendeichs gelegenen unterscheiden sich hauptsächlich in ihrer Vegetation: Auwald (*Eichwald EW'*), Auwald-Anpflanzung (*Oberholz OH'*) und Grünland (*Drei-Felder DF'*).

Die Testfläche *Lütkenwisch'* beinhaltet zwei Teststandorte. Zum einen handelt es sich um einen tiefgelegenen Auen-Anmoorgley aus Auenschlamm über Auenlehm (*LS'*), zum anderen um eine lehmbedeckte Hochfläche (*LP'*), die als (vergleyte) Norm-Vega aus Auentonschluff über Auensanden anzusprechen ist. Bei dem in einem Auwaldrest gelegenen sandigen Uferwall *Elbholz'* läßt sich eine Auen-Braunerde aus Auensanden ausweisen. Die hinter dem Deich befindlichen Standorte zeigen eine überwiegend feinkörnige Textur unterschiedlicher

Mächtigkeit über sandigen Lagen. Der Standort ‚*Eichwald*‘, in einem Hartholzauwaldrest gelegen, befindet sich auf einer partiell sandüberdeckten Lehmfläche mit zahlreichen Kleinstrukturen. Besonderes Merkmal dieses in der Qualmwasserzone gelegenen Standortes ist eine ca. 20 cm mächtige Raseneisensteinschicht. Das beschriebene Profil ist eine Gley-Vega aus geschichteten Substraten, die von schluffigem Ton bis Mittelsand reichen. Der auf einer kleinen Plateaufläche befindliche Standort ‚*Drei-Felder*‘ ist ein Auengley aus stark wechselnden Substraten. Bei der Fläche ‚*Oberholz*‘ handelt es sich um ein homogenes Areal dichter Auenlehmdeckschichten, das Teststandort-Profil ist eine Gley-Vega aus Auenschluffton.

Bei der bodenkundlichen Kartierung zeigte sich, daß die in der Bundesrepublik derzeit gültige Klassifikation für eine exakte Differenzierung der vorkommenden Böden nicht ausreicht. Neben Unzulänglichkeiten, die bestimmte Merkmalskombinationen nicht zulassen, ist die eindeutige Ansprache des Hydromorphierungsgrades bisher nicht möglich. Im Rahmen dieser Arbeit sind deshalb Verbesserungsvorschläge entwickelt worden, die das Ziel einer präziseren Horizontansprache haben. Es wurde eine von dem Humusgehaltskriterium abweichende Definition des aM-Horizontes vorgenommen, um auch umgelagertes Bodenmaterial ohne ausreichende Humusanteile gegen aC-Horizonte abzugrenzen. Außerdem wurden die hydromorphen von den anhydromorphen Horizonten anhand ihres jeweiligen Fleckenanteils unterschieden und eine hydromorphe Reihe aufgestellt, bei der die hydromorph bedingte Grundfarbe des Bodens als entscheidendes Abgrenzungskriterium fungiert. Für eine umfassende Typisierung der Böden waren sowohl Erweiterungen auf dem Subtypniveau als auch bei den Übergangsformen innerhalb der Klasse der Auenböden aber auch der Gleye notwendig. Um die Böden in den vegetationskundlich besonders interessanten Sand- und Schlammfluren im Uferbereich benennen zu können, wurden in der Klasse der semisubhydrischen Böden die Auen-Rohböden eingeführt. Die Aue läßt sich anhand der Deichlinie in einen reliktschen und einen rezenten Teil untergliedern. Kennzeichnend für die oberflächlich anstehenden Substrate im rezenten Teil sind über die Elbe eingetragene, stark erhöhte, anthropogen bedingte Schadstoffgehalte. Aus diesem Grund wurde zur Benennung der Substrate neben dem Auensand und dem Auenlehm noch ein dritter Substrattyp für feinkornreiche, organogene Ablagerungen hoher Schadstoffbelastung, der des Auenschlammes, zugelassen. An der Mittelelbe weist dieser typischerweise einen C_{org} -Gehalt $> 5 \%$ und eine Zn-Konzentration $> 500 \text{ mg/kg}$ auf.

Der allgemeine Aufbau der Böden im Untersuchungsgebiet wurde zum einen durch 296 Bohrungen (meist bis 4 m Tiefe) erfaßt, zum anderen wurden historische Quellen, v.a. die Daten der Bodenschätzung (RBS) und der Mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) EDV-gerecht aufbereitet und ausgewertet. Als vorherrschende Bodenart geben sowohl die RBS als auch die MMK ‚*Ton*‘ an, ‚*Sand*‘ macht einen Flächenanteil von 20 % aus. Dies konnte anhand der eigenen Untersuchungen präzisiert werden. Die Auenlehmdecke wies im Untersuchungsgebiet eine durchschnittliche Mächtigkeit von 1,5 m auf, stellenweise betrug sie

jedoch mehr als 4 m oder fehlte gänzlich. Binnendeichs überwiegend aus schluffigen Tonen bestehend, waren es außendeichs sandige Lehme, was auf ein nach der Eindeichung verändertes Sediment-Dargebot der Elbe schließen läßt.

Lediglich 17 % der bei der Kartierung vorgefundenen Böden sind als Auenböden im Sinne der KA 4 zu verstehen. Der weitaus überwiegende Teil fällt aufgrund der Höhenlage hydromorpher Horizonte als Subtyp in die Klasse der Gleye. Von den 14 nach modifizierter Klassifikation ausgewiesenen Bodensubtypen konnte der Norm-Auengley am häufigsten angesprochen werden (33 %), gefolgt vom Auen-Naßgley (18 %), dem Vega-Gley (12 %) und dem Auen-Wechselgley (10 %). Insgesamt machten die Bodensubtypen mit dominierenden hydromorphen Eigenschaften in den obersten vier Dezimetern fast 2/3 aller Aufnahmen aus. Die mittlere Höhenlage der hydromorphen Horizonte betrug (bei einer Geländeoberfläche aller aufgenommenen Böden zwischen - 0,1 und + 3,0 m MW) für die Oberkante des Go-Horizontes 0,3 m MW, des Gor-Horizontes - 0,2 m MW und des Gr-Horizontes - 1,7 m MW. Die große Spanne zwischen den angetroffenen Minimal- und Maximalwerten zeigte, daß allein die Kenntnis der Höhenlage über dem Mittelwasserstand nicht ausreicht, um den Grad der Hydromorphierung und damit den Bodensubtyp zu prognostizieren. Als Einfluß nehmende Faktoren sind zu nennen: die Bodenart, der Gehalt an organischer Substanz, die Lage (direkter Überflutungsbereich, Qualmwasserzone, Nähe zum Entwässerungssystem), eventuelle Stauwassersituationen, die einem ungehinderten Abfluß entgegenwirken, sowie besondere morphologische Strukturen (z.B. hochgelegene Mulden).

Zur Feststellung der Elementverhältnisse wurden in den Außendeichsflächen 372 Horizontmischproben (davon 198 Oberbodenproben) entnommen und analysiert. Aus dem eingedeichten Bereich stammten 391 Ober- und 154 Unterbodenproben. Sie wurden auf ihre Körnung, Leitfähigkeit und Reaktion sowie auf hinsichtlich der Fragestellung aussagekräftige Inhaltsstoffe analysiert. Ungestörte Bodenproben lieferten Aussagen zur Porung und den pF-WG-Kurven. Jeweils an einem Stichtag wurden Wasserproben aus Elbe und Löcknitz sowie Grundwasserproben an den Pegeln entnommen und zusammen mit der über eine Saugkerzenanlage gewonnenen Bodenlösung, dem Niederschlag und den Proben aus einer einmaligen Beprobung der Grundwasserbrunnen ebenfalls auf wesentliche Inhaltsstoffe untersucht. An den sechs Teststandorten erfolgte im wöchentlichen (bis teilweise täglichen) Rhythmus in der Zeit vom 01.07.1997 bis zum 30.11.1999 im kontinuierlichen und diskontinuierlichen Meßbetrieb jeweils in fünf Meßtiefen die Aufnahme folgender Parameter: Wassergehalt, Wasserspannung, Redoxspannung und Bodentemperatur. Außerdem wurden Niederschlagsmenge und Grundwasserstand ermittelt.

Hinsichtlich des pH-Wertes waren zwischen den Landschaftseinheiten nur geringe Unterschiede auszumachen. Insgesamt bewegte sich die Reaktion der Böden zwischen sehr sauer und schwach

alkalisch. Die Leitfähigkeit wies eine sehr große Spannweite auf. Tendenziell zeigten höher gelegene Bereiche aufgrund des zunehmenden Niederschlag- bzw. abnehmenden Elbwasser-Einflusses eine niedrigere Leitfähigkeit. Außer dem rein tonigen und dem rein schluffigen Bereich wurde bei den Böden des Untersuchungsgebietes nahezu das gesamte Körnungsspektrum abgedeckt. Es war eine leichte Abhängigkeit des Sandanteiles von der relativen Höhe dahingehend zu erkennen, daß sowohl besonders niedrige als auch hohe Lagen grobkörniger waren als mittlere Bereiche.

Die Bodentemperatur ist eine wichtige Einflußgröße, die vor allem die mikrobielle Aktivität beeinflußt und u.a. die Dauer der Vegetationsperiode mitbestimmt. Die Jahresmitteltemperatur betrug während des Meßzeitraumes in 50 cm Bodentiefe 9,5 °C, zwischen den Sommer- und Wintermonaten traten in dieser Tiefe Differenzen von bis zu 9,1 °C auf, was einen mesischen Wärmehaushalt ergibt. Die Extreme der gemessenen Bodentemperaturen betrugen 0,5 °C bzw. 19,6 °C. Beide wurden in 20 cm Bodentiefe gemessen. Allgemein konnte festgestellt werden, daß die unterschiedlichen Vegetationstypen den Wärmehaushalt der Böden stark beeinflussen. Während sich im Frühjahr und Sommer ein direkt sonnenbestrahlter Standort (*,DF'*) schneller und stärker erwärmte als ein beschatteter (*,EW'*), sorgte am letzteren im Winter eine isolierende Laubschicht auf der Bodenoberfläche für eine geringere Abkühlung gegenüber dem unbedeckten. Dagegen hatten Wassergehalt, Mineralbestand und Dichte eine nur untergeordnete Auswirkung auf die Bodentemperatur. Je nachdem, ob eine Überflutung im Sommer oder Winter stattfand, führte sie aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen Boden- und Wasserkörper zu einer Erwärmung bzw. Abkühlung gegenüber nicht überfluteten Bereichen. Dasselbe traf auch für ansteigendes Grundwasser zu.

Die Lösung und Ausfällung von Bodeninhaltsstoffen wird maßgeblich durch die Redoxspannung beeinflußt, welche u.a. abhängig vom Wassersättigungsgrad eines Bodens, dem Gehalt an organischer Substanz sowie der Bodentemperatur (und damit der mikrobiellen Aktivität) ist. In Horizonten mit einem C_{org} -Gehalt $< 1\%$ führte lediglich eine Wassersättigung $> 90\%$ zu einem Potentialrückgang, bei Gehalten $> 2\%$ geschah dies teilweise bereits ab einer Sättigung von 30 %. Die Standorte *,EH'* und *,DF'* (mit Ausnahme einer Meßtiefe) waren über den gesamten Untersuchungszeitraum ausschließlich oxidativ geprägt (> 500 mV). Dagegen wurden am Standort *,LS'* in 135 cm Tiefe in 97 % des Meßzeitraumes Redoxwerte < 150 mV festgestellt. Der Gesamtbereich aller Aufnahmen erstreckte sich von - 160 bis + 960 mV, wobei der Abschnitt zwischen + 150 und + 500 mV in der Regel schnell durchschritten wurde, die Horizonte dementsprechend entweder überwiegend reduziert oder weitgehend oxidiert vorlagen. Weiterhin war zu beobachten, daß die Geschwindigkeit des Potentialabfalls während einer sommerlichen Überflutung wesentlich größer war als im Winter. Grundsätzlich stimmten die vorgefundenen redoximorphen Merkmale in den einzelnen Profilen gut mit den gemessenen Potentialen überein.

Innerhalb des Meßzeitraumes wurden am Pegel Lenzen Wasserstände zwischen 13,4 und 18,8 m NN bei einem langjährigen mittleren Wasserstand von 15,5 m NN aufgezeichnet. In dieser Zeit liefen insgesamt vier Hochwasserwellen auf, zwei im Winter und jeweils eine im Sommer bzw. Herbst. Während die drei außendeichs gelegenen Standorte dem direkten Überflutungsgeschehen der Elbe unterliegen, sind die hinter dem Deich befindlichen Standorte ,EW' und ,OH' Qualmwasser beeinflusst. Der vom Deich am weitesten entfernt gelegene Standort ,DF' wird aufgrund der regulierenden Wirkung eines Grabensystems nur noch geringfügig vom Flußgeschehen geprägt, weshalb er auch die geringsten Grundwasserstandsschwankungen (insgesamt 30 % des Elbpegels in dieser Zeit) aufwies. Die größte Amplitude war mit 70 % am Standort ,EH' festzustellen. Der an den Teststandorten vorgefundene Pegelstand war abhängig von der Höhe in bezug zum Mittelwasser, der Lage zum Deich und dem Profilaufbau. An feinkörnigen Standorten war eine zeitliche Verzögerung sowie eine Dämpfung der im Profil nachvollzogenen Wasserstandsänderungen der Elbe zu beobachten. Der höchste mittlere Grundwasserstand trat mit 0,9 m unter GOF am Rinnenstandort ,LS' auf, der niedrigste am Standort ,EH' (3,0 m unter GOF). Anhand der gemessenen Grundwasserstände konnten in weiten Bereichen die Ergebnisse des vom Teilprojekt Hydrogeologie aufgestellten Grundwassermodells bestätigt werden. Zu einer hoch- bzw. qualmwasserbedingten Überstauung kam es innerhalb des 29-monatigen Untersuchungszeitraumes an fünf Teststandorten (,LS': 226 d, ,OH': 72 d, ,EW': 55 d, ,LP': 35 d, ,EH': 7 d). Einzig der Standort ,DF' wurde nicht überflutet.

Die Angaben zum Wassergehalt einer Meßtiefe erhalten erst in Verbindung mit dem entsprechenden Gesamtporenvolumen, der Feldkapazität und dem permanenten Welkepunkt eine ökologische Bedeutung. Aus diesem Grund wurde ein bestehendes Verfahren zur Ermittlung der Feld-pF-Kurve den speziellen Anforderungen angepaßt sowie eine aus der Ableitung der realen Evapotranspiration verbesserte Bestimmung der klimatischen Wasserbilanz erarbeitet. Hiermit wurden Aussagen über den nutzbaren Wasservorrat und dessen zeitliche Veränderung an den Teststandorten erbracht. Größtenteils lag der Wassergehalt in den untersuchten Horizonten jeweils im optimal pflanzenverfügbaren Bereich. Gegen Ende der Sommermonate betrug der verbleibende Wasservorrat bis in 1,5 m Tiefe zumeist weniger als 100 mm, während er zu Hochwasserzeiten auf > 500 mm anstieg. Über die Anwendung der ermittelten Feld-pF-Kurve ließen sich Wasserspannungswerte aus Wassergehalten auch oberhalb von 1000 hPa verläßlich berechnen. Während für die Naßphasen eine Steuerung der jeweiligen Wasserspannung fast ausschließlich über die Lage des Profils zum Mittelwasserstand nachzuweisen war, zeigten die Trockenphasen eine Abhängigkeit von der Vegetation bzw. der Textur und erst nachgeschaltet zum Mittelwasser. Maßgebliche Steuergröße war allerdings die klimatische Wasserbilanz.

Ein Unterschied in der Wasserentnahme zwischen Auwald und Grünland konnte insofern beobachtet werden, als daß sie unter Auwald auch in tieferen Bodenschichten stattfand, wobei sandige, organikfreie Lagen ausgespart blieben. Unter Grünland erfolgte die Zehrung hauptsächlich aus den obersten 50 cm, Wasservorräte aus darunter folgenden Lagen wurden nicht ausgeschöpft. Eine Austrocknung des Unterbodens (ca. 1,5 m, Wasserspannung > 500 hPa) war im Sommer 1999 an drei Standorten (,EH', ,EW', ,OH') festzustellen. Eine Überschreitung des permanenten Welkepunktes trat bis in 50 cm Tiefe an vier der sechs Standorten (,EH', ,LP', ,EW', ,OH') auf, allerdings ausschließlich im niederschlagsarmen Jahr 1999. Die Textur verursachte bei den feinkörnigen Profilen (,EW', ,OH') stark wechselnde Bindungseigenschaften. Charakteristisch war ein abrupter Übergang der Wasserspannung innerhalb von wenigen Tagen von < 25 hPa auf > 500 hPa und umgekehrt. Der sandige Standort ,EH' unter Auwald zeigte bei relativ hohen Sommerniederschlägen (1998) die günstigste Feuchteverteilung aller Teststandorte, bei mittleren bis geringen Niederschlagsmengen (1999) traten aber im Oberboden dauerhafte Austrocknungen auf.

Die Typisierung des Bodenwasserhaushaltes erfolgte, aufbauend auf ein bereits existierendes System, mit Hilfe eines Bodenfeuchtedreiecks. Dies eröffnete nicht nur die Möglichkeit, sowohl die Wasserhaushalts-Tiefenprofile als auch deren zeitliche Entwicklung graphisch darzustellen, es konnten über die Kopplung mit den die Naß- und Trockenphasen im Boden am stärksten beeinflussenden Faktoren Elbwasserstand und klimatische Wasserbilanz auch Wahrscheinlichkeiten angegeben werden, mit denen bestimmte Kombinationen vorkommen können. Unter der Vorgabe definierter Veränderungen eines der beiden Parameter (hier des Elbwasserstandes) wurde es möglich, die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der Böden vorherzusagen (s.u.). Während des Untersuchungszeitraumes wiesen die Böden der Teststandorte einen überwiegend frischen bis feuchten Charakter auf. Im Untergrund ließen sie sich häufig als naß bezeichnen, in Richtung Oberboden nahm gegenüber dem Naß- der Feuchteanteil zu. Außerdem stieg je nach Witterungsverlauf auch der Trockenanteil zur Geländeoberfläche hin an. Durch den Eintrag der Meßergebnisse aus den einzelnen Aufzeichnungstiefen in die Bodenfeuchtedreiecke konnte der stark dynamische Charakter der untersuchten Standorte demonstriert werden.

Die Gewinnung frischer Sedimente mittels Kunstrasenmatten diente der Bestimmung der auf den Außendeichsböden zur Ablagerung kommenden Schwebstoffe hinsichtlich ihrer Qualität und eingeschränkt auch ihrer Quantität. Eine Beziehung der Stoffeinträge zur Topographie konnte aufgestellt werden. Demnach betrug auf sehr hochgelegenen Standorten die mittleren jährlichen Sedimentablagerungen 0,2 - 0,5 kg/m², auf mittelhohen Bereichen fand ein Eintrag von 0,5 - 1,5 kg/m² statt und auf niedrig gelegenen betrug dieser 2,0 - 4,0 kg/m². Es zeigte sich, daß aufgrund der steten Nachlieferung die Nähr- und Schadstoffgehalte in den Außendeichsbereichen größtenteils (stark) erhöht waren. Einzig Kalium wies eine nur leichte Anreicherung

durch die Hochfluten auf, so daß auch hier die pflanzenverfügbaren Anteile auf geringem Niveau lagen. Die Phosphor-Versorgung war ebenfalls überwiegend als gering zu bezeichnen. Aufgrund hoher Einträge war die Pflanzenverfügbarkeit vor dem Deich jedoch deutlich besser als dahinter. Parallel zum Phosphor ist es binnendeichs beim Stickstoff aufgrund des Entzuges über die Landwirtschaft bei gleichzeitig unterlassener Düngung zu einer deutlichen Aushagerung gekommen. Dennoch war das C/N-Verhältnis sowohl binnendeichs als auch außendeichs sehr eng. Der partikuläre Eintrag an diesen beiden Elementen wirkte sich demzufolge überwiegend auf das Gesamtniveau aus, es kam aufgrund des Eintrags unzersetzter kohlenstoffreicher Streustoffe nur zu einer leichten Aufweitung der Beziehung. Allgemein konnte festgestellt werden, daß in den Außendeichsbereichen der Eintrag der gelösten Stoffe weit hinter dem partikulären Eintrag zurücktrat. Binnendeichs fand dagegen der Eintrag ausschließlich gelöst über das Qualmwasser bzw. Grundwasser statt. Es kam hier in den Unterböden in Abhängigkeit von der Redoxspannung im Anschluß an Reduktionsphasen bei Potentialanstieg zu einer Ausfällung von Eisen und Mangan und einer Copräzipitation von Phosphor, Arsen und Kupfer, so daß in den betreffenden Horizonten die Gehalte an die der Außendeichsböden heranreichten.

Um den Grad der Beeinflussung der verschiedenen Gewässerkompartimente (Elb-, Löcknitz-, Grund- und Niederschlagswasser) nachvollziehen zu können, eigneten sich die in der Bodenlösung festgestellten, standortspezifischen Ca/Mg-Verhältnisse. Für die Außendeichsstandorte war zu beobachten, daß die Porenwässer je nach Probenahmesituation eine Mischung von Elb- und Niederschlagswasser aufwiesen. Anhand der Befunde der Binnendeichsstandorte konnte belegt werden, daß der stark Qualmwasser beeinflusste Standort ‚EW‘ eindeutig elbetypische Konzentrationen aufwies, während der Wasserkörper in dem 1,5 km vom Deich entfernten Standort ‚DF‘ löcknitzbürtig war. Am räumlich dazwischen liegenden Standort ‚OH‘ war folgerichtig eine Mischung aus Elb- und Löcknitzwasser festzustellen. Die Chlorid-Konzentration der Bodenlösung zeichnet im Normalfall aufgrund ihrer geringen Beteiligung an Umsetzungsprozessen die Wasserbewegung im Bodenkörper sehr gut nach. Es zeigte sich, daß es während der Hochwasserphasen an den Standorten ‚EH‘, ‚LP‘, ‚OH‘ und ‚EW‘ zumindest zeitweilig zu einem vertikalen Konzentrationsausgleich als Resultat einer kompletten Durchströmung im Bodenprofil gekommen ist. Die Dauer war abhängig von der jeweiligen Wasserwegigkeit. Am Standort ‚LS‘ verhinderte eine stark dichtende, tiefliegende Auenlehmschicht das Durchströmen und am Standort ‚DF‘ wurde das aufsteigende Grundwasser vor Erreichen der Geländeoberfläche in das Grabensystem abgeführt. Desweiteren war an der Konzentration der Kationen und Anionen in der Bodenlösung gut der Redoxzustand abzulesen. Beispielsweise stieg die Eisen- und Mangankonzentration in den Saugkerzenwässern stark an, wenn die Redoxspannung unter 200 mV absank.

Da die Böden in der Aue das Resultat teilweise über mehrere Jahrhunderte andauernder Sedimentationsprozesse darstellen und sich insbesondere seit der Industrialisierung die

Zusammensetzung der Elbe vor allem in Hinblick auf die Schadstoffbelastung, aber auch der transportierten Nährstofffrachten verändert hat, ist das Wissen über die stoffliche Zusammensetzung des Elbwassers zum Verständnis des Bodenaufbaus notwendig. Seit Anfang der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts hat sich die Wasserqualität der Elbe sowie der darin enthaltenen Schwebstoffe elementspezifisch zum Teil erheblich verbessert, sie befindet sich allerdings, gemessen an den Zielvorgaben der ARGE ELBE, auf immer noch zu hohem Niveau. In den letzten Jahren hat eine Stagnation in der Entwicklung stattgefunden, so daß ein weiterer Belastungsrückgang zumindest in naher Zukunft nicht zu erwarten ist. Derzeit sind die frischen schwebstoffbürtigen Sedimente der Elbe gegenüber ihren natürlich bedingten Ausgangskonzentrationen in folgender absteigender Reihe angereichert: Cd >> Zn > Hg > As > Pb > Cu > Ni > Cr. In den Oberböden der Vordeichsländer ließ sich bei den Spurenelementen eine Schadstoffanreicherung analog der Elbsedimente aufstellen. Die Beurteilung der Spurenmetallgehalte in den Außendeichsbereichen nach Bundes-Bodenschutzgesetz zeigte auf, daß insbesondere für den Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze, durch die flächenhafte Überschreitung des Maßnahmenwertes von Quecksilber und teilweise auch Arsen von einer Gefährdung auszugehen ist.

Es ist beabsichtigt, durch Deichverlegung eine zusätzliche Fläche von 350 bis 670 ha direkt der Überflutung auszusetzen. Der Anschluß der dann ausgedeichten Böden an das Überflutungsgeschehen soll über eine mehrfache Schlitzung des jetzigen Hochwasserschutzdeiches erfolgen. Anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse konnten folgende Prognosen über die Veränderungen von Wasser- und Stoffhaushalt nach Rückdeichung getätigt werden: Aufgrund des größeren Fließquerschnitts wird die Wasserspiegellhöhe der Elbe bei gleicher Wassermenge im Hochwasserfall abnehmen. Dies führt dazu, daß die Überflutungswahrscheinlichkeit und der mittlere Grundwasserstand an den aktuellen Außendeichsstandorten leicht zurückgehen werden. Gleichzeitig steigt der der Binnendeichsstandorte je nach Geländehöhe und Lage zum nächstgelegenen Deichschlitz an. Demzufolge wird hinsichtlich des Bodenwasserhaushaltes außendeichs ein leichter Rückgang der Naßphasen zu beobachten sein, während sie in den aktuellen Binnendeichsflächen innerhalb der jetzigen Qualmwasserzone leicht und außerhalb sogar stark zunehmen werden.

Bezüglich des Stoffhaushaltes ist gegenüber dem Ausgangszustand von einem starken Nährstoff- und Spurenmetalleintrag in die geplanten Außendeichsbereiche auszugehen, während auf den schon bestehenden Vordeichsflächen aufgrund der tendenziell zurückgehenden Überflutungshäufigkeit im Vergleich zur heutigen Situation mit einer leicht verminderten Zufuhr zu rechnen ist. Im Falle der Fortsetzung der landwirtschaftlichen Nutzung sind v.a. die Schadstoffeinträge in das bisher nur geogen belastete Rückdeichungsareal kritisch. Am Beispiel Quecksilber kann ein Elementeintrag hochgerechnet werden, der in strömungsberuhigten Zonen die nach Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung maximal zulässige zusätzliche jährliche Fracht um mehr

als das 100fache übertrifft. In diesem Szenario wäre der Maßnahmenwert von Quecksilber für den Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze an Rinnenstandorten innerhalb von 9 - 15 Jahren überschritten, in mittelhohen Bereichen nach mehreren Jahrzehnten und auf Uferwällen nach ungefähr einem Jahrhundert.

Auf Grundlage der Prognosen wurden Umsetzungsempfehlungen zum Deichbau bzw. der dafür nötigen Bodenentnahme u.a. dahingehend gegeben, daß die Ein- und Ausstrombereiche des alten Deiches so gestaltet werden sollten, daß es in der Rückdeichungsfläche zu auentypischen Prozessen wie Sedimentation und Erosion kommen kann, gleichzeitig aber ausgedehnte Stillwasserbereiche möglichst vermieden werden, da es in diesen zu einer verstärkten Sedimentation von belasteten, feinkornreichen, organogenen Sedimenten käme. Aufgrund des Schadstoffeintrages ist anzuraten, ein regelmäßiges Monitoringprogramm zu etablieren. Mittelfristig ist ein Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Nutzung zu empfehlen.

Die vorliegenden Ergebnisse über den Wasser- und Stoffhaushalt der Böden im Untersuchungsgebiet und die aus dem Ist-Zustand abgeleitete Prognose über die möglichen Veränderungen nach Rückdeichung belegen, daß die Durchführung der Maßnahme nicht nur positive Veränderungen bewirken wird. Da mit der neuen Deichlinie aber eine Ausweitung von Standorten, die einen auentypischen Wasser- und Stoffhaushalt aufweisen, verbunden wäre und hiermit das Potential zur Ausbildung auentypischer Lebensgemeinschaften gestärkt werden würde, ergibt sich aus bodenkundlicher Sicht eine Befürwortung der Deichrückverlegung.