

**Verbundvorhaben (FKZ 0339571)**

# **„Auenregeneration durch Deichrückverlegung“**

## **Endbericht**

### **Teilprojekt 1: Vegetationskunde**

**Vegetationskundliche Untersuchungen zu Fluktuation und  
Sukzession im Auenbereich des potentiellen  
Rückdeichungsgebietes Lenzen-Wustrow (Elbe)**

Projektleitung:

Univ. Prof. Dr. Richard Pott  
PD Dr. Martin Speier  
Institut für Geobotanik  
Universität Hannover  
Nienburger Str. 17, 30167 Hannover

Projektbearbeitung:

Dipl.-Biol. Michael Hellwig  
Dipl.-Biol. Tobias Kunitz

**Mai 2000**

## Inhalt

<b>1</b>	<b><i>Einführung</i></b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b><i>Geographische Gesamtsituation und naturräumliche Ausstattung des Untersuchungsgebietes</i></b> .....	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Geographische Lage</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Geomorphologie und Geologie</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>Klima und Witterung</b> .....	<b>8</b>
<b>2.4</b>	<b>Böden</b> .....	<b>11</b>
<b>2.5</b>	<b>Hydrologie</b> .....	<b>12</b>
2.5.1	Abflußverhalten der Elbe .....	12
2.5.2	Grundwasserdynamik .....	14
<b>3</b>	<b><i>Die potentielle natürliche Vegetation</i></b> .....	<b>16</b>
<b>4</b>	<b><i>Methoden</i></b> .....	<b>17</b>
<b>4.1</b>	<b>Pflanzensoziologische Untersuchungsmethoden</b> .....	<b>17</b>
<b>4.2</b>	<b>Populationsbiologische Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen</b> .....	<b>18</b>
<b>4.3</b>	<b>Vegetationskartographische Untersuchungen</b> .....	<b>19</b>
<b>4.4</b>	<b>Bodenkundliche Untersuchungen</b> .....	<b>20</b>
<b>4.5</b>	<b>Topographische Höhenmessungen</b> .....	<b>20</b>
<b>5</b>	<b><i>Pflanzengesellschaften des Untersuchungsgebietes</i></b> .....	<b>22</b>
<b>5.1</b>	<b>Wasserpflanzengesellschaften</b> .....	<b>24</b>
5.1.1	Lemnetea minoris .....	26
5.1.1.1	Lemnetum trisulcae .....	26
5.1.1.2	Lemnetum gibbae .....	27
5.1.1.3	Spirodeletum polyrhizae .....	27
5.1.1.4	Lemna minor-Gesellschaft.....	27
5.1.2	Charetea fragilis.....	28
5.1.2.1	Charetum vulgaris .....	28
5.1.3	Potamogetonetea pectinati.....	28
5.1.3.1	Potamogetonetum trichoidis .....	29
5.1.3.2	Elodea canadensis-Gesellschaft .....	29
5.1.3.3	Ceratophyllum demersum-Gesellschaft .....	30
5.1.3.4	Myriophyllo verticillati-Nupharetum luteae .....	30
5.1.3.5	Ranunculetum circinati.....	30
5.1.3.6	Potamogetum natans-Gesellschaft.....	30
5.1.3.7	Stratiotetum aloidis.....	31
5.1.3.8	Hottonietum palustris .....	31
5.1.3.9	Ranunculetum peltati .....	31
5.1.3.10	Ranunculetum aquatilis .....	32
5.1.3.11	Callitriche hamulata-Gesellschaft.....	32
5.1.4	Littorelletea uniflorae.....	32
5.1.4.1	Littorello-Eleocharietum acicularis .....	32
<b>5.2</b>	<b>Therophytenreiche Pionierfluren</b> .....	<b>34</b>
5.2.1	Bidentetea tripartitae.....	34
5.2.1.1	Xanthio-Chenopodietum rubri .....	34
5.2.1.2	Juncus compressus-Gesellschaft .....	35

<b>5.3 Eutraphente Röhrichte und Großseggenrieder .....</b>	<b>37</b>
5.3.1 Phragmitetea australis .....	37
5.3.1.1 Scirpo-Phragmitetum.....	38
5.3.1.2 Glycerietum maximae.....	39
5.3.1.3 Sparganietum erecti.....	39
5.3.1.4 Oenantho-Rorippetum amphibiae.....	40
5.3.1.5 Caricetum gracilis .....	40
5.3.1.6 Phalaridetum arundinaceae .....	41
5.3.1.7 Caricetum ripariae .....	41
<b>5.4 Flutrasen, Rasengesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes und Sandhalbtrockenrasen.....</b>	<b>43</b>
5.4.1 Molinio-Arrhenatheretea.....	44
5.4.1.1 Ranunculo-Alopecuretum geniculati .....	45
5.4.1.2 Lolio-Cynosuretum cristati .....	48
5.4.1.3 Dauco-Arrhenatheretum elatioris .....	49
5.4.1.4 Leucanthemo-Rumicetum thyrsoflori.....	49
5.4.1.5 Elymus repens-Alopecurus pratensis-Gesellschaft.....	50
5.4.1.6 Cnidio venosi-Violetum persicifoliae.....	51
5.4.2 Koelerio-Corynephoretea canescentis.....	52
5.4.2.1 Spergulo-Corynephoretum canescentis.....	53
5.4.2.2 Diantho-Armerietum elongatae.....	54
<b>5.5 Gebüsch und Vorwälder .....</b>	<b>57</b>
5.5.1 Franguletea alni .....	57
5.5.1.1 Frangulo-Salicetum cinereae.....	57
5.5.2 Salicetea purpureae.....	57
5.5.2.1 Salicetum triandro-viminalis.....	58
5.5.2.2 Salicetum albae .....	58
5.5.3 Rhamno-Prunetea .....	60
5.5.3.1 Prunus spinosa-Gesellschaft.....	60
<b>5.6 Waldgesellschaften .....</b>	<b>61</b>
5.6.1 Querco-Fagetea.....	61
5.6.1.1 Querco-Ulmetum minoris .....	61
5.6.1.2 Alnus glutinosa-Gesellschaft .....	63
5.6.1.3 Pinus sylvestris-Gesellschaft.....	64
<b>6 Vegetationszonierungen im mittleren Elbetal .....</b>	<b>66</b>
<b>6.1 Flutrinnen im Deichhinterland.....</b>	<b>66</b>
<b>6.2 Flußufer der Elbe im Deichvorland .....</b>	<b>67</b>
<b>6.3 Flußufer der Lößnitz und Seege .....</b>	<b>68</b>
<b>6.4 Deiche.....</b>	<b>69</b>
<b>7 Untersuchungen zur Überflutungstoleranz von Auengehölzen und auentypischen Pflanzengesellschaften.....</b>	<b>71</b>
<b>7.1 Aspekte der ökologischen Auswertung hydrologischer Daten .....</b>	<b>72</b>
<b>7.2 Das zweidimensionale, hydrodynamisch-numerische Modell zur Berechnung von Überflutungshäufigkeiten .....</b>	<b>74</b>
<b>7.3 Überflutungstoleranzen von Auengehölzen .....</b>	<b>77</b>
<b>7.4 Überflutungstoleranzen von Grünlandgesellschaften, Flutrasen und Röhrichten .....</b>	<b>80</b>
<b>8 Untersuchungen zur Vegetations- und Populationsdynamik von Grünland- und Gehölzgesellschaften.....</b>	<b>85</b>

<b>8.1 Kurzfristige Vegetationsveränderungen auf Dauerbeobachtungsflächen .....</b>	<b>85</b>
8.1.1 Vegetationsdynamik von Röhrichtgesellschaften .....	90
8.1.2 Vegetationsdynamik von Flutrasengesellschaften .....	93
8.1.3 Vegetationsdynamik von Grünlandgesellschaften .....	96
8.1.4 Vegetationsdynamik von Auenwäldern .....	97
8.1.5 Zusammenfassung der populationsbiologischen Untersuchungen.....	101
<b>8.2 Mittelfristige Vegetationsveränderungen in den Naturschutzgebieten „Untere Seegeniederung“ und „Pevestorfer Wiesen“ .....</b>	<b>102</b>
8.2.1 Veränderungen im Naturschutzgebiet „Untere Seegeniederung“ .....	102
8.2.2 Veränderungen im Naturschutzgebiet „Pevestorfer Wiesen“ .....	107
<b>8.3 Langfristige Vegetationsveränderungen in Auenlandschaften .....</b>	<b>113</b>
8.3.1 Aspekte zur natürlichen Etablierung von Auengehölzen auf Sukzessionsflächen .....	113
8.3.2 Sukzession von Weichholzaunenwäldern .....	115
8.3.3 Sukzession von Hartholzaunenwäldern .....	117
<b>9 Prognose künftiger Vegetationsverhältnisse im potentiellen Rückdeichungsgebiet Lenzen-Wustrow .....</b>	<b>121</b>
<b>9.1 Szenarien möglicher Deichrückverlegungen.....</b>	<b>121</b>
<b>9.2 Hinweise zur künftigen Vegetationsentwicklung aus der aktuellen Vegetation .....</b>	<b>123</b>
<b>9.3 Vegetationsdynamik .....</b>	<b>125</b>
<b>9.4 Potentielle Wuchsbereiche von Hart- und Weichholzaunenwäldern im Rückdeichungsgebiet Lenzen-Wustrow .....</b>	<b>128</b>
<b>10 Zusammenfassung .....</b>	<b>130</b>
<b>11 Literatur .....</b>	<b>133</b>
<b>12 Anhang.....</b>	<b>148</b>

# 1 Einführung

In der heutigen Kulturlandschaft gehören die Auenlandschaften zu den am intensivsten genutzten Lebensräumen. Durch Deich- und Kanalbauten sowie durch die Anlage von Dränagesystemen und einer Vielzahl von Flußregulierungsmaßnahmen wurde in der Vergangenheit die natürliche Flußdynamik weitgehend unterbunden. Ursprünglich sind diese Lebensräume jedoch durch eine besonders hohe Morpho- und Hydrodynamik gekennzeichnet. Als Folge periodischer Hochwasserstände und episodischer Hochfluten ist hier im Laufe der Zeit ein vielgestaltiges Mosaik aus unterschiedlichen aquatischen, amphibischen und terrestrischen Biotopen entstanden, das eine Vielzahl von Tier- und Pflanzenarten beherbergt. So sind im natürlichen Zustand auf den Flußalluvionen und Binnendünen verschiedenste Pioniergesellschaften angesiedelt. In den periodisch überfluteten, flußnahen Bereichen stocken beispielsweise Weichholzaunenwälder, wohingegen flußfern episodisch überflutete Hartholzaunenwälder gedeihen können. Vom Hauptfluß abgeschnürte Altwässer und bereits verlandete Stillwassersysteme ergänzen die natürliche Habitatvielfalt in Auenlandschaften, die damit zu den artenreichsten Ökosystemen Mitteleuropas überhaupt gehören.

Die frühesten Spuren menschlicher Einflußnahme auf die Auenlandschaften lassen sich punktuell schon für die Jungsteinzeit belegen. In der Eisenzeit, ab etwa 800 v. Chr., begann bereits regional die Umwandlung natürlicher Auenwaldlandschaften in prähistorische Kulturlandschaften (s. exemplarisch KOSSACK 1978, BEHRE 1970, POTT 1984, SPEIER 1999). Eine großflächige Veränderung der fluviatilen Lebensräume setzte verstärkt im Mittelalter und besonders in der Zeit der Industrialisierung ein. Mit dem Ausbau der großen Flüsse sind im letzten Jahrhundert fast alle charakteristischen Auenlebensräume nahezu gänzlich in Kulturland umgewandelt oder gar zerstört worden. Hartholz- und Weichholzaunenkomplexe, Röhrichte und artenreiches, extensiv genutztes Grünland sind aufgrund der damaligen wasserbaulichen Maßnahmen und der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung heute nur noch als kleinflächige Restitute vorhanden. Diese wenigen Überreste halbnatürlicher und natürlicher Vegetationsstrukturen von Flußauen gelten als besonders wertvolle und daher schützenswerte Biotoptypen (POTT 1984, 1996).

Die jüngsten Hochwasserereignisse an Rhein, Ems und Weser sowie die Hochfluten an der Oder im Jahre 1997 sind auch als Folge dieser weitreichenden Auenzerstörungen zu sehen. Diese Erscheinungen können auf eine zunehmende Flächenversiegelung in den Einzugsbereichen der Flußsysteme sowie auf Eindeichungen, Flußbegradigungen oder fehlende Retentionsräume zurückgeführt werden. Die volkswirtschaftlichen Einbußen durch die Überschwemmungen an Rhein, Mosel, Main und Oder in den letzten Jahren haben vermehrt Diskussionen über verschiedene Vermeidungsstrategien ausgelöst. In diesem Zusammenhang gelangten Fragen nach einer umwelt-, wirtschafts- und sozialgerechten Gestaltung von Auenlandschaften zunehmend in den Blickpunkt von Wissenschaft und Gesellschaft (vgl. dazu DISTER 1991, BORNHÖFT & GRUBER 1998). Die Schaffung natürlicher Überflutungsräume entlang der großen Flüsse gilt dabei heute als ein wesentlicher Bestandteil des Hochwasserschutzes, wobei Managementkonzepte, die sich an der natürlichen Dynamik dieser Lebensräume orientieren, für eine nachhaltige Entwicklung von Auen zunehmend an Bedeutung gewonnen haben. Insbesondere die Revitalisierung der fluviatilen Dynamik in künstlich geschaffenen Retentionsräumen und die Neubegründung von

Weich- und Hartholzauenkomplexen können vor diesem Hintergrund als ein Mittel gesehen werden, die Auswirkungen von Hochwasserereignissen künftig zu mildern.

Bisher liegen jedoch nur sehr wenige Untersuchungen zu Auenregenerationen von Flußlandschaften vor, die schon seit Jahrhunderten eine intensive Umgestaltung durch den Menschen erfahren haben. Es erscheint daher grundsätzlich zweckmäßig, die ökologischen Auswirkungen solcher Vorhaben auf die Standorte und Lebensgemeinschaften in Auen wissenschaftlich zu untersuchen, um daraus fundierte Empfehlungen für die naturnahe Neugestaltung einzelner Flußabschnitte ableiten zu können (s. dazu beispielsweise DISTER 1983, BÖWINGLOH et al. 1995).

Als einer der größten Ströme Mitteleuropas ist in diesem Zusammenhang die Elbe von besonderer Bedeutung. Trotz teilweiser Begradigung und Eindeichung von ca. 80 % der ehemaligen Überschwemmungsgebiete zählt sie noch heute zu den wenigen Flüssen, deren Ökosysteme sich noch weitgehend selbst regulieren und deren typischer Wechsel von Hoch- und Niedrigwasser erhalten geblieben ist. Die Elbtalau weist im Gegensatz zu den stärker verbauten Tieflandsflüssen wie Rhein oder Weser noch zahlreiche naturnahe Abschnitte auf, die z. T. Schutzgebiete von internationalem Rang darstellen (vgl. GRUBER 1999). Damit bietet sich die Auenlandschaft der Elbe als ein lohnendes Untersuchungsgebiet an, dessen Erforschung wichtige Grundlagen für eine Revitalisierung und die Entwicklung zukunftsweisender Nutzungskonzepte auch für andere Auenlandschaften in Mitteleuropa schafft. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert deshalb seit 1996 im Rahmen des Forschungsförderschwerpunktes "Ökologische Forschung in der Stromlandschaft Elbe (Elbe-Ökologie)" zahlreiche Projekte, die zur ökologisch begründeten und auch wirtschaftlich tragfähigen Entwicklung der Elbelandschaft beitragen.

So werden derzeit im Bereich des Biosphärenreservat „Flußlandschaft Elbe“ an der Unteren Mittelelbe in dem Forschungsprojekt "Elbe-Ökologie" die Möglichkeiten einer Auenrenaturierung geprüft. Im Zuge einer anstehenden Deichsanierungen ist dort die Rückverlegung eines größeren Deichabschnittes in der Nähe der Stadt Lenzen geplant. Ziel ist es, die natürliche, fluviale Morpho- und Hydrodynamik in diesem Gebiet zu reaktivieren und somit große Flächenanteile aus der landwirtschaftlichen Nutzung zu nehmen, damit sich wieder charakteristische Lebensräume für verschiedene Biozosen in der Aue entwickeln können (vgl. NEUSCHULZ & LILJE 1997). Neben den zentralen Maßnahmen der Deichrückverlegung und der Schaffung von mehreren hundert Hektar großen Sukzessionsflächen sind zudem bereits Aufforstungen mit auentypischen Gehölzen in einer Größenordnung von ca. 65 ha auf der Untersuchungsfläche erfolgt, um in überschaubaren Zeiträumen gezielt eine Hart- und Weichholzauenentwicklung zu initiieren. Insgesamt soll so eine Fläche von maximal bis zu 670 ha wieder dem natürlichen Wirkungsgefüge des Flußsystems ausgesetzt werden. Hinsichtlich seiner Flächengröße ist das Rückdeichungsprojekt Lenzen-Wustrow damit einzigartig in Mitteleuropa und für den Naturschutz von internationaler Bedeutung. An der komplexen Fragestellung dieses Projektes sind seit 1996 acht verschiedene wissenschaftliche Institutionen beteiligt, die im folgenden kurz genannt seien:

- Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Universität Darmstadt, Dr. H. Montenegro
- Institut für Bodenkunde, Universität Hamburg, Prof. Dr. G. Miehlich
- Institut für Geobotanik, Universität Hannover, Prof. Dr. R. Pott
- Zoologisches Institut und Museum, Universität Hamburg, Prof. Dr. H. Wilkens
- Institut für angewandte Bodenbiologie (IFAB), Universität Hamburg, Dr. U. Gräfert
- Landwirtschaftliche Fakultät Fachgebiet Nutztierökologie, Humboldt-Universität Berlin, Prof. Dr. Schwartz
- Institut für Biologiedidaktik, Goethe-Universität Frankfurt/M., Prof. Dr. G. Trommer
- Landesforstanstalt Eberswalde, Dr. G. Patz
- Biosphärenreservat Flußlandschaft Elbe, Dr. F. Neuschulz

Ziel des von diesen verschiedenen Institutionen getragenen, interdisziplinären Forschungsprojektes ist es, die wissenschaftlichen Grundlagen für eine erfolgreiche Revitalisierung der eingedeichten Auenlandschaft bei Lenzen zu schaffen.

Die über einen Zeitraum von drei Jahren durchgeführten Untersuchungen konzentrierten sich im Gebiet auf repräsentative Standorte des Deichvor- und Deichhinterlandes, so daß die Erhebungen abiotischer und biotischer Parameter sowohl räumlich als auch zeitlich gebündelt erfolgte. Dadurch wurde ein Vergleich zwischen Standorten, die gegenwärtig noch einer Auedynamik unterliegen und solchen, die zur Zeit nicht von Hochwässern erreicht werden möglich. Auf diese Weise konnten die Folgen der geplanten Deichrückverlegung beispielhaft untersucht und Methoden sowie Modelle für die Auenrevitalisierung und Auenwaldbegründung entwickelt werden. Wichtige Forschungsthemen in diesem BMBF-Projekt "Auenregeneration durch Deichrückverlegung" waren dabei vor allem die Untersuchung unterschiedlicher Rückdeichungsvarianten und deren hydrologische Auswirkungen auf die Grundwasser- und Überflutungssituation sowie die daraus resultierenden Veränderungen von Vegetation und Fauna. Zudem wurden die sozioökonomischen Auswirkungen auf die im Gebiet bestehend Landwirtschaft untersucht und die Möglichkeiten von forstlichen Methoden zur Auenwaldentwicklung analysiert.

Die geobotanischen Untersuchungen konzentrierten sich auf mehrere Aspekte, die für die Auenregeneration des Gebietes von grundlegender Bedeutung sind. So war es unter anderem ein wesentliches Ziel die Überflutungstoleranzen von Hart- und Weichholzaunenbeständen sowie von deren Ersatzgesellschaften zu ermitteln, um auf der Basis von hydrologischen Modellen potentielle Weich- und Hartholzaunenstandorte für das Rückdeichungsgebiet flächenscharf prognostizieren zu können. Ein weiterer wichtiger Punkt in diesem Zusammenhang war die Frage, welche syndynamischen und populationsbiologischen Prozesse auf diesen Standortkomplexen künftig zu erwarten sind.

Die im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Ergebnisse sind als Dissertation am Institut für Geobotanik der Universität Hannover niedergelegt worden. An dieser Stelle möchte ich mich besonders bei denjenigen Personen bedanken, die durch ihre freundliche Unterstützung die Untersuchungen an der Mittel- und Unterelbe hilfreich begleitet haben. Mein besonderer Dank gilt den Fachkollegen der anderen Teilprojekte und der Verwaltung des Biosphärenreservates "Flußlandschaft Elbe", für die stets gute Zusammenarbeit. Herrn Purps und Frau Hape danke ich für die gute Projektkoordination und für die Aufbereitung vegetationskundlicher Daten am Geographischen Informationssystem.

Besonders möchte ich Herrn Univ.-Prof. Dr. Richard Pott und Herrn PD Dr. Martin Speier für die vielen wertvollen wissenschaftlichen Hinweise und Anregungen danken. Dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) danke ich für die freundliche finanzielle Förderung bei der Durchführung dieses Forschungsprojektes.

## 2 Geographische Gesamtsituation und naturräumliche Ausstattung des Untersuchungsgebietes

### 2.1 Geographische Lage

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Auenbereich der Unteren Mittel-Elbe auf brandenburgischer und niedersächsischer Seite im Vierländereck von Sachsen-Anhalt, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg (Abb. 1, Abb. A 2). Auf brandenburgischer Seite liegt zwischen der Stadt Lenzen und dem Dorf Wustrow die potentielle Rückdeichungsfläche, die im Rahmen des BMBF-Projektes „Auenregeneration durch Deichrückverlegung“ intensiv untersucht wird. Mit einer Länge von ca. 7,4 km und einer maximalen Breite von 3 km umfaßt das Gebiet eine Fläche von ca. 1100 ha. Es wird im Norden und Osten durch die Löcknitz, einem Nebenfluß der Elbe, im Südwesten durch die Elbe und im Nordwesten durch die Straße, die zur Lenzer Fähre führt, begrenzt. Im Südosten endet das Untersuchungsgebiet auf Höhe des Dorfes Wustrow (Elbe-km 475). Das heutige Bild wird von landwirtschaftlich genutzten Mäh- und Standweiden sowie Mähwiesen bestimmt. Reste einer Hartholzaue sind nur fragmentarisch auf sehr kleiner Fläche vorzufinden, ansonsten spielen Gehölze auf der Rückdeichungsfläche nur eine untergeordnete Rolle.

Weitere Teilgebiete, die im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen bearbeitet wurden, befinden sich auf der niedersächsischen Elbeseite. Es sind dies die Naturschutzgebiete „Untere Seegeniederung“, das „Gartower Elbholz“ sowie die „Pevestorfer Wiesen“.

Das Naturschutzgebiet „Untere Seegeniederung“ befindet sich zwischen den Orten Meetschow und Gartow südlich vom Höhbeck, einer markanten Geest-Insel mit einer maximalen Höhe von 76 m üNN (Abb. 1). Es hat eine Ausdehnung von West nach Ost von 2,8 km und eine maximale Breite von etwa 2 km und umfaßt somit eine Fläche von ca. 760 ha. Das Gebiet wird von der Seege, einem kleinen Nebenfluß der Elbe, durchflossen. Kurz bevor die Seege in die Elbe mündet, erweitert sich der Fluß zu einem schmalen See, der nach dem benachbarten Ort „Laascher See“ benannt ist. An den höchsten Stellen zwischen 19 und 21,5 m üNN liegt auf einem Dünenkomplex der Ort Laasche, welcher von feuchten, regelmäßig überfluteten Grünlandbereichen des Seegetals umgeben ist. Das Gebiet zeichnet sich durch seinen besonderen landschaftlichen Strukturreichtum und eine hohe Biodiversität aus (WALTHER 1977a, JECKEL 1984).

Das sogenannte „Gartower Elbholz“ stellt den größten Auwaldbestand des linksseitigen mittleren Elbtals dar (POTT 1999). Es befindet sich ca. 1 km östlich des Höhbecks und umfaßt etwa 120 ha. Die Hartholzauenbestände sind fast ausschließlich binnendeichs gelegen, so daß sie nicht der direkten Hochwasserdynamik der Elbe ausgesetzt sind, sondern lediglich Qualmwassereinflüssen unterliegen. Die „Pevestorfer Wiesen“ liegen zwischen Höhbeck und „Gartower Elbholz“. Es handelt sich vorwiegend um extensiv genutzte Grünlandbereiche, die sowohl binnen- als auch außendeichs gelegen sind (Abb. 1).

Die Untersuchungsgebiete auf niedersächsischer Seite entsprechen im wesentlichen denen von WALTHER (1977a), so daß die von ihm erstellten Vegetationskarten als Grundlage für einen Vegetationsvergleich herangezogen werden konnten.

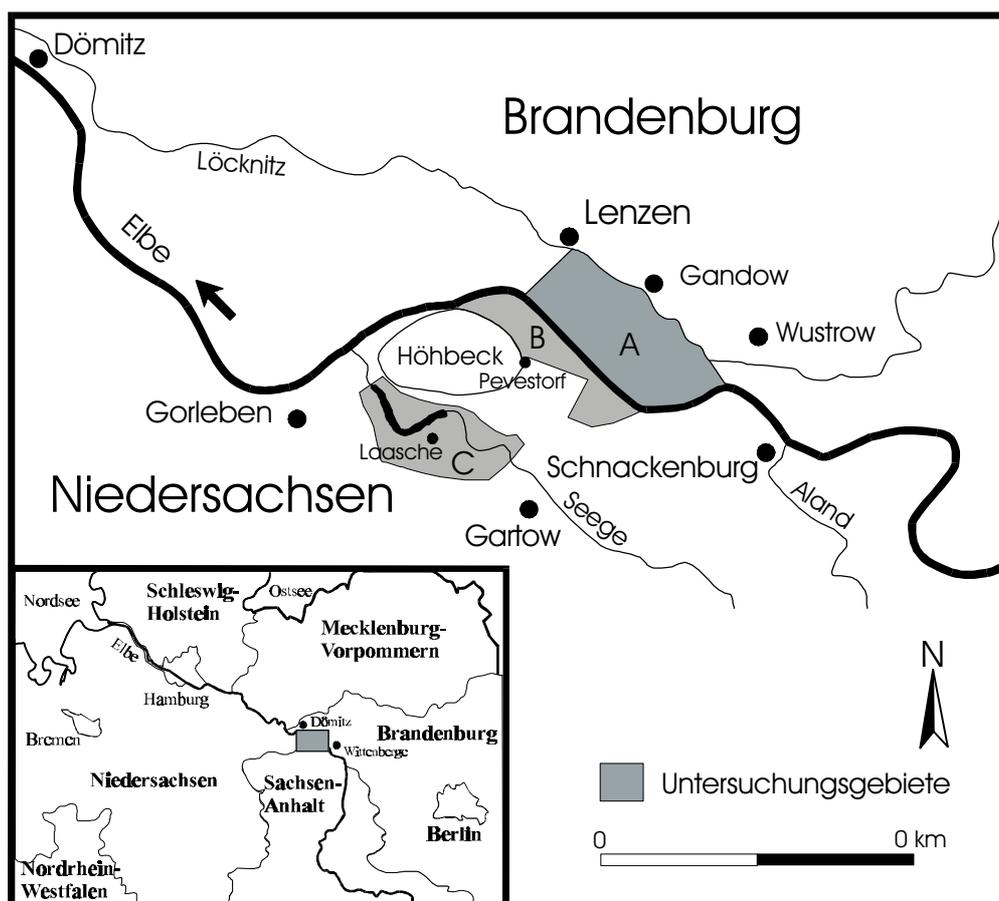


Abb. 1: Geographische Lage des Untersuchungsgebietes. Es bedeutet: A= potentielles Rückdeichungsgebiet Lenzen-Wustrow, B= Naturschutzgebiete „Gartower Elbholz“ und „Pevestorfer Wiesen“, C= Naturschutzgebiet „Untere Seege-niederung“.

## 2.2 Geomorphologie und Geologie

Die Auenlandschaften an der Elbe sind in ihrer Entwicklung besonders durch die geologischen Prozesse des Quartärs und des Holozäns geprägt worden. Die umfangreichen Gletscherbewegungen in den Kaltzeiten und die darauffolgenden Schmelzwasserabflüsse in den Warmzeiten haben dabei die Grundlage für den gegenwärtigen Verlauf der Elbe und die geomorphologische Strukturierung der angrenzenden Auenregionen geschaffen (TIEDEMANN 1971, SAUCKE et al.1999).

Das Urstromtal der Elbe wird im tiefen Untergrund des Untersuchungsraumes durch ein kompliziertes System von tief eingeschnittenen elstereiszeitlichen Gletscher- und Schmelzwasserrinnen sowie durch den Salzstock Gorleben-Rambow aufgebaut (SCHNEIDER 1961, SKUPIN et al. 1993).

Im Laufe des Erdaltertums wurden hier auf Gesteinen des Oberkarbons, welche die Basis im norddeutschen Tiefland bilden, marine Sedimente des Zechsteinmeeres abgelagert. Diese wurden im Mesozoikum durch unterschiedliche, überwiegend marine Sedimentgesteine überdeckt. Unter den hohen Druck- und Temperaturverhältnissen dieser Gesteinsmassen kam es in der Folgezeit zu plastischen Verformungen und schließlich zum diapirischen Aufstieg der Zechsteinsalze, infolgedessen sich der Gorlebener-Rambower Salzstock ausbildete (KEMPE 1992). Im jüngeren Altquartär (1 Million–350 000 Jahren) erfolgte

während des Menap-Glazials der Durchbruch des Salzstockes bis an die Erdoberfläche, so daß es im nachfolgenden Interglazial durch Salzauslaugung zur Ausbildung von Subrosions-senken kam (DUPHORN et al. 1983). Diese großflächigen Hohlformen dienten den Eismassen des Elsterglazials als Leitbahnen, so daß es durch die Gletscherbewegungen zu einer tiefgründigen Ausschürfung dieser Rinnen kam.

In der Folgezeit wurden diese Hohlformen nach dem Auftauen des Eises wieder mit Schmelzwassersanden und -kiesen verfüllt und während der darauffolgenden Saaleeiszeit insgesamt von 3 Eisvorstößen erfaßt. Diese hinterließen Ablagerungen von Geschiebemergeln, Schmelzwassersanden und Beckenschluffen in einer Mächtigkeit von bis zu 160 m (WOLDSTEDT 1974).

Der letzte Eisvorstoß im Weichselglazial endete nördlich des heutigen Elbverlaufes, so daß der Untersuchungsraum zu dieser Zeit lediglich periglazialen Einflüssen unterlag. Beim Auftauen der Gletscher am Ende des Pleistozäns konnten die Schmelzwässer nicht in die noch dauerhaft gefrorenen Böden versickern. Zusammen mit den nach Süden entwässernden Flüssen, deren Verläufe durch das abschmelzende Gletschereis versperrt waren, wurden daher die Wassermassen eisrandparallel in die Nordsee geleitet. Der Landschaftsraum Mittel-elbe war daher zu dieser Zeit von einem System kleinerer, verzweigter Flußläufe geprägt (braided-river-System), die das breite Urstromtal der Elbe bildeten. Beim Abfluß der Schmelzwässer lagerten sich 20 bis 40 m mächtige sandige und kiesige Schotter der Niederterrasse ab (MEYER 1983, SCHNEIDER 1983).

Aufgrund des damaligen niedrigen Meeresspiegels, der im Weichselglazial bis zu 100 m unter dem heutigen Niveau lag, war das Gefälle vom Oberlauf des Urstromtales bis in die damalige Nordsee hinein größer als heute, so daß sich aufgrund der größeren Transport- und Erosionskraft der Gewässer tiefe Rinnen in die Niederterrasse einschneiden konnten. Einige dieser Erosionsrinnen präformierten die Niederungsbereiche von Elbenebenflüssen wie beispielsweise der Seege und der Löcknitz. Auch einige Altwässer, die abgeschnittene Nebenarme der Elbe darstellen, sind zu dieser Zeit entstanden (KÜSTER et al. 1998).

Mit einer zunehmenden Klimaverbesserung kam es im Holozän zu einem deutlichen Anstieg des Meeresspiegels. Am Ende der jüngeren Tundrenzeit lag dieser deshalb nur noch 50 m über dem heutigen Niveau. Dies hatte eine allmähliche Gefälleverringering der Flüsse zur Folge, so daß die Transportkraft des Wassers abnahm. Zugleich erhöhten sich die Flußbetten, wobei es durch den Gezeiteneinfluß zu Rückstauwirkungen kam. Die Folge waren jahreszeitlich bedingte, großflächige Überschwemmungen der Elbniederung. Die von ausgeprägten Hochwässern und ständig wechselnden Erosions-, Akkumulations- und Verlandungsvorgängen gekennzeichnete Flußdynamik führte zu einem komplexen und wechselhaften geologischen Aufbau des Elbtalgrundes. Dieser ist durch Ton, Schluff, Sand und Auenlehmlagerungen sowie organischen Bildungen wie Mudden und Torfen gekennzeichnet (POTT 1999). Zusätzlich sind aus Sanden der Niederterrasse durch den Wind flache Flugsandfeldern und höhere Dünenkomplexe aufgeweht worden (Abb. 2). Der Hühbeck bildet als saaleeiszeitliche Stauchmoräne eine markante Geländeerhöhung im Elbetal, die aus warthe- und drenthezeitlichen Geschieben sowie aus Schmelzwassersanden der Holstein-Warmzeit aufgebaut ist.

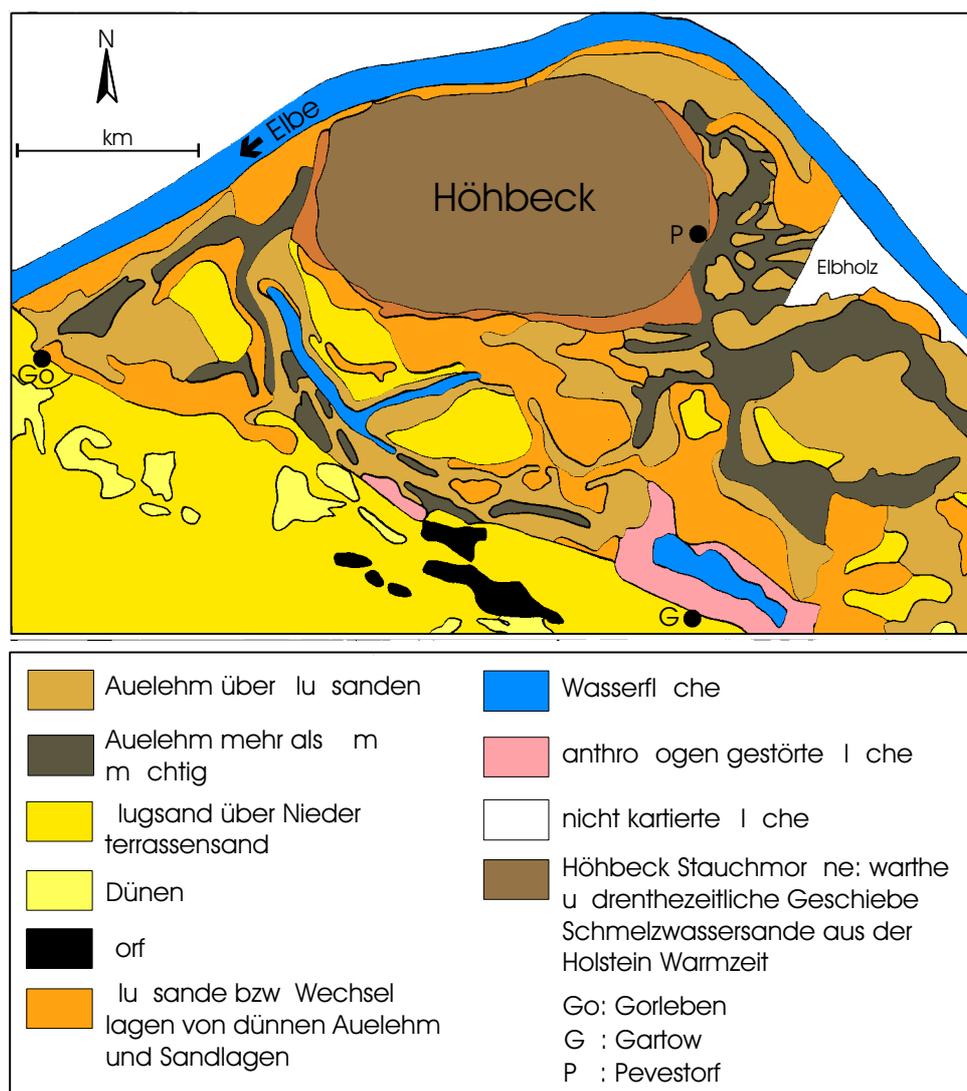


Abb. 2: Geologische Karte der Elbtalniederung - Hühbeck und Umgebung- (verändert nach SCHNEIDER 1983). Deutlich ist der reich strukturierte und wechselhafte geologische Aufbau aus Auenlehmen, Flußsand, Torfen und Flugsanden ersichtlich.

Eine Übersicht über die geologischen Verhältnisse auf der potentiellen Rückdeichungsfläche Lenzen-Wustrow vermittelt der geologische Querschnitt in Abb. 3. Hieraus ist ersichtlich, daß der Untergrund aus saaleiszeitlichen Ablagerungen besteht, die am Hühbeck zutage treten.

In der Talniederung sind diese Ablagerungen hingegen von weichselzeitlichen Kiesen und Sanden überdeckt worden, die als Grundwasserspeicher einen wichtigen Einfluß auf die Hydrologie des Untersuchungsgebietes ausüben. Die obersten Deckschichten bilden jedoch unterschiedlich mächtig abgelagerte Auenlehme, welche das Ausgangssubstrat für die Bodenentwicklung darstellen.

Nordöstlich der Ortschaft Gandow ist das Urstromtal der Elbe durch weichselzeitliche Tal-sandterrassenreste begrenzt. Darüber haben sich in diesem Bereich großflächig durch äolische Sandverlagerung Dünen aufgebaut, die heute mit Kiefern- und Eichenaufforstungen bestanden sind.

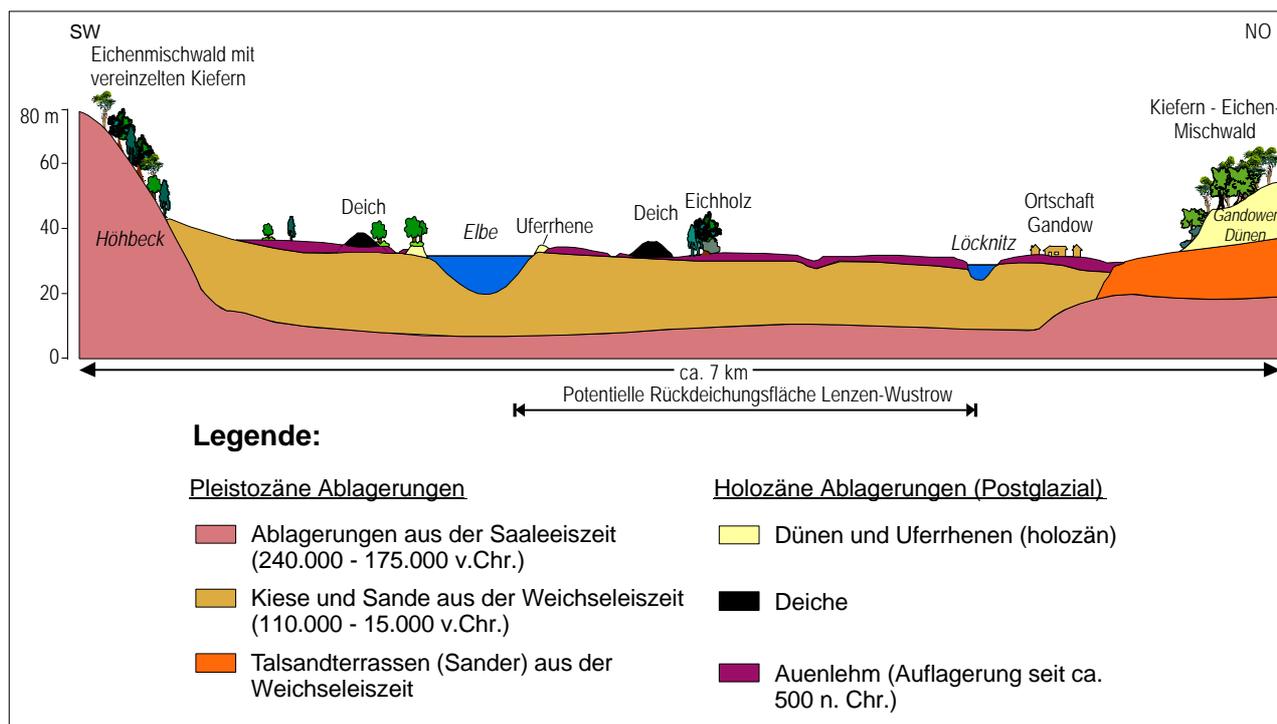


Abb. 3: Schematische Darstellung eines geologischen Querschnitts durch das Urstromtal der Elbe zwischen der Stauchmoräne Hühbeck und den Gandower Dünen (verändert nach HEINKEN 1999).

Bis zum Deichbau im Hochmittelalter war die Auenlandschaft der Elbe einer natürlichen Morpho- und Hydrodynamik ausgesetzt. Trotz der oft nur geringen Höhenunterschiede von wenigen Metern konnte sich deshalb in der Vergangenheit noch ein reich gegliedertes auentypisches Relief mit Flutrinnen und -mulden, Schwellen, Plateaus, Uferdämmen, Kolken, Bracks und Altwässern ausformen.

Bereits im 12. Jahrhundert existierte jedoch schon eine durchgehende Deichlinie entlang der Elbe, die zunächst nur als einfache Verwallung gebaut war (PUFFAHT 1978, MEYER et al. 1983). Erst 1664 wurde wegen des schlechten Zustandes der bestehenden Deiche eine neue Deichverordnung verfaßt, die sowohl die Unterhaltung als auch die Pflege neu regelte. Damit war der Abfluß der Hochwässer auf den schmalen Auenabschnitt des Deichvorlandes beschränkt.

## 2.3 Klima und Witterung

Das Gebiet der Mittelelbe befindet sich im klimatischen Übergangsbereich zwischen dem subatlantisch geprägten nordwestdeutschen Tiefland und den subkontinental beeinflussten Regionen des östlichen Mitteleuropas (MIEST 1972).

Die subkontinentalen Klimabedingungen sind an der Mittelelbe durch große Temperaturschwankungen im Jahresverlauf und schnell ansteigende Frühjahrstemperaturen sowie durch vergleichsweise hohe Sommertemperaturen gekennzeichnet. Die niedrigsten Monatsmitteltemperaturen der im Untersuchungsraum liegenden Klimastation Lüchow treten mit  $-0,1\text{ °C}$  im Januar auf, die höchsten hingegen mit  $17,2\text{ °C}$  im Juli. Die Jahresmitteltemperatur beträgt nach HOFMEISTER (1930) und MIEST (1972)  $8,2\text{ °C}$  (Abb. 4).

Die durchschnittlichen Jahresniederschlagsmengen liegen im Untersuchungsgebiet bei 545 mm. Dieser niedrige Wert ist auf den in Ost-West-Richtung verlaufenden, abseits des niedersächsischen Elbufers gelegenen Geestrücken des Drawehns mit einer Höhe von bis

zu 142 m üNN zurückzuführen. Dieser schirmt die regenreichen Westwinde ab, so daß im Lee niederschlagsärmere, zum Teil föhnbeeinflusste Klimlagen auftreten. Im Jahresgang fallen somit durchschnittlich im Februar und Oktober die niedrigsten Niederschläge, während das Regenmaximum im Juli liegt (Abb. 4).

Lokalklimatisch ist das Elbtal insgesamt durch seine windgeschützte Lage und eine erhöhte Luftfeuchtigkeit gekennzeichnet. Innerhalb des Auenbereiches können jedoch in den unterschiedlichen Lebensräumen wie beispielsweise auf Dünenkomplexen oder in Flutrinnen und -mulden erhebliche mikroklimatische Standortunterschiede auftreten. Diese Aspekte spielen unter anderem bei der Vegetationsdifferenzierung in Auenlandschaften eine wichtige Rolle.

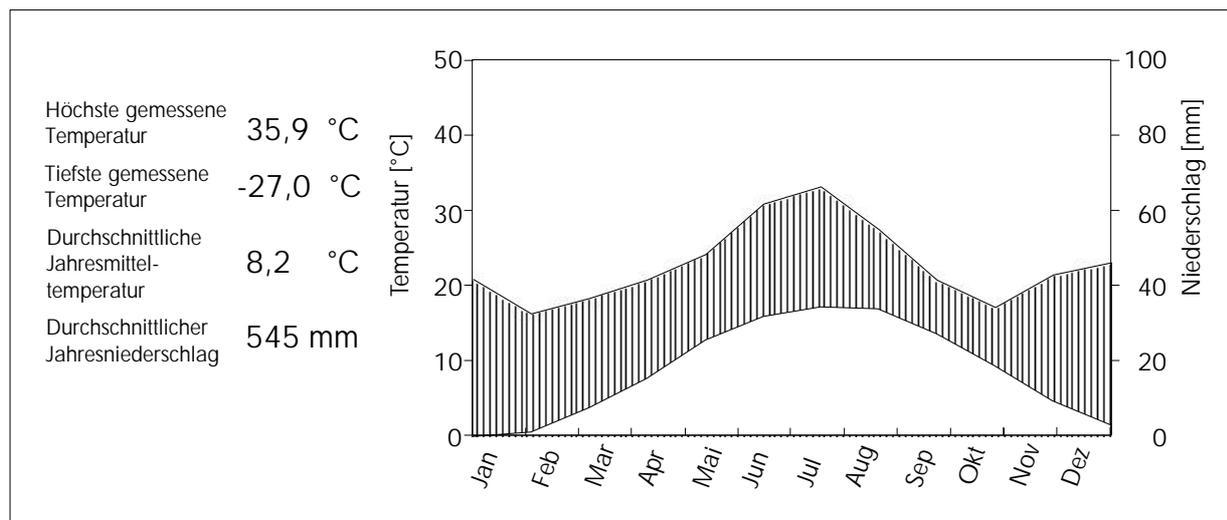


Abb. 4: Monatsmittel der Temperatur und der Niederschläge der Klimastation Lüchow (17 m üNN) im Meßzeitraum von 1961-1991 (Datengrundlage: DEUTSCHER WETTERDIENST 1999 b).

Um die klimatische Situation des Untersuchungsgebietes besser charakterisieren zu können, wurde im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen der Witterungsverlauf im Zeitraum von September 1996 bis August 1999 direkt auf der potentiellen Rückdeichungsfläche Lenzen-Wustrow durch eine eigens für das Forschungsprojekt „Auenregeneration durch Deichrückverlegung“ eingerichteten Klimastation aufgezeichnet (HENZE 1998).

Die einzelnen Untersuchungsjahre sind durch sehr unterschiedliche Witterungsverläufe gekennzeichnet; dies betrifft nicht allein die Jahresmittel der Temperatur und die Niederschlagssummen, sondern auch deren monatliche Schwankungen und Abweichungen von den langjährigen Monatsmittelwerten.

In bezug auf die gefallenen Niederschläge lagen sowohl das Jahr 1996 als auch 1997 deutlich unter dem langjährigen Durchschnitt, wobei sich die extrem niederschlagsarmen Monate auf Herbst und Winter 1996/1997 sowie Juli und Oktober 1997 erstreckten (Abb. 5). Das Jahr 1998 war mit 9,0 °C bzw. 719 mm Niederschlag im Jahresdurchschnitt außerordentlich warm und feucht. Ausgeprägte Regenperioden waren im ungewöhnlich milden Frühjahr und Frühsommer sowie im Oktober zu verzeichnen. Die Herbstregenfälle begünstigten ein für die Jahreszeit untypisches Hochwasser, das zwischen Oktober 1998 und März 1999 andauerte.

Die trockenkalte Witterung im Winter 1996/1997 bedingte, daß die Monatsmittel der Lufttemperatur für den Dezember und den Januar mit minus 2,4 °C bzw. minus 3,6 °C deutlich niedriger als der langjährige Durchschnitt waren (Abb. 6). Die Jahresmitteltemperatur für 1997 wich hingegen nur unwesentlich vom langjährigen Mittel ab.

Die Monatsmittel zwischen Januar und August 1999 deuten einen ähnlichen Witterungsverlauf wie im Jahr 1998 an. Auf ein mildes Frühjahr und einen regenreichen Frühsommer folgte in den Monaten Juli und August eine andauernde Dürreperiode, die sich bis Ende September fortsetzte. Die monatlichen Temperaturmittel lagen besonders im Juli und im September mit 2,0 °C bzw. 3,7 °C deutlich über dem langjährigen Mittel (DEUTSCHER WETTERDIENST 1999c).

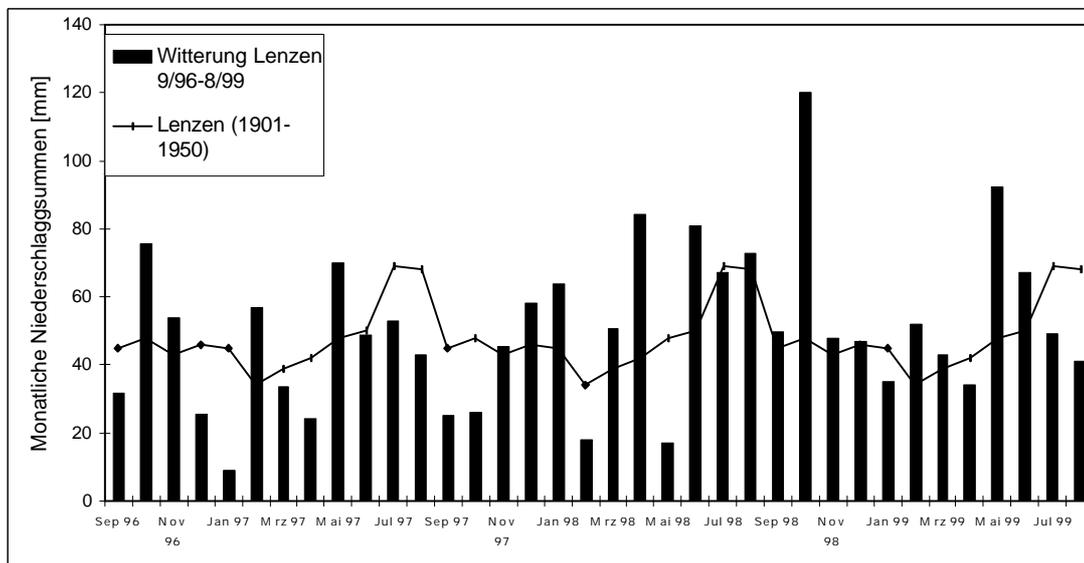


Abb. 5: Monatliche Niederschlagssummen im Rückdeichungsgebiet Lenzen-Wustrow Projektzeitraum von September 1996 bis August 1999 im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten der Klimastation Lenzen (1901-1950).

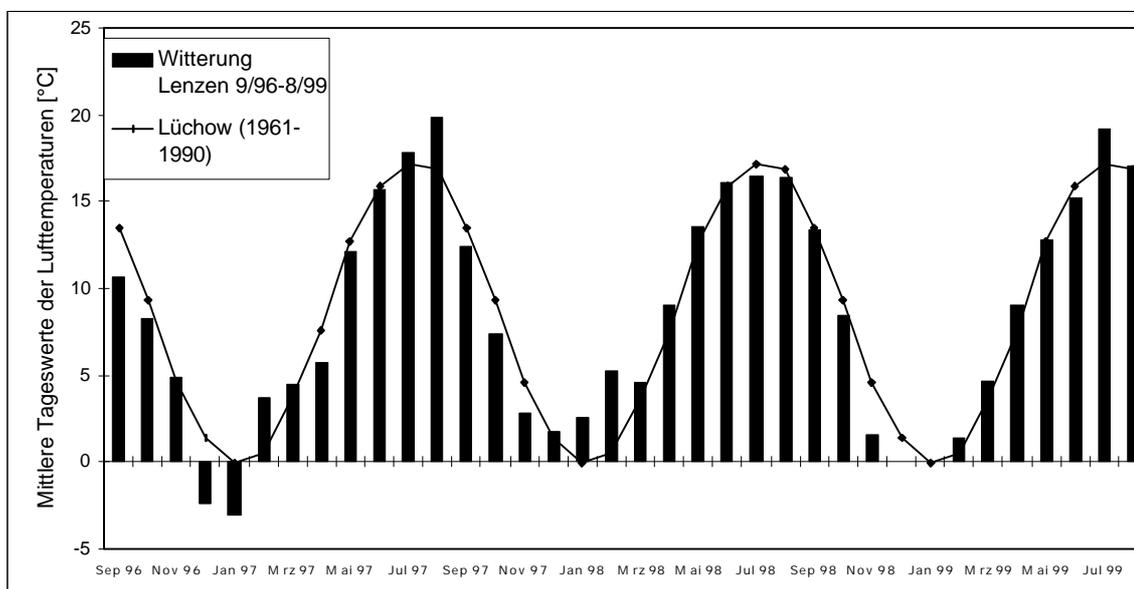


Abb. 6: Mittlere monatliche Lufttemperaturen im Rückdeichungsgebiet Lenzen-Wustrow von September 1996 bis August 1999 im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten der Klimastation Lüchow (1961-1990).

## 2.4 Böden

Das Ausgangssubstrat für die Bodenentwicklung stellen im Untersuchungsgebiet fluviatile Sedimente dar. Es handelt sich hierbei vorwiegend um Sande, Auenlehme und feinkörnige Schlämme, die hohe Anteile an organischer Substanz aufweisen.

Die räumliche Verteilung dieser Sedimente hängt in hohem Maße von der Hochwasserdynamik der Elbe ab. So lagern sich bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten in den flußfernen Bereichen sowie in den Flutrinnen und -mulden vorwiegend schluffige bis tonige Schlämme ab, während im Litoralbereich der Elbe und auf den elbnahen Uferwällen überwiegend sandiges Material sedimentiert. Die größten Flächenanteile nehmen im Untersuchungsgebiet jedoch Auenlehme ein. Hierbei handelt es sich nicht um ein einheitliches Sediment, sondern um Schichtungen unterschiedlicher Bodenarten. Je nach Hochwasserbedingungen wurden im Untersuchungsgebiet bis zu 3 m mächtige, sandige, schluffige oder tonige Lehme akkumuliert. Die weite Verbreitung der Auenlehme an der Elbe ist wie auch an zahlreichen anderen mitteleuropäischen Flüssen auf großflächige Waldrodungen im Mittelalter zurückzuführen (JÄGER 1962).

Im Untersuchungsgebiet haben sich unter dem Einfluß des Grundwassers und der regelmäßigen Überflutungen im Laufe der Zeit semiterrestrische Böden entwickelt. In den qualmwasserbeeinflussten Senken sind daher häufig Gleye ausgebildet. Auf höher gelegenen, nur zeitweilig überfluteten bzw. überstauten Plateaulagen sind hingegen Auenböden entstanden (Abb. 7).

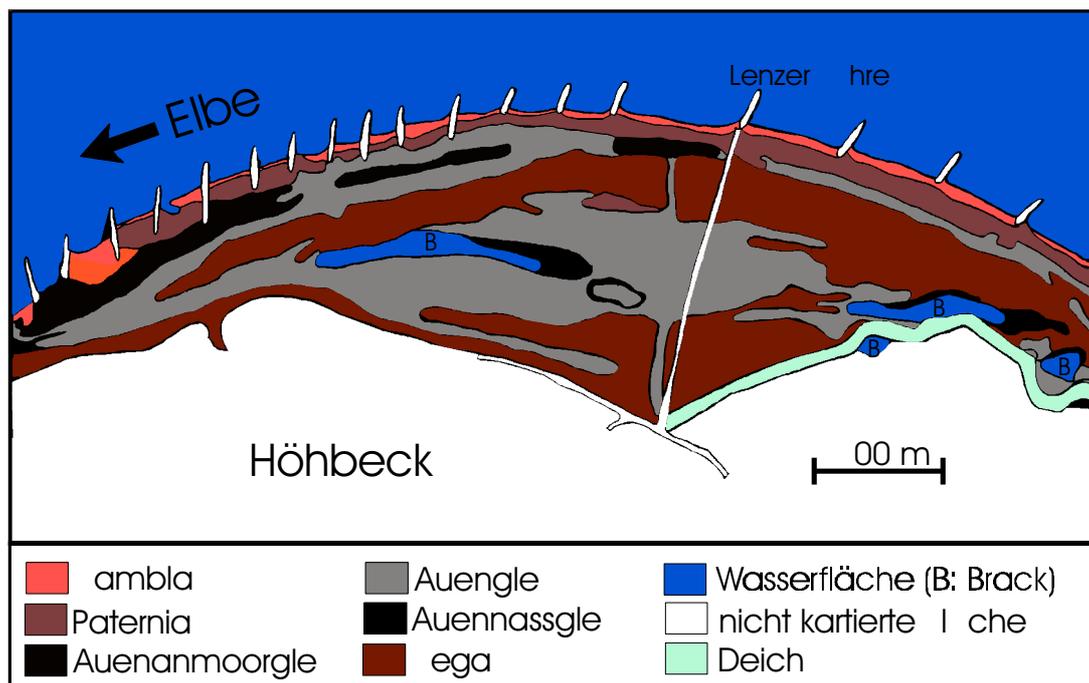


Abb. 7: Bodenkarte der außendeichs gelegenen Bereiche der „Pevestorfer Wiesen“ (verändert nach MEYER et al. 1983).

Die Bodenhorizonte der Gleye sind durch hydromorphe Merkmalen gekennzeichnet, die vor allem durch Transport- und Fällungsprozesse von Eisen und Manganverbindungen entstehen. Diese Stoffe werden im ständig wassergesättigten Gr-Horizont reduziert und in gelöster Form durch Diffusion oder Massenfluß verlagert. Im Grundwasserschwankungsbereich entstehen hingegen Oxidationshorizonte (Go-Horizonte). Hier erfolgt die Ausfällung der Fe- und Mg-Verbindungen durch Luftsauerstoff in Form von rostfarbenen oder schwarz

gefärbten Oxiden. Aus der Intensität dieser redoximorphen Merkmale und den Horizontgrenzen lassen sich Rückschlüsse auf die mittleren Grundwasserverhältnisse und auf die Häufigkeit der Grundwasserstandsschwankungen ziehen (SCHEFFER et al. 1992, SCHMIDT et al. 1998).

Je nach dem mittlerem Grundwasserstand werden verschiedene Ausbildungsformen des Gleys unterschieden. Auengleye zeichnen sich beispielsweise durch einen mittleren Grundwasserstand, der zwischen 40 und 80 cm unter der Bodenoberfläche schwankt, aus. Bei mittleren Grundwasserständen oberhalb von 40 cm werden hingegen sogenannte Naßgleye gebildet. Sie sind durch eine Go-Ah/Gr-Horizontierung ausgewiesen (MEYER et al. 1983, AG BODEN 1996) und kennzeichnen zusammen mit den Anmoorgleyen die nassesten Böden im Untersuchungsgebiet. Letztere entstehen in Senken, in denen vorwiegend Schlämme mit viel organischer Substanz und hohe Streuauflagen akkumulieren. Der Humusgehalt kann im Oberbodenhorizont solcher Anmoorgleye 15-30 % aufweisen (SCHEFFER et al. 1992, KUNTZE et al. 1994).

Die Auenböden zeigen im Gegensatz zu den Gleyen in den oberen Bodenhorizonten kaum redoximorphe Merkmale. Nur in größeren Bodentiefen kann es zur Ausbildung von Oxidationshorizonten kommen, ansonsten reicht der periodische Hochwasser- bzw. binnen-deichs auftretende Qualmwassereinfluß nicht aus, um typische redoximorphe Merkmale auszubilden. Aus der Klasse der Auenböden kommen folgende Bodentypen im Untersuchungsgebiet vor: Rambla, Paternia und Vega.

Die Rambla ist ein Auenrohboden, der sich im Bereich der Flußufer regelmäßig ausgebildet. Der ständige und kurzfristige Wechsel von Erosion und Akkumulation läßt hier nur eine geringe Bodenentwicklung zu, deshalb folgt auf einen initialen Oberbodenhorizont (aAi) direkt der C-Horizont. Die Humusanreicherung im A-Horizont ist nur gering, da aufgrund der abiotischen Bedingungen an solchen Standorten meist keine geschlossene Vegetationsdecke ausgebildet ist.

Bei Böden vom Typ der Paternia ist die Überflutung durch Hochwässer nicht mehr so häufig, so daß sich hier meist eine geschlossene Vegetationsdecke ausbildet und eine Humusakkumulation im Oberboden stattfindet. Solche Böden weisen ein aAh/aC/aG-Profil auf. Räumlich tritt im Relief die Paternia häufig unmittelbar oberhalb der Rambla auf (Abb. 7).

Auf den hochgelegenen Plateaulagen und besonders auf den Uferwällen, die nur selten überschwemmt werden, kommt es bereits zu typischen terrestrischen Bodenentwicklungsprozessen. Tiefreichende Verwitterung und Verbraunung führen hier schließlich zur Ausbildung einer Vega mit einer aAh/aM/aG-Horizontierung (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992).

## 2.5 Hydrologie

### 2.5.1 Abflußverhalten der Elbe

Die Elbe wird hydrographisch in drei Stromabschnitte eingeteilt. Von ihrem Quellgebiet an der polnisch-tschechischen Grenze im Riesengebirge bis zur Einmündung der Schwarzen Elster (Strom-km 200) verläuft die sogenannte Obere Elbe. Der folgende Abschnitt bis nach Geesthacht (Strom-km 586), in dem sich auch das Untersuchungsgebiet befindet, wird als Mittel-elbe bezeichnet. Die Tideelbe umfaßt schließlich den tidebeeinflußten Bereich von Geesthacht bis zur Elbmündung in die Nordsee. Die Flußlänge der Elbe beträgt insgesamt etwa 1100 km und das Einzugsgebiet umfaßt ca. 150 000 km<sup>2</sup> (KEMPE 1992). Das Untersuchungsgebiet befindet sich zwischen den Elbekilometern 476 und 485.

Das Abflußverhalten der Elbe ist in erster Linie von den klimatischen und geomorphologischen Gegebenheiten des Einzugsgebietes abhängig. So ist die Elbe durch ausgeprägte Frühjahrshochwässer im März und April gekennzeichnet, wenn im Riesengebirge die Schneeschmelze einsetzt (Abb. 8). Im Gegensatz zum Rhein, wo aufgrund des nivalen Abflußregimes regelmäßig Sommerhochwässer auftreten, kommt es an der Mittelelbe seltener zu sommerlichen Hochwasserereignissen. Diese können durch starke Regenfälle im Bereich des Oberlaufes ausgelöst werden. Im allgemeinen sind die Wasserstandsschwankungen an der Unteren Mittelelbe im Vergleich zum Rheinpegel Worms jedoch etwas geringer, und zugleich konzentriert sich das Auftreten der Niedrigwasserphasen auf die Spätsommermonate Juli bis Oktober (SCHÖLL et al. 1998, GRÖNGRÖFT 1999).

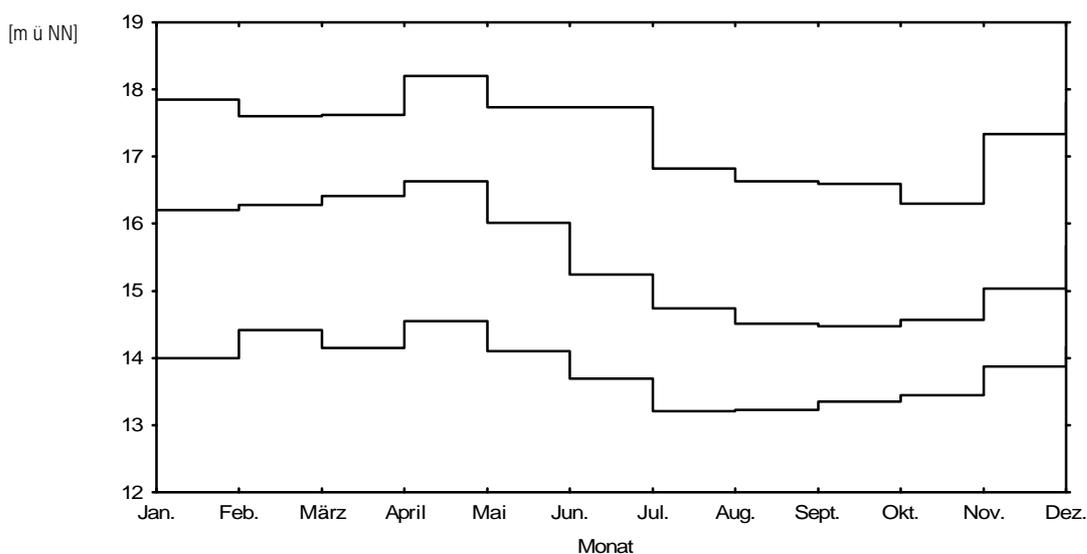


Abb. 8: Durchschnittlich höchste, mittlere und niedrigste monatliche Wasserstände der Elbe am Pegel Lenzen im Meßzeitraum 1964-1998 (MONTENEGRO 1999 a).

Neben der langjährigen Abflußcharakteristik können kurzfristig allerdings auch starke Schwankungen in der Hochwasserdynamik auftreten, die für die Entwicklung der Vegetation auf der Rückdeichungsfläche Lenzen-Wustrow innerhalb eines Jahres von Bedeutung sein können. In den Untersuchungsjahren von 1996 bis 1998 traten an der Elbe sowohl ausgeprägte Niedrigwasser als auch repräsentative Sommer- und Winterhochwässer auf (Abb. 9). Besonders hervorzuheben sind dabei zwei Sommerhochwässer im Juli 1996 und 1997, welche jeweils Abflußwerte von bis zu  $1300 \text{ m}^3/\text{s}$  erreichten. Dies hatte eine kurzfristige Überflutung großer Flächenanteile im Deichvorlandes bei Lütkenwisch zur Folge wobei die z.T. sehr trockengefallenen Flutrinnen wieder vernäßt wurden. Im abflußreichen Jahr 1997 trat im März das höchste Frühjahrshochwasser mit einem Abfluß von  $1770 \text{ m}^3/\text{s}$  auf und auch in den nachfolgenden Monaten führte die Elbe im Vergleich zu den anderen Jahren relativ viel Wasser, so daß die Böden am Anfang der Vegetationsperiode gut durchfeuchteten. Die extremsten Abflußwerte wurden jedoch im Jahr 1998 gemessen. Während der Sommermonate Juni bis August führte die Elbe in diesem Jahr fast durchgehend Niedrigwasser. Die niedrigsten Abflußwerte wurden im Juli mit  $286 \text{ m}^3/\text{s}$  erreicht. Im Gegensatz dazu trat im November ein überdurchschnittliches Hochwasser mit einer Abflußmenge von  $2356 \text{ m}^3/\text{s}$  auf, welches zu ausgeprägten Qualmwasseransammlungen in binnendeichs gelegenen Flutrinnen führte.

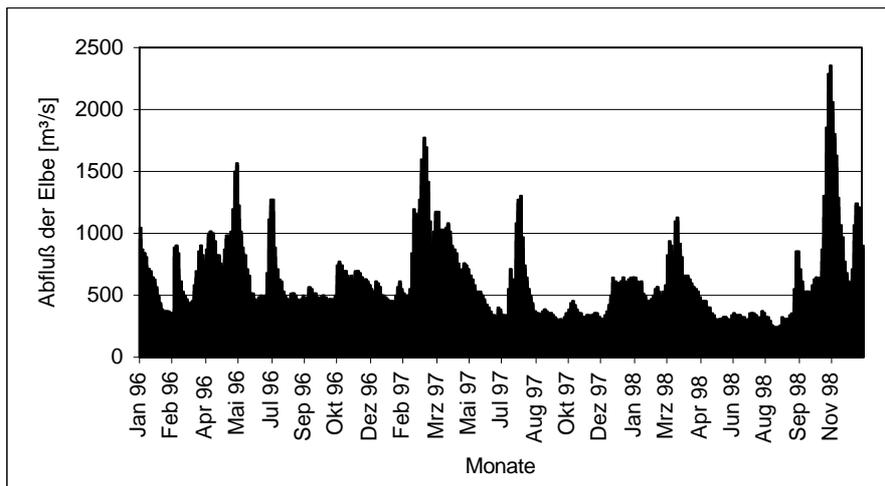


Abb. 9: Abflußmengen von 1996-1998 an der Mittelelbe bei Lenzen (Datengrundlage: MONTENEGRO 1999a).

## 2.5.2 Grundwasserdynamik

Die hydrologischen Gegebenheiten in Auenlandschaften sind durch einige generelle Phänomene gekennzeichnet, die für die Vegetationszonierung entlang der Flüsse und Ströme von Bedeutung sind. So besteht in der Regel zwischen dem Fluß- und Grundwasser ein enger hydraulischer Kontakt über den Grundwasserleiter. Bei Niedrig- und Mittelwasser bewegt sich deshalb der Grundwasserstrom von den flußfernen Hochflächen zum Fluß hin. Bei ansteigendem Flußwasser kehrt sich hingegen die Fließrichtung des Grundwassers um, so daß sich ein Wassergefälle vom Fluß zum Rand der Aue entwickelt. Das Elbwasser dringt dann in den Aquifer und führt aufgrund der Auenlehmdecke oft zu gespannten Grundwasserverhältnissen. In der Folge steigt dieses Grundwasser als sogenanntes Qualm- oder Drängewasser durch die geringmächtigen, tiefgelegenen Deckschichten an die Bodenoberfläche und füllt auf diese Weise die Flutrinnen des Deichhinterlandes aus (MEYER et al. 1983, MONTENEGRO et al. 1997). Je nach Bodenartzusammensetzung und Mächtigkeit der Auenlehmdecke kann es dabei zu zeitlichen Verzögerungen des Qualmwasseraus- und eintritts kommen. Dies ist besonders bei ablaufendem Elbehochwasser an ufernah gelegenen schlammigen, feinerdereichen Flutrinnen auffällig. Dort fließt das Wasser aufgrund des hohen Tonanteils sehr viel langsamer als in der Umgebung ab, so daß hier oft noch tagelang nach dem Hochwasserereignis deutlich höhere Wasserstände als an der Elbe zu beobachten sind (Abb. 10).

Im Gegensatz zu diesen vereinfacht dargestellten generellen Verhältnissen liegt im Untersuchungsgebiet jedoch eine kompliziertere Grundwasserdynamik vor, da die Elbe mit ihren Nebenflüssen Seege und Löcknitz in Wechselwirkung tritt. Im potentiellen Rückdeichungsgebiet Lenzen-Wustrow sind die Grundwasserverhältnisse von MONTENEGRO et al. (1999a) näher untersucht worden. Es zeigte sich, daß der Grundwasserstrom je nach dem Elbewasserstand in diesem Gebiet seine Richtung wechselt: Bei Elbhochwasser entwässert das Gebiet beispielsweise über ein künstlich angelegtes Grabensystem zur Löcknitz hin. Bei Elbniedrigwasser kehrt sich hingegen der Grundwasserstrom aufgrund der höheren Wasserstände der staugeregelten Löcknitz um (Abb. 11).

Daher ist der Grundwasserstand nur im unmittelbaren Einflußbereich der Elbe mit dem Flußwasserstand der Elbe identisch, ansonsten üben die Mächtigkeit der Auenlehm-

schichten, die Entwässerungsgräben und die Lößnitz einen modifizierenden Einfluß auf die jeweiligen Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet aus.

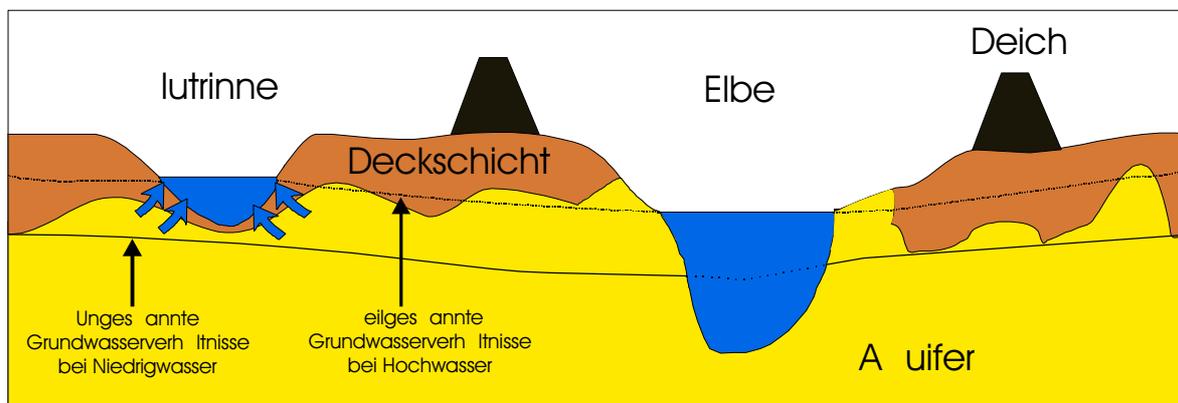


Abb. 10: Schematische Darstellung unterschiedlicher Grundwassersituationen in Abhängigkeit des Elbwasserstandes. Bei niedrigen Wasserständen der Elbe liegen ungespannte Grundwasserverhältnisse vor. Bei Elbhochwasser dringt das gespannte Grundwasser als sogenanntes Qualmwasser in den Flutrinne an die Erdoberfläche.

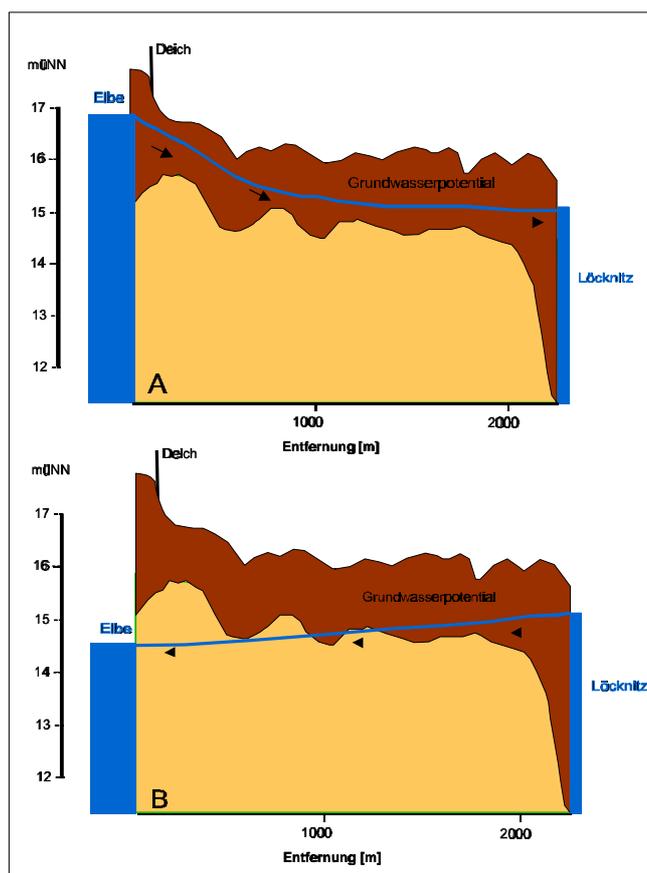


Abb. 11: Im potentiellen Rückdeichungsgebiet Lenzen-Wustrow liegen komplizierte Grundwasserverhältnisse vor. Bei Elbhochwasser wird das Gebiet über künstlich angelegte Gräben zur Lößnitz entwässert (A). Bei Niedrigwasser der Elbe kommt es hingegen zu einer Umkehr des Grundwasserstromes, weil die staugeregelte Lößnitz dann einen deutlich höheren Wasserstand als die Elbe führt (B) (verändert nach MONTENEGRO et al. 1999a).

### 3 Die potentielle natürliche Vegetation

Im norddeutschen Tiefland wird die azonale Vegetation der Auenlandschaften in Abhängigkeit der hydrologischen Bedingungen durch eine charakteristische Abfolge von Vegetationstypen gekennzeichnet (vgl. Kap. 6). So kommt es in den Bereichen des ständigen Wellenschlages der Flüsse durch das Anlanden von organischen Materialien zur Ausbildung von Treibselssäumen, die sich durch einen hohen Stickstoffgehalt auszeichnen. Solche lange im Jahr überfluteten Pionierstandorte werden vorzugsweise von annuellen Arten aus der Vegetationsklasse der *Bidentetea tripartitae* (Zweizahnuferfluren) besiedelt.

An Flüssen wie z. B. der Ems, Aller und auch der Elbe, die pleistozäne Sandlandschaften durchfließen und durch natürliche Binnendünenkomplexe gekennzeichnet werden, finden sich auf den nährstoffarmen Quarzsanden lückige und konkurrenzschwache Silbergrasfluren (*Spergulo-Corynephorum canescentis*). Je nach den standörtlichen und regional-klimatischen Rahmenbedingungen lassen sich jedoch auch einige weitere typische flußbegleitende Pioniergesellschaften beschreiben. So treten z. B. in den Stromtälern der Ems, der Weser und der Elbe auf nährstoffreichen und sandig-lehmigen Böden z. B. Rohrschwengel-Gesellschaften (*Potentillo-Festucetum arundinaceae*) auf (POTT, 1995, SPEIER 1999a). Eine weitere verbreitete Pflanzengesellschaft in den ozeanisch-subozeanischen Regionen der Flußniederungen Norddeutschlands ist der Knickfuchsschwanzrasen (*Ranunculo-Alopecuretum geniculati*), der eutrophe Flutmulden und Rinnen, die durch länger andauernde Überstauungen und starken jährlichen Wasserstandschwankungen gekennzeichnet werden, besiedelt.

An fast allen Tieflandflüssen wachsen unmittelbar über der mittleren Hochwasserlinie strömungs- und überflutungsresistente Rohrglanzgrasröhrichte vom Typ des *Phalaridetum arundinaceae*. In strömungsberuhigten Bereichen aber auch an Altwässern können hingegen auch andere Röhrichtgesellschaften wie z. B. das *Caricetum gracilis*, *Glycerietum maximae* und Bestände des *Sparganietum erecti* auftreten.

In den periodisch überschwemmten Auen größerer Flußtäler kommen zudem auch spezifische Gehölzgesellschaften vor. Als Elemente der Weichholzaue (*Salicetum triandroviminalis*) treten hier an besonders lange im Jahr überfluteten Standorten Korbweidengebüsche aus Purpur-, Korb- und Mandelweiden auf. Landeinwärts werden diese in der Zone der mittleren Hochwasserlinie kulissenartig durch Silberweidenwälder (*Salicetum albae*) mit *Salix alba*, *Populus nigra* s.l. und *Salix fragilis* begleitet. Auf unregelmäßig und nur von Spitzenhochwässern überfluteten Standorten können sich hingegen Hartholzauenwälder ausbilden. Diese natürlicherweise von der Stieleiche und der Flatterulme dominierte Waldgesellschaft (*Quercu-Ulmetum minoris*) bildete in der Vergangenheit großflächige Bestände in den Auenlandschaften Mitteleuropas. Heute sind nur noch Fragmente dieser bedrohten Pflanzengesellschaft in den Tieflandflüssen zu finden.

## 4 Methoden

### 4.1 Pflanzensoziologische Untersuchungsmethoden

Zur vegetationskundlichen Charakterisierung des Untersuchungsgebietes wurden pflanzensoziologische Aufnahmen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) angefertigt. Die Schätzung der Artmächtigkeit erfolgte in der Regel nach dem üblichen Schätzverfahren von BRAUN-BLANQUET (1964). Bei der Untersuchung von Dauerbeobachtungsflächen kamen jedoch z. T. genauere Schätzverfahren nach BARKMAN et al. (1964) und in modifizierter Form nach LONDO (1975) zur Anwendung. Eine Übersicht über die verschiedenen Schätzskalen gibt Tab. 1.

Tab. 1: Gegenüberstellung der verwendeten Skalen zur Schätzung der Artmächtigkeiten

Deckung [%]	Mittlere prozentuale Deckungsgrade	LONDO	BRAUN-BLANQUET	BARKMAN	Erläuterung zur BARKMAN-Skala
<1	0,5	a1	+	+	1-5 Individuen, Deckung <5 %
1-3 3-5	2,5	a2 a3	1 1	1 1 oder 2m	6-50 Individuen, Deckung <5 % >50 Individuen, Deckung <5 %
5-15	10	1	2	2a	Individuenanzahl beliebig, Deckung 5-15 %
15-25	20	2	2	2b	Individuenanzahl beliebig, Deckung 16-26 %
25-35 35-45 45-50	37,5	3 4 5	3	3	Individuenanzahl beliebig, Deckung 26-50 %
50-55 55-65 65-75	62,5	6 7 8	4	4	Individuenanzahl beliebig, Deckung 51-75 %
75-85 85-95 >95	87,5	9 10 11	5	5	Individuenanzahl beliebig, Deckung 76-100 %

Die Größe der Aufnahmeflächen umfaßte beim wechselfrischen Grünland, den Flutrasen und Röhrichten 12-16 m<sup>2</sup>, in den Beständen der Sandmagerrasen 4-8 m<sup>2</sup> und bei der Aufnahme von Wasserpflanzengesellschaften 1-4 m<sup>2</sup>.

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen richtet sich nach der ZENTRALSTELLE FÜR DIE FLORISTISCHE KARTIERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1993), die der Kryptogamen nach FRAHM & FREY (1987) und WIRTH (1980).

Die erstellten pflanzensoziologischen Aufnahmen wurden zu Vegetationstabellen vereinigt und synsystematisch geordnet. Die syntaxonomische Einordnung und Benennung der jeweiligen Einheiten richtet sich nach POTT (1995). Die Zuordnung der Pflanzenarten zu den verschiedenen Syntaxa erfolgt nach ELLENBERG et al. (1992).

In einigen Fällen ergab die synsystematische Gliederung Vegetationseinheiten, denen kein Assoziationsrang zugesprochen werden konnte. Diese sind durch lokale Kennarten charakterisiert und wurden nach der jeweils dominierenden Art benannt sowie mit dem Zusatz „-Gesellschaft“ versehen (z.B. *Lemna minor*-Gesellschaft). Bei der *Elymus repens*-

*Alopecurus pratensis*-Gesellschaft ließen sich dagegen weder Charakter- noch Kennarten definieren. Hier erfolgte die Benennung nach den zwei stetigsten Pflanzenarten in diesen Beständen, *Elymus repens* (Gemeine Quecke) und *Alopecurus pratensis* (Wiesen-Fuchsschwanz). Darüber hinaus ließen sich zahlreiche Pflanzengesellschaften in Subassoziationen, Varianten sowie auch in Subvarianten und Fazies untergliedern.

Als Kriterium für die Fassung einer Trennart galt ihr Vorkommen mit einer Stetigkeit von mindestens 50 % in dem betreffenden Aufnahmekollektiv (vgl. DIERSCHKE 1994, BERGMEIER et al. 1990). Seltene und sehr kleinflächig verbreitete Pflanzengesellschaften, die nur als Einzelbestände im Untersuchungsgebiet vorkommen, sind nicht in den Vegetationstabellen aufgeführt, sondern im Text beschrieben worden.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurden die meisten Vegetationstabellen zu synthetischen Tabellen zusammengefaßt, die eine schnelle Übersicht über die wichtigsten Vegetationseinheiten des Untersuchungsgebietes mit ihren Kenn- und Trennarten ermöglichen (vgl. DIERSCHKE 1994). Die vorkommenden Artmächtigkeiten in den synthetisch zusammengefaßten Aufnahmekollektiven sind als Hochzahlen hinter den Stetigkeitsklassen angegeben worden. Bei der Darstellung der synthetischen Tabellen wurden z.T. nur die diagnostisch wichtigen Arten berücksichtigt.

Im Bereich von charakteristischen Vegetationszonierungen entlang von Feuchte- bzw. Nährstoffgradienten sind darüberhinaus im Untersuchungsgebiet eine Reihe von Transektuntersuchungen durchgeführt worden. Im Rahmen dieser Erhebungen wurde die Vegetation in verschiedenen Flutmulden (genutzt-ungenutzt; elbnah-elbfern), im Uferbereich der Elbe (genutzt - ungenutzt) sowie entlang eines Elbdeichabschnittes erfaßt.

## 4.2 Populationsbiologische Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen

Insgesamt wurden im April 1997 neunundzwanzig Dauerbeobachtungsflächen (Abb. A 2) auf der potentiellen Rückdeichungsfläche Lenzen-Wustrow eingerichtet und lagegenau vermessen (vgl. BÖCKER 1998). Die Größe der Dauerbeobachtungsflächen umfaßt bei Offenland-Standorten einheitlich 16 m<sup>2</sup> (4x4 m). Bei Waldstandorten ist die Flächengröße dagegen variabel und liegt im Bereich von 100 und 400 m<sup>2</sup>.

Bei den populationsbiologischen Untersuchungen wurden sowohl Pflanzengesellschaften des wechselfrischen bis feuchten Grünlandes als auch verschiedene Röhricht- und Gehölzgesellschaften berücksichtigt. Bis auf die Gehölzgesellschaften und drei Röhrichtstandorte sind alle Flächen eingezäunt worden, so daß die ausgewählten Bestände vom Untersuchungsjahr 1997 an einer ungestörten Sukzession unterlagen. Um die standörtliche Variabilität innerhalb der Pflanzengesellschaften zu erfassen, wurden gleichartige Bestände auf verschiedenen Flächen untersucht.

Um sowohl qualitative und quantitative Veränderungen der Vegetationsbestände auf den Dauerbeobachtungsflächen zu erfassen, wurden zunächst die Veränderungen der Artenanzahlen und der Gesamtdeckungsgrade über den dreijährigen Untersuchungszeitraum gegenübergestellt.

Da sich Fluktuations- und Sukzessionsvorgänge auch in Veränderungen der Deckungsanteile einzelner Arten äußern, wurde zusätzlich die sogenannte prozentuale Ähnlichkeit (Ähnlichkeitsindex) für die Pflanzenbestände auf den Dauerbeobachtungsflächen berechnet. In diesem mathematischen Verfahren gehen sowohl die qualitativen Veränderungen (Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Pflanzenarten) als auch quantitative Veränderungen (Deckungsanteile der Pflanzenarten) ein. Für die notwendige Transformierung

der LONDO- bzw. BRAUN-BLANQUET-Skalierung in Deckungsprozente wurden in einem weiteren Schritt jeweils die Mittelwerte der Deckung für die verschiedenen Artmächtigkeitswerte ermittelt (vgl. Tab. 1).

Bei der Berechnung kam in Anlehnung an GLEASON (1920) und JACCARD (1928) folgende Formel zur Anwendung:

$$\text{Ähnlichkeitsindex} = \frac{\sum D_G \cdot x100}{\sum D_A + \sum D_B + \sum D_G}$$

$$\text{vereinfacht} = \frac{\sum D_{\min} \cdot x100}{\sum D_{\max}}$$

Es bedeuten:  $\sum D_G$  = Summe der übereinstimmenden Deckungswerte der gemeinsamen Arten aus den beiden Untersuchungsjahren (%)

$\sum D_{A, B}$  = Summe der Deckungswertdifferenzen der Arten, die im 1. Beobachtungsjahr (A) bzw. im 2. Beobachtungsjahr (B) häufiger sind (%)

$\sum D_{\min}$  = Summe der geringsten Deckungswerte aller Arten aus den 2 zu vergleichenden Beobachtungsjahren (%)

$\sum D_{\max}$  = Summe der höchsten Deckungswerte aller Arten aus den 2 zu vergleichenden Beobachtungsjahren (%)

### 4.3 Vegetationskartographische Untersuchungen

Auf der Grundlage der aufgestellten Vegetationseinheiten wurde eine Vegetationskartierung durchgeführt. Als Vorlage für diese Kartierung dienten Luftbildaufnahmen im Maßstab 1:8000, sowie vom niedersächsischen Landesamt für Vermessung angefertigte Luftbilder im Maßstab 1 : 5000.

Bei der Erstellung des Kartierschlüssels wurde die Unterscheidung auf möglichst niedrigem syntaxonomischen Niveau angestrebt. Die Fassung der Kartiereinheiten entspricht in den meisten Fällen den in den Vegetationstabellen aufgeführten Syntaxa. In Einzelfällen wie bei einem sehr kleinflächigen Wechsel von Vegetationseinheiten wurde nur die flächenmäßig dominierende Pflanzengesellschaft aufgeführt, da die maßstabsabhängige Auflösungsdichte nicht ausreichte, entsprechende Vegetationsmosaiken darzustellen.

Bei der Kartierung bestanden z. T. unterschiedliche Auffassungen hinsichtlich der Einordnung und Benennung von Pflanzengesellschaften wie sie WALTHER (1977) vorgenommen hat (vgl. Tab. 2). Die Abgrenzung von Flutrasengesellschaften und Brendoldenwiesen war im Einzelfall nicht immer eindeutig, da die Bestände des *Cnidio-Violetum persicifoliae* teilweise fließende Übergänge zu den Flutrasen vom Typ des *Ranunculo-Alopecuretum geniculati* bilden. Solche Ausbildungen sind bei der synsystematischen Fassung der Pflanzenbestände 1998 als Subassoziation von *Lysimachia nummularia* (Subvariante von *Rumex crispus*) des *Ranunculo-Alopecuretum geniculati* eingeordnet worden. Aus diesem Grund haben die Flutrasenbestände scheinbar um etwa 5 % an Fläche zugenommen,

während die Brenndoldenwiesen gleichzeitig um ca. 9 % abgenommen haben. Die Abnahme der Bestände des *Cnidio-Violetum persicifoliae* sind wahrscheinlich zu einem großen Teil auf diese unterschiedliche Einordnung bei der Kartierung zurückzuführen.

Tab. 2: Übersicht über wichtige Pflanzengesellschaften, die im Rahmen dieser Arbeit systematisch anders eingeordnet und benannt worden sind als bei WALTER (1977).

Pflanzengesellschaft von WALTER (1977)	Synonyme Pflanzengesellschaft bei HELLWIG
Blysmo-Juncetum compressi	Juncus compressus-Gesellschaft
Caricetum vulpinae	Ranunculo-Alopecuretum geniculati, Subass. von Lysimachia nummularia
Phragmites communis-Bestände	Scirpo-Phragmitetum australis
Rumici-Alopecuretum geniculati	Ranunculo-Alopecuretum geniculati
Poae-Lathyretum palustris	Cnidio-Violetum persicifoliae, Subass. von Carex disticha
Cnidio-Violetum persicifoliae	teilw. als Ranunculo-Alopecuretum geniculati, Subass v. Lysimachia nummularia (Subvar. v. Rumex crispus) gefasst worden
Chrysanthemo-Rumicetum thyrsoflori	Leucanthemo-Rumicetum thyrsoflorae
Carici-Armerietum elongatae	Diantho-Armerietum elongatae
Carici-Salicetum cinereae	Frangulo-Salicetum cinereae
Rosa canina-Prunus spinosa-Gesellschaft	Prunus spinosa-Gesellschaft
Pinus sylvestris-Forsten	Pinus sylvestris-Gesellschaft

#### 4.4 Bodenkundliche Untersuchungen

Im Gelände wurden auf Standorten verschiedener Pflanzengesellschaften die Humusform und der Bodentyp bestimmt. Die Kriterien zur Charakterisierung und Benennung der Böden richten sich nach dem bodenkundlichen Kartierschlüssel der AG BODEN (1996). Die Bestimmung der Bodenart erfolgte durch die Fingerprobe. Die Bodentypen wurden durch Profilgrabungen und durch Bohrungen mit dem Pürckhauer erfaßt. Von besonderem Interesse bei den Bodenuntersuchungen waren der Redoximorphiegrad, die Durchwurzelungsintensität und die Lagerungsdichte der einzelnen Bodenhorizonte, da sie Rückschlüsse auf den Wasser-, Luft- und Nährstoffhaushalt der einzelnen Standorteinheiten zulassen (AG BODEN 1996).

Für die Messung des pH-Werts wurden naturfeuchte Bodenproben verwendet. Der pH-Wert wurde elektrometrisch mit einem WTW-pH-Meter Type 56 bestimmt. Die Messungen erfolgten 30 Minuten nach der Durchmischung der Bodenprobenlösungen in überstehender Flüssigkeit in destilliertem Wasser. Das Volumenverhältnis Boden zu Flüssigkeit betrug dabei 1 zu 2,5.

Neben den eigenen Bodenuntersuchungen konnte das umfangreiche Datenmaterial des Teilprojektes Bodenkunde innerhalb des BMBF-Projektes genutzt werden (SCHWARTZ et al. 1999).

#### 4.5 Topographische Höhenmessungen

Um Vegetationszonierungen in Abhängigkeit der Überflutungshäufigkeit untersuchen zu können, wurden mit Hilfe eines Nivellier-Gerätes und einer Schlauchwaage ca. 500 Höhenmessungen in außen- und binnendeichs gelegenen Beständen verschiedener Pflanzen-

gesellschaften durchgeführt. Dabei wurde ausgehend von zentimetergenau eingemessenen trigonometrischen Punkten zunächst die topographische Höhe (m üNN) mit einer Abweichung von  $\pm 3$  cm bestimmt.

Diese Meßwerte wurden mittels der von der Bundesanstalt für Wasserwirtschaft zur Verfügung gestellten Computerprogramme in Überflutungswahrscheinlichkeiten (Tage pro Jahr) umgerechnet. Anschließend wurden die so gewonnenen Daten statistisch für die verschiedenen Vegetationseinheiten ausgewertet.