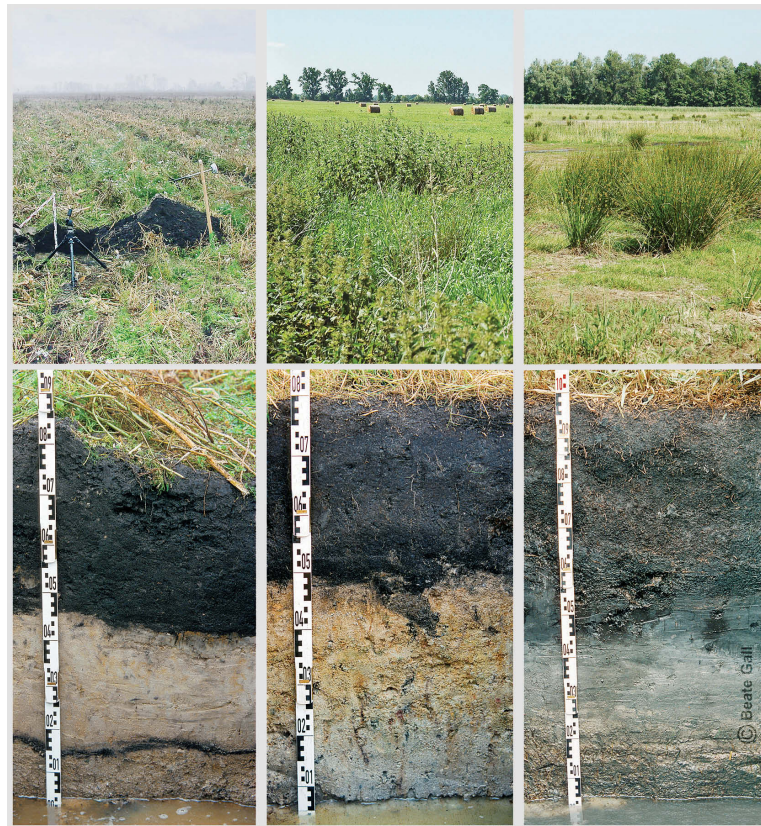


## Sicherung und Entwicklung von Böden und ihren Funktionen in Niederungen durch Naturschutzmaßnahmen



Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades  
"doctor rerum naturalium" (Dr. rer. nat.)  
in der Wissenschaftsdisziplin "Landschaftsplanung / Geoökologie"

eingereicht an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Potsdam von

**Beate Gall**

geb. am 07.03.1977 in Neubrandenburg

Potsdam, 09.03.2007

Gutachter / Gutachterinnen  
1. Prof. Dr. Beate Jessel  
2. Prof. i. R. Dr. habil. Rolf Schmidt  
3. Prof. Dr. Jutta Zeitz

Tag der mündlichen Prüfung: 05.07.2007

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 2.0 Germany License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/de/> or send a letter to Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.

Elektronisch veröffentlicht auf dem  
Publikationsserver der Universität Potsdam:  
<http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2007/1478/>  
urn:nbn:de:kobv:517-opus-14782  
[<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:517-opus-14782>]

## Zusammenfassung

"Sicherung und Entwicklung von Böden und ihren Funktionen in Niederungen durch Naturschutzmaßnahmen"

Mit dem 1999 in Kraft getretenen Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) ist eine wichtige Grundlage geschaffen, den Boden u. a. stärker in Planungs- und Zulassungsverfahren zu berücksichtigen. Die Ziele des Gesetzes, die nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung von Bodenfunktionen, können wegen fehlender gesetzlicher Instrumente allerdings nicht eigenständig umgesetzt werden. Eine Schnittstelle zur Realisierung bodenbezogener Erhaltungs- und Entwicklungsziele bieten deshalb naturschutzrechtliche Instrumente wie die Landschaftsplanung, die Eingriffsregelung und Pflege- und Entwicklungspläne von Schutzgebieten.

Am Beispiel beeinträchtigter Niederungsböden wird in der Arbeit hinterfragt und aufgezeigt, inwieweit auf das Schutzgut Boden bezogene Maßnahmenplanungen wie Wiedervernässung und Extensivierung mit naturschutzrechtlichen Instrumenten effektiv erstellt und umgesetzt werden können. Es liegt die Hypothese zugrunde, dass eine genaue Ist-Zustandserfassung von Niederungsböden auf Grundlage der in der naturschutzfachlichen Planungspraxis gängig herangezogenen Kartengrundlagen nicht möglich ist. Aufgrund ihres Alters, des Maßstabes und der inhaltlichen Auflösung spiegeln diese den Wandel von Niederungsböden nicht ausreichend wider. Für die Bestimmung der Entwicklungspotenziale von Niederungsböden sowie die Erarbeitung detaillierter Maßnahmenplanungen ist eine gezielte Vor-Ort-Erhebung planungsrelevanter Bodenmerkmale erforderlich, auf die jedoch häufig verzichtet wird. Zudem wird bisher den Wirkungen von Maßnahmen auf das Leistungsvermögen und die Funktionsfähigkeit sowie den erforderlichen Ausgangsvoraussetzungen zu wenig Beachtung geschenkt. Dies erschwert die Umsetzung mit naturschutzrechtlichen Instrumenten, insbesondere mit dem Instrument der Eingriffsregelung im Hinblick auf eine erforderliche Differenzierung zwischen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen und sonstigen Erhaltungs- und Pflegemaßnahmen.

Ziel der Arbeit ist es, verallgemeinerbare Handlungsempfehlungen für die Durchführung von Vor-Ort-Erhebungen und die Ableitung von Aufwertungspotenzialen von Niederungsböden für eine zielgerichtete Maßnahmenkonzeption und sachgerechte Umsetzung zu formulieren.

Auf der Basis einer Literaturanalyse und einer Untersuchung der aktuellen Standortausprägung in einem Beispielgebiet, dem Polder "Götz-Gollwitz", der in der entwässerten Niederung der "Mittleren Havel" (Bundesland Brandenburg, Landkreis Potsdam-Mittelmark) liegt,

- wird untersucht, wie die Maßnahmen Wiedervernässung und Extensivierung auf die Bodeneigenschaften wirken und welche Veränderungen zum Erhalt und zur Verbesserung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit der Böden führen.
- werden die aktuellen Substrat- und Bodentypen, die hydromorphen Verhältnisse sowie die Vegetationsausprägung gekennzeichnet. Es erfolgt ein Vergleich der Ergebnisse mit der Aussagekraft von standortkundlichen Kartenwerken.
- werden Entwicklungsszenarien skizziert, die an mehreren, verschiedenen naturschutzfachlichen Zielen ausgerichtet sind. Es wird aufgezeigt, welche Ausgangsvoraussetzungen und durchzuführenden Maßnahmen für die Erreichung bodenbezogener Ziele im Polder "Götz-Gollwitz" erforderlich und welche Wirkungen dabei auf den Boden, die derzeitige Flächennutzung sowie auf die Biotop- und Artenausstattung zu erwarten sind. Auf Basis der prognostizierten Standortveränderungen erfolgt die Diskussion, inwieweit es in Abhängigkeit der Szenarien bzw. der dabei getätigt-

ten Maßnahmen im Einzelnen zum Erhalt bzw. zur Verbesserung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit von Böden kommt.

Für die Formulierung von Handlungsempfehlungen

- wird anhand dreier häufig auftretender Ausgangszustände eine vom Beispielgebiet losgelöste Diskussion zum Erhalt und zu Verbesserungsmöglichkeiten der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Böden geführt. Dabei erfolgt die Unterscheidung, ob konkrete Maßnahmen als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen aus der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung oder durch Pflege- und Entwicklungspläne als sonstige Minderungs-, Erhaltungs- oder Entwicklungsmaßnahmen umgesetzt werden können.
- werden die Aktualität sowie Flächen- und Aussagenschärfe von Kartengrundlagen bewertet und ein Teil der Bodenparameter bestimmt, die unbedingt im Gelände zu erheben sind, um Ziele und Maßnahmen gezielter abzuleiten.
- wird aus den Untersuchungen abgeleitet, mit welchem Aufwand und Methoden eine Überprüfung der aktuellen Standortausprägung zu erfolgen hat. Die Herleitung eines vertretbaren Erhebungsaufwandes (Punktdichte und -anordnung) wird durch verschiedene Rechenbeispiele unterstützt, die auf Basis der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) und der im Beispielgebiet aufbrachten Arbeitszeit kalkuliert werden.

Die Vorgehensweise für die Prüfung und Erhebung des aktuellen Bodenzustandes sowie Ableitung der Aufwertungspotenziale von Bodenfunktionen wird in einem Ablaufschema dargestellt.

Schlussfolgerungen beziehen sich auf Erreichung bodenbezogener Zielvorstellung in Abhängigkeit von den Anforderungen naturschutzrechtlicher Planungsinstrumente. Es wird die Bedeutung von Vor-Ort-Erhebungen als wertvollen Planungsbeitrag herausgestellt und die Notwendigkeit und Möglichkeiten aufgezeigt, für die Ebene der Maßnahmenplanung finanzielle Mittel zur Begleichung der Kosten von Vor-Ort-Erhebungen aufzubringen.

Die vorliegende Arbeit leistet einen substanziellen Beitrag dazu, bodenbezogene Maßnahmenplanungen in Niederungsgebieten künftig realistischer und sachgerecht mit Instrumenten des Naturschutzes durchführen zu können.

## Abstract

"Protection and development of lowland soils and their functions through nature conservation measures"

In Germany, the Federal Soil Protection Act (Bundesbodenschutzgesetz; BBodSchG) has been adopted in 1999. It provides the base to take soil protection into consideration in planning and permitting procedures. Its overall aims are the sustainable protection and restoration of soil functions. However, the law does not incorporate legal or fiscal instruments to implement this aims. Therefore, the existing regulations of nature conservation and planning legislation must be used to realise soil-related preservation and development aims. Especially important in this regard are landscape planning, the impact regulation (both under Federal Nature Conservation Act) and management plans for legally protected areas.

The present thesis treats the question how effective this implementation of soil protection is by analysing nature conservation measures like raising groundwater tables or developing extensive land use. Investigation area is the lowland of the Middle Havel ("Mittlere Havel"), characterised by more or less intensive degradation of soil conditions through a melioration for agricultural purposes.

The main hypothesis is that a precise status description of lowland soils is not possible, when it can only be based on the plans and maps normally used in landscape planning practice. These maps do not reflect the change processes and present status of lowland soils sufficiently because they are often out-dated and not detailed enough. In planning practice, field mapping of soil features is often renounced for budget reasons. Nevertheless, a specific mapping of soil parameters relevant for planning is necessary for the determination of the potentials for soil quality improvement of lowland soils and the development of detailed measure plans. In addition, until now there has not been given enough attention to the effects of measures on the efficiency and the functionness as well as the preconditions. This rather impedes the implementation of legal instruments, in particular those impact regulation, protection and management measures.

The aim of this study is to provide general guidelines for lowland soil field mapping, the deduction of improvement measures and how to generate targeted action plans and their implementation.

Based on a literature review and data collection of the current status of an exemplary lowland area (polder "Götz-Gollwitz", located in the drained lowland of the river "Mittlere Havel", Bundesland Brandenburg, Landkreis Potsdam-Mittelmark) this study investigates:

- the effects of reversing drainage and developing extensive land use onto the soil features and which measures can improve efficiency and functions
- description of current substrate and soil types, the hydromorphologic conditions and vegetative cover; comparison of results with currently available maps
- development of several scenarios guided by a variety of nature conservation targets: preconditions and recommended action to improve soil conditions at polder "Götz-Gollwitz", including the impact to be expected on soil profile, land use, biotopes and variety of species; based on predicted impact of actions for each of the scenarios; a detailed assessment is provided for changes in soil efficiency and functions

Action points are recommended:

- Based on three frequently occurring soil conditions, measures preserving and improving efficiency and functionality are discussed (going beyond the example of polder "Götz-Gollwitz"). This incorporates a distinction of legal nature conservation instruments (i.e. corrective and

porates a distinction of legal nature conservation instruments (i.e. corrective and development measures) against more generic balancing, preservation and development measures.

- The relevance of conventional maps is assessed with regard to detail in description and contents; determination of compulsory soil assessment parameters so that targets and actions can be set.
- Based on the analyses, methods for location assessment are recommended (incorporating cost-efficiency factors); deduction of a justifiable expenditure (point location and point density) supported by mathematical scenarios based on time spent collecting data for this study and the official fees regulations for architects and engineers (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure; HOAI).

The sequence of data collection and assessment of the current condition of the soil, and deduction of functionality improvement are presented in a flow chart.

Conclusions are drawn by relating legal instruments of nature conservation for planning permissions to actual targets of soil functions. The high significance of on location assessment for planning permission procedures is pointed out and therefore the necessity to incorporate costs but also the possibility of making the on location assessment cost-effective. This study provides a fundamental contribution on how to carry out planning preparative assessments in lowland areas and how to protect the soil conditions with the support of the legal instruments of nature conservation laws.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>GRUNDLAGEN NATURSCHUTZRECHTLICHER INSTRUMENTE.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>DEFINITIONEN UND METHODIK.....</b>	<b>8</b>
3.1	DEFINITIONEN.....	8
3.1.1	Bodenfunktionen laut BBodSchG.....	8
3.1.2	Begriffe.....	10
3.2	VORGEHENSWEISE UND EINGESETZTE METHODEN.....	10
3.2.1	Wirkung von Maßnahmen und deren Bewertung .....	10
3.2.2	Auswahl des Untersuchungsgebietes.....	11
3.2.3	Auswertung vorhandener Kartengrundlagen für den Polder "Götz-Gollwitz".....	12
3.2.4	Boden- und Standortaufnahme .....	14
3.2.4.1	Methoden zur Erhebung aktueller und detaillierter Bodeninformationen.....	14
3.2.4.2	Bohrstocksondierung auf Teilflächen im Polder "Götz-Gollwitz" .....	19
3.2.4.3	Profilaufnahmen im Polder "Götz-Gollwitz" .....	20
3.2.5	Auswertung und Darstellung der Bohrpunkte .....	21
3.2.6	Anwendung der erhobenen Daten .....	23
3.2.7	Handlungsempfehlungen.....	24
<b>4</b>	<b>BODENENTWICKLUNG INFOLGE VON ENTWÄSSERUNG, WIEDERVERNÄSSUNG UND EXTENSIVIERUNG .....</b>	<b>25</b>
4.1	VERÄNDERUNG VON BODENEIGENSCHAFTEN NACH ENTWÄSSERUNG .....	25
4.2	DIE MAßNAHMEN WIEDERVERNÄSSUNG UND EXTENSIVIERUNG.....	29
4.2.1	Definitionen .....	29
4.2.2	Mit den Maßnahmen verbundene Zielvorstellungen des Boden- und Naturschutzes.....	30
4.2.3	Maßnahmenwirkungen auf Grundlage einer Literaturanalyse .....	31
4.2.3.1	Wiedervernässung .....	31
4.2.3.1.1	Reaktion von Bodenorganismen (Lebensraumfunktion, Standorteignung für Bodenorganismengesellschaften) .....	31
4.2.3.1.2	Reaktion von Vegetation (Lebensraumfunktion, Standorteignung für Pflanzengesellschaften).....	32
4.2.3.1.3	Veränderungen physikalischer Bodeneigenschaften (Wasserhaushalt, Abflussregulation) .....	32
4.2.3.1.4	Veränderungen chemischer Bodeneigenschaften und -prozesse (Nährstoffhaushalt, Nährstoffverfügbarkeit) .....	33
4.2.3.1.5	Zusammenfassung der Veränderung bodenphysikalischer und -chemischer Eigenschaften sowie die Reaktion von Bodenorganismen und Vegetation nach Wiedervernässung .....	34
4.2.3.1.6	Einflüsse auf den Erfolg von Wiedervernässung: Wasserdargebot, Verdunstung und Bodeneigenschaften .....	37
4.2.3.2	Extensivierung .....	39

4.2.3.2.1	Veränderung bodenchemischer und -physikalischer Eigenschaften und Prozesse (Nährstoffhaushalt, Nährstoffverfügbarkeit) .....	39
4.2.3.2.2	Reaktion von Vegetation und Bodenorganismen auf eingestellte Düngung sowie veränderte Schnitthäufigkeit und -zeitpunkte (Standortausprägung) .....	39
4.2.3.2.3	Einflüsse auf den Erfolg von Aushagerungen .....	40
4.2.4	Zielerreichung und -konflikte .....	42
4.2.5	Wirkung der Maßnahmen auf die Verbesserung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit von Böden .....	46
<b>5</b>	<b>STANDORTANALYSE IN DER STARK ANTHROPOGEN ÜBERPRÄGTEN NIEDERUNG "MITTLERE HAVEL" AM BEISPIEL DES POLDERS "GÖTZ-GOLLWITZ" .....</b>	<b>48</b>
5.1	DIE HAVELNIEDERUNG ZWISCHEN POTSDAM UND BRANDENBURG IM ÜBERBLICK .....	48
5.1.1	Geomorphologie und Entwicklung .....	48
5.1.2	Veränderung der Fluss- und Grundwasserstandsdynamik in der Mittleren Havelniederung..	50
5.1.3	Vegetation und Flächennutzung in der Mittleren Havelniederung .....	53
5.2	DER POLDER "GÖTZ-GOLLWITZ" .....	54
5.2.1	Lage, Morphologie und Flächengröße .....	54
5.2.2	Melioration und Flächennutzung.....	57
5.3	ERFASSUNG DER BODENVERHÄLTNISSE .....	59
5.3.1	Inhalte bodenkundlicher und sonstiger Kartenwerke.....	59
5.3.2	Ergebnisse der Bodenkartierung auf drei Teilflächen im Polder "Götz-Gollwitz" .....	62
5.3.2.1	Substratkennzeichnung.....	62
5.3.2.2	Pedogenese und Bodeneigenschaften.....	70
5.3.2.3	Hydromorphie.....	73
5.3.2.4	Vegetation .....	82
5.3.3	Vergleich der Ergebnisse aus der Auswertung von Kartengrundlagen und der Geländeerhebung .....	86
<b>6</b>	<b>ERREICHBARKEIT PLANERISCHER ZIELVORSTELLUNGEN IM POLDER "GÖTZ-GOLLWITZ" .....</b>	<b>87</b>
6.1	ZIELE DES NATURSCHUTZES UND DER LANDSCHAFTSPFLEGE UND AKTUELLER AUSGANGSZUSTAND ...	87
6.2	RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE UMSETZUNG DER ZIELE (= WIEDERVERNÄSSBARKEIT) .....	89
6.3	REALISIERBARKEIT DER ZIEL- UND MAßNAHMENVORSCHLÄGE IM POLDER "GÖTZ-GOLLWITZ" .....	90
6.4	ERHALT UND VERBESSERUNG DES LEISTUNGSVERMÖGENS UND DER FUNKTIONSFÄHIGKEIT DER BÖDEN IM POLDER "GÖTZ-GOLLWITZ" .....	96
<b>7</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>102</b>
7.1	ERHALT UND VERBESSERUNG DES LEISTUNGSVERMÖGENS UND DER FUNKTIONSFÄHIGKEIT VON BÖDEN IN NIEDERUNGEN DURCH DIE MAßNAHMEN WIEDERVERNÄSSUNG UND EXTENSIVIERUNG..	102
7.1.1	In Abhängigkeit von Maßnahmenwirkungen und Ausgangszuständen.....	102



7.1.2	Aus der Sicht verschiedener naturschutzrechtlicher Instrumente .....	110
7.1.2.1	Naturschutzrechtliche Eingriffsregelung .....	110
7.1.2.2	Landschaftspläne, Pflege- und Entwicklungspläne von Schutzgebieten .....	115
7.1.3	Ableitung von Aufwertungspotenzialen .....	116
7.2	AUSSAGE- UND FLÄCHENSCHÄRFE VON KARTEN- UND PLANUNGSGRUNDLAGEN .....	118
7.2.1	Inhalt, Aktualität und Flächenschärfe von Kartengrundlagen .....	118
7.2.2	Planungsrelevante Bodenparameter .....	120
7.2.3	Konsequenzen unzureichender Daten .....	122
7.2.4	Zielkonkretisierung und -priorisierung von Maßnahmen .....	124
7.3	VOR-ORT-ANSPRACHE PLANUNGSRELEVANTER BODENMERKMALE .....	125
7.3.1	Punktuelle Bodenkartierungen für Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege .....	125
7.3.2	Erhebungsaufwand .....	126
7.3.2.1	Differenzierung nach Anwendungsbereichen .....	126
7.3.2.2	Ergänzende Untersuchungen von Vegetation und Wasserständen für die Beschreibung des Bodenzustandes .....	129
7.3.2.3	Extensivierungsmaßnahmen .....	130
7.3.3	Kartierungsmethodik .....	130
7.4	KOSTEN DER INFORMATIONSBESCHAFFUNG .....	134
7.4.1	Zeitlicher und finanzieller Rahmen .....	134
7.4.2	Erhöhung des finanziellen Grundbedarfs .....	142
7.4.3	Qualitätssicherung von Maßnahmenplanungen .....	144
7.5	UNTERSETZUNG DER "ENTSCHEIDUNGSMATRIX ALS HANDLUNGSHILFE FÜR DIE ERHALTUNG UND WIEDERHERSTELLUNG VON BODENFUNKTIONEN IN NIEDERMOOREN" .....	145
<b>8</b>	<b>HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN .....</b>	<b>146</b>
8.1	ERFORDERNISSE .....	146
8.2	VOR-ORT-ANSPRACHE PLANUNGSRELEVANTER BODENMERKMALE .....	148
8.2.1	Planungsrelevante Bodenmerkmale .....	148
8.2.2	Art und Umfang zu erhebender Parameter differenziert nach Planungsaufgaben .....	148
8.2.3	Kartierungsmethodik .....	152
8.2.4	Ablaufschema und Entscheidungshilfe für die Bodenzustandserfassung von Flächen in anthropogen veränderten Niederungen .....	153
8.3	HINWEISE ZUR ABLEITUNG VON ERHALTUNGS- UND AUFWERTUNGSPOTENZIALEN VON NIEDERUNGSBÖDEN UND ZUR MAßNAHMENUMSETZUNG .....	163
<b>9</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</b>	<b>166</b>
<b>10</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>172</b>
<b>11</b>	<b>QUELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>173</b>

11.1	LITERATUR .....	173
11.2	GESETZE UND VERORDNUNGEN .....	181
11.3	MITTEILUNGEN.....	182
11.3.1	Schriftliche Mitteilungen .....	182
11.3.2	Mündliche Mitteilungen .....	182
11.4	VERWENDETE KARTEN UND DATEN .....	182

## ANHANG I

Anhang 1:	Reduziertes Formblatt der bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) für die bodenkundliche Aufnahme mit dem 1-m-Pürckhauer-Bohrer oder der Moorklappsonde.....	1
Anhang 2 - 1:	Datenblatt zum Profil 1, Fläche 1 .....	2
Anhang 2 - 2:	Datenblatt zum Profil 2, Fläche 1 .....	4
Anhang 2 - 3:	Datenblatt zum Profil 3, Fläche 1 .....	6
Anhang 2 - 4:	Datenblatt zum Profil 4, Fläche 1 .....	8
Anhang 2 - 5:	Datenblatt zum Profil 5, Fläche 1 .....	10
Anhang 2 - 6:	Datenblatt zum Profil 6, Fläche 2 .....	12
Anhang 2 - 7:	Datenblatt zum Profil 7, Fläche 2 .....	14
Anhang 2 - 8:	Datenblatt zum Profil 8, Fläche 3 .....	16
Anhang 2 - 9:	Datenblatt zum Profil 9, Fläche 3 .....	18
Anhang 3:	Kennzeichnung der Substrattypen nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODEN 2005). "Lehmlinsen" sind unter Mudde (f-Fm) zusammengefasst. ....	20
Anhang 4:	Erläuterung der Symbole für die Horizont- und Substratkennzeichnung nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (AD-HOC-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODEN 2005). ....	21
Anhang 5:	Ausschnitte ausgewählter historischer und topografischer Karten, welche die landschaftlichen Veränderungen im Polder "Götz-Gollwitz" dokumentieren (vgl. Auswertungen in Kapitel 5.2.2 in Tabelle 11).....	22
Anhang 6:	Ausschnitte aus verschiedenen Boden- und Standortkarten. ....	26
Anhang 7:	Profile der Bohrpunkte entlang der Gräben 2 und 3 mit Kennzeichnung der Substratfolge, Bodenfeuchte und des Wasserstandes im Vergleich zur Grabenwasserstandshöhe am Beispiel der Fläche 1 .....	29
Anhang 8:	Zeigerpflanzen, die wichtige Hinweise auf Standortausprägungen und Nutzungsintensität geben (Zusammenstellung nach AKADEMIE DER LANDWIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN DER DDR 1989, GOLDSCHMIDT 2000, HELLBERG et al. 2003, HARTER 1999, HARTER & LUTHARDT 1996, KUNDEL 1993, LUA 1998, MÜLLER 1998, PFADENHAUER et al. 1987). ....	31

**ANHANG II**

Lebenslauf

Liste der Veröffentlichungen

Eidesstattliche Erklärung

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1:	Bodenteilfunktionen und Kriterien laut BBodSchG sowie Subkriterien und Parameter nach PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT (2003), LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) (2003) und eigener Untersetzung.....	9
Tabelle 2:	Kartengrundlagen mit direktem und indirektem bodenkundlichen Bezug, die im Bundesland Brandenburg für die direkte und indirekte Analyse der Bodenverhältnisse zur Verfügung stehen.....	13
Tabelle 3:	Beispielhafte Gegenüberstellung zweier geophysikalischer Prinzipien zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit (des Widerstandes), deren Anwendung bei der Differenzierung landwirtschaftlicher Nutzflächen zunehmend an Bedeutung gewinnt (Quellen: LÜCK & GEBBERS 2006, LÜCK et al. 2002, LAMP et al. 2002 a). ....	16
Tabelle 4:	Analyseverfahren durchgeführter bodenphysikalischer und -chemischer Laboruntersuchungen. ....	20
Tabelle 5:	Vereinfachte Beschreibung der Substratabfolge.....	21
Tabelle 6:	Humosität und Mächtigkeit der obersten Substratschicht. ....	22
Tabelle 7:	Art und Mächtigkeit der zweiten Substratschicht (Unterlagerungen). ....	22
Tabelle 8:	Merkmale von Bodentypen nach KA 5. ....	22
Tabelle 9:	Mindesttiefe des Wasserstandes unter der Geländeoberfläche abgeleitet aus der Bodenfeuchtestufe aufeinander folgender Horizonte.....	23
Tabelle 10:	Entwässerungsgrade von Standorten nach LANDGRAF (1999). ....	29
Tabelle 11:	Landschaftsveränderung im Polder "Götz-Gollwitz" durch Meliorationsmaßnahmen und Flächennutzung.....	57
Tabelle 12:	Zusammenstellung und Inventarbeschreibung der Flächeneinheiten, die in den ausgewählten Kartenwerken den Beispielflächen im Polder "Götz-Gollwitz" zugeordnet sind (F 1 = Fläche 1 etc., x in Klammern: Flächeneinheit mit geringem Anteil). ....	60
Tabelle 13:	Prozentuale Verteilung von Torfzersetzungsgraden in unterschiedlichen Tiefenstufen auf der Fläche 1. In Klammern ist die Gesamtzahl der einbezogenen Horizonte angegeben.....	63
Tabelle 14:	Substrattypen und deren Verteilung auf die einzelnen Untersuchungsflächen (n = Gesamtanzahl der Bohrstockeinschläge). ....	64
Tabelle 15:	Prozentualer Anteil der Bodensubtypen an der Gesamtmenge aller Bohrstöcke pro Fläche (n = Gesamtanzahl, in Klammern Teilanzahl). ....	70
Tabelle 16:	Häufigkeit unterschiedlicher Oberbodengefügeausprägungen bezogen auf die Gesamtbohrstockanzahl (n) der einzelnen Flächen. ....	71
Tabelle 17:	Prozentuale Verteilung der abgeleiteten Mindesttiefe des anstehenden Grundwassers (n = Gesamtanzahl Bohrstockeinschläge, in Klammer = Teilanzahl). ....	73

Tabelle 18:	Anzahl von Horizonten aus Mudde je Bodenfeuchtestufe in unterschiedlichen Tiefenstufen auf Fläche 1 (n = Gesamtanzahl pro Tiefenstufe). Der Anteil hoher Feuchtstufen (5 und 7) nimmt mit der Tiefe zu. ....	77
Tabelle 19:	Zusammenstellung der Pflanzenarten und deren Anzahl, die im Umkreis von einem Meter an den Bohrpunkten auf den Flächen 1 und 2 angetroffen wurden (n = Bohrpunktanzahl).....	83
Tabelle 20:	Zusammenfassende Charakterisierung der Untersuchungsflächen nach Vor-Ort-Erhebungen (n = Bohrstockanzahl). ....	84
Tabelle 21:	Entwicklungsmöglichkeiten für den Boden und Auswirkungen auf die Biotopausstattung und Flächennutzung in Abhängigkeit von den Randbedingungen. Moorböden sind hauptsächlich bei einer Geländehöhe zwischen 28,50 m bis 28,80 m über NHN verbreitet. ....	91
Tabelle 22:	Auswirkungen der Maßnahmen (Tabelle 21) der Szenarien auf das Leistungsvermögen und die Funktionsfähigkeit der Böden im Polder "Götz-Gollwitz".....	101
Tabelle 23:	Von Maßnahmen ausgelöste Prozesse und Wirkung auf das Leistungsvermögen von Niederungsböden. ....	103
Tabelle 24:	Entwicklung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit durch Wasserstandsanhebung und Veränderung der Nutzung bei verschiedenen Niederungsböden und Vornutzungen. ....	106
Tabelle 25:	Informationen über Niederungsböden im Polder "Götz-Gollwitz", die aus Legendeneinheiten und Erläuterungsheften mittel- und kleinmaßstäbiger Fachkarten entnommen werden können und Bewertung der Aktualität im Vergleich zur Geländeerhebung.....	118
Tabelle 26:	Merkmale, die eine ausreichend genaue Einschätzung der Standortausprägung sowie die Ableitung von Erhaltungs- und Entwicklungszielen und Maßnahmenplanungen erlauben. ....	121
Tabelle 27:	Bedeutung von Bodenmerkmalen für unterschiedliche Planungsebenen. ....	128
Tabelle 28:	Veränderung der prozentualen Verteilung der Substratabfolgen (organische Auflagen) und Muddemächtigkeiten in Abhängigkeit von der veränderten Bohrpunktanzahl. ....	131
Tabelle 29:	Zeit- und Kostenaufwand unterschiedlicher Kartiermethodiken. ....	135
Tabelle 30:	Auszüge aus Honorartafeln für Grundleistungen bei Landschaftsplänen, Landschaftspflegerischen Begleitplänen sowie Pflege- und Entwicklungsplänen nach HOAI 2002 mit Konkretisierung der Leistungsphase II für den Boden. ....	137
Tabelle 31:	Bewertung ausgewählter Honorarspannen im Hinblick auf die Deckung der durch Bodenkartierung entstehenden Kosten. ....	139
Tabelle 32:	Aufwendung an Arbeitszeit und Kosten pro Hektar in Abhängigkeit von der Bohrpunktanzahl (E) pro ha und der Arbeitsleitung (Bohrpunktanzahl pro Stunde)..	142
Tabelle 33:	Zusammenstellung von Parametern, auf deren Erfassung künftige Zustandsbeschreibungen von Niederungsflächen aufbauen sollten (Bohrstockkartierung, Erkundungstiefe 1 m).....	161

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Veränderungen von Eigenschaften und Einschränkung der Leistungsvermögens von entwässerten Niedermoorböden. ....	27
Abbildung 2: Die mit den Maßnahmen Wiedervernässung und Extensivierung verbundenen Zielvorstellungen des Boden- sowie Biotop- und Artenschutzes. ....	31
Abbildung 3: Wirkung von Wiedervernässung auf Bodeneigenschaften und Lebensgemeinschaften (gelb), auf Prozesse und das Leistungsvermögen (orange, rot = Entwicklung schwer abschätzbar) und Funktionen (blau) von Niedermoorböden. ....	36
Abbildung 4: Faktoren, die einen entscheidenden Einfluss auf den Erfolg von Wiedervernässungen haben. ....	38
Abbildung 5: Wirkung von verschiedenen Maßnahmen der Grünlandextensivierung (grün) auf bodenchemische und -physikalische Eigenschaften und Lebensgemeinschaften (gelb), auf Prozesse (orange) und Funktionen (blau) von Niedermoorböden. ....	41
Abbildung 6: Boden- und Vegetationsentwicklung, Eignung für Wiesenbrüter sowie landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten in Abhängigkeit von Wasserstandsstufen aus Sicht des Moorschutzes (LANDGRAF 1999). ....	45
Abbildung 7: Lage des Havellaufes und Einzugsgebiet (Quelle: JESSEL et al. 2006). ....	49
Abbildung 8: Veränderung der Wasserstandsschwankungen der Havel am Pegel Ketzin seit 1935 (Datengrundlage: WSA Brandenburg). ....	52
Abbildung 9: Boxplot zur Darstellung der Höhenlage in m über NHN (Median, 50. und 95. Perzentil) für Grundwasserstände (GWS) in deichgeschützten Bereichen (südlich der Havel: GW 104 = Krielow, GW 106 = Deetzer Rinne, GW 115 = Polder "Götz-Gollwitz"; nördlich der Havel: GW 125 = Zachow, GW 126 = Uetz-Paretz) im Vergleich zur Havel (Flusspegel 405 Deetz und Flusspegel 401 Ketzin) für den Zeitraum November 2001 bis Oktober 2005 (Quelle: JESSEL et al. 2006). ....	53
Abbildung 10: Übersichtskarte Polder "Götz-Gollwitz" und Lage der Untersuchungsflächen. ....	55
Abbildung 11: Höhenmodell mit Lage der Bohrpunkte im nördlichen Teil des Polders "Götz-Gollwitz". ....	56
Abbildung 12: Gesamtmoormächtigkeit (Summe von Torf- und Muddeschichten) auf den Flächen 1, 2 und 3. ....	66
Abbildung 13: Mächtigkeit und Humosität der obersten Substratschicht. ....	67
Abbildung 14: Mächtigkeit und Art der zweiten Substratschicht sowie Substratbesonderheiten. ....	68
Abbildung 15: Geländeschnitt durch die Moorrinne am westlichen Rand der Fläche 2. ....	69
Abbildung 16: Räumliche Verteilung der Bodensubtypen. ....	72
Abbildung 17: Ausgewählte Bohrpunkte der Fläche 1 in unterschiedlicher Entfernung zum Graben, bei denen die Bodenfeuchteverhältnisse im Vergleich zum Grabenwasserstand näher untersucht worden sind. ....	74
Abbildung 18: Profile grabennaher Bohrpunkte am Beispiel des Grabens 1 auf der Fläche 1 zum Zeitpunkt der Bohrstockaufnahme: gekennzeichnet sind u. a. die Substratfolge, Bodenfeuchte und der Wasserstand im Vergleich zur Grabenwasserstandshöhe (Abbildungen für Graben 2 und 3 siehe Anhang 7). ....	76
Abbildung 19: Maximalausdehnung von Oberflächenvernässungen auf der Fläche 1 in den Winterhalbjahren 2003/04 und 2004/05 (Aufnahme KULER 2004, 2005). Des	

Weiteren sind die Lage des Fotopunktes und zusätzlicher Bohrstockeinschläge dargestellt.....	78
Abbildung 20: Fotodokumentation über die Ausdehnung von Oberflächenvernässung auf der Fläche 1 zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Winterhalbjahr 2004/05 (Fotos KULER).....	79
Abbildung 21: Bodenfeuchtestufen an verschiedenen Bohrpunkten zum Zeitpunkt der Überstauung (Aufnahmen GALL, KULER, KNOTHE) bzw. unmittelbar neben Grundwasserpegeln (JESSEL et al. 2006). ....	81
Abbildung 22: Abgestorbene Grasnarbe durch lang anhaltende Überstauung auf der Fläche 1 (Foto GALL, 20.06.2005). ....	84
Abbildung 23 a: Bestimmung der hydrologischen Verhältnisse als Grundlage für die Einschätzung von Vernässungsmöglichkeiten.....	150
Abbildung 24 a: Ablaufschema und Entscheidungshilfe für die Zustandserfassung von Niederungsböden.....	154

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abs.	Absatz
BAB	Bundesautobahn
BbgNatSchG	Brandenburgisches Naturschutzgesetz
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BK	Bodenkarte
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BS	Bodenschätzung
BÜK 300	Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:300 000
CIR	Color-Infrarot
CNS	Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel
ebd.	ebenda
ETRS	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FISBOS	Fachinformationssystem Bodenschutz
GIS	Geografisches Informationssystem
GOF	Geländeoberfläche
GPS	Global Positioning System
GWS	Grundwasserstand
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HVE	Vorläufige Hinweise zum Vollzug der Eingriffsregelung
K	Kalium
LAP	Landschaftspflegerischer Ausführungsplan
LBGR (= neue Bez.)	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LFE	Landesforstanstalt Eberswalde
LGRB (= alte Bez.)	Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
LP	Landschaftsplan
LRP	Landschaftsrahmenplan
LSG	Landschaftsschutzgebiet
LUA	Landesumweltamt
LVA (= alte Bez.)	Landesvermessungsamt Brandenburg
mdl.	mündlich
Mitt.	Mitteilung
MLUR (=alte Bez.)	Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung Brandenburg
MLUV (= neue Bez.)	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg
MMK	Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung
MUNR (= alte Bez.)	Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg
n. b.	nicht beprobt bzw. analysiert
nFK	nutzbare Feldkapazität
NHN	Normalhöhennull
NLfB	Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
NN	Normalnull
NSG	Naturschutzgebiet
OBS	Organische Bodensubstanz
P	Phosphor
PEP	Pflege- und Entwicklungsplan
PM	Potsdam-Mittelmark
PRODAT	Profildatenbank
schriftl.	schriftlich

SEB	Standortkundliche Ergänzung der Bodenschätzung
TK	Topografische Karte
TRD	Trockenrohdichte
u.	unter
ü.	über
UHW	Untere Havel-Wasserstraße
v. H.	Vonhundert Satz
Vol.-%	Volumenprozent
WNA	Wasserstraßen-Neubauamt
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt
HUB	Humboldt-Universität zu Berlin



# 1 Einleitung

In Niederungen verbreitete hydromorphe Böden (Moore, Anmoore, Humusgleye) besitzen in ihrer natürlichen Ausprägung eine hohe Wasser- bzw. Stoffspeicherkapazität und übernehmen damit wichtige Funktionen innerhalb des Naturhaushaltes. In nordostdeutschen Niederungslandschaften hat sich seit den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts ein gravierender Standortwandel durch Entwässerung und Nutzungsintensivierung vollzogen (vgl. SUCCOW 1986, SUCCOW & JOOSTEN 2001). Infolge der Eingriffe in den Bodenwasserhaushalt haben sich die Bodeneigenschaften so ungünstig entwickelt, dass das Leistungsvermögen bzw. die Funktionsfähigkeit dieser Böden im Wasser- und Stoffhaushalt vielerorts stark beeinträchtigt und teilweise verloren gegangen ist.

Zwar wurden in den frühen 90er Jahren des 20. Jahrhunderts erste Sanierungs- und Entwicklungskonzepte für größere Niedermoorgebiete erstellt (KRETSCHMER 2000, LUTHARDT 1993). Doch erst mit dem 1999 in Kraft getretenen Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) erlangte der Boden die Bedeutung wie die Medien Luft und Wasser und damit bessere Schutz- und Entwicklungsmöglichkeiten sowie eine stärkere Berücksichtigung in Planungs- und Zulassungsverfahren.

Das BBodSchG hat das Ziel, die in § 2 Abs. 2 Nr. 1-3 definierten natürlichen Bodenfunktionen, die Archivfunktion sowie die ökonomisch-sozialen Funktionen nachhaltig zu sichern bzw. wiederherzustellen (§ 1 S. 1 BBodSchG). Zur Sicherung und Wiederherstellung der Funktionen sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, Boden und Altlasten zu sanieren sowie Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Dem BBodSchG fehlen allerdings Instrumente, um seine Ziele, vor allem im Hinblick auf den vorsorgenden Bodenschutz, eigenständig umzusetzen.

Eine Schnittstelle zur Realisierung bodenbezogener Erhaltungs- und Entwicklungsziele bieten deshalb naturschutzrechtliche Instrumente und Verfahren wie die Landschaftsplanung, die Eingriffs- und Ausgleichsregelung und Pflege- und Entwicklungspläne von Schutzgebieten. Die Ziele des Naturschutzes sind in § 1 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) verankert. Danach sind die Leistungs- und Regenerationsfähigkeit des Naturhaushaltes, die Regenerationsfähigkeit und nachhaltige Nutzungsfähigkeit der Naturgüter sowie die Tier- und Pflanzenwelt einschließlich ihrer Lebensstätten und Lebensräume zu erhalten, wiederherzustellen bzw. zu entwickeln. Die Maßnahmen des Naturschutzes richten sich gleichermaßen auf abiotische und biotische Elemente, die in einem engen Beziehungs- und Wirkungsgefüge miteinander verflochten sind. Der Boden als Funktionsbereich des Naturhaushaltes wird im § 1 Abs. 1 BNatSchG implizit vorausgesetzt und explizit in den Grundsätzen des Naturschutzes genannt. Böden sind so zu erhalten, dass sie ihre Funktionen erfüllen können (§ 2 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG). Eine Untersetzung der Funktionen erfolgt durch das BNatSchG nicht. Diese Aufgabe übernimmt das BBodSchG (*lex specialis*<sup>1</sup>).

Eine wichtige Voraussetzung für die Sicherung und Entwicklung von Böden und ihren Funktionen mit naturschutzrechtlichen Instrumenten ist deren korrekte Erfassung und Bewertung. Diese basiert in der Regel auf der Auswertung von vorhandenen mittel- und großmaßstäbigen Kartengrundlagen. Auf ergänzende Vor-Ort-Erhebungen wird in der Praxis bisher weitgehend verzichtet. Häufig sehen zwar naturschutzfachliche Zielkonzepte in Niederungen die Wiederherstellung der natürlichen Verhältnisse durch Wiedervernässung und Nutzungsextensivierung vor. In vielen Fällen ist sicher auch von einer

---

<sup>1</sup> *Lex specialis* ist ein spezielles Gesetz, das dem allgemeinen Gesetz vorgeht. Dieses besondere Gesetz verdrängt das allgemeine Gesetz.

Maßnahmenbedürftigkeit auszugehen. Es bleibt jedoch zu prüfen, inwieweit hier Zielformulierungen und Standortausprägungen miteinander harmonisieren.

Konkrete und realistische Ziele sowie eine sachgerechte Durchführung sichern den Erfolg von Maßnahmen. Die Beurteilung, inwieweit die jeweiligen Maßnahmenkonzepte zum Erhalt oder zur Verbesserung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit der Böden beitragen, ist entscheidend für die Wahl der Instrumente, mit denen Maßnahmenplanungen umgesetzt werden können. Auch um der Grundintention des BBodSchG nach Sicherung und Wiederherstellung der darin benannten Bodenfunktionen nachzukommen, ist die Bewertung der Maßnahmenwirkung von grundlegender Bedeutung.

FELDWISCH et al. (1999) berichten, dass die Bodenfunktionen bei der Bewertung von Maßnahmen aus der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung noch keine ausreichende Berücksichtigung fanden. In der naturschutzfachlichen Verwaltungs- und Planungspraxis wird vielfach davon ausgegangen, dass beeinträchtigte Bodenfunktionen über die "Mehrfachwirkung" Biotop bezogener Maßnahmen (multifunktionaler Ansatz) ausgeglichen werden können. Nach den brandenburgischen Hinweisen zum Vollzug der Eingriffsregelung (MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (MLUR) 2003) sollen zum Beispiel extensivere Nutzungsformen und Nutzungsauffassung auf bisher intensiv genutzten Böden zur Aufwertung der natürlichen Bodenfunktionen beitragen. Es wird zudem angenommen, geschädigte Bodenfunktionen (z. B. durch Entwässerung von Niedermooren) über die Zufuhr von mehr Wasser wieder regenerieren zu können. Auf welche Funktionen sich die Maßnahmen beziehen, wird nicht weiter untersetzt. BLOSSEY et al. (2002) fordern jedoch zu prüfen, ob und in welchem Umfang, vorrangig dem Arten- und Biotopschutz dienende Maßnahmen zur Wiederherstellung bzw. Verbesserung beeinträchtigter Bodenfunktionen geeignet erscheinen. Sind in der Vergangenheit umfassende Anforderungen an die Erfassung und Bewertung von Böden, an die Ermittlung funktionsspezifischer Beeinträchtigungen sowie an die Erarbeitung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen formuliert worden (vgl. BLOSSEY & LEHLE 1998, BLOSSEY et al. 2002), so fehlt bisher die eingehende Auseinandersetzung mit der Wirkung von Maßnahmen und den dafür erforderlichen Ausgangsvoraussetzungen.

In Bezug auf eine zielgerichtete und Erfolg versprechende naturschutzfachliche, bodenbezogene Maßnahmenplanung in norddeutschen Niederungen werden aufbauend auf der skizzierten Sachlage folgende **Forschungshypothesen** formuliert:

- Die der naturschutzfachlichen Planungspraxis zur Verfügung stehenden Kartengrundlagen reichen für eine genaue Ist-Zustandserfassung von Niederungsböden nicht aus. Aufgrund ihres Alters, des Maßstabes und der inhaltlichen Auflösung spiegeln sie den Wandel von Niederungsböden nicht ausreichend wider. Für die Bestimmung der Entwicklungspotenziale von Niederungsböden sowie die Erarbeitung detaillierter Maßnahmenplanungen sind gezielte Vor-Ort-Erhebungen planungsrelevanter Bodenmerkmale notwendig.
- Bei der Erstellung naturschutzfachlicher Maßnahmenkonzepte, vor allem von Komplexmaßnahmen, die sich auf verschiedene Ziele und mehrere Schutzgüter beziehen, werden die Wirkungen der Maßnahmen Wiedervernässung und Extensivierung auf Böden bisher unzureichend beachtet. Eine Beurteilung, ob und inwieweit sich die Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Niederungsböden mit solchen Maßnahmen sichern bzw. verbessern lässt, ist bei fehlender Auseinandersetzung mit der Wirkung von Maßnahmen und den Ausgangsvoraussetzungen kaum verlässlich möglich. Dies erschwert die Umsetzung mit naturschutzrechtlichen Instrumenten, insbesondere mit

dem Instrument der Eingriffs- und Ausgleichsregelung im Hinblick auf eine Differenzierung zwischen einem Ausgleich und Ersatz.

Vor dem Hintergrund der vielfach unzureichenden Kenntnis der aktuellen Standortausprägung sowie der gleichfalls vielfach unzureichenden Beachtung der Ausgangsvoraussetzungen für wirkungsvolle Maßnahmen befasst sich die Arbeit mit folgenden **Schwerpunkten**:

1. Untersuchung der potenziellen Wirkungen von Maßnahmen auf die Verbesserung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit von Böden im Wasser- und Stoffhaushalt

Die Untersuchung zur Wirksamkeit der Maßnahmen basiert auf einer Literaturanalyse. Beispielhaft werden dabei für die Maßnahmen Wiedervernässung und Extensivierung in Niederungen die ihnen zugeschriebenen Wirkungen auf Niederungsböden ermittelt. Beide Maßnahmentypen beziehen sich auf denselben Standorttyp und sind eng miteinander verflochten. Sie werden daher zusammenhängend betrachtet. Für beide Maßnahmentypen wird das gesamte Spektrum der natürlichen Bodenfunktionen abgebildet (Lebensraumfunktion, Regulations- und Speicherfunktion im Wasser- und Nährstoffhaushalt, Filter- und Pufferfunktion). Folgende Fragen sind zu beantworten:

- Führen die durch Wiedervernässung und Extensivierung ausgelösten Prozesse zu messbaren Veränderungen der Bodeneigenschaften?
- Welche Veränderungen führen zu Verbesserungen des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit?
- Lassen sich generelle Aussagen dazu ableiten, inwieweit und unter welchen Bedingungen mit Extensivierungs- und Wiedervernässungsmaßnahmen Bodenfunktionen sowie die Leistungsfähigkeit innerhalb der Funktionsbereiche gesichert oder verbessert werden können?

2. Standortanalyse in einem anthropogen überprägten Niederungsraum

Am Beispiel des Polders "Götz-Gollwitz" in der Niederung an der "Mitteren Havel" im Bundesland Brandenburg, Landkreis Potsdam-Mittelmark, wird für ausgewählte Teilflächen eine aktuelle Standortaufnahme vorgenommen. Die Ergebnisse werden mit der Aussagekraft von standortkundlichen Kartenwerken verglichen. Anhand des Beispielgebietes sollen Anforderungen an eine solide Grundlagenerhebung abgeleitet werden. Dabei sind folgende Fragen zu beantworten:

- Welche Bodenmerkmale sind unbedingt im Gelände zu erheben, um Ziele und Maßnahmen sinnvoll abzuleiten bzw. zu korrigieren?
- Mit welchem Aufwand und welchen Methoden muss eine Überprüfung der aktuellen Standortausprägung erfolgen?

3. Beurteilung der Erreichbarkeit planerischer Zielvorstellungen in Form einer Aufwertung von Bodenfunktionen

Es wird überprüft, ob die für den Polder vorliegenden planerischen Zielvorstellungen realistisch sind, und unter welchen Bedingungen das Leistungsvermögen und die Funktionsfähigkeit von Böden erhalten und verbessert werden können. Daraus abgeleitet sind folgende Fragen verallgemeinernd zu beantworten:

- Wie können Aufwertungspotenziale angesprochen werden?
- Wie kann eine "Gleichwertigkeit" von bodenbezogenen Ersatzmaßnahmen aus der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung bestimmt werden?
- Welche planerischen Zielvorstellungen sind in Niederungslandschaften heute noch realistisch?

**Ziel** der Arbeit ist es, grundsätzliche Handlungsempfehlungen

- für Vor-Ort-Erhebungen zur Kennzeichnung des Ist-Zustandes und
- für die Ableitung von Aufwertungspotenzialen von Niederungsböden

zu formulieren. Künftige bodenbezogene Maßnahmen können so Ziel führend geplant und Erfolg versprechender gestaltet und mit den geeigneten naturschutzrechtlichen Instrumenten umgesetzt werden.

Veränderte Standorteigenschaften und Maßnahmenwirkung spielen im Bundesland Brandenburg auch im Rahmen der Stabilisierung des Landschaftswasserhaushaltes eine wichtige Rolle. Brandenburg ist zwar gewässerreich, jedoch niederschlagsarm (PROJEKTGRUPPE LANDSCHAFTSWASSERHAUSHALT 2003, LANDGRAF 1999). In den Sommermonaten leiden viele Flächen unter Wassermangel. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Problematik bei fortschreitender Verschlechterung der Speicherkapazität von Niederungsböden sowie bei der für den kontinentaleren Osten Deutschlands prognostizierten Abnahme der Sommerniederschläge bei zeitgleicher Zunahme der Temperatur (BRONSTERT et al. 2003, ZEBISCH et al. 2005) verstärken wird. Zu den Leitzielen für die Verbesserung des Landschaftswasserhaushaltes zählen unter anderem die Erhöhung der Wasserspeicherung in der Landschaft und die Verringerung des Abflussvermögens der Fließgewässer. Wasserrückhalt durch bauliche Maßnahmen an bzw. in Gewässern, Feuchtgebietsrenaturierung, Wiedervernässung von Mooren und Nutzungsextensivierung kommen als Handlungsoptionen in Frage. Für die landesweite Akzeptanz solcher Maßnahmen sind die zu erwartenden Auswirkungen auf den Boden, die Vegetation und Nutzung ergebnisorientiert darzustellen. Die vorliegende Arbeit will neben der planerischen Behandlung des Schutzgutes Boden die Bedeutung der Stabilisierung des Landschaftswasserhaushaltes herausstellen, aber auch die Konsequenzen, die sich für einzelne Schutzgüter und Nutzung ergeben, verdeutlichen.

### **Aufbau der vorliegenden Arbeit**

Die Arbeit eröffnet mit einer Zusammenfassung der wesentlichen Grundlagen von naturschutzrechtlichen Instrumenten (Kapitel 2). Kapitel 3 beinhaltet die in der Arbeit verwendeten Definitionen und beschreibt die Vorgehensweise sowie die eingesetzten Methoden. In Kapitel 4 werden die Veränderungen von Niederungsböden durch Entwässerung dargestellt. Dem gegenüber wird die Wirkung von Wiedervernässung und Extensivierung erfasst und es werden die Erreichung unterschiedlicher Maßnahmenziele und Konflikte erörtert. Kapitel 5 befasst sich mit der Standortanalyse im Beispielgebiet. Einleitend wird ein Überblick über den Aufbau und die naturräumliche Entwicklung der Havelniederung sowie über die Veränderungen der Fluss- und Grundwasserstandsdynamik in der Niederung der "Mittleren Havel" gegeben. Es schließt sich die Vorstellung des Polders "Götz-Gollwitz" an. Die Auswertung von Kartengrundlagen, die Darstellung der Kartierungsergebnisse und ein zusammenfassender Vergleich nehmen einen breiten Raum ein. Die Diskussion der Erreichbarkeit planerischer Zielvorstellungen sowie die Erörterung der Ausgangsvoraussetzungen für die Erhaltung und Verbesserung der Böden im Beispielgebiet erfolgt im Kapitel 6. Aufbauend auf den vorangestellten Kapiteln beinhaltet Kapitel 7 eine umfangreiche Diskussion der Erhaltungs- und Aufwertungspotenziale von Bodenfunktionen in Niederungen sowie der Möglichkeiten ihrer Ansprache. Es wird die Aussage- und Flächenschärfe von Kartengrundlagen beleuchtet und die Vor-Ort-Erhebung planungsrelevanter Bodenmerkmale begründet. Ein Abschnitt befasst sich mit den Kosten der Informationsbeschaffung. Die Empfehlungen für eine Vor-Ort-Ansprache planungsrelevanter Bodenmerkmale sowie für die Ableitung von Aufwertungspotenzialen fasst Kapitel 8 zusammen.

## 2 Grundlagen naturschutzrechtlicher Instrumente

### Landschaftsplanung

„Die Landschaftsplanung hat die Aufgabe, die Erfordernisse und Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege für den jeweiligen Planungsraum darzustellen und zu begründen. Sie dient der Verwirklichung der Ziele und Grundsätze des Naturschutzes und der Landschaftspflege auch in den Planungen und Verwaltungsverfahren, deren Entscheidungen sich auf Natur und Landschaft im Planungsraum auswirken können“ (§ 13 BNatSchG).

Dem Landschaftsplan, der als Planungsinstrument der Gemeinden die konkretisierten Erfordernisse und Maßnahmen zum Schutz und zur Pflege von Natur und Landschaft flächendeckend darzustellen und zu begründen hat, obliegt zudem die Aufgabe, Bereiche mit Entwicklungszielen für die Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft aufzuzeigen (§ 16 BNatSchG, § 4 BbgNatSchG). Bei der Festsetzung von Art, Umfang und Platzierung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sind Angaben aus örtlichen bzw. überörtlichen Plänen (Landschaftsplan, Landschaftsrahmenplan, Landschaftsprogramm) nach den §§ 15 und 16 BNatSchG bzw. §§ 5, 6 und 7 BbgNatSchG zu nutzen.

### naturschutzrechtliche Eingriffs- und Ausgleichsregelung

Der § 19 BNatSchG (§ 12 BbgNatSchG) verpflichtet den Verursacher von Eingriffen, unvermeidbare Beeinträchtigungen durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege vorrangig auszugleichen (Ausgleichsmaßnahme) oder in sonstiger Weise zu kompensieren (Ersatzmaßnahme). Das Naturschutzrecht normiert den Landschaftspflegerischen Begleitplan (LBP) bzw. vergleichbare Unterlagen als Planungsinstrument für die Beurteilung eines Eingriffes und die Wirkungen der beabsichtigten Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen (§ 20 Abs. 4 BNatSchG, § 18 Abs. 2 BbgNatSchG). Der LBP ist die Grundlage für die Entscheidung der Zulassungsbehörde zur Eingriffsregelung (RÖBLING & JESSEL 2003: 230). In ihm müssen

- die ökologischen Gegebenheiten vor dem Eingriff und
- Art, Umfang und zeitlicher Ablauf des Eingriffes und die zu erwartenden Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft

dargestellt und bewertet sowie Maßnahmen zur Verminderung, zum Ausgleich und zum Ersatz der Beeinträchtigungen begründet werden (§ 18 BbgNatSchG). Sowohl der LBP, der die Ziele und Maßnahmen der Kompensation definiert, als auch der Landschaftspflegerische Ausführungsplan (LAP), welcher die Maßnahmen örtlich konkretisiert und umsetzt, müssen vom Eingriffsverursacher, der die Zulassung seines Vorhabens anstrebt, aufgestellt und der Zulassungsbehörde vorgelegt werden. Die Inhalte des LBP werden als Bestandteil des Fachplanes oder durch Integration in den Planfeststellungsbeschluss rechtskräftig (RÖBLING & JESSEL 2003).

Vom Grundsatz her sollen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zu einer Verbesserung bzw. Wiederherstellung bestimmter Funktionen des Naturhaushaltes führen. Für das Schutzgut Boden sind dabei die in § 2 Abs. 2 BBodSchG definierten natürlichen Bodenfunktionen maßgebend (vgl. Kapitel 3.1). Ausgleichsmaßnahmen werden als solche anerkannt, wenn durch sie (Boden-)Funktionen gleicher Art und weitgehend gleicher Qualität wiederhergestellt werden können und somit keine erheblichen Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes zurückbleiben (DURNER 2001: 602). Bei Ersatzmaßnahmen besteht hingegen eine Lockerung des funktionalen und räumlichen Zusammenhanges. Sie zielen nicht auf eine funktional gleichartige, sondern eine funktional gleichwertige Kompensation ab (DURNER

2001: 604). Die Gleichwertigkeit bezieht sich nicht auf die Art, sondern auf die Übereinstimmung zwischen dem Wert der beeinträchtigten bzw. zerstörten Elemente und Funktionen und dem Wert der neu geschaffenen Elemente und Funktionen. Das heißt, dass anstelle der durch den Eingriff beeinträchtigten, andere Merkmale und Funktionen kompensiert werden. Die Beeinträchtigungen der Bodenfunktion bzw. des Naturhaushaltes werden zwar nicht beseitigt, „... aber durch anderweitig aufwertende Maßnahmen aufgewogen und so die bisherige Gesamtbilanz des Naturhaushalts gewahrt“ (JESSEL et al. 2006: 93). Als Flächen für die Umsetzung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen kommen nur solche in Frage, die naturschutzfachlich minderwertig bzw. aufwertungsbedürftig und -fähig sind (DURNER 2001: 604, JESSEL et al. 2006: 101). Auf ihnen muss in einem überschaubaren Zeitraum ein Zustand erreicht werden, der im Vergleich zum früheren Zustand naturschutzfachlich höherwertig ist, somit eine reale Verbesserung darstellt.

"Dazu [d. h. zu einer solchen Verbesserung] gehört auch nicht die Verlangsamung eines negativen Trends - die Abwehr weiterer Verschlechterung ist noch keine Verbesserung" (JESSEL et al. 2006: 109). Eine Erhaltungspflege, „... die einer drohenden oder schon in Gang gesetzten Verschlechterung naturschutzfachlich wertvoller Flächen entgegenwirken soll“, schafft keine zusätzliche Qualität und ist demnach nicht als Verbesserung und damit als Kompensation anzurechnen (JESSEL et al. 2006: 108).

Die Ableitung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für Bodenbeeinträchtigungen muss die beeinträchtigten Funktionen aber auch die spezifischen regionalen Ziele des Naturschutzes berücksichtigen (FELDWISCH et al. 1999, PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT & ERBGUTH 1999: 78). Nach KIENE (2005) beeinträchtigen bodenspezifische Wirkfaktoren wie Versiegelung, Abbau, Überdeckung, Verdichtung, Umlagerung, Entwässerung etc. zumeist alle natürlichen Bodenfunktionen ganz oder in Teilen. Daher sollten bodenbezogene Ausgleichsmaßnahmen Bezug auf die Wirkfaktoren nehmen. Diesen Ansatz verfolgen auch BLOSSEY et al. (2002: 88), die Maßnahmenkomplexe als bodenfunktionsbezogene Ausgleichsmaßnahme für geeignet betrachten, wenn sie sich direkt auf die Wirkfaktoren beziehen. Eine spezielle Funktionsdifferenzierung wird dabei nicht vorgenommen. Beispiele wären der Rückbau von Bodenversiegelung als Kompensation für Versiegelung, die mechanische und biogene Bodenlockerung für Verdichtung, eine Wiedervernässung für Entwässerung oder der Abtrag technogener Substrate für Überschüttungen. Als funktionsbezogenen Ersatz erkennen die Autoren den Rückbau von Bodenversiegelung für Verdichtung und Überschüttung, eine Bodenlockerung für Versiegelung und Überschüttung, den Abtrag von Bodenüberformungen für Versiegelung und Verdichtung oder eine Nutzungsextensivierung für Verdichtung und Entwässerung an. Sofern Maßnahmenkomplexe nicht mehr direkt bzw. indirekt Bezug auf die Wirkfaktoren nehmen, wie beispielsweise bei der Bodenlockerung für Entwässerung oder Nutzungsextensivierung für Versiegelung und Überschüttung, sehen BLOSSEY et al. (2002) darin einen Ersatz ohne Wirkungsbezug. Während in den zuvor genannten Ausführungen ein Ausgleich bzw. Ersatz vordergründig über die Wirkfaktoren bestimmt wird, beziehen sich bisher die Vorstellungen über einen gleichwertigen Ersatz zu wenig auf die standörtlichen Gegebenheiten. An diesen Punkt will die Bearbeiterin anknüpfen und versuchen, Leitlinien für die gleichwertige Kompensation speziell von Bodenfunktionen aufzustellen (vgl. Kapitel 7.1.2.1). Bislang wird der Begriff der Gleichwertigkeit einer Maßnahme durch das Landesrecht (§ 12 BNatSchG) nicht hinreichend konkretisiert (JESSEL et al. 2006: 101).

## **Gebietsschutz**

Die in Schutzgebieten, wie beispielsweise Naturschutzgebieten, Landschaftsschutzgebieten oder geschützten Landschaftsbestandteilen (§§ 21, 22 u. 24 BbgNatSchG) verfolgten Schutzzwecke sind verschiedener Art. Der Zweck kann einerseits die Erhaltung des bestehenden Zustandes und den Schutz vor Veränderungen bestimmen. Andererseits werden auch die Entwicklung und Wiederherstellung bestimmter Teile und Funktionen von Natur und Landschaft verfolgt. In der Rechtsverordnung bzw. in Pflege- und Entwicklungsplänen werden zur Erreichung des Schutzzweckes erforderliche Pflege-, Entwicklungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen festgesetzt bzw. ausgearbeitet. Diese Maßnahmen können sich direkt auf den Boden beziehen, wenn der Zweck den Schutz, die Pflege oder Entwicklung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Böden bestimmt, was zumeist in Landschaftsschutzgebieten der Fall ist.

## **Verhältnis der Instrumente zueinander**

Die Maßnahmen aus der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung stehen stets im Zusammenhang mit der Bewältigung von Eingriffsfolgen. Sie müssen grundsätzlich die effektive Verbesserung des Zustandes auf der Kompensationsfläche herbeiführen, damit in der Gesamtbilanz die vorhandenen Funktionen und Qualitäten (der Status quo) des Naturhaushaltes und Landschaftsbildes bewahrt bleiben. Schutz- oder Pflegemaßnahmen, die zu keinem "echten" naturschutzfachlichen Mehrwert führen, sondern "nur" Gefahren abwehren bzw. den vorhandenen Flächenzustand pflegen, bleibt die Umsetzung mit dem Instrument der Eingriffs- und Ausgleichsregelung verwehrt. Die Landschaftsplanung und der Gebietsschutz beziehen sich hingegen nicht nur auf den Erhalt des vorhandenen Zustandes von Natur und Landschaft, sondern wollen diesen nach den Grundsätzen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auch entwickeln bzw. wiederherstellen, ohne sich auf Eingriffswirkungen zu beziehen.

Der Landschaftsplan ist für die Einschätzung des naturschutzfachlichen Aufwertungspotenzials als Informationsquelle von zentraler Bedeutung (JESSEL et al. 2006: 143 f.). Er enthält Aussagen zu den wichtigsten Entwicklungszielen und zeigt Kompensationsmöglichkeiten für entwicklungsfähige und bedürftige Bereiche auf. Die fachlichen Vorgaben aus dem Landschaftsplan sollten möglichst eingehalten werden, wobei diese für die Eingriffsregelung nicht abschließend sind. Es besteht eine gesetzliche Berücksichtigungspflicht (vgl. erster Abschnitt), aber keine strenge Bindung der Eingriffsregelung an die Landschaftsplanung (ebd.: 101).

## **3 Definitionen und Methodik**

### **3.1 Definitionen**

#### **3.1.1 Bodenfunktionen laut BBodSchG**

In § 2 Abs. 2 Nr. 1-3 BBodSchG werden die Funktionen des Bodens definiert. Dabei beinhalten Nr. 1 die "natürlichen Funktionen" und Nr. 2 die "Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte". Unter Nr. 3 sind die Nutzungsfunktionen des Bodens festgeschrieben. Für die planerische Anwendung der Bodenfunktionen besteht die Notwendigkeit, diese weiter zu präzisieren, indem sie in Teilfunktionen und Kriterien aufgegliedert werden. Um die planerische Anwendbarkeit zu gewährleisten, sollte allerdings die Aufgliederung nicht zu weit erfolgen.

Wie von PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT (2003) dargelegt, wird der Begriff "Bodenteilfunktion" bisher bundesweit noch nicht einheitlich verwendet. Abweichungen ergeben sich in der Begriffsformulierung und -definition. Zudem werden einzelne Teilfunktionen des Bodens den Bodenfunktionen laut § 2 Abs. 2 BBodSchG verschieden zugeordnet. Ebenfalls fehlt eine klare und einheitliche Unterscheidung zwischen den Begriffen "Kriterium" und "Parameter". PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT (2003) unterbreitet daher Vorschläge für eine begriffliche Vereinheitlichung und geht dabei von den im § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG normierten Begriffen aus. Die im § 2 Abs. 2 Nr. 3 festgelegten "Nutzungsfunktionen" des Bodens werden für naturschutzfachliche Zwecke nicht berücksichtigt. Entsprechend der begrifflichen Vereinheitlichung nach PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT (2003) enthält Tabelle 1 die Bodenteilfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG. Farblich hervorgehoben sind diejenigen Teilfunktionen, die in der vorliegenden Arbeit näher betrachtet werden.

Für die Erfassung und Bewertung der Funktionsfähigkeit bzw. Empfindlichkeit von Böden werden Bodenteilfunktionen mit Hilfe von Kriterien beschrieben und der Erfüllungsgrad geprüft (ebd.). Nach den Autoren stellt ein Kriterium eine integrale Eigenschaft eines Bodens, aber keine direkt messbare Größe dar. Zur Beschreibung von Kriterien sind Parameter heranzuziehen, die die Ausprägung des Bodens unmittelbar abbilden und Bodenprozesse beschreiben. Bei Parametern handelt es sich um direkt messbare Größen, die durch Kartierungen und Probennahme mit anschließender Laboranalyse erhoben werden.



Tabelle 1: Bodenteilfunktionen und Kriterien laut BBodSchG sowie Subkriterien und Parameter nach PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT (2003), LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) (2003) und eigener Unterersetzung.

Funktion / Teilfunktion als	Kriterien	Subkriterien / Parameter
Lebensgrundlage und Lebensraum	Naturnähe für alle Teilfunktionen	
<b>Lebensgrundlage für Menschen</b>	Überschreitung Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmewerte nach BBodSchG und Altlastenverordnung	
<b>Lebensraum Tiere</b>	nicht vorhanden	
<b>Pflanzen</b>	Standortpotenzial für natürliche Pflanzengemeinschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nährstoffverfügbarkeit</li> <li>– pflanzenverfügbares Bodenwasser (nFK + kapillarer Aufstieg)</li> <li>– Luftkapazität</li> </ul>
	Bodenfruchtbarkeit (biotisches Ertragspotenzial)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nutzbare Feldkapazität</li> <li>– Durchwurzelungstiefe</li> <li>– Stau- und Grundnässe</li> <li>– potenzielle Nährstoffgehalte</li> </ul>
<b>Bodenorganismen</b>	Standorteignung für Bodenorganismengemeinschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>– pH-Wert</li> <li>– Bodenluft und -feuchte (Bodenklima)</li> <li>– Trophie</li> </ul>
Bestandteil des Naturhaushaltes insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen		
<b>Funktion Wasserhaushalt</b>	Abflussregulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Infiltrationsvermögen</li> <li>– Wasserleitfähigkeit</li> <li>– Speicherkapazität</li> <li>– (Porenvolumen, Lagerungsdichte)</li> </ul>
	Grundwasserneubildung	
<b>Nährstoffhaushalt</b>	Nährstoffpotenzial	
	Nährstoffverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktion</li> <li>– Redoxpotenzial</li> <li>– Kationenaustauschkapazität (KAK)</li> <li>– Durchwurzelung</li> </ul>
sonstiger Stoffhaushalt	nicht operationalisiert	
<b>Abbau-, Ausgleichs- und Aufbau- medium für stoffliche Einwirkungen aufgrund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften</b>	Filter und Puffer für anorganisch sorbierbare Stoffe	– Bindungsstärke für Schwermetalle
	Filter und Puffer für organisch sorbierbare Stoffe	– organische Schadstoffe
	Puffervermögen für saure Einträge für nicht sorbierbare Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Säureneutralisationsvermögen</li> <li>– Rückhaltevermögen des Bodenwassers</li> </ul>
<b>Archiv der Natur- und Kultur- geschichte</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Flächengröße</li> <li>– Naturnähe</li> <li>– Seltenheit</li> <li>– Repräsentanz</li> <li>– Alter</li> </ul>

### 3.1.2 Begriffe

Bei der Kennzeichnung hydromorpher Verhältnisse (Wasserregime) wird von folgenden Definitionen ausgegangen:

**Grundwasser** ist ständig vorhandenes unterirdisches Wasser, das Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt, allein der Schwerkraft unterworfen ist und sich durch Gefälle bzw. unterschiedliche Druckpotenziale bewegen kann (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005).

Unter **Schichtenwasser** ist lateral zufließendes Wasser in gut leitenden Substratschichten (wenig zersetzte Torfe, Kies- und Sandbänder), die über Schichten mit geringerer Wasserdurchlässigkeit liegen, zu verstehen.

**Oberflächlich gestautetes Wasser** ist kein Wasser im Sinne der Stauwasserdefinition nach AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005), sondern Niederschlagswasser oder von Gräben lateral zufließendes Wasser (Grabenausuferung), das nicht infiltrieren und versickern kann. Ursachen dafür können degradierte Mooeroberböden (hoher Zersetzungsgrad, Mulmgefüge, Austrocknung, Verdichtungsschicht), Verdichtungen durch Bewirtschaftung und Viehtritt sowie Bodenfrost sein.

**Stauwasser** ist zeitweilig auftretendes bewegliches Bodenwasser über einer Stauwassersohle, welches meist oberhalb 13 dm unter Geländeoberfläche auftritt (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005).

In der vorliegenden Arbeit werden die Funktionsfähigkeit und das Leistungsvermögen von Böden wie folgt definiert:

Unter **Funktionsfähigkeit** ist zu verstehen, ob ein Boden in der Lage ist, seine Aufgaben (= Funktionen) zu erfüllen.

Das **Leistungsvermögen** beschreibt, mit welcher Leistung er die Aufgaben erfüllt.

## 3.2 Vorgehensweise und eingesetzte Methoden

### 3.2.1 Wirkung von Maßnahmen und deren Bewertung

Mittels einer umfangreichen Literaturlauswertung zu Vernässungs- und Extensivierungsprojekten, die in Deutschland in zahlreichen Niederungen durchgeführt worden sind, wurden schwerpunktmäßig diejenigen Bodenmerkmale erfasst und zusammengestellt, die durch Wiedervernässung und Extensivierung verändert worden sind (vgl. Kapitel 4.2.3). Methoden, die eine Erfassung und Bewertung veränderter Bodeneigenschaften im Hinblick auf das Leistungsvermögen einzelner Funktionsbereiche erlauben, fehlen bislang. Veränderungen von Bodeneigenschaften wurden daher beschreibend erfasst.

Für die Abbildung und Bewertung der Wirkung von Maßnahmen auf die funktionale Leistung wäre es aus Gründen der Nachvollziehbarkeit sinnvoll, dieselben Parameter zu verwenden, die in Methoden zur Bewertung der Bodenfunktionen und der Auswirkungen anthropogener Eingriffe auf die Funktionsfähigkeit Eingang finden (Prognosebewertung, FREIE UND HANSESTADT HAMBURG - BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT 2003: 80 ff.). Hierbei muss allerdings beachtet werden, dass eine Vielzahl von Methoden zur Erfassung und Bewertung des Ausgangszustandes von Böden im Hinblick auf die Ausprägung der Bodenfunktionen vorliegt (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (BGR) UND NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG 2003, LAMBRECHT et al. 2004, PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT 2003). Dabei werden zum Teil aggregierte Eingangsparameter (Klassenflächen, Nutzungsart) bzw. Subkriterien (nutzbare Feldkapazität, Wasserleitfähigkeit, klimatische Wasserbilanz, KAK) benutzt (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT 2003: A22 ff.). Anhand

dieser Eingangsgrößen wären die Wirkungen der Maßnahmen Wiedervernässung und Extensivierung auf die Verbesserung der Wasserleit- und -speicherfähigkeit oder des Infiltrationsvermögens nicht direkt abbildbar. Wichtige diesbezügliche Kenngrößen sind die Veränderungen der Lagerungsdichte, des Porenvolumens oder von Gefügemerkmalen. Solche, zum Teil aufwendig zu erhebenden bodenkundlichen Primärinformationen werden im Gegensatz zu Bodenart oder Humusgehalt bei der Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen nur indirekt über die Abschätzung bodenphysikalischer Kennwerte mithilfe der bodenkundlichen Kartieranleitung berücksichtigt. Sie stellen somit keine Eingangsparameter dar. Die vorliegenden Methoden zur Bewertung von Bodenfunktionen sind für (degradierte) Niederungsböden deshalb nicht bzw. nur eingeschränkt anwendbar (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (BGR) UND NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG 2003), sodass eine Anwendung dieser Methoden für die Erfassung und Beurteilung von Maßnahmenwirkungen nicht möglich ist. Der eigene Ansatz, welcher für die Beurteilung der Wirkung von Maßnahmen gewählt wurde, wird in Kapitel 4.2.5 erläutert.

Aufbauend auf der ermittelten Wirkung der Maßnahmen auf die Veränderungen von Bodeneigenschaften wurde ein Teil der vor Ort näher zu untersuchenden, planungsrelevanten Bodenmerkmale bestimmt. Das sind solche Parameter, die den Erfolg von Vernässungsstrategien beeinflussen bzw. deren Veränderung nicht oder nur eingeschränkt rückwandelbar ist.

### **3.2.2 Auswahl des Untersuchungsgebietes**

Für die Untersuchungen der aktuellen Standortausprägung wurde ein Gebiet ausgewählt, das deutliche Veränderungen im Wasserhaushalt und in der Bodennutzung aufweist. Die Niederung der "Mittleren Havel", aber auch das Havelländische Luch (Berliner Urstromtal), das Rhinluch (Eberswalder Urstromtal) oder der Spreewald schienen geeignet. Die Wahl fiel auf die Niederung der "Mittleren Havel" (vgl. Kapitel 5.1, Abbildung 7). Im Rahmen des vom Bundesamt für Naturschutz finanzierten Erprobungs- und Entwicklungsvorhabens "Entwicklung und modellhafte Umsetzung einer regionalen Konzeption zur Bewältigung von Eingriffsfolgen am Beispiel der Kulturlandschaft Mittlere Havel" wurden in vielen Teilbereichen Untersuchungen zur Wasserstandsdynamik, zum Bodenzustand und zur Vegetationsausprägung vom Lehrstuhl für Landschaftsplanung der Universität Potsdam durchgeführt. Das Vorhaben zielte u. a. darauf ab, unterschiedliche Strategien des Wassermanagements in der Niederung zu erproben und Auswirkungen festzustellen (vgl. JESSEL et al. 2006). Aufbauend auf den Projekterfahrungen wurde der Polder "Götz-Gollwitz" als ein für die Niederung repräsentativer Bereich ausgewählt (vgl. Kapitel 5.2, Abbildung 10), in dem im Rahmen der vorliegenden Arbeit auf drei Teilflächen die aktuelle Boden- und Standortausprägung untersucht worden ist. Die Auswahl der drei Beispielflächen erfolgte auf der Basis der Geologischen Karte (KÖNIGLICHE PREUSSISCHE GEOLOGISCHE LANDESANSTALT 1892). Für die Untersuchungen wurden zwei zum damaligen Zeitpunkt vertorfte Flächen, eine davon mit Tonunterlagerungen, und eine damals bereits als humoser Sand gekennzeichnete Fläche festgelegt. Die Recherche der Meliorationsgeschichte wurde vornehmlich durch Studierende im Rahmen eines Studienprojektes (BERGES & THUNEMANN 2005) vorgenommen und durch eigene Auswertungen vervollständigt.

### 3.2.3 Auswertung vorhandener Kartengrundlagen für den Polder "Götz-Gollwitz"

Übersichten über bodenkundliche Kartenwerke bzw. Fachkarten mit direktem und indirektem Bodenbezug, die den jeweiligen Bundesländern zur Verfügung stehen, sind in verschiedenen Veröffentlichungen aufgelistet, so zum Beispiel in JESSEN-HESSE (2002) und PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT (2003). Die Datengrundlagen sind relativ heterogen. Im kleinmaßstäbigen Bereich sind in fast allen Bundesländern bodenkundliche Übersichtskartenwerke (BÜK 300, 200) vorhanden. Auf der mittelmaßstäbigen Ebene ist die Datengrundlage vor allem in einigen alten Bundesländern wie Niedersachsen (BÜK 50, BK 25) oder Nordrhein-Westfalen (BK 50) zufrieden stellend. In den neuen Bundesländern sind mittelmaßstäbige Bodenkarten (BK 50, 25) in Erarbeitung. Deren flächendeckende Fertigstellung wird sich jedoch noch Jahre hinziehen (JESSEN-HESSE 2002). Für den mittleren Maßstabbereich wird in den neuen Bundesländern die Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK) herangezogen. Auf der untersten Maßstabebene liegen sowohl für die neuen als auch für die alten Bundesländer (bis auf Niedersachsen) keine Bodenkarten vor. Daher basiert die Bestandserfassung und -bewertung auf Daten der Bodenschätzung (BS) und forstlichen Standorterkundung. Im Bundesland Brandenburg können für die Erfassung des Bodeninventars grundsätzlich die in Tabelle 2 zusammengefassten Datengrundlagen herangezogen werden (JESSEN-HESSE 2002).

Farblich hervorgehoben sind die Kartengrundlagen, welche in der vorliegenden Arbeit für die Charakterisierung der Beispielflächen verwendet worden sind. Die abgebildeten Flächendaten wurden hinsichtlich der Inventarbeschreibung ausgewertet und untereinander verglichen. Das Augenmerk lag vor allem auf dem Gewinn von Informationen über Niederungsböden und deren Merkmale, die direkt in Legendeneinheiten enthalten sind oder aus ihnen abgeleitet werden können. Auf die Verwendung von Punktdaten (vgl. Tabelle 2) wurde verzichtet. Zum einen waren jüngere Daten in der Profil- und Labordatenbank der landesweiten Aufnahme (Anfrage im Jahr 2005 beim Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe) nicht enthalten. Zum anderen konnten Bohrprofile aus Standortgutachten zur vierten Ausbaustufe des Polders "Götz-Gollwitz" (VEB MELIORATIONSKOMBINAT POTSDAM 1973) nicht beschafft werden. Weil eine Untersuchung der Bodenentwicklung im Einzelnen nicht zu den Schwerpunkten der vorliegenden Arbeit gehörte, sind ältere Grablochbeschreibungen und Vergleichsstücke der Bodenschätzung beim zuständigen Finanzamt nicht abgefragt worden.

Tabelle 2: Kartengrundlagen mit direktem und indirektem bodenkundlichen Bezug, die im Bundesland Brandenburg für die direkte und indirekte Analyse der Bodenverhältnisse zur Verfügung stehen.

	Flächendaten	Punktdaten
<b>Karten der Bodenschätzung (BS)</b> 1934-1955 – erfasst flächendeckend landwirtschaftliche Nutzflächen – ist am flächenschärfsten	– Urschätzungskarten im Maßstab 1:2 000 bis 1:3 000 – Karten im Maßstab 1:25 000 (farbig) und 1:10 000 (lichtpausfähig), Konturen der Klassenflächen	– Grabloch (1 pro 1-2 ha, = typisches Profil einer Klassenfläche) – Musterstücke (222 in Brandenburg, = Eichprofile) – Vergleichsstücke (10 000 in Brandenburg, = Entsprechungen der Musterstücke)
Umfangreiche Erfahrungen bei der Übersetzung in den aktuellen Sprachgebrauch und der Interpretation der Merkmale von Grablochbeschrieben, zum Beispiel für die Ableitung von Horizonten und Bodentypen, liegen im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung vor (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (NLFB) 2003). Die Musterstücke sind alle neu beprobt, die Vergleichsstücke teilweise (BAURIEGEL 16.02.2006, schriftl. Mitt.). Des Weiteren kann die Standortkundliche Ergänzung der Bodenschätzung (SEB) herangezogen werden.		
<b>Forstliche Standorterkundung</b> seit Beginn der 1950er Jahre – flächendeckend für alle Forststandorte	– Standortkarten im Maßstab 1:5 000 und 1:10 000	– Profildatenbank in der Landesforstanstalt Eberswalde (LFE)
Topografische Lage ist zum Teil ungenau. Übersetzung der Nomenklatur (Bodenformen usw.) ist erforderlich.		
<b>Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK)</b> 1975-1985 – flächendeckende Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Böden (SCHMIDT & DIEMANN 1991)	– Übersichtskarte im Maßstab 1:100 000 – Arbeitskarten im Maßstab 1:25 000 (Bodengesellschaften, Kombination von Leit- und Begleitbodenformen)	– Profilaufnahmen nach dem Catena-Prinzip (Dokumentationsblätter A) – Datenspeicher Boden (PRODAT)
Übersetzungen der Profile des Datenspeichers sind durch das LBGR erfolgt.		
<b>Geologische Landesaufnahme Preußens</b> bis 1892	Karten im Maßstab 1:25 000	– Bohrregister und wenige Analysen in Erläuterungsheften
<b>Hydrogeologische Grundkarte</b> 1978-1987	im Maßstab 1:50 000	-
Ableitung der Durchlässigkeit der obersten Bodenschicht		
<b>Digitale Moorkarte</b> des Landes Brandenburg (LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) 1997 b)	– Moorkarten im Maßstab 1:50 000 bis 1:100 000, (Angaben zum ökologischen Bodenwert und zur Moormächtigkeit)	– vgl. MMK – Bohrpunkte aus Standortgutachten verschiedener Meliorationsprojekte – wenige Neukartierungen
Standortkartierungen im Rahmen von Meliorationsprojekten erfolgten auf 30 % der Niedermoorfläche Brandenburgs (ca. 70 000 ha). Die Daten, u. a. Karten im Maßstab 1:5 000 (Bohrpunkte, Moormächtigkeit, Substrat- und Bodentyp, Wasserstufen) liegen im Moorarchiv der Humboldt-Universität zu Berlin.		
<b>Naturraummosaiktypenkarte</b> flächendeckend	im Maßstab 1:100 000	-
Sie ist stärker aggregiert als die MMK und lehnt sich an die forstliche Standorterkundung an. Die Offenlandbereiche wurden auf Basis der MMK sowie geologischer und topografischer Karten erarbeitet.		
<b>Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg (BÜK 300)</b> (LANDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE BRANDENBURG (LGRB) & LANDESMESSEAMT BRANDENBURG 2001)	Übersichtskarte im Maßstab 1:300 000	– Profil- und Labordatenbank der landesweiten Aufnahme
<b>Topografische Karten, 1999/2000, Digitale Orthofotos</b> (LANDESMESSEAMT BRANDENBURG (LVA) 2001)	im Maßstab 1:10 000 bis 50 000	-
Informationen über Relief, Gewässer- und Feuchtgebiete		

Fortsetzung Tabelle 2

	Flächendaten	Punktdaten
<b>Color-Infrarot-Luftbilder</b> (Biotoptypen und Landnutzungsinterpretation) (MINISTERIUM FÜR UMWELT NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (MUNR) 2003)	im Maßstab 1:10 000	-
Hinweise zum Relief, zu Bodenveränderungen (Erosion), Bodenfeuchte und Biotopen		
<b>Fachinformationssystem Bodenschutz (FISBOS) des Landesumweltamtes Brandenburg</b> fortlaufend	Erstellung verschiedener Themenkarten möglich	Bodenzustandskataster (BZK)
Im BZK werden Daten zu Bodenprofilen dokumentiert, die aus Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Umweltressorts, aus im Rahmen des Bodenschutzvollzugs durchgeführten Untersuchungen oder aus Untersuchungen Dritter stammen.		
<b>projektbezogene Bodenkarte "Untere Havel-Wasserstraße"</b> (LANDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE BRANDENBURG (LGRB) 1993) Karte zum bodenkundlichen Gutachten für den Bereich der Unteren Havel-Wasserstraße im Land Brandenburg.	digital	– Profil- und Labordatenbank der landesweiten Aufnahme
<b>Naturraumtypenkarte</b> (KNOTHE 1984)	im Maßstab 1:100 000, zwei Blätter im Maßstab 1:50 000	-

### 3.2.4 Boden- und Standortaufnahme

#### 3.2.4.1 Methoden zur Erhebung aktueller und detaillierter Bodeninformationen

Für bestimmte Anwendungsbereiche beinhalten vorhandene mittel- und großmaßstäbige Kartengrundlagen nur unzureichende Detailinformationen bzw. der räumliche Gültigkeitsbereich für abgeleitete Bodeneigenschaften ist nur ungenügend bekannt. Beispielsweise trifft das in der Landwirtschaft für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung von Ackerschlägen zu, mit der Landwirte Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen an die Variabilität der Boden- und Bestandsparameter anpassen wollen (Precision Farming<sup>2</sup>). Voraussetzung für eine flächendifferenzierte Bewirtschaftung ist das Wissen über die räumliche Verteilung wichtiger, ertragsbestimmender Bodeneigenschaften wie Textur (Tongehalt), Bodenfeuchte, Bodengefüge, Gehalt an organischer Bodensubstanz und Kationenaustauschkapazität. Bodentypologische Merkmale, Bodendegradierungen (Versauerung, Vernässung, Verdichtung) und Zielparame-ter (u. a. Humusgehalt, Nährstoffe) werden durch Bodenschätzungsdaten nicht ausreichend erfasst (LAMP et al. 2002 b, HERBST & REIMER 2004). Ein anderes Anwendungsbeispiel stellen modellgestützte Landschaftsanalysen dar. „Zur verbesserten Abschätzung und Vorhersage von Bodenprozessen, die die Landschaftsentwicklung beeinflussen ...“ sind Informationen über die heterogene Struktur der Bodendecke notwendig. Die Berücksichtigung der zeitlichen und räumlichen Variabilität von Bodeneigenschaften ist Voraussetzung, um die Änderungen des Bodenzustandes infolge von Nutzung und menschlichen Eingriffen durch komplexe Modelle für

<sup>2</sup> „Konzept zur Anpassung der Landbewirtschaftungsmaßnahmen an die Variabilität der Standort- und Bestandsparameter mit den ökonomischen Zielen der Einsparung von Betriebsmitteln, der Erhöhung der Ertragssicherheit und -qualität und der ökologischen Zielsetzung einer nachhaltigen, integrativen und umweltschonenden Landwirtschaft ...“ (<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=1282421465>).

Wasser- und Stoffhaushalt besser prognostizieren zu können (KOSZINSKI & WENDROTH 2000, 2001, 2003 a, 2003 b).

Da punktgenaue Erhebungen im sehr engen Rasterabstand aus zeitlichen und finanziellen Gründen nicht für größere zusammenhängende Flächen realisiert werden können, gewinnen in den genannten Anwendungsbereichen geophysikalische Kartierungsmethoden zur Erfassung physikalischer Bodeneigenschaften in hoher Erhebungsdichte zunehmend an Bedeutung.

Geophysikalische Kartierungsmethoden stehen als Bindeglied zwischen großmaßstäbigen Datenaufnahmen aus der Luft und punktuellen Beprobungen (LÜCK et al. 2002). Mit ihnen kann ein direkter Bezug zwischen Punkt und Fläche hergestellt werden. Eine wichtige Methode ist die Kartierung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit des Bodens bzw. des Widerstandes als Kehrwert der Leitfähigkeit. In der Praxis werden verschiedene Messprinzipien angewendet. Zwei wichtige, für die landwirtschaftliche Bodenkartierung relevante Methoden sind in der Tabelle 3 überblicksartig zusammengestellt. Eine übersichtliche Einführung in die Grundlagen und Anwendung der Geoelektrik gibt die Homepage von LÜCK & GEBBERS (2006).

Die elektrische Leitfähigkeit hängt primär von den landwirtschaftlich relevanten Bodenparametern Textur (Tongehalt), Wasser-, Humus- und Salzgehalt ab (LAMP et al. 2002 a). In zahlreichen Messkampagnen (LÜCK et al. 2002, SCHMIDHALTER et al. 2002 a) werden insbesondere die enge Korrelation zwischen Textur und elektrischer Leitfähigkeit sowie zwischen dem Wassergehalt und elektrischer Leitfähigkeit bestätigt.

Tabelle 3: Beispielhafte Gegenüberstellung zweier geophysikalischer Prinzipien zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit (des Widerstandes), deren Anwendung bei der Differenzierung landwirtschaftlicher Nutzflächen zunehmend an Bedeutung gewinnt (Quellen: LÜCK & GEBBERS 2006, LÜCK et al. 2002, LAMP et al. 2002 a).

	<b>Elektrische Methode</b>	<b>Elektromagnetische Methode</b>
Elektrische Größe	elektrischer Widerstand	elektrische Leitfähigkeit
Messprinzip	<p><b>Widerstandsmessung durch Gleichstromgeoelektrik</b> (ältestes geoelektrisches Verfahren)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– benötigt direkten Kontakt zum Boden (galvanische Ankopplung)</li> <li>– Messungen erfolgen i. d. R. über vier Elektroden (Einspeisung des Stroms sowie Messung des Spannungsabfalls, der durch den elektrischen Widerstand hervorgerufen wird, jeweils an zwei Elektroden).</li> </ul>	<p><b>Leitfähigkeitsmessung durch elektromagnetische Induktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– kein direkter Bodenkontakt erforderlich (induktive Ankopplung)</li> <li>– Gemessen wird die Veränderung eines Magnetfeldes, welche direkt proportional zur elektrischen Leitfähigkeit ist.</li> </ul>
Ort der Messung / Gerätebeispiele	<p><b>Bohrlochmethode;</b> zur genauen Aufnahme von Tiefenprofilen an Punkten; Messungen erfolgen im Stillstand</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Eijkelkamp Earth Resistivity Meter (ERM), (manuell, Messdauer 15-20 min)</li> <li>– Veris Profiler 3000 (vollautomatisch, Messdauer &lt; 1 min)</li> <li>– für sehr genaue, kleinräumige Untersuchungen, sie ergänzen Verfahren der Oberflächenkartierung</li> </ul> <p><b>Pseudosektionen;</b> zur Aufnahme von Tiefenprofilen entlang von Transekten mit Multi-Elektrodenapparatur; Elektroden in Vierergruppen "wandern" entlang des Transektes; Messungen erfolgen im Stillstand</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– für wissenschaftliche Fragestellungen</li> </ul> <p><b>Oberflächenkartierung;</b> mobile Widerstandsmessung mit Scheibenelektroden ("rollende Elektroden"); online Messung in der Bewegung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Veris 3100, ARP-03</li> </ul>	<p><b>Oberflächenkartierung;</b> Kartierung großer Flächen mit mobilen Geräten, die von einem Fahrzeug meist entlang von Fahrgassen gezogen werden; online Messung in der Bewegung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– EM38, EM38-DD, CM-138</li> </ul>
Messtiefe und Tiefendifferenzierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Messtiefe kann durch Vergrößerung der Elektrodenabstände beeinflusst / vergrößert werden.</li> </ul> <p>Bohrlochmethoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– bei ERM Messtiefe 1 m (5 cm Schritte) bzw. Veris Profiler 3000 0,9 m (2 cm Tiefenintervalle)</li> </ul> <p>Oberflächenkartierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ARP-03 und Veris 3100 können in 2 bzw. 3 Tiefen gleichzeitig messen (bei 2 Eindringtiefen: Oberboden bis 3 dm und Unterboden bis 7,5 dm Tiefe)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– fest vorgegebene Erkundungstiefe durch starre Messgeometrien</li> <li>– Messtiefe kann nur durch Spulenausrichtung (horizontal = 0-7,5 dm, vertikal = 0-15 dm) und Höhe über Boden beeinflusst werden.</li> <li>– Standortheterogenitäten werden integrativ erfasst, Tiefendifferenzierung von Tongehalten, Substratfolgen und nFKwe ist gar nicht oder nur schlecht möglich; Bohrstockkartierung zur Profildifferenzierung erforderlich.</li> </ul>
Reproduzierbarkeit, Störgrößen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Messprinzip reagiert stark auf schlecht leitende Strukturen, Messtiefe verringert sich, wenn Sand (schlecht leitfähig) über Lehm (gut leitfähig) liegt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Messprinzip reagiert bevorzugt auf leitfähige Strukturen und verhält sich bei Substratschichtung anders als die Gleichstromgeoelektrik; Messtiefe vergrößert sich, wenn Sand über Lehm liegt.</li> <li>– reagiert stark auf Metall</li> </ul>



Durch elektromagnetische Induktion (EM38-Sonde) (vgl. Tabelle 3) lässt sich die mittlere Leitfähigkeit über 1,5 bis 2,0 m Tiefe bestimmen. Bodenheterogenitäten werden integrativ erfasst, eine Tiefendifferenzierung wie bei der elektrischen Widerstandsmessung (Gleichstromgeoelektrik) ist nicht möglich. Mit elektromagnetischen Verfahren können nur relative Substratunterschiede erkannt und abgegrenzt werden. Die Zusammenhänge sind vor allem bei leichten Sand-Böden eindeutig. Bei mittleren und schweren (tonreichen) Böden bestehen Wechselwirkungen der Bodenart mit dem Wassergehalt (LAMP et al. 2002 a). Die elektromagnetische Leitfähigkeitskartierung ist daher besonders für heterogene, wasserlimitierte Standorte geeignet (SCHMIDHALTER et al. 2002 a, LAMP et al. 2002 a). Obwohl die Zunahme der Leitfähigkeit mit steigendem Ton- und Humusgehalt belegt ist, erfordern die komplexen Wechselwirkungen mit dem Wassergehalt in humideren Bereichen und die bessere Tiefenauflösung eine weitere methodische Bearbeitung (SCHMIDHALTER et al. 2002 a).

Widerstandsmessungen durch Gleichstromgeoelektrik erlauben eine Tiefendifferenzierung in wenigen cm-Schritten bis zu einer Tiefe von ca. 1 m. Die meisten Verfahren sind jedoch sehr zeitintensiv und weniger für eine flächenhafte Kartierung geeignet. Häufig werden sie für wissenschaftliche Fragestellungen in der Landwirtschaft angewendet und stellen eine gute Ergänzung zur Flächenkartierung dar.

Generell ist festzuhalten, dass Leitfähigkeitskartierungen, unabhängig vom Messverfahren, punktuelle Bodenuntersuchungen (Bohrstockkartierung, Messpunkte) nicht ablösen. Diese sind für die Korrelation mit Bodenparametern und deren Interpretation erforderlich. Leitfähigkeitskartierungen reduzieren jedoch den Umfang von punktuellen Untersuchungen erheblich, indem Beprobungsstellen gezielt in deutlich voneinander unterscheidbare Bereiche gelenkt und homogen erscheinende Bereiche mit geringerer Intensität beprobt werden können. Karten der elektrischen Leitfähigkeit ermöglichen eine wesentlich genauere Abgrenzung von Zonen unterschiedlicher Bodensubstrate als die Bodenschätzung und stellen für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung wertvolle "Vorinformationen" dar (LAMP et al. 2002 a).

Erfahrungen mit Kartierungen der elektrischen Leitfähigkeit liegen hauptsächlich für mineralische Ackerstandorte vor (Precision Farming). Nach LÜCK (24.06.2006, mdl. Mitt.) ist der Einsatz geoelektrischer Kartierungsmethoden grundsätzlich auch auf torfigen und humusreichen landwirtschaftlich genutzten Niederungsstandorten denkbar, obwohl die Leitfähigkeitskartierung auf solchen Standorten bisher kaum eine Rolle spielte. Das kann zum einen daran liegen, dass das Konzept der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung vorrangig auf ackerbaulich genutzten Mineralbodenstandorten ausgerichtet ist und zum anderen die Flächen zum Kartierzeitpunkt begeh- bzw. befahrbar sein müssen. Durch Staunässe und zeitweise geringere Grundwasserflurabstände ist das Zeitfenster speziell für Niederungsböden deutlich enger.

Eine weitere Methode ist das Georadar (ebenfalls elektromagnetisches Verfahren), welches hauptsächlich für die Erkundung der oberflächennahen Bodenstruktur eingesetzt wird (LÜCK et al. 2000). Neben der Wassergehaltsbestimmung leisten Georadarmessungen einen wertvollen Beitrag zur tiefenbezogenen Strukturaufklärung, v. a. auf Sandstandorten. Für die Tiefendifferenzierung von Torfsubstraten sind Radarmessungen nicht anwendbar, weil Radarwellen bei hoher Bodenfeuchte (= hohe elektrische Leitfähigkeit) nicht in die Torfschichten eindringen können (LÜCK 24.06.2006, mdl. Mitt.).

Kartierungen oberflächlicher Bodeneigenschaften und -unterschiede sind außerdem durch die Auswertung von Luftbildern, multispektraler Fernerkundung sowie digitalen Geländemodellen möglich. Color-Infrarot-Luftbilder lassen Bewuchs und Bodenfeuchteunterschiede erkennen. Sie erfassen als Summenparameter die Reflektivität, dessen Wert von Bodenart, Humus- und Wassergehalt u. a.

Eigenschaften bestimmt wird (LÜCK et al. 2000). Abgrenzungen von Bereichen unterschiedlicher Oberbodenfeuchte sind möglich. Feuchtegradienten im Boden, Feuchteverhältnisse im Unterboden oder Ursachen hoher Feuchtigkeit (z. B. Stau- oder Grundwassereinfluss) können jedoch nicht erkannt werden. Untersuchungen zur multispektralen Fernerkundung von Bodeneigenschaften im Verbundprojekt "pre agro" (SCHMIDHALTER & SELIGE 2002 b) belegen, dass v. a. Humusunterschiede und Mineralausstattung von Oberböden besonders gut abgebildet und quantifiziert werden können. Auch mithilfe der spektralen Naherkundung lässt sich der Humusgehalt in hoher Flächenleistung erfassen (LAMP et al 2002 a). Während bei den zuvor genannten Verfahren zumindest Eigenschaften des Oberbodens abgebildet werden, sind bei Geländemodellen keine Rückschlüsse auf Bodenzustände möglich (LÜCK et al. 2000). Über die Darstellung potenzieller Vernässungszonen, Abflussbahnen und potenzieller Trockenbereiche an Hangschultern kann zumindest indirekt auf Bodenausprägungen geschlossen werden.

Ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, ermöglichen die meisten aufgelisteten Methoden zweifelsohne Erhebungen aktueller Bodenzustände, insbesondere die flächenhafte Abgrenzung unterschiedlicher Oberbodeneigenschaften. Während mit elektromagnetischen Verfahren eine flächenhafte Abgrenzung relativer Substratunterschiede auf Niederungsstandorten möglich erscheint, ist zu prüfen, wie gut durch elektrische Verfahren Profildifferenzierungen, insbesondere die Tiefendifferenzierung planungsrelevanter Bodenparameter, erbracht werden können. Aufgrund kaum vorhandener Erfahrungswerte für degradierte Niederungsböden sowie fehlender Dienstleister, die tiefendifferenzierte Leitfähigkeitskartierungen anbieten, kommen derzeit geophysikalische Kartierungsmethoden für planerische Erhebungen von tiefenbezogenen Bodenmerkmalen kaum in Frage. So werden in den Anwendungsbereichen der Landschaftsplanung Bodenkartierungen maßgeblich auf der Vorauswertung verschiedener Unterlagen und v. a. einer anschließenden punktuellen Bodenuntersuchung beruhen müssen.

Die konventionellste, aber auch einfachste Methode für die Kennzeichnung des Bodenaufbaues ist die Bohrstocksondierung mit dem 1-m-Pürckhauer-Bohrer oder der Moorklappsonde. Bohrstockkartierungen können nach verschiedenen Methoden vorgenommen werden. Schlichting et al. (1995) unterscheiden im Wesentlichen vier Kartierungsverfahren, die sich auf die Abgrenzungen von Bodeneinheiten beziehen und mit denen trotz spezifischer Vor- und Nachteile für dieses Vorhaben annähernd gleiche Ergebnisse erzielt werden:

**Rasterkartierung** - festes Bohrpunktraster in regelmäßigen Abständen

Das Verfahren ist vor allem von ungeübten Kartierern und bei fehlender Kenntnis über die Verteilung unterschiedlicher Böden anzuwenden. Große, einheitliche Flächen werden gut dokumentiert. Nachteile eines Punktrasters bestehen darin, dass nicht wenige Bohrungen an untypischen Stellen niedergebracht (z. B. an Grabenrändern, kleinen Aufschüttungen) sowie kleinere, stark abweichende Flächen nicht ausdifferenziert werden und Grenzziehungen zwischen Bodenformen ungenau sind.

**Grenzlinienkartierung** - wechselseitiges Bohren entlang eines erkannten Grenzlinienverlaufes

Vorteil dieser Methode ist die Festlegung des Grenzverlaufes zwischen Bodenformen bereits während der Feldkartierung, sodass eine spätere Interpolation nicht mehr erforderlich ist. Das Verfahren setzt eine gute Orientierung im Gelände voraus und ist für erfahrene Kartierer geeignet. Das Verfolgen von Grenzverläufen und die Nachkartierung im Zentrum der Flächen bedingen einen hohen Bohraufwand.

**Catenenkartierung** - Legen eines Schnitts durch das Kartiergebiet und Aufnahme der Bodenabfolge zur Erkennung der Gesetzmäßigkeit der Bodenverteilung (z. B. vom Relief geprägte Bodenabfolge)

Die nicht gleichabständige Punktabfolge wird anschließend durch weitere Hilfstransecte verdichtet. Vorteile des Verfahrens bestehen darin, dass die Orientierung im Gelände ähnlich einfach wie bei der Rasterkartierung ist, die Bohrpunkte jedoch nicht zufällig, sondern gezielt gesetzt werden können. Die Bohrpunktzahl ist geringer als bei der Grenzlinienkartierung und nicht höher als bei der Punktrasterkartierung. Kleine Bodeneinheiten können wie bei der Grenzlinienkartierung übersehen werden.

**Luftbildunterstützte Punktkartierung** - Vorausgrenzung von Flächen auf Basis von Luftbildern, ohne deren bodenkundlichen Inhalt zu kennen, anschließendes Abbohren der Flächen und Korrektur der Grenzlinien

Die Vorteile der luftbildunterstützten Punktkartierung bestehen in der deutlichen Reduzierung des Bohraufwandes sowie der Erkennung kleinerer Einheiten. Nachteile dieses Verfahrens sind der hohe Zeitaufwand für die Geländeorientierung und die nochmalige Überprüfung der Grenzbereiche während einer zweiten Geländephase.

### 3.2.4.2 Bohrstocksondierung auf Teilflächen im Polder "Götz-Gollwitz"

Für die Kartierung im Polder "Götz-Gollwitz" wurde trotz vorhandener Kartierungserfahrungen das Rasterverfahren gewählt. Mit einem Punktabstand von 50 x 50 m war die Aufnahme in erster Linie darauf ausgerichtet, einen flächenhaften, detaillierten Überblick über die vorhandene Bodensituation zu erhalten. Zudem wollte die Bearbeiterin die erforderliche Zeitdauer einer solchen detaillierten Kartierung testen.

Im September / Oktober 2004 wurden mit dem 1 m-Pürckhauer-Bohrer auf der Fläche 1 insgesamt 171 Bohrpunkte, auf den Flächen 2 und 3 141 bzw. 103 Bohrpunkte aufgenommen. Zusätzlich zum Raster wurde auf der Fläche 2 eine kleinere Moorrinne mit dem Pürckhauer-Bohrer und der Moorklappsonde abgebohrt. Die Ansprache der Merkmale basierte auf der aktuellen bodenkundlichen Kartieranleitung (5. Auflage, kurz KA 5, AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005). Es wurden nur die Merkmale aufgenommen, die anhand der Bohrnut deutlich zu erkennen waren. Flächen- und Größenanteile und sonstige Ausprägungen bestimmter Merkmale sind grob abgeschätzt worden. Eine Reduzierung des Profilaufnahmeblattes der KA 5 auf die wesentlichen Merkmale (vgl. Anhang 1) effektiverte die Bohrstocksondierung. Folgende Angaben wurden notiert: Horizontnummer, Tiefenangabe, Horizontsymbol, Farbe, Humus- und Kalkgehalt, Hydromorphiemerkmale, Feuchtestufe, Zersetigungsgrad, Dichte, Gefüge, Feinboden- und Substratart.

Das Aufsuchen der Punkte und die Höhenvermessung erfolgten mit einem differenziellen GPS (Global Positioning System, Trimble 5700/5800, ETRS-Lagekoordinaten und NHN-Höhen). Neben Auffälligkeiten (z. B. gestörte Grasnarbe, Trittschäden) wurden die drei häufigsten Pflanzenarten (Nomenklatur nach Rothmaler 2002) im Umkreis von einem Meter notiert. Die Dokumentation der Daten erfolgte in einer GIS-gekoppelten Datenbank. Zur Auswertung kamen insgesamt 1954 Datensätze (= Horizonte; Fläche 1 = 1010, Fläche 2 = 634, Fläche 3 = 310).

### Fehlerbetrachtung

Auffällig bei den Kartierungen war die zum Teil recht starke Verschleppung von Bodenmaterial, v. a. bei Mudden und stark zersetzten Torfen. Die Mächtigkeitsangaben stimmten somit nicht auf den Zentimeter genau, Ungenauigkeiten bis zu 0,5 dm mussten in Kauf genommen werden.

Außerdem konnte die Substratausprägung häufig nicht bis zu einer Tiefe von einem Meter angesprochen werden. Kernverluste waren auf zu nasse Substrate (Fläche 1 und 2) bzw. auf ausgetrocknete Sande (Fläche 2 und 3) zurückzuführen. Möglicherweise wurden somit tiefer liegende kalkhaltige Substrate auf der Fläche 3 bzw. die vollständige Muddemächtigkeit auf der Fläche 1 nicht immer erfasst, v. a. wenn bei letzterem zwar Kernverlust, jedoch noch kein anstehender Flusssand festgestellt wurde.

### 3.2.4.3 Profilaufnahmen im Polder "Götz-Gollwitz"

Im Anschluss an die Bohrstocksondierung wurden 9 Bodenprofile aufgenommen (vgl. die Lage in Abbildung 13). Auf die Fläche 1 entfielen fünf, auf die beiden anderen Flächen jeweils zwei Profile. Die Auswahl der Profile sollte die Heterogenität der Substratabfolgen und -schichtmächtigkeiten widerspiegeln und vorrangig der grundsätzlichen Kennzeichnung der dominierenden Substrat- und Bodentypen dienen. Die Ansprache erfolgte nach der aktuellen bodenkundlichen Kartieranleitung. Eine Beutelprobe sowie je drei Stechzylinderproben (100 cm<sup>3</sup>) pro Horizont sind bei jedem Profil für Laboranalysen entnommen worden.

Im Labor wurden der Feuchtegehalt, die Roh- und Trockenrohddichte, die Korngröße, der Anteil organischer Substanz (Glühverlust), der pH-Wert und der Phosphorgehalt bestimmt. Bis auf den Feuchtegehalt und die Dichte wurden die Analysearbeiten von Studierenden im Rahmen von universitären Laborpraktika durchgeführt (MESCHKANK et al. 2005, MÜLLER et al. 2005, HODAPP et al. 2005, FROMMBERG & LEMKE 2005). Da von den Studierenden bei der Bestimmung der Korngröße im Vorfeld keine Humus- und Carbonatzerstörung erfolgte, waren fehlerhafte Ergebnisse zu erwarten. Für die meisten mude- und humusreichen Horizonte wurden die Korngrößenanalyse im Labor der Fachhochschule Eberswalde wiederholt sowie zusätzlich der Kalkgehalt und die Totalgehalte von Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) und Schwefel (S) bestimmt. Die Laboranalysen dienten v. a. dazu, die Grundcharakterisierung der Bodenprofile zu ergänzen. Profilbeschreibung, Daten und Fotos sind im Anhang 2 enthalten. Die Analyseverfahren gibt Tabelle 4 wider.

Tabelle 4: Analyseverfahren durchgeführter bodenphysikalischer und -chemischer Laboruntersuchungen.

Parameter	Vorschrift	Labor
Wassergehalt	gravimetrisch, Trocknung bei 105°C nach DIN 19683, Teil 4	Institut für Geoökologie, Universität Potsdam
Roh- und Trockenrohddichte	DIN 19683, Teil 12	Institut für Geoökologie, Universität Potsdam
Korngrößenzusammensetzung	Siebung nach DIN 19683, Teil 1 Sieb- und Pipettverfahren nach KÖHN, DIN 19683, Teil 2	Institut für Geoökologie, Universität Potsdam; Fachhochschule Eberswalde
pH-Wert	pH <sub>CaCl2</sub> (0,01 M/l Calciumchloridlösung), elektrometrische Bestimmung nach DIN 19684, Teil 1	Institut für Geoökologie, Universität Potsdam
Carbonatgehalt	Calcimeter nach SCHEIBLER, DIN 19684, Teil 5	Fachhochschule Eberswalde
Glühverlust	Veraschung bei 550°C nach DIN 19684, Teil 3	Institut für Geoökologie, Universität Potsdam
Totalgehalte C, N, S	trockene Verbrennung, Elementaranalyse (CNS-2000)	Fachhochschule Eberswalde
Humusgehalt	Berechnung, Gehalt C <sub>org</sub> x 1,724	Fachhochschule Eberswalde
pflanzenverfügbares Phosphor	Bestimmung nach TGL 25418/07	Institut für Geoökologie, Universität Potsdam

### 3.2.5 Auswertung und Darstellung der Bohrpunkte

Die Auswertung der Rohdaten erfolgte für alle drei Flächen zum Zweck der Vergleichbarkeit einheitlich. Dabei wurden v. a. die dominierenden Substrat- und Bodentypen, Substratbesonderheiten, der Oberbodenzustand (Zersetzungsgrad, Gefüge, Verdichtung, Oberbodenfeuchte), der Wasserstand unter Geländeoberfläche (GOF) sowie die dominierenden Pflanzenarten über einfache statistische Analysen (Minimum, Maximum, Summe, Mittelwert, prozentualer Anteil) herausgearbeitet. Über Abfragen innerhalb der Datenbank wurden Torfzersetzungsgrade, die Feuchtestufe von Mudden unterschiedlicher Tiefenstufen und die Verteilung der Substrat- und Bodentypen auf den einzelnen Flächen ermittelt. Weil die Aufbereitung der Daten vorrangig für die Beschreibung des Ist-Zustandes (typisierender Ansatz) und nicht auf die Untersuchung der Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern ausgerichtet war, wurde auf Korrelationsanalysen verzichtet.

Um die Überschaubarkeit bei der Ergebnisdarstellung zu wahren, wurde die Substratarten- bzw. Substrattypenbeschreibung vereinfacht (vgl. Tabelle 5, Tabelle 6, Tabelle 7). Die Kennzeichnung der Bodentypen erfolgte nach KA 5 (Tabelle 8). Eine Substrattypenkennzeichnung nach KA 5 sowie eine Erläuterung der Symbole für Substrate und Horizonte wurden als Anhang 3 und 4 beigefügt. Die Kennzeichnung des Substrattyps erfolgte dort entsprechend der Substratsystematik für die Bohrpunkte auf dem mittleren Niveau und für die Bodenprofile auf dem unteren Niveau. Eine automatische Klassifizierung der Mächtigkeit einzelner Substratschichten in einem geografischen Informationssystem (GIS, ArcView 3.3) mit dem Typ "Natürliche Unterbrechung" ergab eine zu feinteilige Einstufung, die für Übersichtszwecke nicht brauchbar war. Zudem wurde berücksichtigt, dass die Mächtigkeitsangaben im Bohrstock nicht auf den Zentimeter genau stimmten. Der Stufenwechsel lehnte sich somit an die Tiefenangaben der KA 5 an und wurde für den Bereich  $> 3 \text{ dm} < 7 \text{ dm}$  nochmals unterteilt. In der Regel sind vier Mächtigkeitsstufen pro Substratschicht ausgewiesen worden (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Vereinfachte Beschreibung der Substratabfolge.

SUBST_ID	Substrate ... über Flusssand
substr_1_00	humoser Sand $> 1 \text{ dm} \leq 3 \text{ dm}$
substr_1_01	humoser Sand $> 1 \text{ dm} \leq 3 \text{ dm}$ , Überflutungssediment $> 0 \leq 3 \text{ dm}$
substr_1_02	humoser Sand $> 1 \text{ dm} \leq 3 \text{ dm}$ , Mudde $> 0 - 5 \text{ dm}$
substr_1_03	humoser Sand $> 3 \text{ dm} < 5 \text{ dm}$ , bindiger Übergang $> 0 < 3 \text{ dm}$
substr_1_04	humoser Sand $> 3 \text{ dm} < 6 \text{ dm}$
substr_1_05	humoser Sand $> 3 \text{ dm} < 6 \text{ dm}$ , Mudde $\geq 0 < 3 \text{ dm}$
substr_1_06	Anmoor $\geq 1 \text{ dm} < 3 \text{ dm}$
substr_1_07	Anmoor $\geq 1 \text{ dm} < 3 \text{ dm}$ , Überflutungssediment
substr_1_08	Anmoor $\geq 1 \text{ dm} < 3 \text{ dm}$ , Torf $\geq 0 < 1 \text{ dm}$ , Mudde $> 3 \text{ dm}$
substr_1_09	Anmoor $\geq 1 \text{ dm} < 3 \text{ dm}$ , Torf $\geq 0 < 3 \text{ dm}$ , Mudde $> 0 < 3 \text{ dm}$
substr_1_10	Anmoor $\geq 3 \text{ dm} < 5 \text{ dm}$ , Überflutungssediment $> 0 < 2 \text{ dm}$
substr_1_11	Anmoor $\geq 3 \text{ dm} < 5 \text{ dm}$ , Mudde $0 - < 1 \text{ dm}$
substr_1_12	Anmoor $\geq 3 \text{ dm} < 5 \text{ dm}$ , Mudde $\geq 1 \text{ dm} < 3 \text{ dm}$
substr_1_13	Anmoor $\geq 3 \text{ dm} < 5 \text{ dm}$ , Mudde $\geq 3 \text{ dm} < 5 \text{ dm}$
substr_1_14	Mudde $> 4 \text{ dm} - 9 \text{ dm}$
substr_1_15	Torf $\geq 1,3 \text{ dm} < 3 \text{ dm}$ , Mudde $> 0 - 4 \text{ dm}$
substr_1_16	Torf $\geq 3 \text{ dm} < 5 \text{ dm}$ , Überflutungssediment
substr_1_17	Torf $\geq 3 \text{ dm} < 5 \text{ dm}$ , Mudde $0 - < 1 \text{ dm}$
substr_1_18	Torf $\geq 3 \text{ dm} < 5 \text{ dm}$ , Mudde $\geq 1 \text{ dm} < 3 \text{ dm}$
substr_1_19	Torf $\geq 3 \text{ dm} < 5 \text{ dm}$ , Mudde $\geq 3 \text{ dm} < 5 \text{ dm}$

Fortsetzung Tabelle 5

SUBST_ID	Substrate ... über Flusssand
substr_1_20	Torf $\geq 3$ dm < 5 dm, Mudde $\geq 5$ dm - 7 dm
substr_1_21	Torf $\geq 5$ dm < 7 dm, Mudde 0 - < 1 dm
substr_1_22	Torf $\geq 5$ dm < 7 dm, Mudde $\geq 1$ dm < 3 dm
substr_1_23	Torf $\geq 5$ dm < 7 dm, Mudde $\geq 3$ dm < 5 dm
substr_1_24	Torf $\geq 7$ dm < 10 dm, Mudde 0 - 3 dm
substr_1_25	Torf $\geq 10$ dm

Tabelle 6: Humosität und Mächtigkeit der obersten Substratschicht.

SUBSTR_ID	obere Substratschicht
substr_2_01	humoser Sand $> 1$ dm $\leq 3$ dm
substr_2_02	humoser Sand $> 3$ dm < 6 dm
substr_2_03	Anmoor, Mächtigkeit $\geq 1$ dm < 3 dm
substr_2_04	Anmoor, Mächtigkeit $\geq 3$ dm < 5 dm
substr_2_05	Mudde $> 4$ dm < 9 dm
substr_2_06	Torf, Mächtigkeit < 3 dm
substr_2_07	Torf, Mächtigkeit $\geq 3$ dm < 5 dm
substr_2_08	Torf, Mächtigkeit $\geq 5$ dm < 7 dm
substr_2_09	Torf, Mächtigkeit $\geq 7$ dm < 15 dm

Tabelle 7: Art und Mächtigkeit der zweiten Substratschicht (Unterlagerungen).

SUBST_ID	zweite Substratschicht
subst_3_1	keine Mudde, keine Überflutungsabsätze
subst_3_2	Mudde, Mächtigkeit $> 0$ < 1 dm
subst_3_3	Mudde, Mächtigkeit $\geq 1$ dm < 3 dm
subst_3_4	Mudde, Mächtigkeit $\geq 3$ dm < 5 dm
subst_3_5	Mudde, Mächtigkeit $\geq 5$ dm
subst_3_6	bindige Überflutungssedimente

Tabelle 8: Merkmale von Bodentypen nach KA 5.

BO_TYP_ID	Symbole	Horizontfolgen der Bodentypen (Norm- und Subtypen)
bo_typ_1	GGn	Gley, Go innerhalb < 4 dm u. GOF beginnend, Gr $\geq 4$ dm u. GOF
bo_typ_2	rGG	entwässerter Gley mit rGo und / oder rGr, aktueller Go > 4 dm beginnend
bo_typ_3	GGh	Humusgley, Ah/Ah-Go $\geq 4$ dm mächtig*
bo_typ_4	rGGh	entwässerter Humusgley, mit rGo, aktueller Go > 4 dm u. GOF beginnend
bo_typ_5	GMn	Anmoorgley, Aa 1 - < 4 dm mächtig, Gr innerhalb < 4 dm u. GOF beginnend
bo_typ_6	rGM	entwässerter Anmoorgley, Gr > 4 dm u. GOF beginnend
bo_typ_7	GHn	Moorgley, og-Hn < 1 - 3 dm mächtig, Gr < 4 dm u. GOF beginnend
bo_typ_8	rGH	entwässerter Moorgley, Gr > 4 dm u. GOF beginnend
bo_typ_9	KVn	Normerdniedermoor, nHv/(nHt)/nHw/(nHr)/(IlfF) ... -Profil
bo_typ_10	KMn	Normmulmiedermoor, nHm/nHa/nHt/nHw/(nHr)/(IlfF) ... - Profil
bo_typ_11	KV-KM	Erdniedermoor-Mulmiedermoor, nHvm/(nHa)/(nHw)/(IlfF) ... - Profil
bo_typ_12	BB-rGG	entwässerter Braunerde-Gley, Bv bzw. Bv-rGo untergeordnet ausgeprägt
bo_typ_13	eBB-rGG	erodierter, entwässerter Braunerde-Gley, Bv-rGo kann fehlen, Braunfärbung
bo_typ_14	r.cGGh	entwässerter Kalkhumusgley
bo_typ_15	eBB-r.cGG	erodierter, entwässerter Braunerde-Kalkgley
bo_typ_16	BB-r.cGG	entwässerter Braunerde-Kalkgley

– Bei degradierten Mooren wurde die Entwässerung nicht separat gekennzeichnet.

– kein Auengley, da Auendynamik reliktsch

– \*schmale rGo-M-Horizonte (humusreich, schon teilweise Vermischung mit Ah) wurde in die Mächtigkeit des humosen Oberbodens einbezogen.

### Ableitung des Wasserstandes

Der Wasserstand unter Geländeoberfläche wurde unter Berücksichtigung der Hinweise nach (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005: 310) aus der Bodenfeuchtestufe aufeinander folgender Horizonte abgeleitet (vgl. Abfolgen in Tabelle 9). Trat im Schwankungsbereich des Grundwassers die Bodenfeuchtestufe 4 auf (Wasseraustritt durch leichtes Klopfen am Bohrer), so wurde auf den Kapillarsaum geschlussfolgert. Bei der Feuchtestufe 5 (deutlicher Wasseraustritt, Probe zerfließt, oft Kernverlust) und Feuchtestufe 6 (Kernverlust) erfolgte die Ableitung des Kapillarsaumes und / oder des Grundwasserstandes. Weil anhand des Bohrgutes relictische und rezente Hydromorphie Merkmale kaum zu unterscheiden waren, wurden nicht der mittlere Grundwasserhochstand (~ Obergrenze Go-Horizont) bzw. der mittlere Grundwassertiefstand (~ Obergrenze Gr-Horizont) ermittelt, sondern nur der zum Kartierzeitpunkt aktuelle Wasserstand. Die Angaben in Tabelle 17 stellen dabei die Mindesttiefe dar. Die Schätzung des Bodenfeuchtezustandes anhand der Bohrmutter erwies sich bei Torfen etwas schwieriger als beim Flusssand, sodass kleinere Fehleinschätzungen nicht auszuschließen sind.

Tabelle 9: Mindesttiefe des Wasserstandes unter der Geländeoberfläche abgeleitet aus der Bodenfeuchtestufe aufeinander folgender Horizonte.

WS_ID	Wasserstand u. GOF	Abfolge von Bodenfeuchtestufen
ws_01	> 3 dm	ab 3 bis 5 dm Feuchte 5, dann Kernverlust
ws_02	> 4 dm	ab 4 dm Feuchte 5, bei 6 bis 8 dm Kernverlust
ws_03	> 5 dm	bis 5 dm Feuchte 3 bzw. 3 und 4, dann Feuchte 5 und / oder Kernverlust
ws_05	> 6 dm	bis 6 dm Feuchte 3 bzw. 3 und 4, dann Feuchte 5 und / oder Kernverlust
ws_06	> 7 dm	bis 7 dm Feuchte 3 bzw. 3 und 4, dann Feuchte 5 und / oder Kernverlust
ws_07	> 8 dm	bis 8 dm Feuchte 3 bzw. 3 und 4, dann Feuchte 5 und / oder Kernverlust
ws_08	> 9 dm	bis 9 dm Feuchte 3 bzw. 3 und 4, dann Feuchte 5 oder Kernverlust
ws_09	> 10 dm	bis 10 dm Feuchte 3 bzw. 3 und 4
ws_10	nicht eindeutig	ein eindeutiger Feuchtegradient erkennbar, z. T. lateraler Zufluss
ws_11	nicht eindeutig	Kernverlust (Substrat zu trocken) bzw. Bodenfeuchte 2 und 3

Feuchte 4 = kapillarer Aufstieg; Feuchte 5 = kapillarer Aufstieg oder Grundwasserstand; Feuchte 6 = Kernverlust = Grundwasserstand

Entsprechend der Tabelle 5 bis Tabelle 9 wurde jeder Bohrpunkt typisiert und in einem Geografischen Informationssystem (ArcView GIS 3.3) dargestellt.

### 3.2.6 Anwendung der erhobenen Daten

#### Gebietscharakteristik

Die gewonnenen Daten wurden herangezogen, um das Gebiet hinsichtlich der aktuellen Torfmächtigkeit, Folgeböden und hydromorphen Verhältnisse (Wasserstände, Funktionsfähigkeit der Gräben) zu charakterisieren.

#### Vergleich mit den Inhalten vorliegender Kartenwerke

Die Ergebnisse der Boden- und Standortkartierung wurden mit den Inhalten aus den Kartenwerken verglichen und darauf aufbauend die Aktualität sowie Flächen- und Aussagenschärfe von Karten Grundlagen diskutiert. Für eine Vor-Ort-Erhebung planungsrelevanter Bodenmerkmale wurden diejenigen bestimmt, an deren Ausprägung der Standortwandel am offensichtlichsten ist.

### Diskussion planerischer Zielvorstellungen

Die Daten aus der Standortaufnahme dienten als Grundlage für die Diskussion, inwieweit planerische Zielvorstellungen im Polder "Götz-Gollwitz" realistisch sind und sich die für bestimmte Ziele erforderlichen Ausgangsvoraussetzungen einstellen ließen bzw. welche Bodenveränderungen zu erwarten wären. Zunächst wurden die in den verschiedenen Planungsunterlagen (Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan, Schutzgebietsverordnung) formulierten Zielvorstellungen gesichtet und zusammengetragen. Anschließend wurden anhand mehrerer, an verschiedenen Zielen ausgerichteter Entwicklungsszenarien die erforderlichen Änderungen von Rahmenbedingungen und durchzuführenden Maßnahmen, die Wirkung auf die Böden und derzeitige Flächennutzung sowie auf die Biotop- und Artenausstattung aufgezeigt. Auf Basis der prognostizierten Standortveränderungen erfolgte die Diskussion, inwieweit es in Abhängigkeit der Szenarien bzw. der dabei getätigten Maßnahmen im Einzelnen zum Erhalt bzw. zur Verbesserung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit von Böden kommt. Zudem erfolgte anhand dreier häufig auftretender Ausgangszustände eine vom Beispielgebiet losgelöste Diskussion zum Erhalt und zu Verbesserungsmöglichkeiten der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Böden (vgl. Kapitel 7.1).

### Bedeutung für die planerische Behandlung des Bodens

Die im Gelände erhobenen bzw. auf Basis der Literaturanalyse zur Maßnahmenwirkung ermittelten Bodenparameter wurde hinsichtlich ihrer Bedeutung für bestimmte planerische Fragestellungen bewertet. Unter dem Gesichtspunkt einer pragmatischen Herangehensweise wurden in Abhängigkeit von verschiedenen Umsetzungsinstrumenten bzw. der planerischen Ebene (Zielkonzept, Maßnahmenplanung, Erfolgskontrolle von Maßnahmenwirkungen) der Mindestumfang zu erhebender Parameter bestimmt.

### Methoden zur Überprüfung des Bodenzustandes im Gelände

Um Empfehlungen für die Methodik von Vor-Ort-Erhebungen des Bodenzustandes abzuleiten, wurde in verschiedenen Varianten die Weite des Bohrrasters im Nachhinein verändert und überprüft, inwieweit sich gegenüber dem 50 x 50 m-Raster die prozentuale Verteilung von Substratabfolgen ändert. Zudem erfolgte die Diskussion verschiedener Transektvarianten. Die Herleitung eines vertretbaren Erhebungsaufwandes wurde durch verschiedene umfangreiche Rechenbeispiele unterstützt, die auf Basis der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) und der im Beispielgebiet aufgetragenen Arbeitszeit kalkuliert wurden.

## **3.2.7 Handlungsempfehlungen**

Die Empfehlungen für die Bodenzustandserfassung von Niederungsflächen beziehen sich auf die wichtigsten Parameter, deren Erhebungsumfang und -methoden. Hinweise und Empfehlungen für die Vorgehensweise bei der Überprüfung und Erhebung des aktuellen Flächenzustandes sind in einem Ablaufschema zusammengefasst. Empfehlungen zur Ansprache des Aufwertungspotenzials von Niederungsböden bauen auf der Zusammenführung naturschutzfachlicher Zielvorstellungen, der Standortausprägung und der Wirkungen von Maßnahmen auf bzw. werden aus ihr abgeleitet.



## 4 Bodenentwicklung infolge von Entwässerung, Wiedervernässung und Extensivierung

### 4.1 Veränderung von Bodeneigenschaften nach Entwässerung

Die landwirtschaftliche Nutzung von Moorstandorten setzt prinzipiell deren Entwässerung voraus. Diese unterbricht den Torfbildungsprozess und leitet einen Mineralisierungsprozess ein. Die ausgelösten Bodenentwicklungsprozesse und die Wirkungen auf bodenphysikalische, -chemische, und -biologische Eigenschaften sind in der Literatur umfangreich und ausführlich dargestellt (u. a. STEGMANN & ZEITZ 2001, SCHMIDT 1994, SCHMIDT 1995, BLANKENBURG 1995 b, ZEITZ et al. 1987). Im Folgenden werden die wesentlichen Prozesse in knapper Form zusammengefasst und aufgezeigt, wie sich Bodenmerkmale grundlegend verändern. Für eine vertiefte Prozessbetrachtung wird auf die weiterführende Literatur verwiesen.

Die Veränderungen des Moorkörpers nach vorgenommener Entwässerung beginnen mit der Moorsackung. Darunter ist die Setzung oder Kompression der Moorablagerungen zu verstehen, die nach Entwässerung durch Erhöhung vertikaler Spannungen verursacht wird. In dem grundwasserfrei gewordenen Bereich kommt es zum Verlust des Auftriebes und zur vollen Wirkung der Gewichtskraft (STEGMANN & ZEITZ 2001). Durch die Verdichtung der Bodenpartikel wird das Wasser nicht nur in den entwässerten, sondern auch in unentwässerten Moorschichten verdrängt. Nach SCHMIDT (1994) reagieren vor allem die im Grundwasser verbliebenen Moorablagerungen (Torfe und Mudden) mit Setzung und Verdichtung. Ausschließlich im grundwasserfreien und durchlüfteten Teil des Moorkörpers führen Schrumpfs- und Quellungsprozesse zur Gefügeumbildung. Sie stellen vor allem für den unteren, stark von Wechsellösung geprägten Teil einen ausschlaggebenden Faktor dar. Bei der Schrumpfung entflechten sich Torfteilchen an Stellen geringerer Festigkeit und es entstehen senkrechte Schwundrisse. Eine genaue Beschreibung der Prozesse liefern STEGMANN & ZEITZ (2001). Im Zuge der sich wiederholenden Schrumpfsprozesse bilden sich weitere Risse, die zur Entstehung eines Torfsäulengefüges führen. Dieses Gefüge kann erhalten bleiben, wenn der Grundwasserstand nicht unter 5 dm unter Geländeoberfläche (GOF) abfällt. Fällt er jedoch auf 8 bis 12 dm unter GOF ab, so entwickeln sich die Risse zu Spalten, die in größere Tiefen reichen. Hierbei reißen die Torfsäulenköpfe nicht nur vertikal weiter, sondern auch horizontal auf. Sie entwickeln sich zu Polyedern mit Durchmessern von 5 bis 15 cm. Bei anhaltender, wechselnder Schrumpfung und Quellung sowie fortschreitender Austrocknung zerfallen die Grobpolyeder in 2 bis 5 cm kleine Polyeder (STEGMANN & ZEITZ 2001: 53). Das im Unterboden entstandene Gefüge wird als Aggregatgefüge bezeichnet. Es schränkt die vertikale und laterale Wasserbewegung im Moorkörper stark ein.

Infolge der intensiven Durchlüftung des grundwasserfreien Moorkörpers setzt durch Humifizierung und Mineralisation ein Prozess der sekundären, aeroben Torfzersetzung ein. Im oberflächennahen Bereich vollziehen sich eine stoffliche Veränderung des Torfsubstrates und eine Wandlung des Gefüges (SCHMIDT 1994). Der ursprüngliche Torf mit hohem Anteil an Pflanzenresten und filzförmigem Gefüge entwickelt sich zu einem Torf von amorpher Grundmasse mit Krümelgefüge. Eine grundlegende Bedeutung für die Gefügeausbildung hat die Anwesenheit von Bodentieren. So wird zum Beispiel durch die Fraßaktivität der Regenwürmer der Feinboden homogenisiert und es entstehen kleine, rundliche Aggregate (Krümel). Nach STEGMANN & ZEITZ (2001) wird der Prozess der sekundären, aeroben Torfzersetzung bei gleichzeitiger Ausbildung eines Krümelgefüges als Vererdung bezeichnet. Bei fortschreitender Austrocknung (Grundwasser tiefer als 8 dm unter GOF, SCHMIDT 1994) entwickelt sich aus

dem vererdeten Torf ein vermulmter Torf mit grusig-feinkörnigem, staubartigem Gefüge (Vermulmung). Zum Verlust an organischer Substanz (Torfschwund) führt die Mineralisation. Durch die mikrobielle Aktivität, angeregt durch die Zufuhr von Sauerstoff, erfolgt der vollständige Abbau hochmolekularer organischer Verbindungen zu einfachen anorganischen Stoffen (STEGMANN & ZEITZ 2001: 55). Gebundene Pflanzennährstoffe (u. a. Stickstoff, Kalium, Phosphor) werden freigesetzt.

Von Verlagerungs- und Auswaschungsvorgängen sind neben den Nährstoffen bei fortschreitender Humifizierung des Oberbodens auch die feinen, vermulmten Bodenpartikel betroffen. Es ist davon auszugehen, dass eingewaschene Huminstoffe, die Wechselfeuchtigkeit im Oberboden und die Wirkung starker Raddrucklast das Entstehen einer plattigen, lamellenartigen Gefügeschicht unterhalb der vererdeten bzw. vermulmten Hauptwurzelschicht verursachen. Diese Schicht kann sich in einer Tiefe zwischen 1,5 bis 2,5 dm unter GOF befinden und nach ZEITZ (1987) bis zu 1 dm mächtig sein. Stärke und Ausprägung hängen vom Grad der Oberbodendegradierung ab. Die stark verdichtete Schicht hat Auswirkungen auf den vertikalen Wassertransport.

Die dargelegten Prozesse verändern die Mooroberfläche und führen zur Herausbildung von Horizonten im Ober- und Unterboden. Dabei dominieren im Oberboden Humifizierungsprozesse und im Unterboden Gefügeumbildungsprozesse (SCHMIDT 2000). Selbiger Autor zeigt auf, dass die Ausbildungszeiten pedogener Merkmale bei Moorböden sehr kurz sind. In Abhängigkeit von der Entwässerungsintensität und der Moormächtigkeit können in wenigen Jahrzehnten Folgeböden entstehen. Durch den mittel- bis langfristigen Torfabbau ändert sich nicht nur der Bodentyp (z. B. aus Niedermoor wird ein Moorgley, Anmoorgley, Humusgley oder Gley), sondern auch der Substrattyp. SCHMIDT (2000) unterscheidet in mineralische und organische Folgeböden. Bei Ersteren steht infolge des Torfabbauens der mineralische Untergrund oberflächennah an. Von organischen Folgeböden wird gesprochen, wenn auf dem restlichen Torfkörper organische Muddede folgt. Eine Stellung zwischen mineralischen und organischen Folgeböden nehmen Böden ein, bei denen Kalkmudde oder Tonmudde ansteht. Insgesamt sind in Abhängigkeit von den Wasser- und Nährstoffverhältnissen zahlreiche Typen und Subtypen von Folgeböden denkbar. Über die Herausbildung und Eigenschaften von Folgeböden ist bisher relativ wenig bekannt (SCHMIDT 2000). SCHLEIER & BEHRENDT (2000) stellen erste Untersuchungsergebnisse vor. Mit der Bodenentwicklung in entwässerten Mudden beschäftigt sich CHMIELESKI (2006). Es wird deutlich, dass bei Folgeböden die Eigenschaften der verschiedenen Untergrundsubstrate (Mudden und mineralische Substrate unterschiedlicher Korngrößenzusammensetzung) an Einfluss gewinnen.

Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang zwischen veränderten Bodeneigenschaften und den sich daraus ergebenden Einschränkungen der Leistungsfähigkeit am Beispiel von Torfböden.

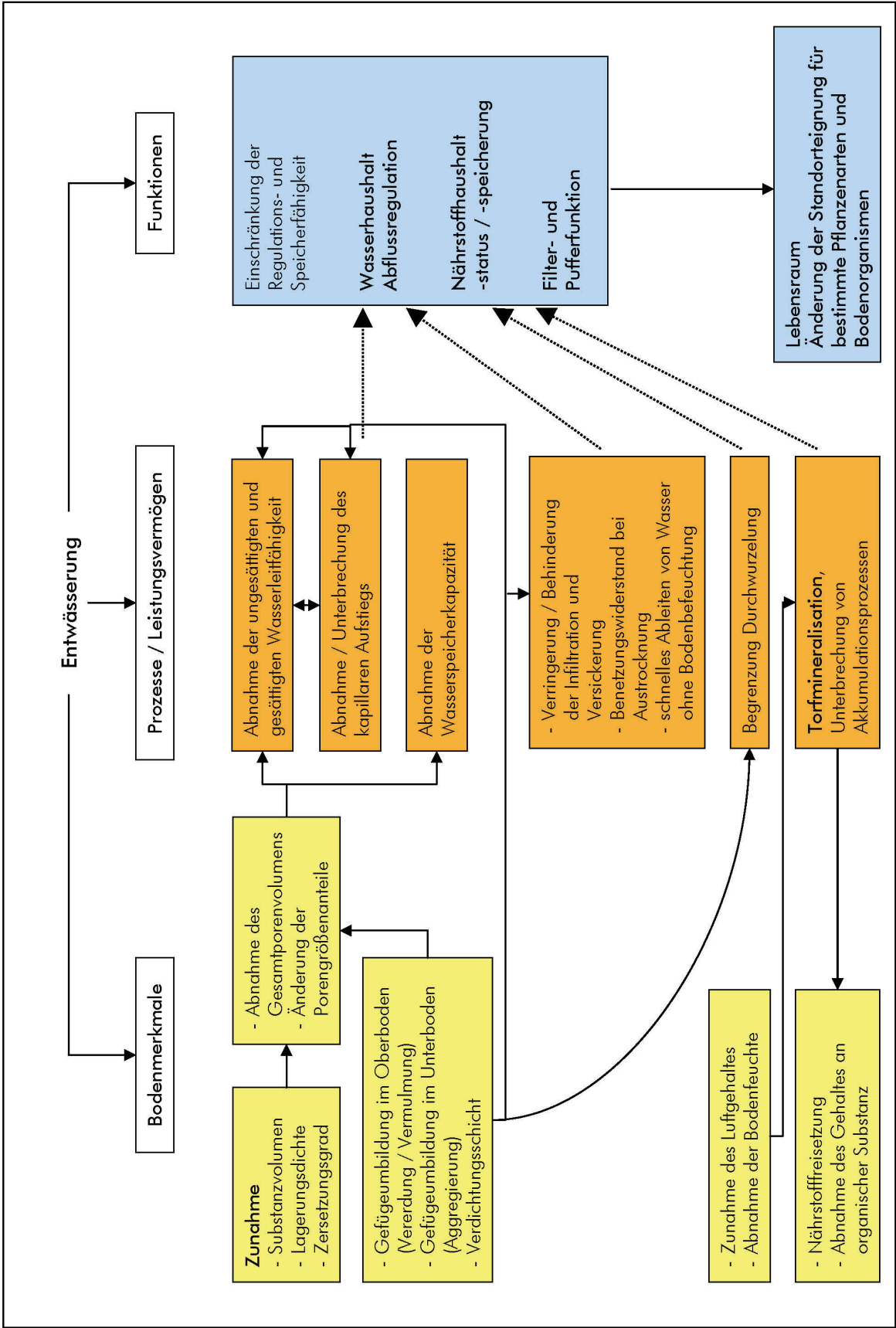


Abbildung 1: Veränderungen von Eigenschaften und Einschränkung der Leistungsvermögens von entwässerten Niedermoorböden.

Deutlich wird, dass die Entwässerung von Niedermooren zu einer Veränderung der Funktionsfähigkeit und des Standortcharakters führt. Die sehr gute Wasserleit- und -speicherfähigkeit unentwässerter Moore geht verloren. Stark aggregierte Unterböden behindern den kapillaren Aufstieg des Grundwassers. Niederschlagswasser kann aufgrund vermulmter Oberböden bzw. einer herausgebildeten Verdichtungsschicht nur schwer bis gar nicht infiltrieren. Oder es wird über Spalten und Klüfte in den Untergrund abgeführt, ohne den Boden zu durchfeuchten. Die Moorstandorte können bis weit ins Frühjahr hinein überstaut sein, im Sommer hingegen infolge von Verdunstung stark austrocknen. Die auf Moorsackung zurück zuführende Mikroreliefierung verursacht ebenfalls eine ungleiche Verteilung der Bodenfeuchte. Aufgrund unterschiedlicher Grundwasserflurabstände trocknen die Rücken aus, während die Senken, zum Teil verstärkt durch Sammelwasserzulauf, noch vernässt sind (SAUERBREY et al. 1991). Das Wasserregime (Grund- und Stauwasser) solcher Standorte wird zunehmend schwerer beherrschbar (SCHULTZ-STERNBERG et al. 2000). SUCCOW (1999) stellt dar, wie sich aus Grundwasser beherrschten Standorten zunächst Stauwasserstandorte und dann vorherrschend durch Haftnässe geprägte Standorte mit Sammelwasser entwickelt haben. Die Wirksamkeit des Grundwassereinflusses verringert sich zunehmend.

Der durch Mikroreliefierung, Wechselfeuchtigkeit und veränderte Substratabfolgen gekennzeichnete Standortwandel spiegelt sich in der Vegetationsausprägung wider. SUCCOW (1986) stellt ausführlich den Standort- und Vegetationswandel intensiv landwirtschaftlich genutzter Niedermoore dar. Die einst durch extensive Nutzung (keine oder nur geringe Düngung, schwache Entwässerung) hervorgerufene floristische und pflanzensoziologische Vielfalt, die ihren Höhepunkt Mitte bis Ende des 19. Jahrhunderts fand, nimmt mit der Nutzungsintensivierung (Komplexmelioreation zu Beginn der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts) gravierend ab. Die noch bis in die 60er Jahre des 20. Jahrhunderts anzutreffenden Ried- und Feuchtwiesen sind heute in derartiger Zusammensetzung nicht mehr zu beobachten. Feuchtwiesenarten, die deutlich einen Grundwassereinfluss anzeigen, fallen infolge des veränderten Wasserregimes aus. Sie werden ersetzt durch Arten, die besser an Haftnässe (durch Oberbodenverdichtung), Sammelwasser und Oberbodenaustrocknung angepasst sind. Nach TIETZE (1978, 1992) zit. in SUCCOW & JOOSTEN (2001: 467) kann sich der Oberboden in strahlungsintensiven Sonnentagen auf über 50 °C erwärmen und durch die Verdunstung der Feuchtigkeit der Wassergehalt unter den Welkepunkt sinken.

Auf den hocheutrophierten Standorten breiten sich Ruderalpflanzen aus nitrophilen Staudenfluren oder bei abgestorbener Grasnarbe bzw. lückenhaftem Aufgang der Ansaat Nährstoff liebende Ackerwildkräuter aus (SUCCOW 1986). Die Vegetationsbestände werden heute u. a. von Gewöhnlicher Quecke (*Elytrigia répens*), Großer Brennnessel (*Urtica dióica*) oder Flutrasenarten wie Knick-Fuchsschwanz (*Alopecúrus geniculátus*) und Weißes Straußgras (*Agróstis stolonífera*) geprägt. Stark entwässerte Niedermoore liefern geringe Erträge mit schlechter Futterqualität. Bei lückiger Vegetation (Trockenheits- und Nässeschäden) und ausgetrocknetem Oberboden sind die Böden durch Winderosion gefährdet.

Die Veränderung der Standortausprägung für bestimmte Tier- und Pflanzenarten (Lebensraumfunktion), die eingeschränkte Regulations- und Speicherfähigkeit im Wasser- und Nährstoffhaushalt, die Unterbrechung von Akkumulationsprozessen (Filter- und Pufferfunktion) sowie die Zerstörung der Archivfunktion kennzeichnen heute in vielen Niederungen die Leistungsfähigkeit von Böden.

## 4.2 Die Maßnahmen Wiedervernässung und Extensivierung

### 4.2.1 Definitionen

Nach einer Definition von LANDGRAF (1999) wird unter Wiedervernässung die Anhebung des Grundwasserstandes auf das Niveau verstanden, auf dem Moorwachstum möglich ist. Voraussetzung für Moorwachstum sind Grundwasserstände, die im Sommer nicht tiefer als 2 dm unter GOF absinken. HENNINGS (1996) gibt an, dass die Wasserstände im Sommer nur kurzzeitig auf 1 dm unter GOF absinken dürfen, um die "Quellfunktion" der Moorböden zu stoppen. LANDGRAF (1999) definiert Entwässerungsgrade, mit denen der Begriff Vernässung abgegrenzt werden kann. Darunter ist die Anhebung des Grundwasserstandes um mindestens eine Entwässerungsstufe zu verstehen. So ist beispielsweise die Anhebung des Wasserstandes von 8 dm auf 5 dm als Vernässung, aber noch nicht als Wiedervernässung zu betrachten.

Tabelle 10: Entwässerungsgrade von Standorten nach LANDGRAF (1999).

Entwässerungsgrad des Standorts	Grundwasser in dm unter GOF
E0 - unentwässert	0 bis 2
E1 - mäßig entwässert	2 bis 4
E2 - stark entwässert	4 bis 7
E3 - extrem entwässert	> 7

In diesem Kontext sind die Begriffe "Moorrenaturierung" und "Moorregenerierung" voneinander zu unterscheiden. Unter Moorregeneration versteht LANDGRAF (1999) die Wiedererlangung moorspezifischer Eigenschaften mit Torfbildung aufgrund der Wiedervernässung. Der Zeitraum wird mindestens 50 Jahre betragen. Bei einer Moorrenaturierung etablieren sich moortypische Phytozönosen, Torfbildung wird in der Regel nicht erreicht (LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) 1998: 75). In der vorliegenden Arbeit wird sowohl auf die Moorregeneration als auch die Moorrenaturierung Bezug genommen, der Einfachheit halber aber nur der Begriff Wiedervernässung benutzt.

Bei der Begriffsbestimmung der Extensivierung sind nach NITSCHKE & NITSCHKE (1994) zunächst extensive Grünlandnutzung und Grünlandextensivierung zu unterscheiden. Eine extensive Grünlandnutzung ist in der Regel mit naturbedingten, ungünstigen Standortverhältnissen (z. B. steile Hänge, flachgründige Böden oder vernässte Flächen) verbunden. Sie kann aber auch auf besseren Standorten etabliert sein. Charakteristisch für Extensivgrünland ist eine ein- bis dreimalige Nutzung, bei der Mahd und Beweidung vielfältig miteinander gekoppelt werden können. Extensivgrünland zeichnet sich durch standortangepasste, meist artenreiche Pflanzenbestände mit wesentlich geringeren Erträgen als bei intensiver Grünlandnutzung aus (ebd.). Intensivgrünland bedingt einen hohen Pflege- und Düngeraufwand. Der Pflanzenbestand wird durch wenige Futterpflanzen bestimmt, die eine hohe Schnittanzahl und Trittbelastung vertragen. Nach NITSCHKE & NITSCHKE (1994) können sich standortangepasste Pflanzengesellschaften nicht mehr entwickeln. Eine Grünlandextensivierung setzt u. a. bei den durch intensive Nutzung verursachten hohen Nährstoffgehalten im Boden an. Durch eine gezielte Mehrfachschnittnutzung und Reduzierung des Düngemittelseinsatzes soll das Nährstoffniveau auf die natürlichen Standortverhältnisse eingestellt werden. Der Prozess des Nährstoffabbaues wird als Aushagerung bezeichnet. Dieser kann bis zu mehr als 10 Jahren andauern (ebd.).

Grünlandextensivierung zielt aber nicht nur auf Aushagerung und damit auf die Etablierung gewünschter Zielarten (Biotop- und Artenschutz), sondern auch auf Marktentlastung (aus wirtschaftlicher

Sicht), auf Entlastung von Schadstoffen in Boden, Wasser, Luft und Nahrungskette sowie auf den Erhalt einer strukturierten Kulturlandschaft ab (NITSCHKE & NITSCHKE 1994).

#### **4.2.2 Mit den Maßnahmen verbundene Zielvorstellungen des Boden- und Naturschutzes**

Die mit einer Wiedervernässung und Grünlandextensivierung verbundenen Ziele sind sehr vielfältig. In Abhängigkeit der einzelnen Interessenlagen (Bodenschutz, Biotop- und Artenschutz, Ressourcenschutz, Landschaftswasserhaushalt) können die Ziele und die darauf beruhende Ausgestaltung der Maßnahmen recht unterschiedlich sein.

Bei der Grünlandextensivierung handelt es sich um eine komplexe Maßnahme, die sich aus mehreren Einzelmaßnahmen zusammensetzt. So lässt sich eine extensivere Nutzungsform über die Veränderung von Schnitthäufigkeit und -zeitpunkt (analog für Beweidung), die Reduzierung oder Einstellung des Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes, die Unterlassung von Umbrüchen und verschiedener Pflegemaßnahmen (Walzen, Schleppen) und Erhöhung des Wasserstandes realisieren. Hierbei wird deutlich, dass es nicht eine einzige Extensivierungsmaßnahme gibt. Größere Ausgestaltungsmöglichkeiten sind auch bei Vernässungsmaßnahmen hinsichtlich des Niveaus der Anhebung des Wasserstandes vorhanden.

Aus der Sicht des (Moor-)Bodenschutzes sind die Ziele, die mit einer Wiedervernässung erreicht werden sollen, in der Literatur umfangreich beschrieben (Succow & Joosten 2001, HARTER & LUTHARDT 1996, HARTER 1999, HENNINGS 1996). Eine Anhebung des Wasserstandes zielt darauf ab, die in Kapitel 4.1 beschriebenen Prozesse der Gefügebildung, der Humifizierung und Mineralisation, die zu einer Veränderung bzw. Einschränkung der Leistungsfähigkeit u. a. im Wasser- und Stoffkreislauf führen, zu verlangsamen bzw. zu unterbinden. Durch die erhoffte Rückquellung der Torfe und Mudden sowie Porenauffüllung würde sich die Wasserleitfähigkeit bzw. Wasserspeicherung erhöhen. Es wird davon ausgegangen, dass sich im Zuge einer Wiedervernässung die Bodenstruktur verbessert, Nähr- und Schadstoffe gebunden werden und die Standortbedingungen für bestimmte Lebensgemeinschaften positiv entwickeln (HARTER 1999). Auch eine extensivere Nutzungsform (Verzicht auf Umbruch) soll dazu beitragen, die Prozessabläufe zu verlangsamen. Aus Sicht des Biotop- und Artenschutzes sollen über Vernässung und Extensivierung die Standortbedingungen verbessert werden, um beispielsweise Voraussetzungen (nährstoffärmerer Zustand; offene, lückige Vegetationsstruktur; erhöhter Grundwasserstand) für die Ansiedlung und den Erhalt von Feuchtwiesenarten und Wiesenbrüter zu schaffen (HARTER 1999, ROTH et al. 2001). Die Abbildung 2 strukturiert die aufgeführten Zielvorstellungen. Der gestrichelte Pfeil und der Fettdruck heben hervor, dass Wiedervernässung nicht allein auf den Boden orientiert ist, sondern auch auf Vegetation und Fauna wirkt.

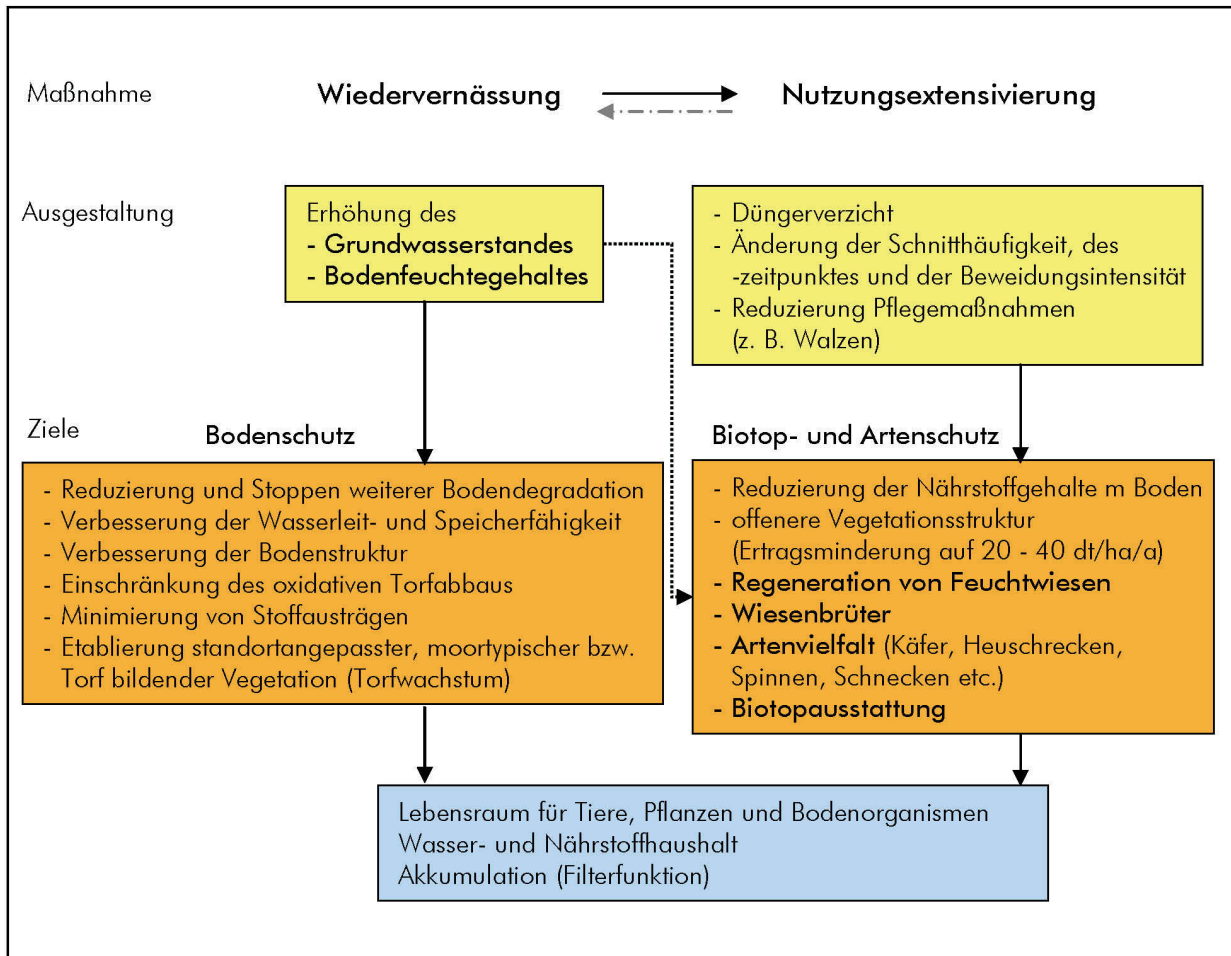


Abbildung 2: Die mit den Maßnahmen Wiedervernässung und Extensivierung verbundenen Zielvorstellungen des Boden- sowie Biotop- und Artenschutzes.

### 4.2.3 Maßnahmenwirkungen auf Grundlage einer Literaturanalyse

Erfahrungen aus Vernässungs- und Extensivierungsprojekten liegen für verschiedene Niedermoorgebiete in Deutschland vor. Dazu zählen u. a. die Friedländer Große Wiese (Mecklenburg Vorpommern, SCHMIDT 1995), das Finowtal und die Sernitzniederung (Brandenburg, HARTER & LUTHARDT 1996, HARTER 1999), der Dümmer und Drömling (Niedersachsen, KRATZ & PFADENHAUER 2001) sowie das Rhinluch (Brandenburg, ebd.). Diese und eine Vielzahl anderer Projekte sind von HILLER (2000) gesichtet und deren wichtigste Ergebnisse und Folgerungen zusammengestellt worden. Nachfolgende Rechercheergebnisse konzentrieren sich auf veränderte Bodeneigenschaften und Lebensgemeinschaften. Der Bezug zu einzelnen Bodenfunktionen wird dabei herausgestellt.

#### 4.2.3.1 Wiedervernässung

##### 4.2.3.1.1 Reaktion von Bodenorganismen (Lebensraumfunktion, Standorteignung für Bodenorganismengesellschaften)

HARTER & LUTHARDT (1996) weisen bei Vernässung eine Erhöhung der Fraßaktivität der Mesofauna und eine Abnahme des mikrobiellen Zelluloseabbaus nach. Damit ist durch Vernässung eine Annäherung an Verhältnisse nicht degradierter Standorte (Erdniedermoorstandorte, Feuchtwiesen ohne Umbruch)

möglich. Auf diesen besteht ein Gleichgewicht zwischen der Aktivität der Bodentiere und Mikroorganismen (LUTHARDT 1991). Das ausgeglichene Wechselspiel ist Voraussetzung für den Aufbau von Dauerhumus, d. h. stabilen Humuskomplexen. Auf stark entwässerten, intensiv genutzten Standorten überwiegt die mikrobielle Aktivität, das Wechselspiel ist gestört (ebd.).

HARTER & LUTHARDT (1996) belegen bei ihren Untersuchungen weiterhin, dass höhere Wasserstände eine Abnahme der Regenwurmdichte bedingen. KRATZ et al. (2001) beschreiben ebenfalls geringere Bestandesdichten von Regenwürmern, Schnaken- und Käferlarven auf sehr nassen im Vergleich zu weniger nassen Grünlandflächen. Vor allem mesophile, nicht an hohe Feuchte angepasste, endogäische Makroarthropoden, d. h. Spinnentiere, Krebstiere, Tausendfüßer, Hunderfüßer, Asseln, Insekten, die im mineralischen Boden leben, reagieren mit starkem Rückgang bei Überstau und Bodennässe. Aber auch die Reproduktion hygrophiler Feuchtwiesenarten (Laufkäfer), die „... im Gegensatz zu Überstauungsspezialisten keine jahreszeitlich flexiblen Fortpflanzungszeiträume haben ...“, ist bei Flächenüberstau zur Fortpflanzungszeit beeinträchtigt (KRATZ et al. 2001: 162).

#### **4.2.3.1.2 Reaktion der Vegetation (Lebensraumfunktion, Standorteignung für Pflanzengesellschaften)**

HARTER & LUTHARDT (1996) stellen bei geringer Vernässung (Grundwasserstand (GWS) 4 bis 6 dm unter GOF) keine wesentliche Veränderung artenarmer Grünlandgesellschaften fest. Auch bei mäßiger Vernässung (GWS 3,5 bis 4,5 dm unter GOF) blieben Feuchtwiesenarten aus. Sie beobachteten auf vermulmten Standorten eine Etablierung von Arten mit eher wechselfeuchtem / -nassem Charakter. Bei starker Vernässung (GWS zeitweise über Flur und oberflächennah) bilden sich Dominanzen von Schilf (*Phragmites australis*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) und Seggen (*Carex spec.*) heraus (HARTER & LUTHARDT 1996, HARTER 1999). Aufgrund der Konkurrenzkraft dieser Arten auf eutrophen Standorten werden Arten der Feuchtwiesen (*Calthion*) nicht gefördert. Niedrigwüchsige und lichtbedürftige Arten der Feuchtwiesen, Flutrasen und Kleinseggensümpfe reagieren bei dauerhafter Wiedervernässung mit einem starken Rückgang und Totalausfall. Auf degradierten Standorten, die nicht dauerhaft vernässt werden können, führt ein langer Überstau zu Narbenschäden, instabilen Beständen und Etablierung von Störanzeigern (KUNDEL 1993).

Voraussetzung für die Etablierung von Feuchtwiesenarten ist ein ausgeglichener, oberflächennaher Grundwasserstand. Im Sommer sollte der Wasserstand nicht tiefer als 4 dm unter Flur absinken (PFADENHAUER et al. 2001). Überflutungen müssen auf das Winterhalbjahr (Mitte bis Ende März) beschränkt bleiben (HELLBERG et al. 2003). Ein zu langer Überstau (Mitte April bis Mai, Sommerüberflutung) bzw. starke Wechselfeuchte / -nässe stellen kein Feuchtwiesen typisches Wasserregime dar (PFADENHAUER et al. 2001, HELLBERG et al. 2003).

#### **4.2.3.1.3 Veränderungen physikalischer Bodeneigenschaften (Wasserhaushalt, Abflussregulation)**

SCHMIDT (1995) belegt für die Friedländer Große Wiese nach 20 Monaten Wiedervernässung dieses tiefgründigen, zuvor stark entwässerten Moores eine vertikale Rückquellung um 13,5 %. Das entspricht einer Höhe von 18 cm, von denen 13 cm auf die Rückquellung des Ober- und Unterbodens sowie 5 cm auf die Schwellung des wassergesättigten Untergrunds entfallen. Dabei verringert sich die Lagerungsdichte um 3 %. Im Zuge der beobachteten Rückquellung vergrößert sich das Gesamtporen-



volumen. Der Grobporenanteil nimmt um 2 Vol.-% und der Mittelporen um 1 Vol.-% zu. Der Feinstporenanteil bleibt unverändert.

Die Rückquellung infolge höherer Grundwasserstände führt nach HARTER & LUTHARDT (1996) zum Schließen der Schwundrisse und -spalten. Für BLANKENBURG (1995 a) ist die Rückquellung der Torfe die Voraussetzung für die Zunahme der Wasserspeicherung. HENNINGS (1996) ist der Auffassung, dass die Aggregation der Torfe auch durch eine Rückquellung irreversibel ist. Dies belegen aggregierte Torfhorizonte, die über Jahrhunderte unter Grundwassereinfluss standen und erkennbar blieben. Ob sich das Oberbodengefüge (vermulmte Horizonte) bei Wiedervernässung tatsächlich verbessert, kann bisher nicht sicher belegt werden. Nach ZEITZ (23.03.2005, schriftl. Mitt.) beobachtete Lehrkamp ein "Verklumpen" vermulmter Bodenschichten. Grundlagenuntersuchungen liegen nicht vor. SCHMIDT (1995) stellt fest, dass sich vermulmte Torfe sehr gut wiederbefeuchten lassen, vorausgesetzt sie trocknen nicht aus. Auch HARTER & LUTHARDT (1996) berichten, dass sich Mulmniedermoore schneller wiederbefeuchten ließen als erwartet. Allerdings dürfen die Wasserstände nicht tiefer als 4 dm unter GOF sinken, da diese bei Austrocknung des Oberbodens für eine Wiederbefeuchtung nicht ausreichen. Durch Feuchthaltung der Oberböden kann sich das Infiltrationsvermögen mittelfristig verbessern.

Eine Verbesserung der hydraulischen Leitfähigkeit hängt von dem Maß der Torfrückquellung, von der Zunahme Wasser leitender Grob- und Mittelporen und von der positiven Gefügeentwicklung ab. SCHMIDT (1995) stellte in der Friedländer Großen Wiese eine Erhöhung der gesättigten / ungesättigten Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) fest. Die gesättigte Wasserleitfähigkeit stieg um 0,07 m/d von 0,23 auf 0,30 m/d. Auch SAUERBREY (1995) weist nach längerer Durchfeuchtung des Torfkörpers eine Verbesserung der ungesättigten, kapillaren Wasserleitfähigkeit nach. Allerdings können die ursprünglichen kf-Werte eines wachsenden Nieder Moores bei Weitem nicht erreicht werden. Das hängt u. a. damit zusammen, dass mit steigendem Zersetzungsgrad die Wasserdurchlässigkeit und der kapillare Aufstieg sinken (ZEITZ 2001: 85 ff.). Beispielsweise beträgt bei einem unberührten Durchströmungsmoor der mittlere kf-Wert 2,5 m/d.

Nach SCHMIDT (1995) erhöhte sich die nutzbare Feldkapazität (Verbesserung der Wasserspeicherkapazität) nur um etwa ein Prozent.

#### **4.2.3.1.4 Veränderungen chemischer Bodeneigenschaften und -prozesse (Nährstoffhaushalt, Nährstoffverfügbarkeit)**

Die Verlangsamung bzw. Unterbindung der Torfmineralisation hängt vom Vernässungsniveau und den daran gekoppelten unterschiedlichen Zelluloseabbauraten ab. Nach HARTER & LUTHARDT (1996) wird der mikrobielle Zelluloseabbau bei starker Vernässung (GWS 1 dm unter GOF) erheblich eingeschränkt (vgl. Kapitel 4.2.3.1.1). Bei mäßiger Vernässung (GWS 2 bis 3,5 dm unter GOF) lassen sich die Abbauraten auf 10 bis 20 Prozent vermindern. Steht hingegen das Grundwasser 4 bis 6 dm unter Flur an, dann sinken die Abbauraten nicht auf weniger als 40 Prozent. Bei degradierten Böden sind für die Reduzierung des Zelluloseabbaues, der nicht vollständig unterbunden werden kann, ein Bodenluftgehalt kleiner 8 Vol.-% und Bodenfeuchtegehalte zwischen 65 bis 75 Prozent über die gesamte Vegetationsperiode erforderlich (HARTER & LUTHARDT 1996). Die Abbauraten laufen erst gegen null, wenn der Porenraum vollständig Wasser gesättigt ist. Der Bodenfeuchtegehalt beträgt bei Wassersättigung mehr als 80 Vol.-% (ZEITZ 2001: 91) und der Luftgehalt liegt zwischen 3 bis 5 Vol.-%

%. (SCHMIDT 1995, HARTER 1999). Mit sinkenden Mineralisierungsraten geht die Kohlendioxid-Freisetzung zurück.

Die Höhe der Ammonium- und Nitratgehalte hängt nach KOPPISCH (2001 a: 19 ff.) stark vom Grad der Vernässung ab. Bei angehobenen Wasserständen von 2 bis 6 dm unter GOF überwiegt Nitrat in der Bodenlösung wie in entwässerten Mooren. Wechselfeuchtigkeit kann in den betroffenen Bodenbereichen die Mineralisierung verstärken und damit zu einem Anstieg der Nitratkonzentration führen (KOPPISCH 2001 a, HAUSCHILD & SCHEFFER 1995). Bei Wiedervernässung bis über Geländeoberfläche liegen noch 1 bis 30 Prozent des mineralisierten Stickstoffes in Form von Nitrat vor.

Der organisch gebundene Phosphor (40 Prozent des Gesamtgehaltes) ist den Pflanzen nicht verfügbar und wird erst durch Mineralisation der organischen Substanz frei. Phosphor wird unter oxidischen Bedingungen bei hohen Kalk- und Eisengehalten festgelegt, d. h. sorptiv an Fe(III)-Hydroxide und Oxidhydrate gebunden. Diese Verbindung ist redoxempfindlich. Eine verstärkte Freisetzung des Phosphors bei niedrigem Redoxpotenzial (anoxische Bedingungen, Vernässung) belegen HARTER & LUTHARDT (1996), LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) (1998) und KALBITZ et al. (1999). GELBRECHT & KOPPISCH (2001: 24f.) diskutieren, dass für wiedervernässte Moore keine verallgemeinerungsfähigen Daten vorliegen. Während einerseits erhöhte P-Konzentrationen im Porenwasser nachgewiesen werden (LENGSFELD 1998, GELBRECHT & LENGSELD 1998, beide zit. in GELBRECHT & KOPPISCH 2001: 24 ff.) und somit auf einen erhöhten P-Austrag geschlossen werden müsste, finden BEHRENDT (1996) und GENSIOR & ZEITZ (1999) einen Rückgang der P-Austräge.

Bei der Auflösung von Eisenoxiden und Hydroxiden werden auch andere mit ihnen assoziierte Elemente freigesetzt (GENSIOR & ZEITZ 1999). Die Auswaschung der Elemente stieg mit fortschreitender Versuchsdauer an. Die Elementfrachten von Kalzium, Sulfat, Mangan oder Eisen in der Bodenlösung sowie die Auswaschungsverluste sind zum Teil sehr hoch. Eine erhöhte Löslichkeit weist ebenfalls LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) (1998) nach. Auch Kalium, als mobiler Stoff, ist leicht auswaschbar. BEHRENDT et al. (1998) und LUA (1998) stellen mit Erhöhung des Grundwasserstandes eine Begünstigung der Kaliumauswaschung fest. HARTER & LUTHARDT (1996) und HARTER (1999) messen hingegen bei Vernässungsmaßnahmen im Finowtal eine Zunahme der Kaliumgehalte. Sie erklären diese durch eine gebremste Kaliumaufnahme infolge verminderter Mineralisierungsrate sowie durch eine Zufuhr über das Grundwasser.

GENSIOR & ZEITZ (1999), die im Rahmen einer Niedermoorsanierung (Schilfanbau und Wiedervernässung u. a. mit kommunalen Abwässern) bodenchemische Eigenschaften untersucht haben, weisen nach, dass intakte Dränungen in ihrem Einzugsbereich anhaltende teiloxidative / oxidative Verhältnisse bedingen. Dränbedingte, positive Redoxpotenziale führen zur Bildung von Schwefelsäure, welche vertikal in tiefere Schichten verlagert wird und dort pH-Wert-Absenkungen verursacht. Die räumliche Variabilität des pH-Wertes ist auch nach der Wiedervernässung sehr groß und die daraus resultierenden Veränderungen sehr gering.

#### **4.2.3.1.5 Zusammenfassung der Veränderung bodenphysikalischer und -chemischer Eigenschaften sowie die Reaktion von Bodenorganismen und Vegetation nach Wiedervernässung**

Bei Wiedervernässungsversuchen sind Veränderungen bodenphysikalischer Eigenschaften belegt, jedoch ist ihr Ausmaß gering. Nach SUCCOW & JOOSTEN (2001) und SCHMIDT (1995) ist die Schrumpfung, v. a. die Erstschrumpfung, irreversibel. Die ursprüngliche Lagerungsdichte und das Gesamt-

porenvolumen können auch bei nachweisbarer Rückquellung nicht wiederhergestellt werden. Aufgrund der bisher geringen Rückquellung steigt die nutzbare Feldkapazität (Wasserspeicherkapazität) um keinen nennenswerten Betrag an. Infolge der starken Strukturierung des Torfkörpers (Aggregation), die durch Rückquellung nach HENNINGS (1996) nicht vollständig rückgängig gemacht werden kann, wird eine hohe ungesättigte Wasserleitfähigkeit wie die der nHw-Horizonte durch Wiedervernässung nicht erreicht. Auch die Zersetzungsstufe der Torfe kann sich nicht rückwandeln. Die vernässungsrelevanten, bodenphysikalischen Eigenschaften, die sich durch Entwässerung (sekundäre Bodenbildung) hinsichtlich des Leistungsvermögens im Wasserhaushalt negativ verändert haben, verfügen nur über ein eingeschränktes Regenerationsvermögen (HENNINGS 1996).

Vernässung führt **sowohl eine Erhöhung** (v. a. Phosphat, Eisen, Mangan, Kalzium, Schwefel, Methan) **als auch eine Senkung** (Kohlenstoff, Nitrat, Protonen) **des Stoffumsatzes und -austrages** herbei. Wie lange Stofflösungs- und Auswaschungsprozesse nach Vernässung andauern, kann noch nicht abgeschätzt werden (GENSIOR & ZEITZ 1999). Vor allem dann nicht, wenn intakte Dränsysteme vorhanden sind. Beide Autoren fordern daher bei Wiedervernässungsmaßnahmen die Schließung aller unterirdisch vorhandenen Dränsysteme. Außerdem darf eine Wiedervernässung nicht rückgängig gemacht werden, da es ansonsten bei Anstieg des Redoxpotenzials zur Lösung der unter reduzierten Bedingungen gespeicherten Nähr- und Schadstoffe sowie zur Säurebildung kommen würde. Prozesse, die zu einer Speicherung von Nähr- und Schadstoffen, zum Beispiel durch Sulfidbildung, oder zum Anstieg des pH-Wertes führen (Verbrauch von Protonen bei Reduktionsprozessen) wirken bei intakten Dränungen und Wechselfeuchtigkeit nur begrenzt (GENSIOR & ZEITZ 1999). Eine mäßige Vernässung begünstigt N-Austräge und wirkt hohen P-Austrägen entgegen. Bei dauerhaftem Überstau wird der N-Austrag reduziert, aber die P-Austräge nehmen zu. ESCHNER & LISTE (1995) unterstreichen, dass der Einfluss der Wiedervernässung auf die Änderung der Stoffgehalte vom Grad der Bodenentwicklung überprägt wird. Neben der Bodenentwicklungsstufe beeinflussen die Standortausprägung (Substrat- und Grundwasserbeschaffenheit) die Stoffumsetzungsprozesse.

Während die Reaktion der Vegetation auf Wiedervernässung umfangreich untersucht ist (KUNDEL 1993, HARTE & LUTHARDT 1996, HARTE 1999, PFADENHAUER et al. 2001, KRATZ et al. 2001, HELLBERG et al. 2003, BLÜML & BELTING 2003) und Ergebnisse über die Bestandesveränderungen der Wirbellosenfauna (Laufkäfer, Heuschrecken) zumindest beispielhaft vorliegen (KRATZ et al. 2001), sind Untersuchungen über die Reaktion von Bodenorganismen seltener (LUTHARDT & HARTE 1996, LUTHARDT 1991, KRATZ et al. 2001). Die Gründe dafür sind zum einen im hohen Erhebungsaufwand und zum anderen in der großen Vielfalt epigäisch und endogäisch lebender Artengruppen zu sehen (Einzeller, Bakterien, Pilze, Algen, Spinnen- und Krebstiere, Tausendfüßer, Hunderfüßer, Insekten, Ringelwürmer etc.). Trotz der relativ wenigen Untersuchungen zu Bodenorganismen verdeutlichen doch sämtliche Arbeiten, dass sich **Flora und Fauna** durch Rückgang, Zunahme oder Neuetablierung an **Standortveränderungen anpassen**.

Die Abbildung 3 fasst die Wirkungen von Wiedervernässung auf die Bodeneigenschaften und Lebensgemeinschaften zusammen. Sie setzt die veränderten physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften in Beziehung zur Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Niedermoorböden. Die Beurteilung der Wirkungen von Maßnahmen auf die Verbesserung von Bodenfunktionen wird in den Kapiteln 4.2.5 und 7.1 fortgesetzt.

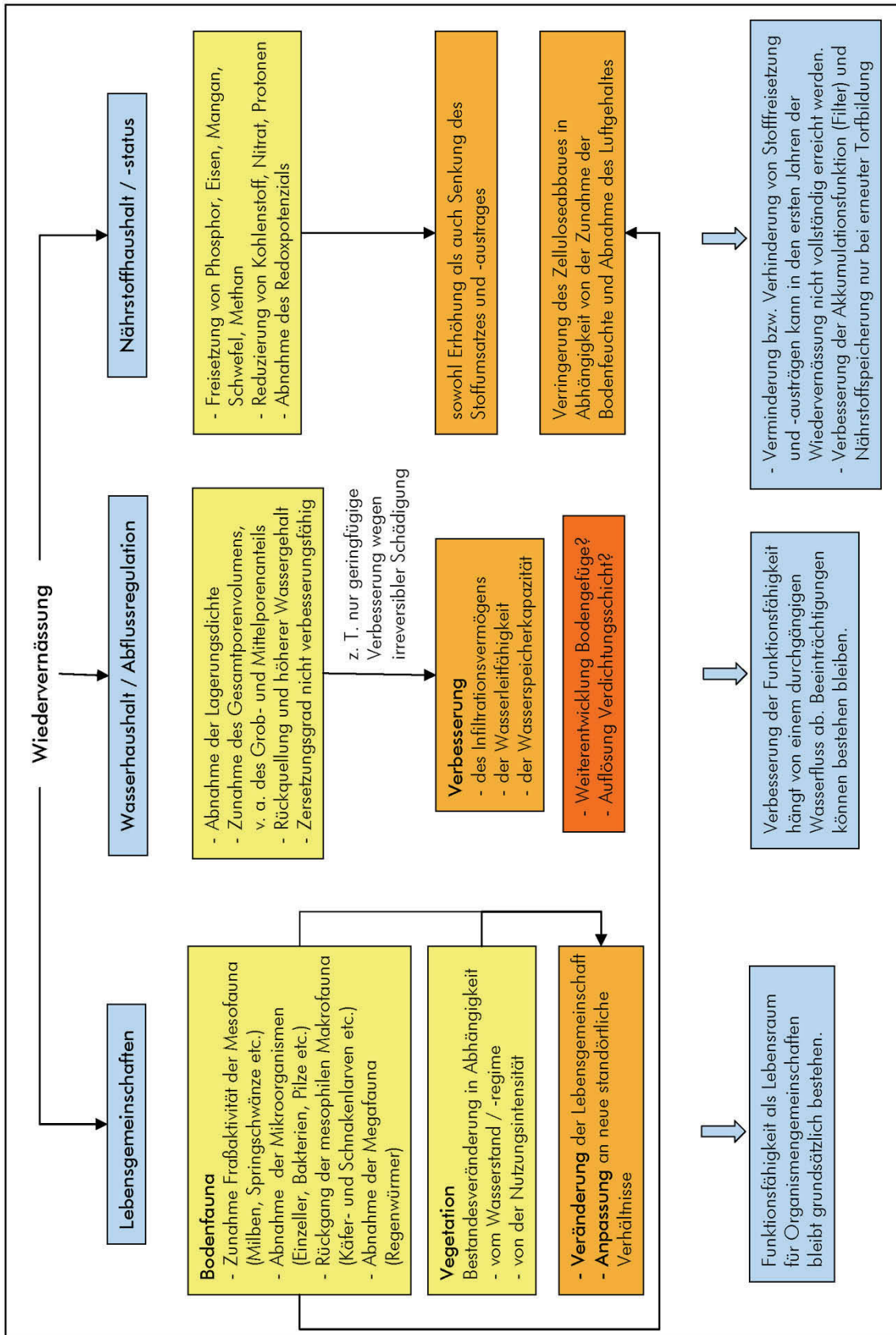


Abbildung 3: Wirkung von Wiedervernässung auf Bodeneigenschaften und Lebensgemeinschaften (gelb), auf Prozesse und das Leistungsvermögen (orange, rot) = Entwicklung schwer abschätzbar) und Funktionen (blau) von Niedermoorböden.

#### **4.2.3.1.6 Einflüsse auf den Erfolg von Wiedervernässung: Wasserdargebot, Verdunstung und Bodeneigenschaften**

DIETRICH et al. (1995) bilanzieren, dass das mittlere jährliche Wasserdargebot in nordostdeutschen Niedermoorgebieten für Wiedervernässungen prinzipiell ausreicht. Die Schwierigkeit liegt jedoch bei den großen Schwankungen der innerjährlichen Verteilung. So finden im nordostdeutschen Raum drei Viertel des Abflusses im Winterhalbjahr und ein Viertel im Sommerhalbjahr statt. Das Wasserdargebot im Einzugsgebiet eines Niedermooses ist somit im Winterhalbjahr und im Frühjahr am größten, im Sommerhalbjahr bei hohem Wasserbedarf aber am niedrigsten (DIETRICH et al. 2001 b). In Nordwestdeutschen Niedermoorgebieten reicht der Rückhalt des Niederschlagswinterüberschusses für eine Vernässung bis in den Frühsommer aus. In Nordostdeutschland müssen sowohl der Winterniederschlag als auch Winterzuflüsse im Niedermoorgebiet zurückgehalten und gespeichert werden, um Verdunstungsverluste in den Sommermonaten ausgleichen und die für Moorerhaltung notwendigen Grundwasserstände halten zu können (DIETRICH et al. 1995, DIETRICH et al. 2001 b). Abströmungsverluste infolge einer nutzungsbedingten Entwässerung, eines unterirdischen Abflusses zu tiefer gelegenen Gräben bzw. Drainagen (DANNOWSKI et al. 1999) sowie Verdunstungsverluste können über eine intensive Bewässerung ausgeglichen werden. Es stehen Modelle zur Verfügung (DIETRICH et al. 2001 a, BLANKENBURG & HEIDT 1995), mit deren Hilfe das Wasserdargebot im Einzugsgebiet bilanziert und die notwendige Menge Zusatzwasser für die Haltung von Zielgrundwasserständen abgeschätzt werden kann.

Dass das Wasser aber häufig nur schwer in die Fläche gelangt und den Torfkörper durchströmt, wird bei HENNINGS (1996) deutlich, der über drei Jahre die Wirkung des Grabeneinstauverfahrens (Einleitung von Fremdwasser aus dem Einzugsgebiet in das Grabensystem) untersucht hat. Er beobachtete die Veränderung des Flächenwasserstandes bei unterschiedlichen Einstaumengen und Witterungsbedingungen. HENNINGS (1996) wies nach, dass in der Einstauphase der Wasserstand in Grabennähe (10 m Abstand) deutlich auf das Grabenwasserniveau angehoben werden konnte. Hingegen blieb der Wasserstand in der Mitte der Fläche (20 m Abstand) bis zu 2 bis 3 dm unter dessen Niveau. Auch HARTER & LUTHARDT (1996) belegen in 15 m Entfernung vom Graben einen Wasserstandsgradienten von 2 bis 3 dm. In Zeiten negativer klimatischer Wasserbilanz (geringer Niederschlag, hohe Verdunstung) reichte die gesättigte Leitfähigkeit der veränderten Torfe nicht aus, um genügend Wasser aus dem Graben nachströmen zu lassen (HENNINGS 1996).

Weil die geringe ungesättigte Wasserleitfähigkeit, der hohe Benetzungswiderstand sowie der eingeschränkte kapillare Aufstieg degradierter und vor allem stark ausgetrockneter Torfe und Mudden eine Wiedervernässung erschweren (HENNINGS 1994, 1996; BLANKENBURG 1995 a, SCHMIDT 1995), kommt es darauf an, den Grabeneinstau vor Austrocknung des Oberbodens vorzunehmen. Solange die Torfe Wasser gesättigt sind, lassen sich die Grundwasserstände durch Grabeneinstau günstig beeinflussen. Eine erfolgreiche Wiedervernässung setzt zudem einen Flächenüberstau im Winterhalbjahr voraus. Die Dauer und Höhe des Flächenüberstaus beeinflussen das Absinken der Grundwasserstände. Nach HENNINGS (1996) fallen die Wasserstände in den Sommermonaten umso weniger tief ab, je länger und höher die Flächen überstaut sind. Die Pflanzen nutzen zuerst das Überstauwasser.

Weitere Verfahren, die jedoch ohne Zusatzwasser arbeiten, sind der Grabenanstau bzw. -überstau. Mit Hilfe von Staueinrichtungen wird der Abfluss aus den Gräben verhindert, nicht abfließendes Niederschlagswasser und ausuferndes Grabenwasser können im Winterhalbjahr zum Flächenüberstau führen. Ein Absinken der Graben- und Grundwasserstände in den Sommermonaten wird zwar ver-

langsam, aber aufgrund des Verdunstungsanspruches der Vegetation nicht unterbunden. Eine Wiedervernässung mithilfe des Grabenanstaus ohne Zusatzwasser ist nicht möglich (HARTER 1999). Als sicherstes Verfahren für Wiedervernässung gilt gegenwärtig die Vernässung von oben durch Überstauung bzw. Überrieselung (SCHMIDT 1995, BLANKENBURG 1995 a). Diese Verfahren führen zu einem Wasserregime, das dem der Überflutungsmoore vergleichbar ist. In Abhängigkeit der Mächtigkeit ausgetrockneter Oberböden und hoch anstehender Mudden wird die Durchfeuchtung von oben auf jedem Moorstandort unterschiedlich lange andauern. Eine anhaltende Durchfeuchtung von oben und gleichzeitig hohe Grundwasserstände können dazu führen, vorhandene Verdichtungsschichten langfristig aufzulösen und die vertikale Wasserbewegung wiederherzustellen. Die hydrologischen Bedingungen in Durchströmungs- und Quellmooren lassen sich im Gegensatz zum Wasserregime der Verlandungs- und Versumpfungsmoore nur schwer wiederherstellen (SCHOPP-GUTH & GUTH 2003).

Die Abbildung 4 fasst zusammen, von welchen Faktoren der Erfolg einer Wiedervernässung abhängt. Die Wasserbilanz und verschiedene Boden- und Substrateigenschaften sind dabei von Bedeutung.

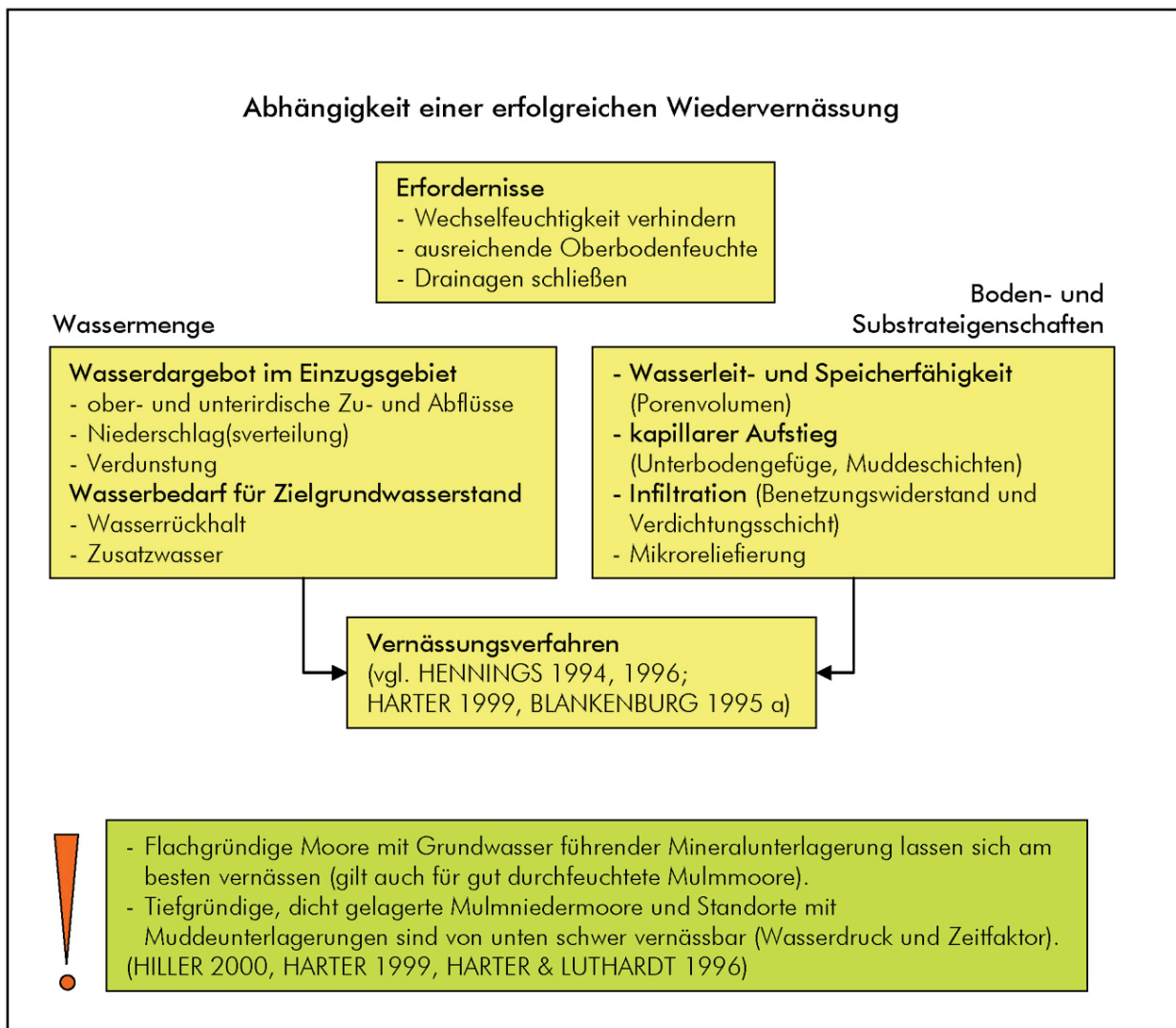


Abbildung 4: Faktoren, die einen entscheidenden Einfluss auf den Erfolg von Wiedervernässungen haben.

#### 4.2.3.2 Extensivierung

##### 4.2.3.2.1 *Veränderung bodenchemischer und -physikalischer Eigenschaften und Prozesse (Nährstoffhaushalt, Nährstoffverfügbarkeit)*

Der Nährstoffgehalt im Boden soll durch Mehrschnittnutzung und Düngerverzicht vermindert werden, um u. a. konkurrenzschwächeren Pflanzenarten Etablierungsmöglichkeiten zu bieten. Eine deutliche Hagerung binnen zwei bis vier Jahren ist bei Kalium festzustellen (ESCHNER & LISTE 1995). Besonders auf tiefgründigen, schwer vernässbaren Moorstandorten, die keine Kaliumzufuhr über das Grundwasser erhalten, tritt Kalium infolge eingestellter Düngung häufig in Mangel. Als typischer Mangelfaktor im Niedermoor wirkt Kalium limitierend auf den Entzug anderer Stoffe, zum Beispiel Stickstoff, und somit auf das Wachstum (Biomasseertrag) (BEHRENDT et al. 1998, ROTH et al. 2001). Infolge abnehmender Stoffentzüge und Ertragsrückgang bilden sich lückige Vegetationsbestände heraus. Sie ermöglichen eine verstärkte Bodenerwärmung. Diese lässt wiederum Oberböden austrocknen und Degradierungsprozesse voranschreiten.

Durch jahrzehntelange Düngung liegt der Phosphor- und Stickstoffgehalt auf hohem Niveau. Die Phosphorhagerung wird prinzipiell durch das hohe Festlegungsvermögen organischer Böden (vgl. Kapitel 4.2.3.1) erschwert und als sehr langwierig eingeschätzt (ROTH et al. 2001: 472 ff., HARTER & LUTHARDT 1996). Bei abnehmenden Erträgen sind die Entzüge nur sehr gering. Eine deutliche Tendenz der Phosphorhagerung lässt sich im Gegensatz zu Kalium nicht erkennen (ROTH et al. 2001, ESCHNER & LISTE 1995). Dies trifft auch für Stickstoff zu. Nach einer Wiedervernässung unterliegen beide Nährstoffe hohen Gehaltsschwankungen, was eine Abschätzung erschwert.

DÜTTMANN & EMMERLING (2001) beobachten bei Einstellung der Düngung eine Versauerung des Bodens. Mit Dauer der Aushagerung und des Verzichtes auf Dünger nimmt der pH-Wert ab.

Das Brachfallen von Graslandbeständen bei gleich bleibend niedrigen Grundwasserflurabständen (> 4 dm unter GOF im Sommerhalbjahr) begünstigt den Zelluloseabbau. Infolge fehlender Verdichtung (Befahrung, Beweidung) sowie von Frosthebung und Wühltätigkeit von Tieren kommt es zur Auflockerung und Durchlüftung des Oberbodens. Brache fördert bei fehlender Wasserstandsanhhebung die Torfmineralisation (HARTER & LUTHARDT 1996, LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) 1997 a). Der gleiche negative Effekt wird bei der Unterlassung von Pflegemaßnahmen erreicht. Nach BLANKENBURG (1995 b) würde beim Verzicht auf das Walzen der Anteil der Mittelporen zugunsten der Grobporen abnehmen (Frostwirkung) und dadurch zu einem verringerten Wasser- aber erhöhten Luftgehalt führen.

##### 4.2.3.2.2 *Reaktion von Vegetation und Bodenorganismen auf eingestellte Düngung sowie veränderte Schnitthäufigkeit und -zeitpunkte (Standortausprägung)*

Der Ertragsrückgang (Kaliummangel) führt häufig zur Herausbildung einer lückigen Vegetationsdecke bestehend aus Rosettenpflanzen und horstigen Magergräsern (JESSELSTEIN et al. 2001). Die Schnitthäufigkeit und der Schnittzeitpunkt haben neben dem Grundwasserflurabstand (vgl. Kapitel 4.2.3.1) und dem Nährstoffstatus einen entscheidenden Einfluss auf die Bestandesentwicklung. Nach HELBERG et al (2003) führt eine zu späte und zu seltene, nicht auf die Aufwuchsleistung des Bestandes abgestimmte Mahd zur Überständigkeit und Lichtkonkurrenz. Bei reduzierter Schnitthäufigkeit nehmen lichtbedürftige, konkurrenzschwache Feuchtwiesenarten wie Kuckucks-Lichtnelke (*Lýchnis flos-cucúli*), Sumpf-Hornklee (*Lótus uliginósus*) u. a. ab und es kommt zur Ausbreitung hochwüchsiger Arten wie

Gemeines Mädesüß (*Filipéndula ulmária*), Sumpf-Segge (*Cárex acutifórmis*), Rohr-Glanzgras (*Phaláris arundinácea*) und Gewöhnliches Schilf (*Phragmites australis*) (HARTER & LUTHARDT 1996, HELLBERG et al. 2003). Bei vollständiger Auflassung entwickeln sich nach Vernässung in Abhängigkeit des Wasserstandes schnell Röhrichte, Seggenriede, partiell auch Flutrasen und Hochstauden (SCHULTZ-STERNBERG et al. 2000). Auf Standorten ohne Wiedervernässung fördert eine Nutzungsauffassung brachetolerante Arten wie Land-Reitgras (*Calamagróstis epigéjos*) oder Rasenschmieie (*Deschámpsia cespitósa*), die lichtbedürftige und konkurrenzschwache Arten vollständig verdrängen.

Die Erfahrungen aus der Literatur machen deutlich, dass Vegetationsbestände häufig eher auf eine veränderte Nutzung als auf veränderte Nährstoffgehalte im Boden (ausgenommen Kalium) reagieren. Da sich der Stoffhaushalt v. a. bei Wechselfeuchtigkeit (vgl. oberen Abschnitt) in einem sehr labilen Zustand befindet, wird es einige Zeit dauern, bis die Nährstoffgehalte insgesamt auf niedrigerem Niveau liegen.

Über die Reaktion von Bodenorganismengesellschaften auf veränderte Düngung und Nutzung von Feuchtgrünlandbeständen ist bisher am wenigsten bekannt. Festzuhalten bleibt, dass infolge von pH-Wert-Absenkungen eine Abnahme der Biomasse der Bodenmegafauna festzustellen ist (DÜTTMANN & EMMERLING 2001). Verallgemeinerbar ist, dass durch die reduzierte Flächenbefahrung und anteilig erhöhter, auf der Fläche verbleibender Biomasse die Aktivität von Kleinsäugetern (Mäusen usw.) begünstigt wird. Die Abbildung 5 strukturiert die Wirkungen von Extensivierungsmaßnahmen, die sich v. a. auf den Bodenstoffhaushalt und die Vegetationszusammensetzung beziehen.

#### **4.2.3.2.3 Einflüsse auf den Erfolg von Aushagerungen**

Je nach Standortvoraussetzungen kann eine Aushagerung drei bis zehn Jahre und länger dauern (TREPPEL 1995, PFADENHAUER et al. 2001). Nach KAPFER (1988) wird umso mehr Zeit benötigt, je höher der Durchschlickungsgrad (hohes Sorptionsvermögen) und je intensiver die vorangegangene Bewirtschaftung. Eine Aushagerung ist nach KAPFER (1988) nur sinnvoll, wenn die Standorte keine ober- und unterirdische Nährstoffzufuhr erhalten wie beispielsweise in Auen, über den Rückstau eutropher Grabenwässer oder aus dem nicht abgeräumten Schnittgut. Aushagerungsmaßnahmen sollten immer vor Wiedervernässungsmaßnahmen stattfinden, weil mit dem Fremdwasser hohe Kaliumfrachten eingebracht werden können bzw. es zur Rücklösung von Phosphor kommt (PFADENHAUER et al. 2001). Hagerungseffekte sind auf Mineralböden wesentlich einfacher zu erzielen als auf organischen bzw. humusreichen, vom Grundwasserstand abhängigen Niederungsböden.



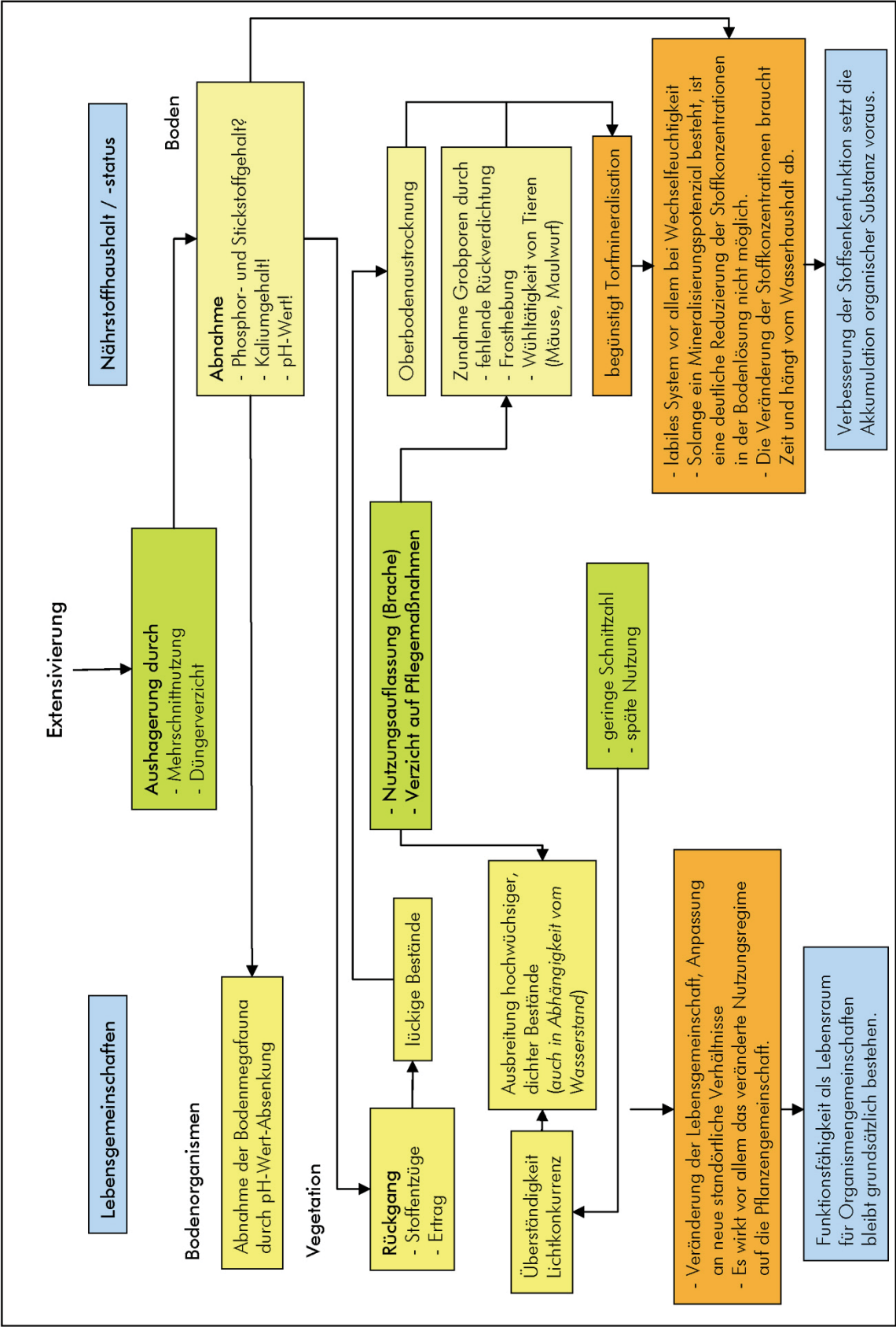


Abbildung 5: Wirkung von verschiedenen Maßnahmen der Grünlandextensivierung (grün) auf bodenchemische und -physikalische Eigenschaften und Lebensgemeinschaften (gelb), auf Prozesse (orange) und Funktionen (blau) von Niedermoorböden.

#### 4.2.4 Zielerreichung und -konflikte

Im Kapitel 4.2.2 werden die mit Wiedervernässung und Extensivierung verbundenen Zielvorstellungen aus Sicht des Boden- bzw. Biotop- und Artenschutzes vorgestellt. Die Analyse der Wirkung der Maßnahmen (Kapitel 4.2.3) macht deutlich, dass bestimmte Ziele nicht oder nur zum Teil erreicht werden können und sich zwischen einzelnen Schutzgütern bzw. Nutzungsinteressen Zielkonflikte ergeben.

##### Landwirtschaftliche Nutzung

Landwirtschaftliche Nutzungen in Niederungen benötigen eine Flächenentwässerung, die die Befahrbarkeit der Flächen oder die Standfestigkeit der Flächen für die Weidetiere gewährleistet. Entscheidend ist die Festigkeit der Grasnarbe, die von der Vegetationsform, der Bewuchsdichte, der Oberbodenfeuchte und dem Grundwasserflurabstand abhängt (ausführlicher dazu KRASCHINSKI et al. 2001, SCHOLZ & HENNINGS 1995). Lückige Grasnarben, die häufig Folge von Extensivierungsmaßnahmen und Überstauung sind (vgl. Kapitel 4.2.3), besitzen sehr geringe Festigkeiten. Nach Angaben in der Literatur sind Flächenbefahrung mit leichter Technik und Beweidung erst bei Grundwasserständen tiefer als 3 dm unter GOF möglich, vorausgesetzt die Grasnarbe weist keine Lücken und Fehlstellen auf (SCHMIDT 1995, HARTER & LUTHARDT 1996, SCHOLZ & HENNINGS 1995).

Ganzjährige Überstauungen oder oberflächennahe Grundwasserstände haben die Aufgabe der konventionellen landwirtschaftlichen Nutzung zur Folge. Bei langanhaltender Frühjahrsvernässung sind Mahd und Beweidung zum Teil erst im Juni / Juli möglich, wenn das Wasser durch Verdunstung oder Abfluss gesunken ist. Durch späte Nutzungen entstehen Einbußen bei der Futterqualität, weil der optimale Erntezeitpunkt nicht eingehalten werden kann. Je älter der Aufwuchs, desto mehr nehmen der Wasser-, Rohprotein- und Mineralgehalt sowie die Energiedichte ab und der Rohfaseranteil zu (ROTH et al. 2001). Eine Verminderung des Futterwertes ergibt sich ebenfalls durch die Zunahme von Giftpflanzen und futterbaulich weniger wertvoller Arten wie Wolliges Honiggras (*Hólcus lanátus*), Wiesen-Fuchsschwanz (*Alopecúrus praténsis*), Gemeine Quecke (*Elytrígia répens*) und Rohr-Glanzgras (*Phaláris arundinácea*) bzw. Seggen (*Cárex spec.*) und Binsen (*Júncus spec.*) (JESSELSTEIN et al. 2001, ROTH et al. 2001).

##### Erhalt und Regeneration von Feuchtwiesen

HELLBERG et al. (2003) stellen heraus, dass der Verlust von zweischürigen, artenreichen Sumpfdotterblumenwiesen auf nährstoffreicheren Standorten nicht nur auf eine Nutzungsintensivierung, Melioration und Nutzungsaufgabe, sondern auch auf eine aus Naturschutzgründen übermäßige Nutzungsextensivierung und zu starke Vernässung zurückzuführen ist. Bei Nutzungsauflassung (Brache) bzw. dauerhafter Vernässung setzen sich rasch Großseggenriede, Röhrichte und Hochstaudengesellschaften durch, die aufgrund ihrer internen Nährstoffakkumulation, vegetativen Ausbreitung und mächtigen Streuschicht andere Arten verdrängen. Die Regeneration von Feuchtwiesenarten ist nur dann möglich, wenn die Dauer der Überflutung und die Höhe der Grundwasserstände reduziert werden und eine regelmäßige Mahd erfolgt (vgl. auch Kapitel 4.2.3.1.2). Ergebnisse von HELLBERG et al. (2003) belegen, dass der Wiederanstieg der Artenzahl bei zwei- bis dreischüriger Mahd am höchsten war. Voraussetzung für eine Regeneration ist das Vorhandensein von Zielarten im Bestand oder wenigstens in der Samenbank. Bei brach gefallenen Beständen ist eine Regeneration nur über die Samenbank möglich. Nach TREPEL (1995) sind die Chancen gering, die Entwicklung einer Feuchtwiese aus einem Flutrasen zu initiieren, wenn keine Feuchtwiesenarten vorkommen und der Diasporenvorrat sehr klein ist (z. B. nach langjähriger Entwässerungsphase, ROTH et al. 2001).

Aufgrund der gravierenden bodenstrukturellen Veränderungen von Moorstandorten (vgl. Kapitel 4.1), die sich v. a. in einer stark eingeschränkten Wasserbewegung und Wasserspeicherung niederschlägt, muss bei vielen Standorten davon ausgegangen werden, dass das feuchtwiesentypische Wasserregime (keine starken Wasserstandsschwankungen, keine lange Überstauung) kaum wiederhergestellt werden kann. Eine gezielte Steuerung oberflächennaher Grundwasserstände, zum Beispiel die Anhebung der Wasserstände in verdunstungsintensiven Zeiträumen, die Verhinderung von Oberflächenvernässung bzw. die kurzzeitige Wasserstandsabsenkung in Bewirtschaftungszeiträumen, ist nur sehr schwer möglich. Für viele Flächen, die heute einen hohen Anteil von Flutrasen- und Ruderalarten aufweisen, kommt die Entwicklung von Pflanzengesellschaften nach historischem Leitbild mit einem hohen Anteil an Orchideen etc. kaum mehr in Frage. Nach PFADENHAUER et al. (2001) werden auf den chemisch und physikalisch stark veränderten Moorböden nur noch ein Teil der ursprünglichen Feuchtwiesenarten wachsen. LUTHARDT (1993) stellte bereits vor mehr als einem Jahrzehnt fest, dass es künftig nicht mehr um die Etablierung ehemals existierender Pflanzengesellschaften gehen kann, sondern um die Förderung stabiler, artenreicher Vergesellschaftungen, die sich mit dem Standort "mitentwickeln". Feuchtgrünländer in eu- bis polytrophen Niederungen werden je nach Wasserstand und -regime stärker mosaikartig aus Arten der Röhrichte, Großseggenriede und Flutrasen und weniger aus Arten der Feuchtwiesen aufgebaut sein.

### **Erhalt der Standortbedingungen für wiesenbrütende Vogelarten**

Vegetationsstruktur und Bodenfeuchtezustand sind zwei wichtige Parameter, die über die Ansiedlung und Nutzung der Flächen als Nahrungs-, Brut- oder Rastgebiet entscheiden. Die Ansprüche von Vogelarten des Niedermoorgrünlandes sind sehr unterschiedlich. Auf der einen Seite sind Arten wie beispielsweise Kiebitz (*Vanellus vanellus*), Uferschnepfe (*Limosa limosa*), Großer Brachvogel (*Numenius aquata*), Rotschenkel (*Tringa totanus*) oder Kampfläufer (*Philomachus pugnax*) auf kurze, schütterere Vegetation sowie großflächige Nassstellen und Schlammröhren angewiesen (ARBEITSGEMEINSCHAFT BERLIN-BRANDENBURGISCHER ORNITHOLOGEN (ABO) 2001). Hohe Wasserstände sind bis in die Sommermonate hinein erforderlich und sollten nur langsam und nicht tiefer als 2 bis 4 dm absinken. Bei schnell austrocknenden Oberböden wandern die Bodentiere in größere Tiefen und sind somit nicht mehr erreichbar.

Da bei Wiedervernässung degradierte Niedermoorflächen hohe Nährstoffbelastungen aufweisen, entwickelt sich im Ergebnis hier eine üppige Vegetation aus Großseggen (*Carex spec.*), Binsen (*Juncus spec.*), Rohr-Glanzgras (*Phalaris arundinacea*) oder Röhrichten. Durch späte Mahdtermine zur Eindämmung von Brutverlusten ist eine effektive Abschöpfung von Nährstoffen nicht möglich. Eine späte bzw. sporadische Nutzung sowie Nutzungsauffassung sind für kurze, schütterere Vegetation benötigende Wiesenbrüter nachteilig. Ob durch Aushagerungsmaßnahmen (vor und während der Vernässung) poly- bis eutrophe Moorböden jemals in mesotrophe überführt werden können und sich infolgedessen, schütterere Kleinseggenwiesen bilden, bleibt fraglich. So profitieren von entstehenden Nassbrachen je nach Ausprägung vor allem die Vogelarten, die eine höhere Deckung bevorzugen und auf vertikale Strukturen (z. B. Singwarten) angewiesen sind (z. B. Bekassine (*Gallinago gallinago*, Rohrschwirl (*Locustella luscinioides*) oder Schilfrohrsänger (*Acrocephalus schoenobaenus*)).

Der Bruterfolg hängt wesentlich vom Nahrungsangebot ab. Während auf feuchten bis frischen Flächen Regenwürmer und Schnakenlarven in hoher Dichte vorkommen, die von Altvögeln bevorzugte Nahrung, dominieren auf nassen Flächen hauptsächlich Zweiflügler, die bevorzugte Nahrungstiere von Küken (KRATZ et al. 2001). Beispielsweise sind Uferschnepfen in der Aufzuchtphase auf hetero-

genes und blütenreiches Niedermoorgrünland mit nassen und feuchten Bereichen angewiesen. Damit wird einmal mehr deutlich, dass dauernasse, aufgelassene Grünlandflächen nicht den Ansprüchen vieler wiesenbrütender Vogelarten entsprechen.

### **Bodenschutz**

Während für den Erhalt von Feuchtgrünland und den Schutz vieler wiesenbrütender Vögel eine regelmäßige landwirtschaftliche Nutzung unerlässlich ist, entscheiden über die Erreichung bodenbezogener Zielvorstellungen maßgeblich der Wasserstand und der Bodenwassergehalt. Das Maximalziel des Moorbodenschutzes (vgl. Abbildung 6), erneutes Torfwachstum zu initiieren, wird aufgrund der hohen Anforderungen an das Wasserdargebot und der Aufgabe der konventionellen landwirtschaftlichen Nutzung nur auf wenigen Flächen zu realisieren sein. Bei dauerhafter Wiedervernässung kann eine Verbesserung der Wasserleitfähigkeit und -speicherkapazität von strukturell veränderten Torfen erreicht werden. Sie bleibt aber weit unter dem ursprünglichen Niveau. Vergleichbar günstige Bodeneigenschaften entwickeln sich nur im Zuge einer erneuten Torfbildung.

Ist eine dauerhafte Wiedervernässung nicht zu erreichen, so sind für einen langfristigen Erhalt des gegenwärtigen Entwicklungszustandes von Moorkörpern sommerliche Grundwasserflurabstände zwischen 2 und 4 dm unter GOF einzustellen (KRASCHINSKI et al. 2001). Entscheidend hierfür ist die kapillare Nachlieferung des Grundwassers bei vorangegangener Auflösung von Verdichtungsschichten. Bei diesem Vernässungsniveau kann der oxidative Torfabbau, wenn Bodenwassergehalte unter 80 Vol.-% sinken, nicht vollständig verhindert werden. Die Mineralisation beschränkt sich weitgehend auf neu akkumulierte organische Substanz und den Oberboden (Torfakkumulation und -mineralisation stehen im Gleichgewicht). Eine weitere Degradierung (Gefügebildung, Mineralisation) des Unterbodens und tieferer Schichten wird verhindert.

Sinken die Wasserstände tiefer als 4 dm unter Geländeoberfläche, können Degradationsprozesse nicht aufgehalten werden, sondern laufen, wenn auch verlangsamt, weiter. Bei Grundwasserflurabständen tiefer als 7 dm wird der oxidative Torfabbau beschleunigt (SUCCOW & JOOSTEN 2001, LANDGRAF 1999). Eine ausgeprägte Wechselfeuchtigkeit verstärkt generell Degradierungsprozesse.

Die aus Sicht des Artenschutzes erwünschten und entwickelbaren lichten bzw. lückigen Vegetationsdecken sind für den Moorbodenschutz von Nachteil: der Oberboden erwärmt sich, trocknet schneller aus und ist somit der weiteren Mineralisierung und Vermulmung ausgesetzt. KÄDING (1994) und JÄNICKE (1997), beide zit. in ROTH et al. (2001), halten hinsichtlich des Bodenschutzes auf tiefgründigen, nicht merklich vernässbaren Moorstandorten eine auf den Entzug orientierte Kaliumdüngung für sinnvoll. Infolge der Düngung mit Kalium werden vermehrt Phosphor und Stickstoff entzogen. Die Grasnarbe wächst dadurch dichter und schützt den Boden vor zu starker Austrocknung bzw. verzögert diese zeitlich.

Da es bei Wiedervernässungsmaßnahmen sowohl zur Senkung als auch Erhöhung des Stoffumsatzes bzw. -austrages kommt, ist eine Minimierung oder Verhinderung von Stoffausträgen in den ersten Jahrzehnten nach Wasserstandsanhebungen nicht möglich. Eine gezielte Einflussnahme auf den Stoffhaushalt von Niederungsböden durch Aushagerungsmaßnahmen ist bei einem weiterhin bestehenden Mineralisierungspotenzial sehr langwierig. Eine Nutzungsauffassung ohne Wasserstandsanhebung steht den Zielen des Bodenschutzes entgegen.

Die Abbildung 6 fasst Boden- und Vegetationsentwicklungen, die Eignung für wiesenbrütende Vogelarten sowie die Nutzungsmöglichkeiten in Abhängigkeit von Wasserstandsstufen zusammen.

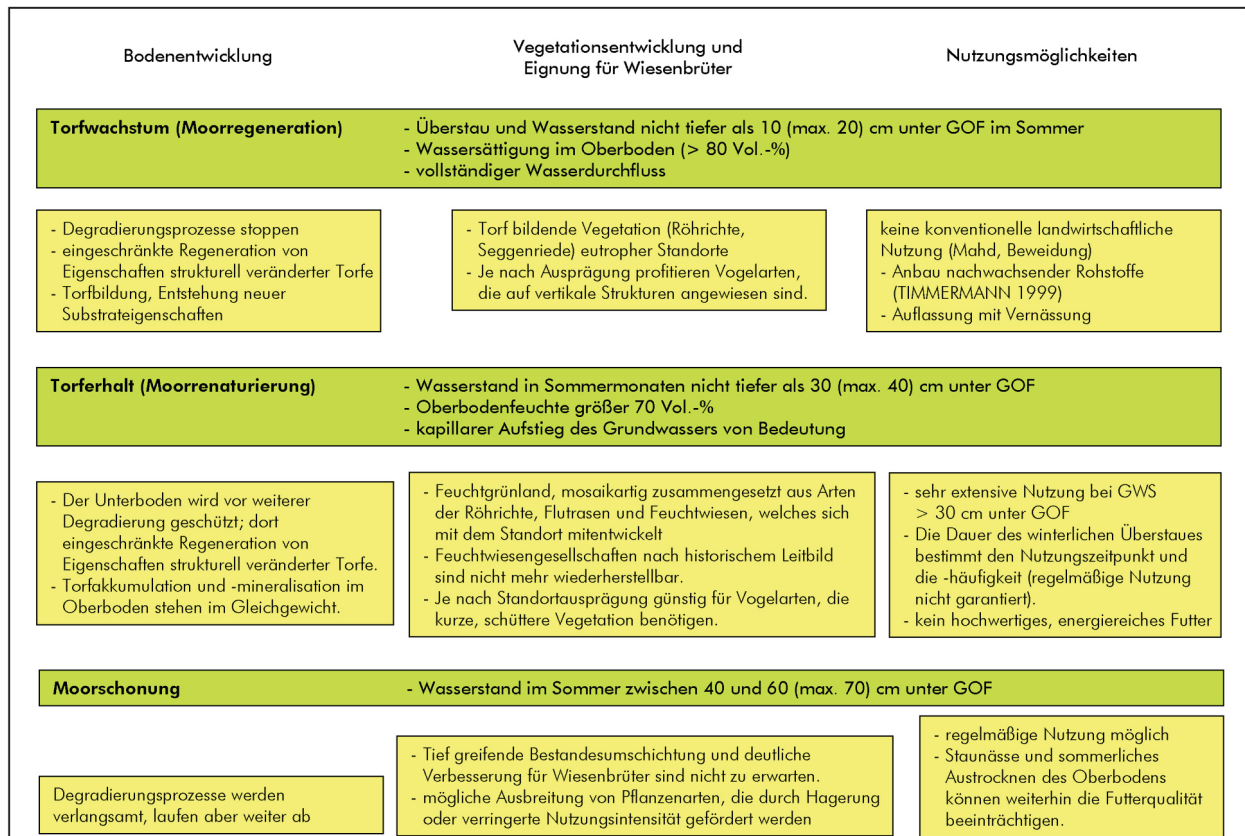


Abbildung 6: Boden- und Vegetationsentwicklung, Eignung für Wiesenbrüter sowie landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten in Abhängigkeit von Wasserstandsstufen aus Sicht des Moorschutzes (LANDGRAF 1999).

## Zusammenfassung

PFADENHAUER & ZEITZ (2001) machen deutlich, dass die Entwicklungsziele in Abhängigkeit von der Nutzungsgeschichte, der Standortbeschaffenheit und den Besitzverhältnissen der Niedermoorstandorte räumlich differenziert werden müssen. Nach HILLER (2000) werden die einleitenden und begleitenden Maßnahmen immer individuell zugeschnitten sein. Für die Verwirklichung verschiedener, naturschutzbezogener Ziele müssen unterschiedliche Grundwasserflurabstände (LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) 1997 a: 28) eingestellt oder Pflegeintensitäten beachtet werden. Das macht deutlich, dass nicht alle Ziele gleichzeitig auf einer Fläche oder mit einem Regime des Wassermanagements zu realisieren sind. Während für den Moorerhalt Überstauungen so lange wie möglich anhalten sollten, sind für einige wiesenbrütende Vogelarten und für Feuchtwiesenpflanzen großflächige und lang anhaltende Oberflächenvernässungen von Nachteil (Rückgang Nahrungsangebot, Artenausfall).

Eine effektive Umsetzung von Zielen des Naturschutzes erfordert

- die Standortbeschaffenheit und Rahmenbedingungen ausreichend zu prüfen, Entwicklungspotenziale und -möglichkeiten festzustellen und Prioritäten zu setzen,
- diese teilträumlich zu konkretisieren,
- eine kleinflächig differenzierte Steuerung der Wasserstände über feste oder regulierbare Bauwerke (RÖBLING et al. 2006 b).

#### 4.2.5 Wirkung der Maßnahmen auf die Verbesserung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit von Böden

Prognosen zu Ausmaß und Zeitdauer von Veränderungen sowie die Beurteilung der Verbesserung des Leistungsvermögens von Böden und ihrer Funktionen sind im Gegensatz zur Analyse der Wirkung naturschutzfachlicher Maßnahmen (Kapitel 4.2.3) ausgesprochen schwierig. Im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffs- und Ausgleichsregelung (§ 19 BNatSchG) sind gerade diese beiden Teilschritte jedoch wesentliche Grundlage für die Bilanzierung der Beeinträchtigung des Leistungsvermögens bzw. des Verlustes der Funktionsfähigkeit infolge anthropogener Veränderungen und des funktionalen Gewinnes durch Entwicklungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen.

Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Anforderungen, die an die Wirkung von Maßnahmen und Flächenzustände gestellt werden (vgl. Kapitel 2), sind bei der Umsetzung bodenbezogener Maßnahmen mit verschiedenen naturschutzrechtlichen Instrumentarien die Sicherung und Entwicklung bestimmter Bodenfunktionen in unterschiedlichem Maß möglich. Welche Funktionen des Bodens inwieweit durch Wiedervernässungs- und Extensivierungsmaßnahmen gesichert bzw. entwickelt und damit aufgewertet werden können, gilt es in Kapitel 7.1 zu erörtern.

Die Diskussion muss sich dem Sachverhalt beugen, dass bei dem derzeitigen Kenntnisstand und fehlenden Langzeituntersuchungen folgende Fragen nicht zufrieden stellend zu beantworten sind:

- Wie stark müssen sich Eigenschaften degradierter Böden verändern, damit deutliche Verbesserungen der Speicher-, Transport- und Umwandlungsprozesse und somit des Leistungsvermögens eintreten?
- Welcher Zustand wäre anzustreben, wenn einige Bodenveränderungen irreversibel sind (Gefügestruktur im Ober- und Unterboden, Zersetzungsgrad und Verdichtung), und Bodenentwicklung fortschreitet? Das heißt auch, wie könnte hier im Falle einer möglichen (gleichartigen) Ausgleichbarkeit ein gleichwertiger Ersatz aussehen?

Bei der Ableitung von Bewertungsmaßstäben für die Aufwertung (Verbesserung) der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Böden ist zu berücksichtigen, dass es in der mitteleuropäischen Kulturlandschaft mit wenigen Ausnahmen (z. B. Küstenlandschaften) keine Böden mehr gibt, die sich im natürlichen Zustand befinden. Durch land- und forstwirtschaftliche Nutzung sowie Siedlungs- und Wirtschaftstätigkeit des Menschen haben Böden eine Überprägung erfahren, die sich nicht nur auf Niederrungsböden beschränkt. Die Eigenschaften und das Leistungsvermögen haben sich im Vergleich zum natürlichen Zustand (überwiegend Waldböden) verändert. Bodeneigenschaften ändern sich mit fortschreitender Bodenentwicklung. Damit erfüllen Böden in Abhängigkeit von ihrem Entwicklungsstadium "ihre" Funktionen unterschiedlich. Für den Boden als dynamisches System ist es äußerst schwierig, anhand von Parametern festzulegen, wann er seine Funktionen erfüllt, weniger erfüllt, nicht erfüllt oder besonders gut erfüllt. Auch fehlen für die Bewertung statistischer Kenngrößen die normativen Vorgaben.

Eine **Einschätzung der Verbesserung des Leistungsvermögens** bzw. des Erfüllungsgrades von Bodenfunktionen sollte anstelle statischer Kenngrößen **prozessorientiert erfolgen**. Sicher besteht auch hier die Schwierigkeit, dass Prozesse nicht in ihrer Gesamtheit abgebildet und bemessen werden können. Es kann aber zumindest eingeschätzt werden, ob bestimmte Prozesse unterbrochen oder eingeleitet werden. Daher ist mit der Frage nach der bodenbezogenen Wirkung von Maßnahmen immer die Frage verbunden, ob die Maßnahme Prozesse auslöst bzw. positiv beeinflusst. Als Beispiele wären die

Humusakkumulation, mit der eine Erhöhung der Speicherkapazität verbunden wäre, die Rückquellung von Torfen, die eine Zunahme der Wasserspeicher- und Wasserleitfähigkeit bedingt, die Auflösung von Verdichtungsschichten und Dauerbefeuchtung des Oberbodens, die die Infiltration verbessert, zu nennen. Der Auffassung von FREIE UND HANSESTADT HAMBURG - BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT (2003: 49 ff.) folgend, ist es bei der Beurteilung der generellen Funktionsfähigkeit der Böden nicht entscheidend, das Maß oder die Höhe von Parametern des Wasserhaushaltes oder Nährstoffkreislaufes zu werten, sondern den Sachverhalt, ob beispielsweise ein Boden am Wasserkreislauf ausreichend beteiligt ist oder standorttypische Nährstoffkreisläufe bestehen.

## **5 Standortanalyse in der stark anthropogen überprägten Niederung "Mittlere Havel" am Beispiel des Polders "Götz-Gollwitz"**

Maßnahmenplanungen, die gezielt auf die Wiederherstellung oder den Erhalt bestimmter Merkmale und Funktionen des Bodens ausgerichtet werden sollen, benötigen als Basis eine Analyse der aktuellen Standortbeschaffenheit. Standortveränderungen durch degradierende Bodenbildungsprozesse (Kapitel 4.1) wirken unter anderem auf die Vernässbarkeit und beeinflussen neben anderen Faktoren (z. B. Wasserverfügbarkeit) die Wahl und Ausgestaltung von Maßnahmen. Am Beispiel des Polders "Götz-Gollwitz", gelegen in der in weiten Teilen intensiv genutzten Niederung der "Mittleren Havel", wird im Folgenden gezeigt, dass die dargestellten komplexen standörtlichen Veränderungen auch dort stattgefunden haben, aber durch vorhandene Unterlagen größtenteils nicht ausreichend dokumentiert werden. Ein Vergleich der Geländebefunde während der Vor-Ort-Begehung im Herbst 2004 mit den Informationen aus den zusammengestellten Unterlagen (Kapitel 3.2.3) verdeutlicht die Diskrepanz zwischen beiden Untersuchungsansätzen. Die sich daraus ergebenden Konsequenzen für Zielformulierung und Maßnahmenplanung im Naturschutz werden im Kapitel 6 am Fallbeispiel erörtert und im Kapitel 7.1 verallgemeinert.

### **5.1 Die Havelniederung zwischen Potsdam und Brandenburg im Überblick**

#### **5.1.1 Geomorphologie und Entwicklung**

Die Havel, der größte rechtsseitige Zufluss der Elbe, ist ein Tieflandfluss mit vergleichsweise ausgeglichenen Durchflüssen und einer geringen Wasserstandsamplitude. Das Einzugsgebiet des Flusses liegt ausschließlich im Flachland. Er mäandriert in seinem Verlauf stark und weist zwischen Berlin Spandau und der Stadt Brandenburg zahlreiche seenartige Erweiterungen auf. Bis Werder wird der Flusslauf eng von Endmoränenzügen und kuppigen Grundmoränenplatten umgeben. Weiter flussabwärts weitet sich die angrenzende Niederung auf, vereinzelt erheben sich Endmoränenrücken und Grundmoräneninseln über Talsandflächen und der ehemaligen Flussaue (BARSCH 1969: 26 ff.).

Die folgenden Ausführungen beziehen sich im Wesentlichen auf den als "Mittlere Havel" bezeichneten Flussabschnitt zwischen dem westlichen Ende des Sacrow-Paretzer-Kanals (UHW-km 32,6) und dem Wehr Brandenburg (UHW-km 56,4) (vgl. Abbildung 7).



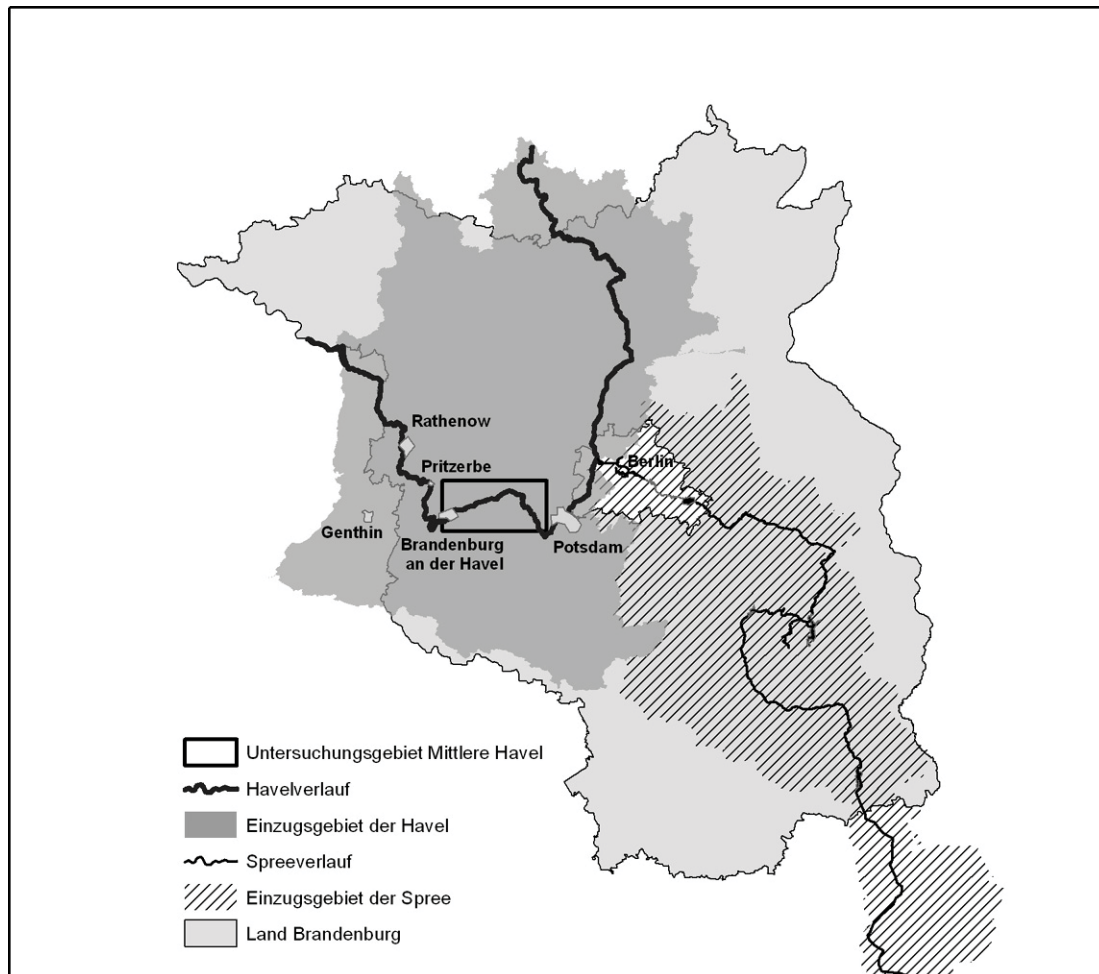


Abbildung 7: Lage des Havellaufes und Einzugsgebiet (Quelle: JESSEL et al. 2006).

Zur Havelniederung zwischen Potsdam und Brandenburg zählt BARSCH (1969) die Flussaue (29 bis 30 m über NHN), die Auenterrassen (30 bis 31 m über NHN) und die Talsandflächen (31 bis 33 m über NHN). Grundmoräneninseln und -platten, Endmoränen und Kames setzen sich mit Höhen zwischen 33 und 70 m über NHN deutlich von dem Niederungsbereich ab. Grund- und Endmoränen sowie Talsandflächen sind während des Brandenburger Stadiums der Weichseleiszeit (Pleistozän) abgelagert worden. Die kaum geneigten Talsandflächen tragen keine Dünen (Ausnahme Werder). Der Übergang zwischen ihnen und den Auenterrassen ist stufenlos. Die an der Oberfläche anstehenden Ablagerungen in der Flussaue und die Entstehung der Auenterrassen sind dem Holozän zu zuordnen.

Die Bildung holozäner Sedimente hing eng mit der Entwicklung des Flussbettes der Elbe zusammen. Durch den phasenhaften Anstieg des Meeresspiegels nach dem Abschmelzen des Eises der Weichselvereisung schotterte das Flussbett im Unter- und Mittellauf allmählich auf. Das Höhenniveau des Havelbettes blieb aufgrund der geringen Sedimentführung weit unter dem Niveau der Elbe. Vor allem bei Frühjahrshochwasser der Elbe staute sich die Havel im Unterlauf stark auf. Zeitweilig kam der Havelabfluss zum Erliegen. Mit zunehmendem Höhenunterschied zwischen beiden Flüssen verstärkte sich die Rückstauwirkung und führte zu ansteigenden Grundwasserständen in der gesamten Havelniederung (BARSCH 1969). Zunächst setzten sich infolge des veränderten Abflussgeschehens in den abseits gelegenen, tieferen Hohlformen und Rinnen Schluffe und Tone ab. Außerdem bildeten sich erste Niedermoortorfe.

Die im Atlantikum (vor ca. 7 500 bis 5 000 Jahren) in Rinnen und Kesseln beginnende Torfbildung dehnte sich im Subatlantikum I (vor 2 700 bis ca. 1 000 Jahren) auf die gesamte Flussaue aus. Viele flache Wasserflächen verlandeten. Es entstanden in der Aue großflächige Torfauflagen und Anmoorbildungen (SCHMIDT 1992, BARSCH 1969, SCHARNOW 1966). Die Mächtigkeit der Flachmoore betrug in dieser Zeit wenige Dezimeter bis ca. 1 m. Die Anreicherung organischer Substanz beschränkte sich im Subatlantikum I jedoch nicht nur auf die Flussaue. Es wurden auch die nur wenig höher gelegenen Bereiche erfasst, so zum Beispiel die Auenterrassen. Der Grundwasseranstieg führte dort zur Herausbildung von 5 bis 7 dm mächtigen, stark humosen bis (an-)moorigen Oberböden (BARSCH 1969, SCHMIDT 1992).

Mit der ersten Eindeichung der Elbe um 1200 wurde die flächenhafte Vermoorung der Flussaue nicht unterbrochen, sondern durch die im 13. und 14. Jahrhundert errichteten Mühlenstau bei Brandenburg und Rathenow sowie durch zahlreich errichtete Fischerwehre verstärkt (UHLEMANN 1994, SCHARNOW 1966). Die Mühlenstau hoben den Havelwasserspiegel um etwa 1 m an, bei Hochwasser kam es infolge dessen flussaufwärts zu anhaltenden und weiträumigen Überschwemmungen und zum weiteren Anstieg des Grundwasserspiegels (BARSCH 1969, SCHARNOW 1966). Die Aue war häufig über lange Zeiten vernässt, eine Verstärkung der Moormächtigkeit bzw. neue Flachmoorbildungen (0,3 bis 2 m) waren die Folge (SCHMIDT 1992, SCHARNOW 1966). Die Auenterrassen lagen in der zweiten Phase der flächenhaften Vermoorung trocken. Lediglich die Unterböden wurden bei Stauhöhen von maximal 30 m über NHN stark durchfeuchtet (BARSCH 1969: 53 f.). Infolge dessen setzte in den stark durchlüfteten Oberböden der Humusabbau ein. Nach BARSCH (1969) wiesen die alten organischen Auflagen in den 1960er Jahren durchschnittlich noch zwischen 2 bis 6 % organische Substanz auf. Die humosen Oberböden werden nicht von Mudden unterlagert. Dies stellt für BARSCH (1969) ein deutliches Indiz für die Entstehung durch hohe Grundwasserstände und nicht durch Verlandung von Gewässern dar.

Die Torfmächtigkeit in der Niederung der "Mittleren Havel" variiert in Abhängigkeit vom Relief und schwankt überwiegend, mit Ausnahme der tiefen Rinnen, zwischen 0,30 bis 2,00 m. Damit sind die Torfe geringmächtiger als beispielsweise im Fiener Bruch, im Havelländischen Luch oder im Rhinluch im Land Brandenburg. Charakteristisch ist ein kleinräumiger Wechsel der Unterlagen Mudden, Kalk, Ton und schluffreicher Feinsand. Aus hydrogenetischer Sicht handelt es sich überwiegend um Verlandungs- und Versumpfungsmoore, zum Teil um Überflutungsmoore. Neben Schilftorfen sind Seggen- und Erlenbruchwaldtorfe anzutreffen. Der hohe Kalkgehalt der Substrate ist charakteristisch für die Havelniederung (SCHARNOW 1966). Neben Niedermoorböden haben sich vor allem auf den Auenterrassen und Fluss-Sanddurchragungen grundwassergeprägte, humusreiche Mineralböden wie Nassgley, Humusgley, Anmoorgley und Moorgley entwickelt. Auensedimente (Auentone, -lehme und -schlick), wie sie aus der Niederung der "Unteren Havel" bekannt sind, fehlen weitestgehend im Bereich zwischen Potsdam und Brandenburg.

### **5.1.2 Veränderung der Fluss- und Grundwasserstandsdynamik in der Mittleren Havelniederung**

Bauliche Anlagen und Regulierungen an der Havel gab es seit dem Mittelalter. Mühlenstau, die für den Betrieb von Mahlmühlen errichtet worden sind, und Fischerwehre bremsten den Abfluss und begünstigten lang anhaltende Überschwemmungen und hohe Grundwasserstände in der Flussaue. Für die Schifffahrtsnutzung begann der Ausbau der Havel im 18. Jahrhundert mit Kanalbauten und

Durchstichen (ausführlich in SCHARNOW 1966). Die Beseitigung der Fischerwehre zwischen Phöben und Brandenburg, der Bau des Sacrow-Paretzer-Kanals im 19. Jahrhundert sowie die Errichtung von Bühnen und des Silokanals (Umgehen der Mühlstauanlagen in Brandenburg) Anfang des 20. Jahrhunderts erhöhten den Abfluss und führten zur Senkung von Hochwasserspitzen. Um sinkende und ungleichmäßige Wasserstände in der Havel im Interesse der Schifffahrt auszuschließen, wurden die Schleusen so eingerichtet, dass der Havelwasserspiegel in der notwendigen Höhe gehalten werden konnte. Von der Havel ausgehende Überschwemmungen wurden erst durch den Bau von Deichen eingeschränkt. Mit den Deichbauten ab 1924 war die Anlage von Schöpfwerken und Drainagegräben / -rohren verbunden, um bei höheren Flusswasserständen im Winter und Frühjahr die Vorflutverhältnisse zu verbessern (BARSCH 1969, SCHARNOW 1966). Umfangreichere Baumaßnahmen zur Errichtung leistungsfähigerer Deiche wurden ab 1950 durchgeführt.

Durch Eindeichung und Stauhaltung hat die "Mittlere Havel" ihre natürliche Wasserstands- und Überflutungsdynamik verloren. Unter den aktuellen Bedingungen vor allem im Winterhalbjahr uferet die Havel innerhalb der Deiche nur noch selten aus. Hochwassersituationen sind bei dem derzeitigen Wasserdargebot (u. a. abnehmende Zuflüsse aus der Spree infolge der Flutung von Tagebaurestlöchern, BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE 2002) kaum mehr zu erwarten. Die Abbildung 8 veranschaulicht, wie am Pegel Ketzin die Abweichungen des Wasserstandes vom Mittelwasserstand deutlich abgenommen haben. Innerhalb von sieben Jahrzehnten hat sich die jährliche Schwankungsamplitude von 6 auf weniger als 2 dm durch Senkung der Hochwasserstände und Hebung der Niedrigwasserstände verringert (ausführlicher dazu in JESSEL et al. 2006). Lagen die maximalen und minimalen Wasserstände am Pegel Ketzin zwischen 1935 und 1944 ca. 3,5 dm über und 3 dm unter dem Mittelwasser, so wurden zwischen 1995 und 2000 nur noch eine Abweichung von 1 bis 1,5 dm über und von ca. 0,5 dm unter dem Mittelwasser beobachtet.

Die Havelwasserstände werden operativ über die Steuerung der Durchflussmengen am Wehr Brandenburg reguliert. Das Stauziel am Oberpegel Brandenburg beträgt derzeit im Winterhalbjahr 2,15 m und im Sommerhalbjahr 2,05 m über Pegelnull (Pegelnull = 27,134 m über NN). Die festgelegten Stauziele liegen zwischen mittlerem Niedrigwasser- und Mittelwasserstand (29,18 m und 29,28 m über NN; 10 Jahresreihe 1993-2002 nach WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT BRANDENBURG (WSA) 2005 a). Während der Havelwasserspiegel bei Brandenburg zwischen 29,23 m und 29,30 m über NN gehalten wird und nur bei extremen Witterungsbedingungen kurzfristig absinkt oder ansteigt, schwankt er flussaufwärts am Pegel Ketzin durchschnittlich zwischen 29,26 m und 29,45 m über NN (WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT BRANDENBURG (WSA) 2005 b). Obwohl die Wasserstandsschwankungen mit zunehmender Wehrentfernung etwas steigen, ist eine Amplitude zwischen 1 bis 2,5 dm flussfremd und unnatürlich.

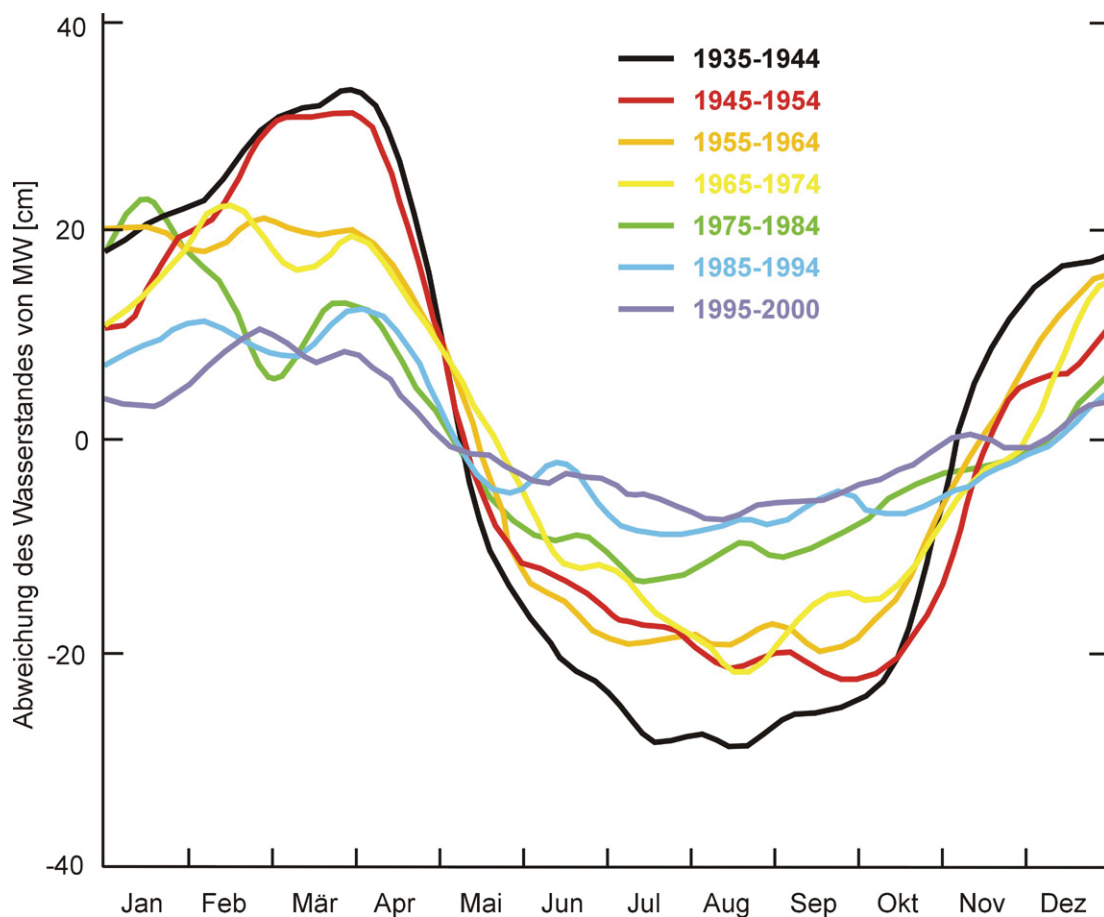


Abbildung 8: Veränderung der Wasserstandsschwankungen der Havel am Pegel Ketzin seit 1935 (Datengrundlage: WSA Brandenburg).

Stark verringerte Wasserstandsamplituden der Havel, Deichanlagen und Schöpfwerke haben zur Veränderung der Grundwasserstandsdynamik geführt. Die natürliche, enge Beziehung zwischen dem Flusswasserstand und den Grundwasserständen angrenzender Niederungsflächen besteht so nicht mehr. Früher traten bei hohen Flusswasserständen Grundwasserüberschwemmungen auf, häufig fiel es bis zur Eindeichung der Havel schwer, eindeutig zwischen Schwellüberschwemmungen der Havel und Grundwasserüberschwemmungen zu unterscheiden (SCHARNOW 1966: 78). Heute hängt die Grundwasserstandsdynamik in der Niederung v. a. von der Steuerung über Schöpfwerke und den Witterungsbedingungen ab (ausführlich in JESSEL et al. 2006). In der Abbildung 9 sind Wasserstände in Polderflächen im Vergleich zum Havelwasserstand dargestellt. Die Wasserstände deichgeschützter Flächen liegen in ihrem Schwankungsbereich deutlich tiefer als die Havelwasserstände und sinken im Sommerhalbjahr auch wesentlich stärker als die Havel ab. Ein Ausgleich der Verdunstungsverluste durch Nachfließen aus der Havel wird durch Deichanlagen, den Schöpfwerkbetrieb und nicht zuletzt durch veränderte Wasserleiteigenschaften der Torf- und Muddesubstrate verhindert. Grundwasserbedingte Vernässungen der Polderflächen, wie sie nach SCHARNOW (1966) und BARSCH (1969) in den 1960er Jahren in einigen Bereichen bei nicht ausreichender Vorflut (trotz Deich und Schöpfwerken) noch beobachtet werden konnten, sind bei Untersuchungen zwischen 2003 und 2005 nicht festgestellt worden (ausführlicher dazu im Kapitel 5.3.2.3 bzw. in JESSEL et al. 2006, RÖBLING et al. 2006 a).

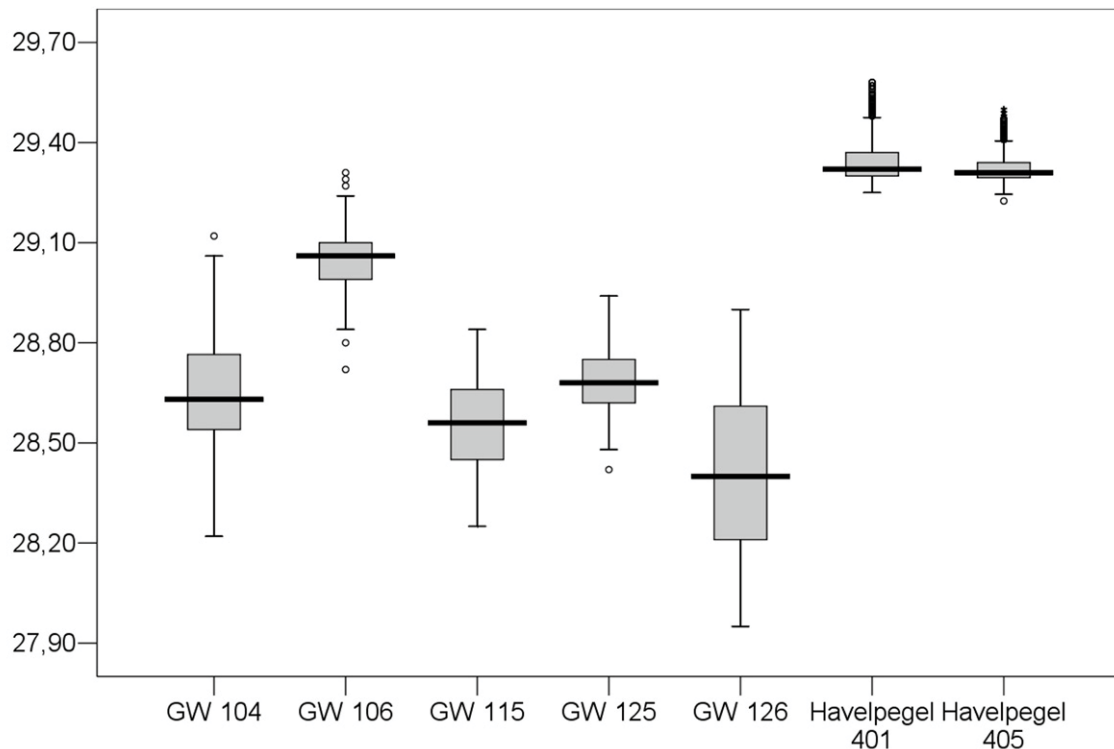


Abbildung 9: Boxplot zur Darstellung der Höhenlage in m über NHN (Median, 50. und 95. Perzentil) für Grundwasserstände (GWS) in deichgeschützten Bereichen (südlich der Havel: GW 104 = Krielow, GW 106 = Deetzer Rinne, GW 115 = Polder "Götz-Gollwitz"; nördlich der Havel: GW 125 = Zachow, GW 126 = Uetz-Paretz) im Vergleich zur Havel (Flusspegel 405 Deetz und Flusspegel 401 Ketzin) für den Zeitraum November 2001 bis Oktober 2005 (Quelle: JESSEL et al. 2006).

Durch die Entkoppelung der Grundwasser- von der Flusswasserstandsdynamik vollzieht sich in den Niederungen ein schleichender Abbau der Humusvorräte. Torf- und Humusaufgaben, die infolge weitreichender Überschwemmungen (hier vor allem anthropogen bedingt) und hoher Grundwasserstände entstanden, werden wieder aufgezehrt. Damit ändert sich das Wasser- und Speicherpotenzial der Niederungsflächen grundlegend.

### 5.1.3 Vegetation und Flächennutzung in der Mittleren Havelniederung

Vegetationsausprägung und Nutzungsmöglichkeiten hängen in jeder Niederung entscheidend vom Wasserregime, von der Dauer der Überstauung und der Höhe der sommerlichen Grundwasserstände ab. Vor den Eindeichungs- und Meliorationsmaßnahmen war die landwirtschaftliche Nutzung der Havelaue eingeschränkt. In Abhängigkeit von der Dauer der Überschwemmungsperioden wurden die tiefer gelegenen Bereiche mehr oder weniger regelmäßig als Grünland genutzt. Die ackerbauliche Nutzung war auf die höher gelegenen Bereiche beschränkt (Auenterrassen, Talsand- und Grundmoränenflächen). Mit Zunahme der Meliorationsaktivitäten wurde die ackerbauliche Nutzung in die tiefer gelegenen, eingedeichten Bereiche verlagert (Kapitel 5.2.2 und BERGES & THUNEMANN 2005). Als fruchtbarste Böden im Niederungsbereich galten aufgrund der Humusform, der Nährstoffvorräte und des ausgewogenen Verhältnisses zwischen Luft- und Wasserhaushalt die humusreichen Gleye (BARSCH 1969: 99).

Für die tiefsten Bereiche der Havelniederung wurde bis 1965 ein hoher Feuchtwiesenanteil beschrieben (BARSCH 1969). In den nicht eingedeichten Bereichen der Flussaue dominierten bei zügigem, sauerstoffreichem Grundwasser Rohr-Glanzgrasbestände. Rohr-Glanzgras (*Phalaris arundinacea*) verträgt Überstauung bis April und im Sommer absinkende Grundwasserstände. Die Bestände wurden einmal im Jahr gemäht und brachten bei frühem Mahdtermin gute Erträge ein. Großseggenriede, die sich bei stagnierender, sauerstoffarmer Dauernässe gegenüber dem Rohr-Glanzgras durchsetzen, konnten in überschwemmten Bereichen nur in sehr trockenen Sommern genutzt werden. In der nicht mehr überfluteten Flussaue gaben Glatthafer- und Kohldistelwiesen bestes Viehfutter und wurden zwei Mal im Jahr gemäht. Im Zuge der Komplexmelioration in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts und der damit verbundenen Standortveränderung (vgl. Kapitel 4.1) haben die Vegetationsbestände deutlich an Artenreichtum verloren. Heute zeichnen sich die Bestände durch einen hohen Anteil an Stau-nässezeigern und Ruderalarten wie Gewöhnliche Quecke (*Elytrigia répens*), Große Brennnessel (*Urtica dióica*) und Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) aus (vgl. auch Kapitel 5.3.2.4).

## 5.2 Der Polder "Götz-Gollwitz"

Für das Poldergebiet wurde im Rahmen eines am Lehrstuhl für Landschaftsplanung der Universität Potsdam durchgeführten interdisziplinären Studienprojektes eine Recherche zum Landnutzungswandel und zu den damit verbundenen landschaftlichen Veränderungen durchgeführt (BERGES & THUNEMANN 2005). Die folgende Kurzvorstellung des Polders "Götz-Gollwitz" fasst u. a. die wichtigsten Ergebnisse der Recherche zusammen.

### 5.2.1 Lage, Morphologie und Flächengröße

Der Polder "Götz-Gollwitz" liegt südlich der Havel in dem sich aufweitenden Niederungsbereich und hat eine Größe von ca. 950 ha. Er wird im Westen durch den Emster Kanal, im Süden durch den Eisenbahndamm (Strecke Potsdam - Brandenburg) sowie im Osten durch die Straße von Götz nach Götzberge begrenzt. In einem schmalen Bereich reicht er bis an die Ortschaft Groß Kreuz heran. Am Rande des Polders befinden sich die Ortschaften Gollwitz, Jeserig und Götz (vgl. Abbildung 10). Der Polder ist teilweise vermoort, im südwestlichen und östlichen Bereich des Gebietes (Ortschaft Gollwitz und Götz) überragen Grundmoräneninseln und Talsandstreifen die tiefer liegenden Flächen. Die Torfe werden stellenweise von Tonen unterlagert. Sanddurchragungen und größere zusammenhängende, höher gelegene humus- und kalkreiche Sandflächen unterbrechen die vermoorten Bereiche. Die tiefsten Flächen liegen unter 29,00 m über NHN wie aus dem Höhenmodell in der Abbildung 11 zu ersehen ist.

Die drei Teilflächen weisen eine unterschiedliche Distanz zur Havel auf. Die Größe der Fläche 1 beträgt ca. 40 ha, die der Fläche 2 und 3 ca. 31 bzw. 24 ha. Die Flächen 1 und 2 werden als Grünland und die Fläche 3 ackerbaulich genutzt.

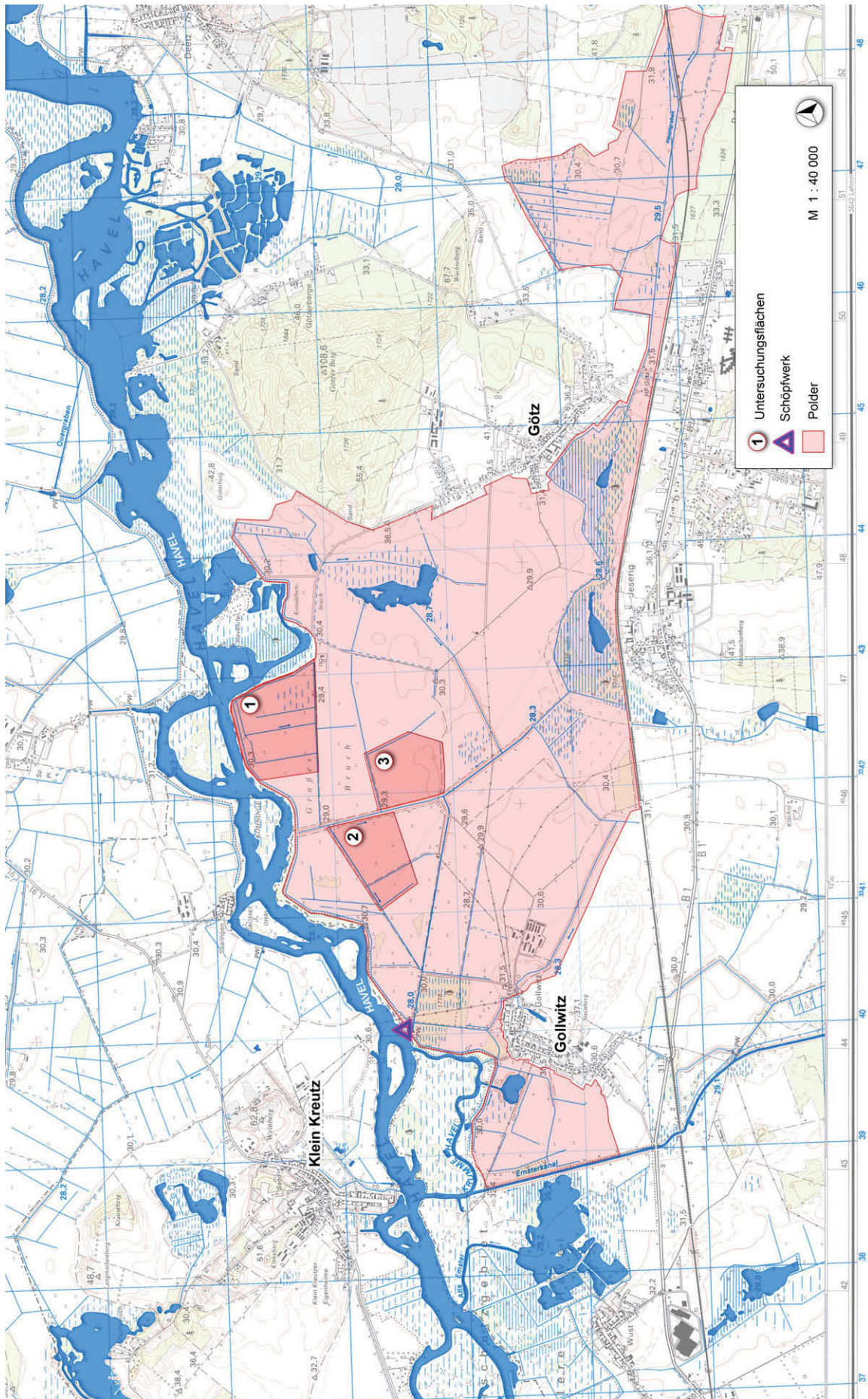


Abbildung 10: Übersichtskarte Polder "Götz-Gollwitz" und Lage der Untersuchungsflächen.

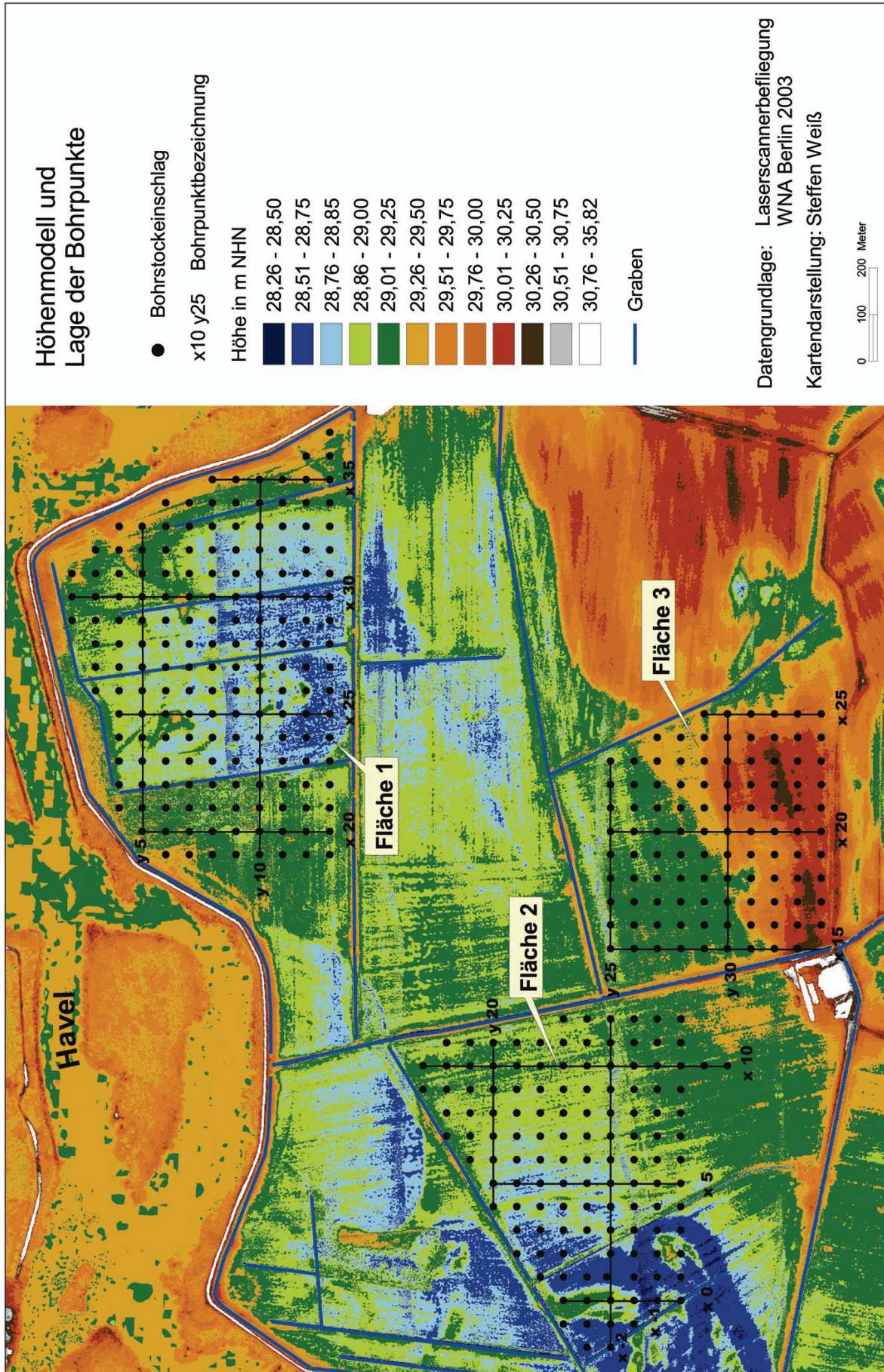


Abbildung 11: Höhenmodell mit Lage der Bohrpunkte im nördlichen Teil des Polders "Götz-Gollwitz".



## 5.2.2 Melioration und Flächennutzung

Nachfolgend werden die wichtigsten Meliorationsmaßnahmen und Flächennutzungen ab dem 18. Jahrhundert für das Poldergebiet zusammengefasst.

Tabelle 11: Landschaftsveränderung im Polder "Götz-Gollwitz" durch Meliorationsmaßnahmen und Flächennutzung.

Meliorationsmaßnahmen im Poldergebiet	Flächennutzung / Vegetation
<b>vor 1718</b>	fischreiche Gewässer, landwirtschaftliche Nutzung ist nicht von Bedeutung
<b>Friedrich Wilhelm I. ordnet die Melioration des Havelländischen Luches an (1718-1724)</b>	
KARTE VON SCHULENBURG 1767-1787, KARTE VON SCHMETTAU 1767-1787, KARTE VON DECKER 1816-1824	
Der Hauptentwässerungsgraben vom Jeseriger See durch das See- und Kirchbruch sowie das Kossätenbruch sind bereits vorhanden.	– Bruchflächen (Sträucher, Bäume) (Fläche 1 und 2) – Luchflächen (Röhricht- und Seggengesellschaften) (Fläche 1 und 3)
<b>Urmesstischblatt (1839), LANDESVERMESSUNGSAMT BRANDENBURG (LVA) (1997), LANDESVERMESSUNGSAMT BRANDENBURG (LVA) (1998)</b>	
keine wesentliche Veränderung	– Bruch- und Luchflächen, untergeordnet Grünland (Wiesen) – Ackerbau auf höher gelegenen, sandigen Flächen (Gollwitz)
<b>Preußische Uraufnahme (1880)</b>	
Die Grabenanzahl hat geringfügig zugenommen.	– Bruch- und Luchflächen haben zugunsten eines höheren Grünlandanteiles abgenommen (Fläche 2 und 3) – Anteil Ackerflächen unverändert – Ziegelei nördlich des Kossätenbruchs, Torfstich nördlich des Jeseriger Sees
<b>Drainkarte vom Rittergut Gollwitz 1909, KULTURTECHNISCHES BÜRO O. HACKRADT (1909)</b>	
Drainierung der hauptsächlich ackerbaulich genutzten Flächen östlich von Gollwitz mit Tonröhren	
<b>1926 (SCHÖN, 28.04.2004 mdl. Mitt. an BERGES &amp; THUNEMANN)</b>	
Bau des Schöpfwerkes Gollwitz-Havel	PUHLMANN (1936) zit. in BERGES & THUNEMANN 2005: Bruch- und Moorwiesen, welche minderwertig und schwer zu bewirtschaften waren und alljährlich von der Havel überschwemmt wurden, lieferten fast wertloses Futter.
<b>1928 bis 1930</b>	
(Brandenburger Anzeiger vom 16.05.1928, 04.10.1929 und 16.01.1930 zit. in BERGES & THUNEMANN 2005)	
– Fertigstellung des Haveldeiches auf einer Länge von 6 km – vorhandener Hauptgraben wurde auf einer Länge von 4 bis 5 km auf 9 m verbreitet und auf 3,5 m vertieft, insges. 12 km Grabenlänge – Gründung der Bodenverbesserungsgenossenschaft "Götz-Gollwitz"	– 1928 2,5 dm tiefer Umbruch der entwässerten Wiesenflächen und Ansaat von Süßgräsern (Puhlmann 1936) – 1929 umfasst Meliorationsfläche 2027 ha; davon sind 1500 ha kultiviert und ackerbaulich genutzt. – 1930 werden Wiesen erstmalig nicht überschwemmt.
<b>Messtischblatt (1882, Ausgabe 1943), PREUBISCHE LANDESAUFNAHME (1882)</b>	
Grabenanzahl hat zugenommen (Fläche 1)	– Bruchflächen in Resten vorhanden, überwiegend feuchte Wiesen (Fläche 1 und 2) – Ausdehnung von Ackerflächen im Zentrum des Polders (auf Sanddurchragungen, sandigen Flächen) (Fläche 3) – Bewirtschaftung mit Dampfpflug – Anbau von Kartoffeln, Zuckerrüben und Hanf auch auf Moorböden, intensive Rinder und Pferdezucht bis 1945 (JANKWITZ 05.11.2004, mdl. Mitt. an BERGES & THUNEMANN)

Fortsetzung Tabelle 11

Meliorationsmaßnahmen im Poldergebiet	Flächennutzung / Vegetation
	– Tonlöcher (Kossätenbruch, Verlandung Jeseriger und Götzer See)
<b>nach 1945 - Übersichtskarte Grabennetz im Polder 1953, VEB MELIORATIONSKOMBINAT POTSDAM 1952)</b>	
Verdichtung des Grabensystems in ehemals kaum entwässerten Bereichen nahe der Havel	
<b>1950/60</b>	
Bau eines neuen, leistungsfähigeren Schöpfwerkes, Entwässerungsmaßnahmen auf Ackerflächen bei Gollwitz	
<b>1970/80er Jahre</b>	
(VEB MELIORATIONSKOMBINAT POTSDAM 1973: Standortgutachten und Studie zu Entwässerungsmaßnahmen; TK 25, TK 10 (Ausgabe für die Volkswirtschaft), MINISTERIUM DES INNERN AMT FÜR VERMESSUNGS- UND KARTENWESEN 1990, MINISTERIUM DES INNERN VERWALTUNG VERMESSUNGS- UND KARTENWESEN 1985)	
– Entwässerungsmaßnahmen Polder Gollwitz-Havel/Emster durch Meliorationsgenossenschaft in vier Ausbaustufen	– intensiver Anbau von Getreide, Kartoffeln, Zuckerrüben, Gemüse als Hauptanbauprodukte (Fläche 2 und 3, teilweise Ausdehnung auf Fläche 1)
– 1974 Aufhöhung des Deiches um 0,6 bis 0,8 m auf einer Länge von 8,5 km; Verlegung des Druckwassergrabens im Polder Gollwitz-H.	– intensive Wiesen- und Weidewirtschaft
– 1975 vierte geforderte Ausbaustufe: Rekonstruktion des Schöpfwerkes, da geforderte Absenktiefen (GWS 0,8 m unter Flur) nicht mehr erreicht werden können.	– weitere Grundwasserstandsabsenkung
– 1986 Bau des Zwischenschöpfwerkes mit UPL-Pumpe beim Kirchbruch; zweiseitige Regulierung möglich (Stauprogramm der 1980er Jahre)	
– Zunahme der Grabenanzahl (Fläche 1)	
<b>nach 1990</b>	
(ZEITHAMMER, 19.04.2004 mdl. Mitt.)	
– nur noch Grabenpflege, keine neuen Gräben mehr	– extensive Grünlandwirtschaft (Mähweide, Mutterkuhhaltung) auf Fläche 1 und 2
– Zwischenschöpfwerk nicht mehr in Betrieb	– ökologischer Anbau von Körnermais, Beregnung erforderlich (Fläche 3)
– 1999 Ersetzen der alten durch eine drehzahlabhängige Pumpe	
– Schöpfleistung insgesamt zurück gefahren	

Der Charakter des Poldergebietes hat sich mit Beginn der Meliorationsmaßnahmen grundlegend verändert. Aus der ehemaligen Bruch- und Luchlandschaft mit Strauch- und Röhrichtgesellschaften entwickelte sich eine von Acker- und Grünlandflächen bestimmte Landschaft. Die am tiefsten und der Havel am nächsten gelegenen Flächen werden aktuell als extensives Grünland genutzt, der größere Flächenanteil des Polders unterliegt der ackerbaulichen Nutzung, zum Teil konventionell, aber auch ökologisch. Ausschnitte ausgewählter historischer bzw. topografischer Karten, die die landschaftlichen Veränderungen dokumentieren, sind im Anhang 5 zusammengestellt.

## 5.3 Erfassung der Bodenverhältnisse

### 5.3.1 Inhalte bodenkundlicher und sonstiger Kartenwerke

In der Tabelle 12 sind die Signaturen der Flächeneinheiten zusammengefasst, welche in den ausgewählten Kartenwerken (Tabelle 2, Kapitel 3.2.3) jeweils den drei Teilflächen zugeordnet sind. Die Beschreibung des Flächeninventars entspricht den Angaben der Legenden bzw. ist um Informationen aus Erläuterungsheften ergänzt. Alle Kartenwerke stimmen in ihren Aussagen zum Grundcharakter der drei Teilflächen größtenteils überein. Ausschnitte aus der Karte der Bodenschätzung (BS) (STAATLICHE GEOLOGISCHE KOMMISSION o. J.), der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) (AKADEMIE DER LANDWIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN DER DDR FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHENBERG BEREICH BODENKUNDE EBERSWALDE 1976), der Geologischen Karte und der Naturraumtypenkarte, auf die im folgenden Bezug genommen werden, sind als Anhang 6 beigefügt. Auf die Darstellung des Ausschnittes aus der BÜK 300 und der projektbezogenen Bodenkarte "Untere Havel-Wasserstraße" (LANDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE BRANDENBURG (LGRB) 1993) wurde u. a. wegen des kleinen Maßstabs verzichtet.

Im Hauptbereich der Fläche 1 dominieren sandunterlagerte Torfe, deren Mächtigkeiten entsprechend der MMK überwiegend 12 dm erreichen, anteilig aber auch tiefgründigere Torfe vorkommen (Mo1c2). Im westlichen Teil der Fläche 1 weisen die Karten der BS und MMK durchweg flach- bis mittelgründige Torfauflagen aus (Mo1c1), wobei laut BS die Torfauflagen nicht mächtiger als 5 dm sind (Mo/Sa3). Jüngere Karten wie die BÜK 300 oder die projektbezogene Bodenkarte "Untere Havel-Wasserstraße" bescheinigen für den Westteil der Fläche 1, aber auch für einen schmalen Streifen im Osten der Fläche, bereits Vorkommen von humusreichen, mineralischen Grundwasserböden (Humusgleye, Anmoorgleye). Diese sind entsprechend der BÜK 300-Legende mit geringem Anteil auch auf der Hauptfläche zu erwarten. Die Geologische Karte und Naturraumtypenkarte enthalten keine vergleichbaren Flächendifferenzierungen. Die Kartenwerke des LBGR (BÜK 300, projektbezogene Karte "Untere Havel-Wasserstraße") sind die Einzigen, die für Fläche 1 Muddeunterlagerungen bzw. bindige Beimengen im Torf angeben.

Für die Fläche 2 weisen die BS und MMK flache Torfauflagen (Mo/Sa2, Mo1c1) aus, die in der projektbezogenen Bodenkarte "Untere Havel-Wasserstraße" nicht dargestellt sind. Diese grenzt stattdessen Anmoorgleye aus Sande oder Sand aus. Die BÜK 300 beschreibt die Fläche 2 mit den gleichen Inhalten wie für den Hauptbereich der Fläche 1. Mit geringen Anteilen können humusreiche Grundwasserböden vorkommen, es überwiegen jedoch Erdniedermoorböden. Auch die Naturraumtypenkarte kennzeichnet Torftiefsande und beschreibt somit einen stärker torfigen Flächencharakter als die beiden groß- bzw. mittelmaßstäbigen Karten (BS und MMK). Möglicherweise enthält die Naturraumtypenkarte eine falsche Zuordnung des Flächentyps, da die Torfmächtigkeitsverhältnisse für Fläche 1 und 2 im Vergleich zu allen anderen Karten genau gegensätzlich zugewiesen sind. Laut Geologischer Karte werden die Torfe der Fläche 2 nesterweise von Havelton unterlagert.

Der höher gelegene Teil der Fläche 3 (vgl. auch Abbildung 11) wird bereits in der Geologischen Karte als humos und sandig gekennzeichnet, während der tiefer liegende Bereich noch Torf mit nesterweisen Tonunterlagerungen aufweist. Diese Zweiteilung ist mit Ausnahme der Naturraumtypenkarte und BÜK 300 in den übrigen Karten nachvollziehbar. Während nach den Karten der BS und MMK im unteren Geländeteil weiterhin noch flache Torfauflagen vorkommen (oben / unten: S3A1, Mo/Sa3;

D2b2, Mo1c1), handelt es sich bei der projektbezogenen Bodenkarte bereits um Humusogleye. Die BÜK 300 gibt für die gesamte Fläche 3 Humus- und Anmoorgleye aus Flusssand an.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Geologische Karte altersbedingt größere und mächtigere Torfauflagen auf allen drei Flächen ausweist als die jüngere Karte der BS. Aufgrund ihres Maßstabs (1:10 000) sind die Karten der BS am flächenschärfsten. Auf diesen bauen die Arbeitskarten der MMK (1:25 000) auf, welche in ihrer Abgrenzung maßstabsbedingt weniger flächenscharf sind. Die MMK bietet den Vorteil, dass aus dem Erläuterungsheft Angaben zum Bodentyp oder zur Hydromorphie entnommen werden können und Differenzierungen der Moormächtigkeit enthalten sind. Die digitale Moorbodenkarte Brandenburgs baut im Wesentlichen auf der MMK auf und enthält, sofern für bestimmte Bereiche keine älteren und neueren Standortgutachten aus dem Moorarchiv der Humboldt-Universität zu Berlin eingeflossen sind, die gleichen Inhalte und Abgrenzungen wie die MMK. Die MMK ist zudem Grundlage für die Erarbeitung der projektbezogenen Bodenkarte "Untere Havel-Wasserstraße" gewesen, in die zusätzlich Informationen aus der Geologischen Karte eingeflossen sind. Vor allem die projektbezogene Bodenkarte aber auch die BÜK 300 beschreiben als jüngere Bodenkarten einen deutlich höheren Anteil an humusreichen, mineralischen Grundwasserböden und berücksichtigen mit der Aufnahme von Folgeböden den eingetretenen Standortwandel.

Tabelle 12: Zusammenstellung und Inventarbeschreibung der Flächeneinheiten, die in den ausgewählten Kartenwerken den Beispielflächen im Polder "Götz-Gollwitz" zugeordnet sind (F 1 = Fläche 1 etc., x in Klammern: Flächeneinheit mit geringem Anteil).

Kartenwerk	Signatur	Flächencharakteristik	F 1	F 2	F 3
<b>Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg</b> 1:300 000 (BÜK 300) (2001)	78	Erdniedermoore aus Torf verbreitet über Lehm, ... verbreitet über Mudde; gering verbreitet Erdniedermoore aus Torf; gering verbreitet Humus- und Anmoorgleye aus Lehm-sand über Lehm ...	x	x	
	27	überwiegend Humusogleye und gering verbreitet Anmoorgleye aus Flusssand; verbreitet Erdniedermoore aus Torf über Flus-sand	(x)		
	26	vorherrschend Humusogleye und gering verbreitet Anmoorgleye aus Flusssand; selten Erdniedermoore aus Torf über Flusssand			x
<b>Naturraumtypenkarte, (Knothe 1984)</b> 1:100 000	521	grundwasserbestimmte Torftiefsandebene		x	
	522	grundwasserbest., sandunterla. Torfebene	x		
	515	grundwasserbestimmte, humose, sandige Terrasse oder Ebene der Niederung			x
<b>Digitale Moorkarte</b> des Landes Brandenburg (1997), Anwendung für den Maßstabsbereich 1:50 000 bis 1:100 000	Mo1c1	2 ... 12 dm Torf über Sand (61 ... 80 % Flächenanteil) – geringer ökologischer Bodenwert (ÖBW 4) – vordringlicher Handlungsbedarf (Kat. 33)	x	x	(x)
	42	Moorfläche mit hohem Handlungsbedarf	x	x	
	Mo1c2	> 12 dm Torf (21 ... 40 % Flächenanteil) u. 2 ... 12 dm Torf über Sand (61 ... 80 % Flächenanteil) – hoher ökologischer Bodenwert (ÖBW 2) – Kategorie 33 und 42	x		

Fortsetzung Tabelle 12

Kartenwerk	Signatur	Flächencharakteristik	F 1	F 2	F 3
<b>projektbezogene Boden-</b> <b>karte "Untere Havel-</b> <b>Wasserstraße"</b> (digital) (1993)		Niedermoor mit Schluff-, Ton- und sonstigen Beimengungen im Torf (GWS 6 -2 dm u. GOF)	x		
		Anmoorgleye aus Sandlehm oder Sand mit lehmigen Bändern (GWS 10 - 6 dm u. GOF)	(x)	x	
		Humusgleye aus Sandlehm oder Sand	(x)		x
		Gleye aus Sandlehm und Sand			x
<b>Geologische Karte</b> 1:25 000 (bis 1892)	t/s	9 ... 20 dm Torf über Sand	x		
	t/(to)/s	10 ... 20 dm Torf und nesterweise 0 ... 5 dm Havelton über Sand		x	(x)
	sh/s	4 ... 7 dm humoser Sand über Sand			x
<b>Mittelmaßstäbige Land-</b> <b>wirtschaftliche Standort-</b> <b>kartierung</b> (MMK) Arbeits- und Übersichts- karten 1:25 000 / 1:100 000 (1975-1985)	Mo1a (Ntolb - NtolI/s)s (Mo1c1)	sandunterlagerter Torf bis Torftiefsand	x		
	Mo1a (NtolII/s)s (Mo1c1)	Torfflachsand	x	x	(x)
	D2b (sL)s/P (D2b2)	grundwasserbeeinflusste Sande, Braunerdegley und Normgley eben, Senken- und Plattengefüge			x
<b>Bodenschätzung</b> (BS) Arbeitskarten 1:25 000 (1934-1955) Angaben zur Zustands- und Wasserstufe nicht ausformuliert	Molla3 MollIa3	Torf, Grünlandnutzung	x		
	Mo/Sa3 Mo/Sa2	geringmächtiger Torf über Sand, Grünland geringmächtiger Torf über Sand, Grünland	x		(x)
	ISIIa3	lehmiger Sand, Grünlandnutzung	x	x	
	S3AI	Sand, Ackernutzung			x

### 5.3.2 Ergebnisse der Bodenkartierung auf drei Teilflächen im Polder "Götz-Gollwitz"

Die Vorinformationen aus der Kartenauswertung, insbesondere die Hinweise zu Folgeböden auf der Fläche 2 und dem nördlichen Teil der Fläche 3 waren im Gelände zu überprüfen. Dabei interessierte vor allem, ob im zentralen Bereich der Fläche 1 eine noch mehr oder weniger geschlossene Torfdecke ausgeprägt ist und welchen Zustand die Torfsubstrate aufweisen.

Die Kennzeichnung des aktuellen Zustandes der drei Beispielflächen basiert auf neun Leitprofilen und 415 Bohrstockeinschlägen (Lage siehe Abbildung 11 und Abbildung 13). Die Beschreibung erfolgt im Wesentlichen in den vier Kategorien Substratarten und -typen, Pedogenese, Hydromorphie und Vegetation.

#### 5.3.2.1 Substratkennzeichnung

Die Substratarten und deren Abfolgen (= Substrattypen) auf der Fläche 1 sind sehr vielfältig. Neben unterschiedlich stark zersetzten Schilftorfen sind "Antorfe", Schluff- bzw. Tonmudden, humose, bindige Ablagerungen (Überflutungssediment) sowie Flusssand die wichtigsten Substratarten. Die Torfe weisen wechselnde Anteile bindiger Einschlammungen auf und innerhalb der Muddeschichten können unterschiedlich starke, gut erhaltene Torfbänder eingelagert sein. Die Übergänge zwischen den Substraten Torf mit Mudde bzw. Mudde mit Torf sind fließend. Insgesamt ist der Anteil von Pflanzenbeimengungen in den Mudden und im Flusssand sehr hoch. Unterhalb der dominierenden organomineralischen Schluff- und Tonmudden können vollständig zersetzte Torfe bzw. Detritusmudden abgelagert sein. Detritusmudden als ein Vertreter der organischen Mudden spielen bis zu einer Tiefe von 1 m unter GOF (Erkundungsbereich) keine Rolle. In tieferen Rinnenstrukturen mit größerer Torfmächtigkeit (lokalisierte Altarme) weisen Mudden z. T. beträchtliche Kalkgehalte (über 50 %) auf.

Wechselnde Mudde- und Torfeinlagerungen auf der Fläche 1 bzw. Sandbänder mit zum Teil begrabenen Ah-Horizonten auf der Fläche 2 spiegeln deutlich die Bildungsbedingungen wider. Charakteristisch war sowohl ein zeitliches als auch räumliches Mosaik von Flachwasserbereichen, hohen Grundwasserständen ohne Gewässerbildung und Überflutungsphasen. Eine klare Trennung zwischen Grund- und Havelwassereinfluss bzw. Gewässerverlandung ist kaum möglich. Es ist davon auszugehen, dass der zum Teil recht hohe Anteil von Mudde bzw. bindiger Überflutungsabsätze dazu beigetragen hat, dass sich v. a. im Tiefenbereich zwischen 5 dm und 7 dm unter GOF nur schwach bis mittel zersetzte Schilftorfe erhalten haben. Eine horizontbezogene Auswertung der Zersetzungsgrade nach VON POST (vgl. Tabelle 13) ergab für Fläche 1 folgende Ergebnisse.

Im Tiefenbereich von 0 dm bis 3 dm unter GOF wiesen 65 Prozent aller Horizonte Torf als Substratart auf. Die Torfe waren dabei zu 94 Prozent sehr stark bis vollständig zersetzt (Zersetzungsgrad H 10 und H 9). Weniger stark zersetzte Torfe spielten im oberen Schichtbereich keine Rolle. In der Tiefenstufe 3 dm bis 5 dm unter GOF wurden zur Hälfte torfige Horizonte kartiert, von denen ca. 18 Prozent Zersetzungsgrade zwischen H 3 und H 6 aufwiesen. In der folgenden Tiefenstufe 5 dm bis 7 dm unter GOF nahm der Anteil torfiger Substrate um 25 Prozent deutlich ab. In diesem Tiefenbereich war der Anteil von schwach mit mittel zersetzten Torfen mit 47 Prozent jedoch am höchsten.

Tabelle 13: Prozentuale Verteilung von Torfersetzungsgraden in unterschiedlichen Tiefenstufen auf der Fläche 1. In Klammern ist die Gesamtzahl der einbezogenen Horizonte angegeben.

Tiefenstufe	Summe Horizonte	mineralisch	H 10	H 9	H 8	H 7	H 6	H 5	H 4	H 3
0 - 3	257	35 (90)	53 (137)	8 (21)	2 (5)	0,8 (2)	-	-	0,8 (2)	-
3 - 5	305	49 (151)	13 (39)	11 (34)	10 (30)	7 (22)	4 (12)	1 (4)	3 (9)	1 (4)
5 - 7	233	75 (174)	5 (12)	5 (11)	2 (5)	1 (3)	2 (5)	3 (6)	4 (9)	3 (8)
7 - 10	215	83 (179)	7 (16)	4 (8)	3 (6)	0,5 (1)	-	0,9 (2)	0,5 (1)	0,9 (2)

Auf der Fläche 2 kommen Torfauflagen und Mudden nur im Bereich tiefer liegender Moorrinnen vor, die an der Basis gleichfalls hohe Kalkgehalte ( $> 65\%$ ,  $x_{1y21}$ ) aufweisen. Neben anmoorigen Substraten, die eine noch stärkere Verbreitung auf Fläche 1 finden, dominieren auf der Fläche 2 humose Sande. Diese sind zudem im tiefer liegenden Teil der Fläche 3 vorzufinden. Zwischen der humosen bzw. anmoorigen Oberschicht und dem Flusssand fallen auf beiden Flächen bindige, humose Ablagerungen auf. Wegen ihrer hohen Trockenrohdichte (vgl. Profil 5 und 7 im Anhang 2) sind sie nicht als Mudden, sondern als Überflutungsabsätze angesprochen worden (Festlegung erfolgte in Abstimmung mit Herrn BAURIEGEL vom LBGR). Sie haben einen maßgeblichen Anteil an der Mächtigkeit und Humosität der Oberböden. Außerdem wies ein Teil der anmoorigen Oberbodenhorizonte (Aa) ebenfalls eine hohe Bindigkeit auf. Aufgrund der langjährigen Pflugarbeit ist davon auszugehen, dass es u. a. zur Durchmischung anmooriger und humoser Substrate mit Überflutungssedimenten gekommen war.

Der an Feinsand reiche Flusssand enthält unterschiedliche Schluffanteile. Vor allem im höher gelegenen Bereich der Fläche 3 kann er stark schluffhaltig sein. Stellenweise ist dort Einfluss von Kalk festzustellen. Auf der Fläche 2 und 3 lagern unter den Feinsanden häufig Kies führende Mittel- und Grobsande. Als weitere Substratbesonderheit im Vergleich zur Fläche 1 sind 0,2 dm bis 1,5 dm mächtige "Lehmlinsen" zu nennen, die in einer Tiefe zwischen 2 dm und 7 dm unter GOF auf der Fläche 2 und vereinzelt auf der Fläche 3 vorkommen. Sie befinden sich unter der humosen Oberschicht, eingebettet im Flusssand. Die "Lehmlinsen" unterscheiden sich in der Korngrößenzusammensetzung (stark sandiger Ton und sandig, toniger Lehm) sowie in der Farbe (gelblich, gelblich-dunkelgrau, mit vielen Oxidationsflecken) deutlich von den kompakten organo-mineralischen Mudden der Fläche 1. Um den in der Geologischen Karte dargestellten "Havelton", der hauptsächlich in tiefen Buchten und Kolken gefunden wird, handelt es sich wahrscheinlich nicht. Die "Lehmlinsen" treten, wie schon der Name besagt, nicht flächig auf. Ihr punktuell Vorkommen könnte auf lokal begrenzte Ablagerungen in Flachwasserbereichen oder auf das Einpfügen in den Oberbodenhorizont zurückzuführen sein.

Einen zusammenfassenden Überblick über die Abfolge der wichtigsten Substratarten und deren Mächtigkeiten auf allen drei Flächen gibt die Tabelle 14. Die Wiedergabe der Substrattypen erfolgt in vereinfachter, verbalisierter Form. Eine umfassende Auflistung entsprechend der Substratnomenklatur nach Bodenkundlicher Kartieranleitung ist als Anhang 3 beigefügt. Die räumliche Verteilung der Gesamtmoormächtigkeit, der unterschiedlichen Torfmächtigkeiten sowie der an der Oberfläche anstehenden organo-mineralischen und mineralischen Substrate bzw. Unterlagerungen wird aus Ab-

bildung 12, Abbildung 13, Abbildung 14 ersichtlich. Weitere Bohrprofile sind in der Abbildung 18 sowie im Anhang 7 grafisch dargestellt.

Tabelle 14: Substrattypen und deren Verteilung auf die einzelnen Untersuchungsflächen (n = Gesamtanzahl der Bohrstockeinschläge).

<b>Substratabfolge (Substrattyp)</b> <i>differenziert nach Mächtigkeit</i>	<b>Fläche 1 (n = 174)</b>	<b>Fläche 2 (n = 141)</b>	<b>Fläche 3 (n = 103)</b>
<b>humoser Sand / ... / Flusssand</b>	<b>2</b>	<b>89</b>	<b>103</b>
<i>Mächtigkeit &gt; 1 dm &lt; 3 dm</i>	2	39	67
humoser Sand, ohne Unterlagerungen	-	13	55
humoser Sand, Überflutungssediment > 0 < 3 dm	-	22	12
humoser Sand, Mudde > 0 - 5 dm	2	4	-
<i>Mächtigkeit &gt;= 3 dm &lt; 6 dm</i>	-	50	36
humoser Sand, ohne Unterlagerungen	-	29	31
humoser Sand, Überflutungssediment > 0 < 3 dm	-	15	5
humoser Sand, Mudde > 0 < 3 dm	-	6	-
<b>organomineralische Mudde / ... / Flusssand</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Mudde > 4 dm – 9 dm	15	-	-
<b>Anmoor / ... / Flusssand</b>	<b>49</b>	<b>28</b>	<b>-</b>
<i>Mächtigkeit &gt;= 1 dm &lt; 3 dm</i>	26	6	-
Anmoor, ohne Unterlagerungen	5	-	-
Anmoor, Überflutungssediment > 0 < 3 dm	8	2	-
Anmoor, Torf >= 0 < 1 dm, Mudde > 3 dm	7	-	-
Anmoor, Torf >= 0 < 3 dm, Mudde > 0 < 3 dm	6	4	-
<i>Mächtigkeit &gt;= 3 dm &lt; 5 dm</i>	24	22	-
Anmoor, Überflutungssediment > 0 < 2 dm	2	5	-
Anmoor, Mudde 0 - < 1 dm	8	12	-
Anmoor, Mudde >= 1 dm < 3 dm	10	3	-
Anmoor, Mudde >= 3 dm < 5 dm	4	2	-
<b>Torf / ... / Flusssand</b>	<b>108</b>	<b>24</b>	<b>-</b>
<i>Mächtigkeit &gt;= 1,3 dm &lt; 3 dm</i>	15	-	-
Torf, Mudde > 0 - 4 dm	15	-	-
<i>Mächtigkeit &gt;= 3 dm &lt; 5 dm</i>	48	9	-
Torf, Überflutungssediment	2	1	-
Torf, Mudde 0 - < 1 dm	9	-	-
Torf, Mudde >= 1 dm < 3 dm	12	5	-
Torf, Mudde >= 3 dm < 5 dm	14	2	-
Torf, Mudde >= 5 dm - 7 dm	11	1	-
<i>Mächtigkeit &gt;= 5 dm &lt; 7 dm</i>	28	5	-
Torf, Mudde 0 - < 1 dm	3	2	-
Torf, Mudde >= 1 dm < 3 dm	13	1	-
Torf, Mudde >= 3 dm < 5 dm	12	2	-
<i>Mächtigkeit &gt;= 7 dm &lt; 15 dm</i>	16	10	-
Torf >= 7 dm < 10 dm, Mudde 0 - 3 dm	12	2	-
Torf >= 10 dm	4	8	-



Wie Tabelle 14 sowie Abbildung 12 und Abbildung 13 belegen, ist auf der Fläche 1 eine flächen-deckende Torfauflage nicht mehr vorhanden. Nur an 108 von 174 Bohrpunkten, das sind 62 Prozent aller Bohrstockeinschläge, ist Torf nachgewiesen worden. Die Torfmächtigkeit kann, vor allem in Rinnen, mehr als 1 m erreichen. Im Zentrum der Fläche schwankt sie aber vorwiegend zwischen 3 dm und 5 dm bzw. 5 dm und 7 dm (vgl. Abbildung 13). Der Torfkörper wird größtenteils von einer Muddeschicht unterlagert (83 % der Einschläge), deren Mächtigkeit sich hauptsächlich zwischen 1 dm und 3 dm bzw. 3 dm und 5 dm bewegt. Bei nur wenigen Bohrproben (Anzahl = 14) folgen dem Torfkörper geringmächtige Überflutungsabsätze bzw. eine Muddeschicht, deren Mächtigkeit < 1 dm ist. Im südöstlichen Teil der Fläche 1 steht die Muddeschicht oberflächlich an und erreicht besonders große Mächtigkeiten zwischen 4 dm und 9 dm (15 Bohrpunkte, 9 % aller Einschläge). Bis auf den südöstlichen Teil ist kein eindeutiges Verteilungsmuster hinsichtlich der Muddemächtigkeit erkennbar. Neben Bereichen, in denen die Muddeschicht fehlt, können sich Bereiche anschließen, in denen die Muddeschicht größere Ausdehnungen erreicht.

An 49 Bohrpunkten (28 % aller Einschläge) weisen Anmoorauflagen etwa zur Hälfte Mächtigkeiten zwischen 1 dm und 3 dm (52 %) bzw. 3 dm und 5 dm (48 %) auf. Größtenteils werden diese von bindigen, humosen Ablagerungen und Mudden unterlagert. Letztgenannte erreichen häufiger nur Mächtigkeiten zwischen 0 dm und 3 dm. Während sich die Substrattypen "mächtige Muddeschicht / Flusssand" (Profil 4) und "geringmächtiger Torf / mächtiger Muddeschicht / Flusssand" (Profil 2) im südöstlichen Teil sowie anstehender "Flusssand" (Profil 5) auf den südwestlichen Teil der Fläche 1 konzentrieren, sind im mittleren Flächenbereich zahlreiche Übergänge zwischen den Substrathauptabfolgen "flacher Torf / gering mächtiger Muddeschicht / Flusssand" (Profil 3), "flacher Torf / Überflutungssediment / Flusssand" sowie "Flusssand" und "mächtiger Torf" (Profil 1) zu finden (vgl. Abbildung 12, Abbildung 13 und Profile im Anhang 2).

Auf der Fläche 2 dominiert der Substrattyp "humoser Sand / ... / Flusssand" (an 89 von 141 Bohrpunkten nachgewiesen, = 63 %). Die humose Oberschicht erreicht zu 56 Prozent Mächtigkeiten zwischen 3 dm und 6 dm. Im westlichen Teil der Fläche 2 kommen Anmoor- und Torfauflagen vor (20 bzw. 17 % aller Einschläge). Die Anmoorauflagen sind vorwiegend 3 dm bis 5 dm (79 %) mächtig und werden im Vergleich zur Fläche 1 nur selten von einer kompakten Muddeschicht (> 1 dm bis 5 dm) unterlagert. Besonders auf der Fläche 2 sind humose, bindige Ablagerungen (Überflutungssedimente) anzutreffen (vgl. Abbildung 14). Ein Schnitt durch die Moorrinne ist in der Abbildung 15 dargestellt. Die wechselnden Phasen der Torf- und Muddeschichtbildung sind an diesem Beispiel besonders gut erkennbar.

Im Gegensatz zu den ersten beiden Flächen stellt sich die Fläche 3 als vollständig Torf freie Fläche und sehr homogen dar. Es kommt ausschließlich "humoser Sand / ... / Flusssand" vor, hauptsächlich mit Mächtigkeiten bis 3 dm (65 %). Es werden aber auch Mächtigkeiten zwischen 3 dm und 6 dm erreicht. Im oberen Bereich nimmt die Mächtigkeit durch Pflugarbeit und Winderosion ab.

Wie zu erwarten, sind im Beispielgebiet die torfigen Substrate in den tiefsten Geländebereichen bei einer durchschnittlichen Höhe zwischen 28,57 m und 28,79 m über NHN erhalten. Anmoorige Substrate kommen überwiegend bei Geländehöhen zwischen 28,83 m und 28,97 m über NHN vor. Bei einem weiteren Anstieg der Geländehöhe auf durchschnittlich 28,90 m bis 29,60 m über NHN gehen diese in humose Sande über.

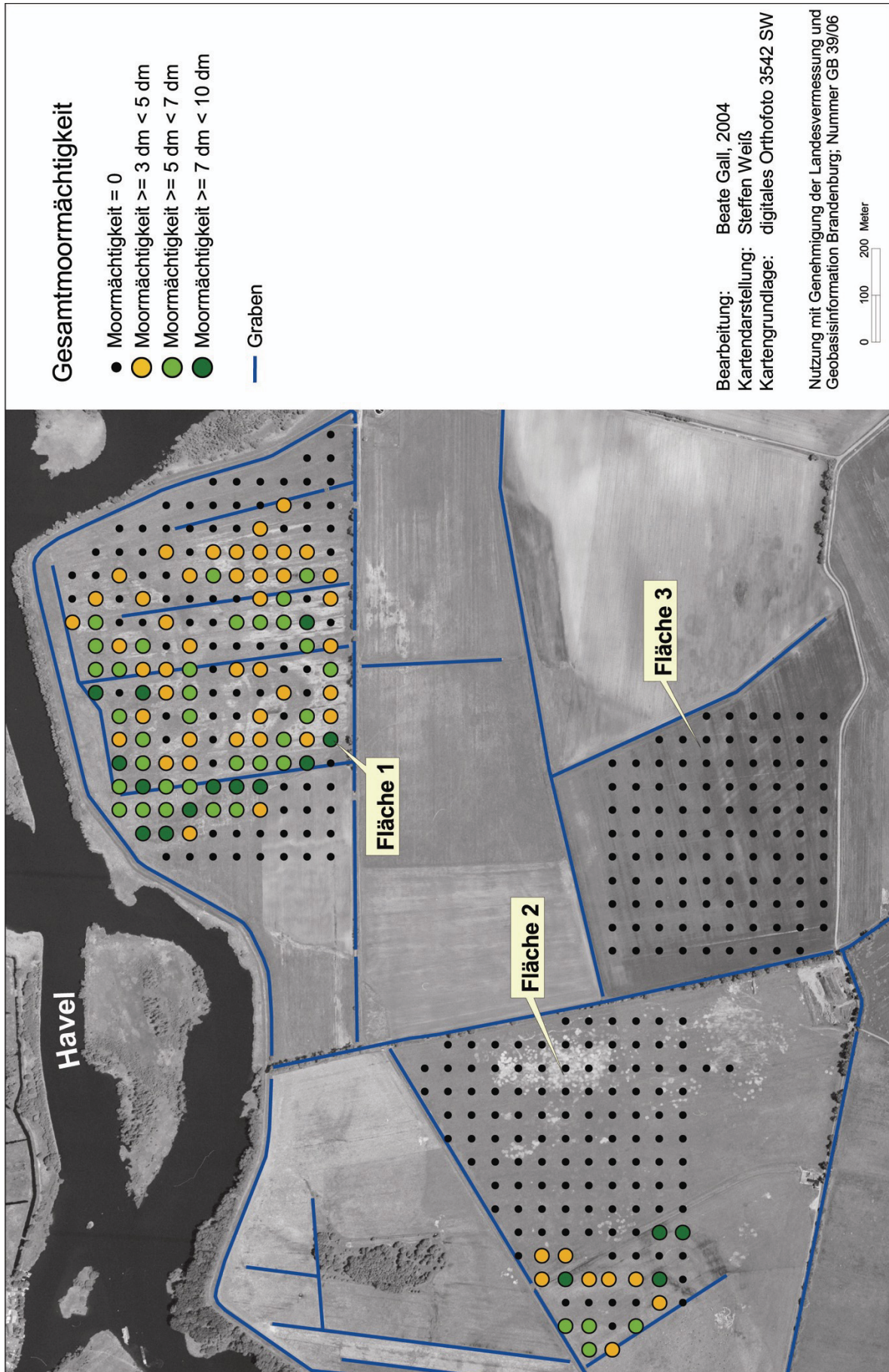


Abbildung 12: Gesamtmoormächtigkeit (Summe von Torf- und Muddeschichten) auf den Flächen 1, 2 und 3.

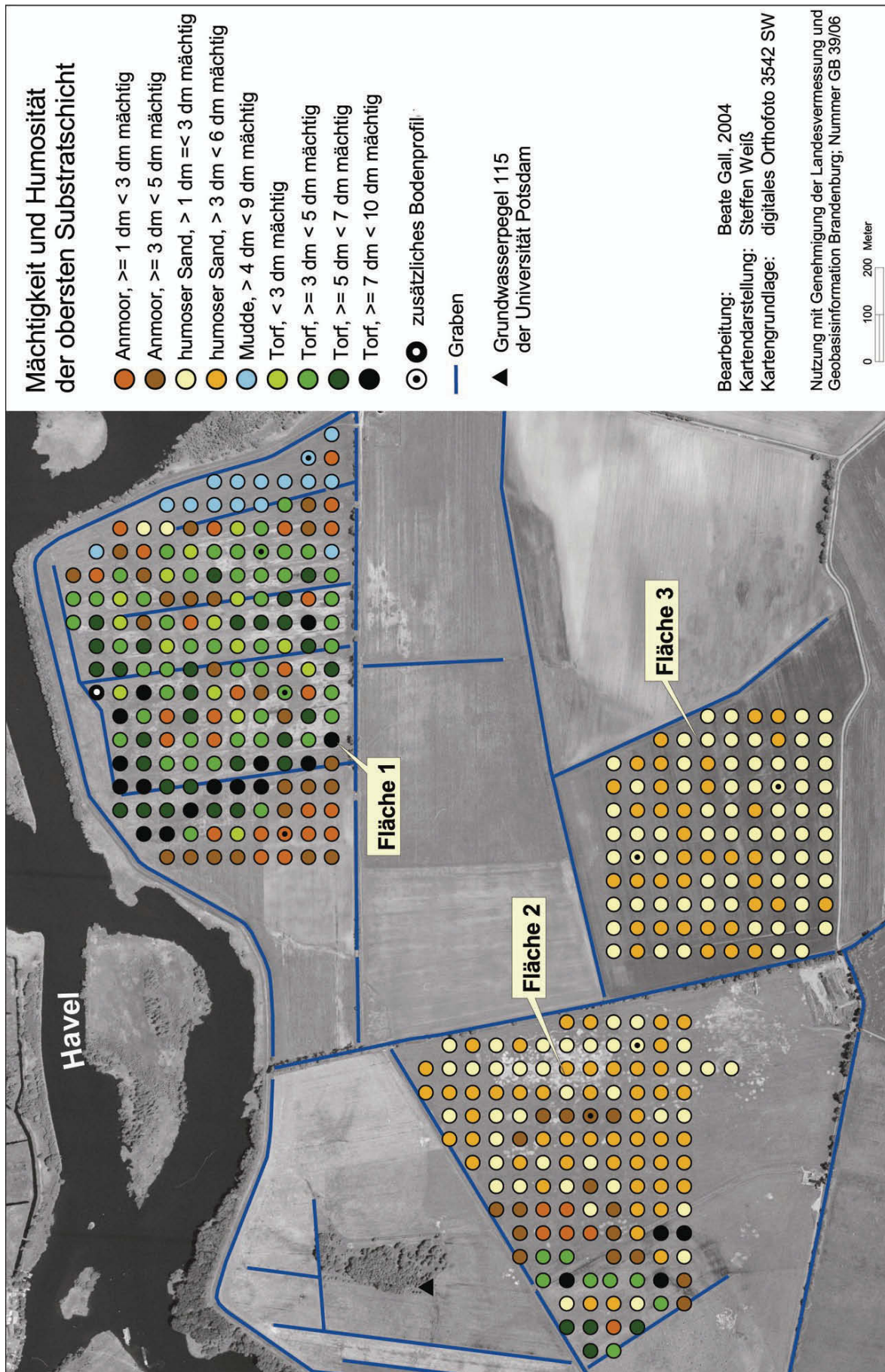


Abbildung 13: Mächtigkeit und Humosität der obersten Substratschicht.



Abbildung 14: Mächtigkeit und Art der zweiten Substratschicht sowie Substratbesonderheiten.

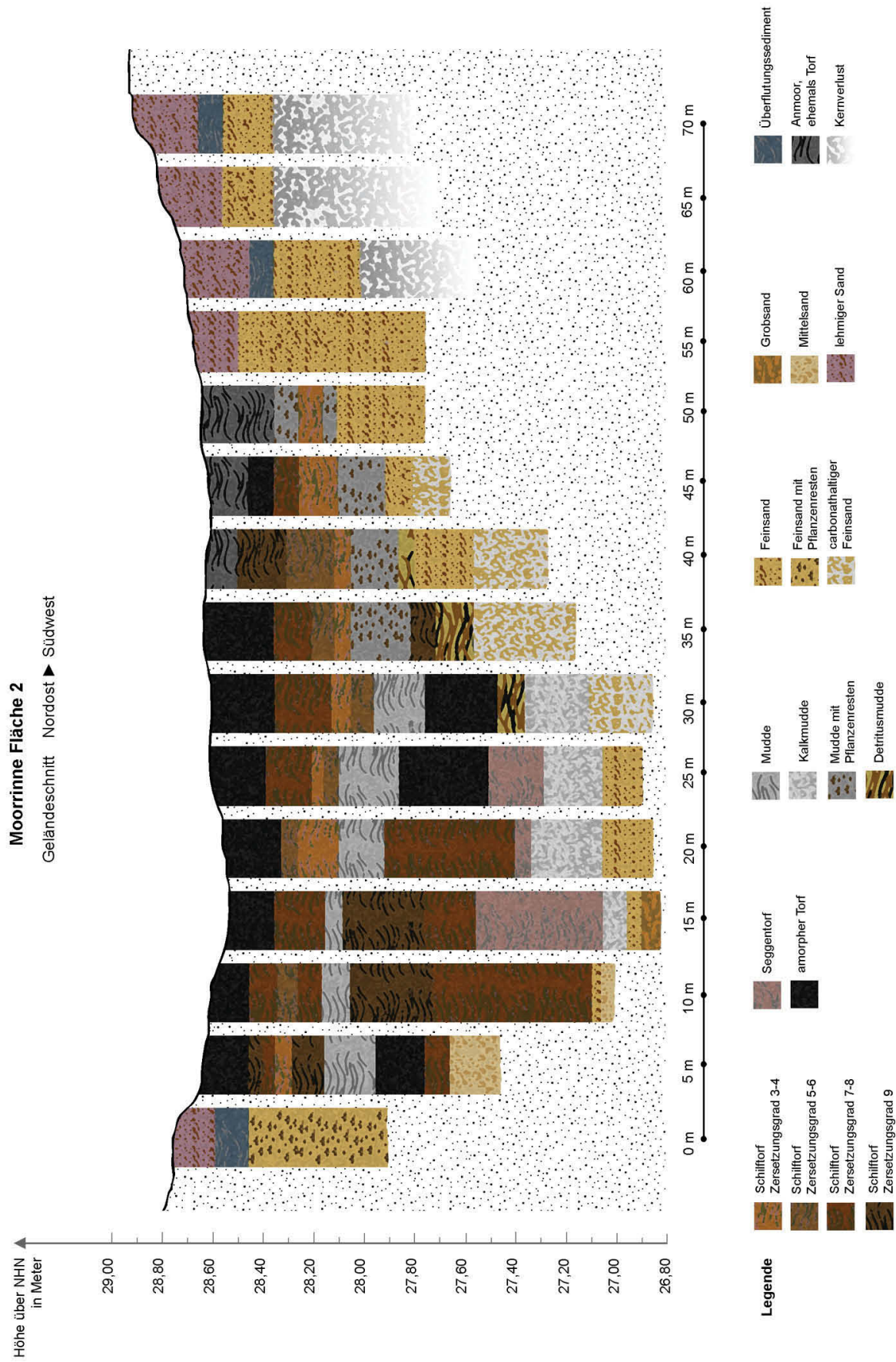


Abbildung 15: Geländeschnitt durch die Moorrinne am westlichen Rand der Fläche 2.

### 5.3.2.2 Pedogenese und Bodeneigenschaften

Auf den Untersuchungsflächen sind semiterrestrische Böden und Moorböden verbreitet. Mit Blick auf die vorgestellten Substrattypen handelt es sich dabei auf dem Bodentypenniveau um Gleye, Anmoorgleye, Moorgleye sowie Erd- und Mulmniedermoore. Auf der Subtypenebene ist beim Gley weiter zwischen (humusreichem) Gley, Humusgley, Braunerde-Gley, Kalkgley und Braunerde-Kalkgley zu differenzieren. Reine Erdniedermoore (ohne Aggregierungshorizont) sind nicht ausgewiesen worden. Somit ist bei den Moorböden in Abhängigkeit von der Degradierungsstufe zwischen Erd-Mulmniedermoor und Mulmniedermoor zu unterscheiden. Aufgrund der über Jahrzehnte andauernden intensiven Entwässerung des Polders werden die mineralischen Böden als entwässert gekennzeichnet. Horizonte, ehemals im reduzierten Milieu des Grundwassers gelegen, können heute überwiegend oxidative Merkmale tragen. Eine eindeutige Unterscheidung zwischen reliktschen und rezenten Hydromorphiemerkmalen ist bei Bohrstocksondierungen allerdings schwierig. Einen Überblick über die Häufigkeit sowie die räumliche Verbreitung der Bodensubtypen geben die Tabelle 15 und Abbildung 16.

Tabelle 15: Prozentualer Anteil der Bodensubtypen an der Gesamtmenge aller Bohrstöcke pro Fläche (n = Gesamtanzahl, in Klammern Teilanzahl).

Kürzel	Bodensubtyp	Fläche 1 (n = 174)		Fläche 2 (n = 141)		Fläche 3 (n = 103)	
		% (Anzahl)					
rGG	entwässerter Gley	1	(2)	30	(43)	33	(34)
rGGh	entwässerter Humusgley	-	-	33	(46)	24	(25)
rGM	entwässerter Anmoorgley	37	(64)	21	(30)	-	-
rGH	entwässerter Moorgley	9	(15)	-	-	-	-
KV-KM	Erdniedermoor-Mulmniedermoor	40	(70)	13	(18)	-	-
KM	Mulmniedermoor	13	(22)	3	(4)	-	-
BB-rGG	entwässerter Braunerde-Gley, z. T. erodiert	-	-	-	-	29	(30)
r.cGGh	entwässerter Kalkhumusgley	-	-	-	-	2	(2)
BB-r.cGG	entwässerter Braunerde-Kalkgley, z. T. erodiert	-	-	-	-	12	(12)

Auf der Fläche 1 sind bereits bei 47 Prozent aller Bohrstockeinschläge mineralische Böden, dominierend Anmoorgleye, entwickelt. Mit 84 Prozent aller Einschläge nimmt der Anteil mineralischer Bodentypen auf der Fläche 2 zu. Hier herrschen vor allem Humusgleye und Gleye vor. Auf der Fläche 3 dominieren die Bodentypen Gley und Braunerde-Gley.

Die Torfe der Oberböden sind vollständig zersetzt (vgl. Tabelle 13). Die Gehalte an organischer Bodensubstanz (OBS) liegen in den Oberböden der torfigen Bodenprofile auf der Fläche 1 zwischen 36 und 70 Prozent, in den anmoorigen Oberböden bei 16 Prozent. Auf der Fläche 2 schwanken die OBS-Gehalte zwischen 11 und 19 Prozent. Die Oberböden weisen höhere Gehalte an OBS auf als bei der Erkundung des Geländes zunächst angenommen. Vor allem auf der Fläche 2 ist der Humusgehalt wegen der Trockenheit deutlich geringer eingeschätzt worden. Somit ist die Möglichkeit gegeben, dass ein Teil der ausgewiesenen Gleye, Humus- bzw. Anmoorgleye auf allen Flächen humosere Oberböden aufweisen als gekennzeichnet. Es besteht, v. a. auf der Fläche 2 im östlichen Teil, ein kleinräumiger Wechsel hinsichtlich der Mächtigkeit und Humosität der Oberböden. In Richtung

Nordwesten (Moorrinne) werden die Oberböden mächtiger, humoser und auch feuchter. Ein vergleichbarer Gradient ist auf der Fläche 3 festzustellen (Geländeabfall Richtung Norden).

Die torfigen und anmoorigen Oberböden weisen auf Fläche 1 überwiegend krümeliges bzw. krümelig-körniges Gefüge auf (113 Bohrpunkte, = 65 %, vgl. Tabelle 16). An 40 Bohrpunkten, insbesondere bei geringmächtigen Torf- und Anmoorauflagen, wurde körniges Gefüge festgestellt (23 % aller Einschlüsse). Soweit aus den Profilaufnahmen und Bohrstockbeprobungen ableitbar, sind die Oberböden überwiegend noch nicht vermulmt, sie zeigen aber deutliche Entwicklungstendenzen in diese Richtung. Die Oberböden der Fläche 1 sind zum Kartierzeitpunkt im September / Oktober 2004 überwiegend feucht gewesen. Auf der Fläche 2 dominiert in den humosen Oberböden ein pulvriges / pulvrig-körniges Gefüge. Die Oberböden waren zum Teil extrem ausgetrocknet (vgl. Bodenfeuchte Profile 6 und 7). Ähnlich ausgetrocknete Oberböden waren im höher gelegenen Bereich der Fläche 3 festzustellen. In tiefer gelegenen Bereichen dieser Fläche wiesen die Oberböden höhere Bodenfeuchten sowie ein überwiegend krümeliges Gefüge auf.

Tabelle 16: Häufigkeit unterschiedlicher Oberbodengefügeausprägungen bezogen auf die Gesamtbohrstockanzahl (n) der einzelnen Flächen.

Oberbodengefüge	Fläche 1 (n = 174)	Fläche 2 (n = 141)	Fläche 3 (n = 103)
krümelig	63	9	50
krümelig-körnig	50	38	5
krümelig-pulvrig	-	-	10
körnig	40	8	-
pulvrig	1	69	19
pulvrig-körnig	2	17	11
Einzelkorngefüge	-	-	-6
fehlende Angabe	18	-	2

Auf den Flächen 1 und 2 ist aufgefallen, dass die Substrate des zweiten Horizontes häufig dichter lagern als die des ersten Horizontes. Dieser Befund kann einerseits mit den Einschlüssen des Bohrstocks im Zusammenhang stehen, andererseits sind Verdichtungsschichten in Oberbodenhorizonten von Niederungsbögen in einer Tiefe zwischen 1,5 und 3 dm bekannt (ZEITZ 1987, vgl. Kapitel 4.1). Vertiefte Untersuchungen zu Oberbodenverdichtungen fehlen. Jedoch sprechen die Beobachtungen eher für pedogen und anthropogen bedingte Verdichtungen im Übergangsbereich zwischen Ober- und Unterbodenhorizont. Eine Beeinflussung des Oberbodenhorizontes wurde v. a. an Flugspuren, aufgepflügten "Lehmlinsen" (Fläche 2 und 3) sowie eingepflügter Mudde (Fläche 1) bzw. Bv-Horizonte (Fläche 3) sichtbar. Trotz hoher Oberbodenverfestigung (auch wegen Trockenheit) sind auf Fläche 2 Gänge und Nester von Kleinsäugern vorzufinden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich als Folge einer über Jahrhunderte andauernden Entwässerungs- und Nutzungsgeschichte die Vielfalt an Substratarten auf den Einzelflächen erhöht hat. Damit verbunden ist eine Zunahme des Substrat- und Bodentypenspektrums. Moorgleye, Anmoorgleye oder Humusgleye, die in Abhängigkeit vom Grundwasserflurabstand in vielen Niederungsbereichen auf höher gelegenen Fluss- und Talsandflächen natürlicherweise vorkommen, sind heute jedoch weiträumig als Folgeböden auf ehemals vermoorten Flächen zu betrachten und andernorts ggf. verschwunden.

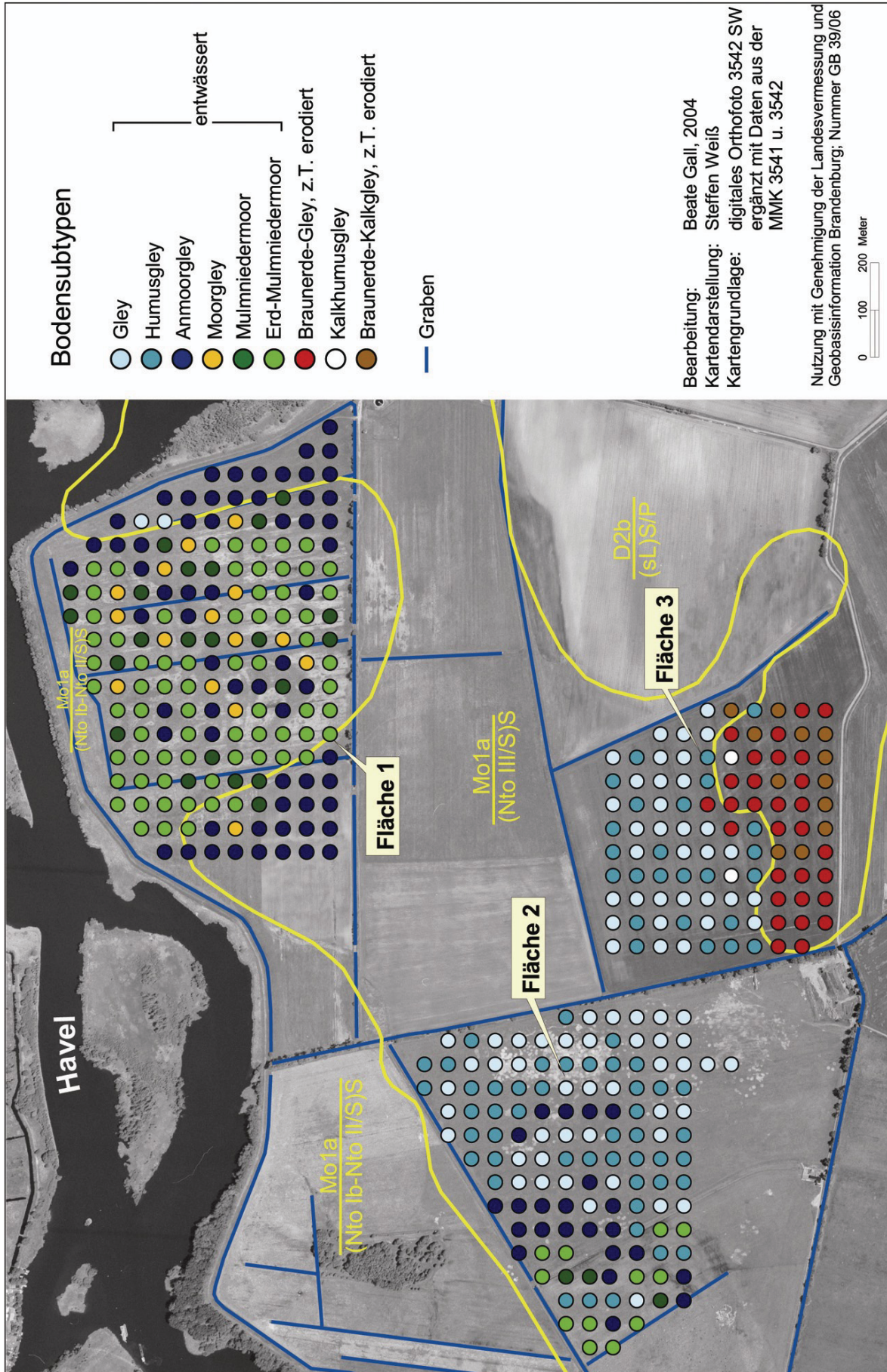


Abbildung 16: Räumliche Verteilung der Bodensubtypen.



### 5.3.2.3 Hydromorphie

#### Flächen- und Grabenwasserstände

Zum Zeitpunkt der Kartierung, im September 2004, wurden in den Profilgruben der Fläche 1 Wasserstände bei 5 dm (Profil 1, Moorrinne) bzw. zwischen 7 dm und 9 dm (Profile 2 bis 5) unter GOF gemessen. Auf der Fläche 2 stand das Grundwasser in den Profilgruben in Abhängigkeit von der Geländehöhe 7 dm bzw. 9 dm unter Flur. Auf der Fläche 3 wurden im tiefer liegenden Bereich ähnliche Flurabstände festgestellt. Insgesamt erreichten die Wasserstände bei allen sandigen Profilen ein Höhenniveau zwischen 28,14 m bis 28,31 m über NHN. Die in den torfigen / muddehaltigen Profilgruben festgestellten Wasserstände wiesen ein Höhenniveau von 27,84 m bzw. 28,02 m über NHN auf. Im Profil 1 (reines Torfprofil) bewegte sich der Wasserstand bei 28,33 m über NHN (schwach zersetzter Torf, gute Wasserleitfähigkeit), beim Profil 4 (Mudde) lag er ähnlich hoch wie bei den Flusssandprofilen.

Die Ableitung der Wasserstände anhand der einzelnen Bohrpunkte war bei auftretendem Schichtwasser nicht immer eindeutig. Die Ergebnisse bestätigen jedoch grundlegend die in den Profilen festgestellten Wasserstände und sind in der Tabelle 17 dargestellt. Die abgeleiteten Wasserstände lagen auf den Fläche 1 und 2 zu mehr als 75 Prozent zwischen 5 dm und 10 dm unter GOF. Mindestens bei einem Drittel der Bohrpunkte stand das Grundwasser tiefer als 7 dm bis 8 dm unter Flur an. Gegenüber der Fläche 1 (24,7 %) lag bei Fläche 2 der Anteil von Wasserständen tiefer als 5 dm bis 6 dm mit 40 Prozent höher und der Anteil von Wasserständen tiefer als 9 dm bis 10 dm deutlich niedriger (18,4 / 4,2 %). Relativ geringe Flurabstände (> 3 dm bis 4 dm unter GOF) konnten nur bei 6,3 bzw. 1,4 Prozent der Einschlüsse festgestellt werden und zwar entweder in Grabennähe oder in hoch anstehenden sandigen Substraten. Auf der Fläche 3 dominierten im tiefer liegenden Bereich ebenfalls Wasserstände zwischen 5 dm und 6 dm unter GOF. Die Ableitung der Grundwasserflurabstände anhand von 1-m-Bohrungen blieb auf die tiefer liegende Teilfläche beschränkt.

Im Bereich der Moorrinnen und in Grabennähe erschwerte Schichtenwasser u. a. eine eindeutige Ableitung des Grundwasserstandes. Hingegen wurde deutlich, dass im Bereich hoch anstehender Flusssande (v. a. Fläche 2) geringere Flurabstände auftraten. Häufig konnte im Sand über der nassen Schicht (Feuchtestufe 5) eine 1 dm bis 3 dm mächtige, sehr feuchte Schicht (Feuchtestufe 4) belegt werden, die auf den Kapillarsaum hindeutet.

Tabelle 17: Prozentuale Verteilung der abgeleiteten Mindesttiefe des anstehenden Grundwassers (n = Gesamtanzahl Bohrstockeinschlüsse, in Klammer = Teilanzahl).

abgeleitete Wasserstandstiefe	Fläche 1 (n = 174)		Fläche 2 (n = 141)		Fläche 3 (n = 103)	
	% (Anzahl)					
ws_01 (> 3 dm)	2,3	(4)	-	-	-	-
ws_02 (> 4 dm)	4,0	(7)	1,4	(2)	0,9	(1)
ws_03 (> 5 dm)	11,5	(20)	9,2	(13)	6,8	(7)
ws_05 (> 6 dm)	13,2	(23)	31,2	(44)	18,4	(19)
ws_06 (> 7 dm)	18,4	(32)	23,4	(33)	9,7	(10)
ws_07 (> 8 dm)	14,9	(26)	9,9	(14)	-	-
ws_08 (> 9 dm)	13,8	(24)	1,4	(2)	-	-
ws_09 (> 10 dm)	4,6	(8)	2,8	(4)	-	-
ws_10 (nicht eindeutig)	17,2	(30)	10,6	(15)	-	-
ws_11 (nicht eindeutig)	-	-	9,9	(14)	64	(66)

Da offensichtlich das Grundwasser bei Substratabfolgen "Torf / Mudde / Flusssand" tiefer anstand als beim Flusssand, bestand die Annahme, dass Mudde- bzw. degradierte Torfschichten den Wasseraufstieg bzw. den lateralen Wasserfluss behinderten.

Als ein Beleg dafür können die festgestellten Bodenfeuchten und abgeleiteten Wasserstände grabennaher Bohrpunkte (1,0 m bis 27 m Entfernung) herangezogen werden, die in der Abbildung 17 in Form von Schnitten für die Fläche 1 dargestellt sind. Die Abbildung 18 enthält die dazu gehörigen Bohrprofile mit Kennzeichnung der Substratarten und Bodenfeuchten. Gleichzeitig veranschaulicht Abbildung 18 die Höhenlage und Grabenabstände der einzelnen Punkte sowie die Höhendifferenz zwischen Grabenwasser- und scheinbarem Grundwasserstand.

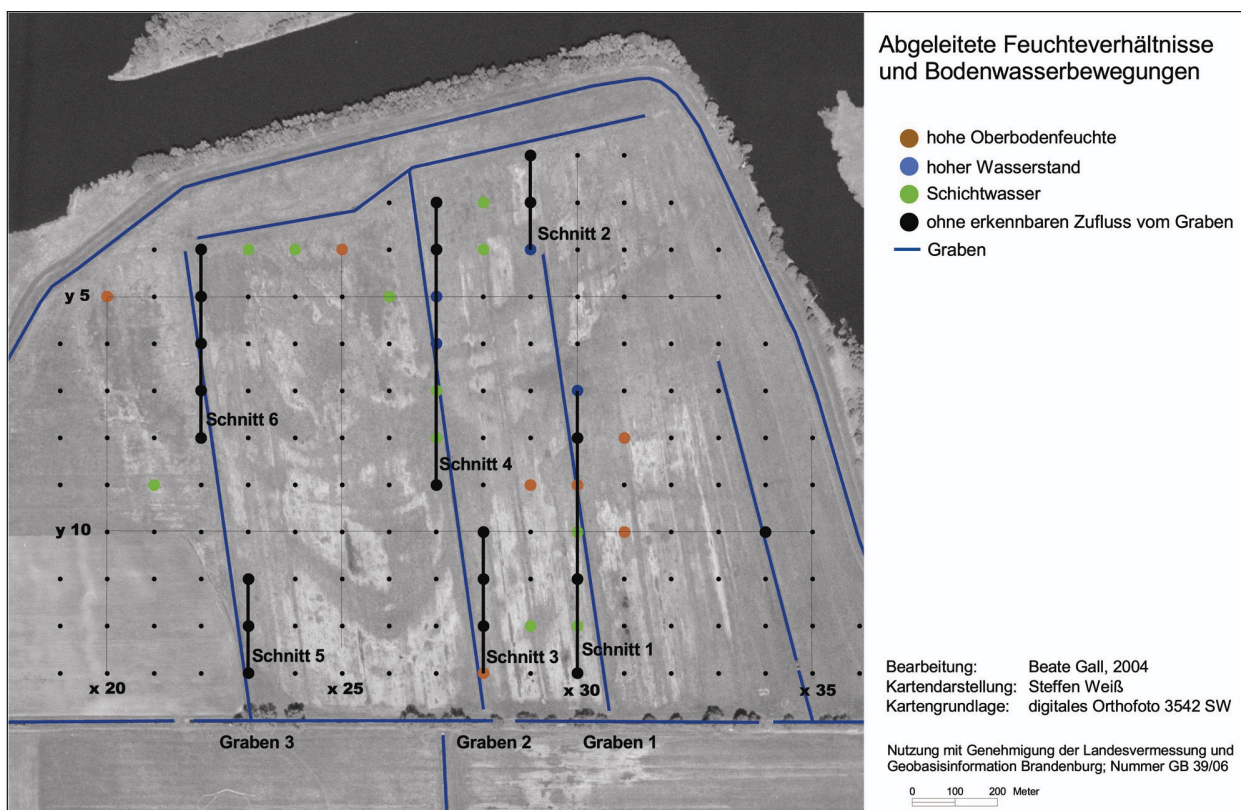


Abbildung 17: Ausgewählte Bohrpunkte der Fläche 1 in unterschiedlicher Entfernung zum Graben, bei denen die Bodenfeuchteverhältnisse im Vergleich zum Grabenwasserstand näher untersucht worden sind.

Am Graben 1 ist bei drei von zehn Bohrpunkten (vgl. Schnitt 1 Punkt x30y13 und Schnitt 2, Punkte x29y3, x29y2) keine unmittelbare Verbindung (Zufluss) zwischen dem Grabenwasserstand (28,55 m über NHN) und dem scheinbaren Grundwasserstand (27,77 m bis 28,12 m) erkennbar. Lateraler Wasserzufluss, der vom Graben ausgehen könnte, scheint über gering zersetzte Torfe an drei Punkten des Schnittes 1 (x30y12-10) möglich zu sein. Ein direkter Einfluss der Grabenwasserstandshöhe auf den Oberbodenfeuchtezustand ist am grabennahen Punkt x30y9 (Schnitt 1) im Vergleich zu den 6 m bzw. 14 m entfernten Punkten x30y10 und x30y11 desselben Schnittes ableitbar. Trotz teilweise bestehender Einflüsse des Grabenwasserstandes auf den Grundwasserstand bleibt dieser an sieben von zehn Bohrpunkten mit 4 dm bis 8 dm unter dem Höhenniveau des Grabenwassers (vgl. auch Tiefenlage und Mächtigkeit der Muddeschichten). An den anderen drei Bohrpunkten (Schnitt 1, x30y8-7;

Schnitt 2, x29y4) mit Wasserständen nicht tiefer als 6 dm unter GOF spiegelt sich der Einfluss sandiger Substrate wider. Mit 28,50 m bzw. 28,57 m über NHN liegen Grundwasser- und Grabenwasserstand in etwa auf gleichem Höhenniveau.

Ähnliche Wasserstandsverhältnisse wie am Graben 1 wurden am Graben 2 (28,58 m über NHN) vorgefunden. An sechs von insgesamt elf Bohrpunkten (Schnitt 3, x28y10-12; Schnitt 4, x27y9, x27y3-4) ist keine direkte Verbindung zwischen Graben- und scheinbarem Grundwasserstand ersichtlich. Mit einem Flurabstand von 7 dm und 9 dm bzw. Höhenniveau zwischen 27,83 m und 28,17 m über NHN bleibt das Grundwasser auf einem deutlich niedrigeren Niveau. Ein lateraler Zufluss bei gleichzeitig tieferen Wasserständen (9 dm bis 10 dm unter Flur, 28,09 m und 27,78 m über NHN) kann an zwei Stellen abgeleitet werden. Besonders am grabennahen Punkt x27y7 (Schnitt 4) ist dieser mit Bodenfeuchtestufe 6 sehr deutlich ausgeprägt (vgl. Abbildung 18). Ein Zusammenhang zwischen hoher Oberbodenfeuchte und Grabennähe besteht auch beim Punkt x28y13 (Schnitt 3). Höhere Wasserstände (5 dm unter GOF, 28,23 m und 28,41 m über NHN) aufgrund fehlender Muddeschichten sind an zwei weiteren Bohrpunkten (Schnitt 4, x27y5-6) festzustellen. Das Niveau des Grabenwasserstandes wird dabei nicht erreicht.

Dass neben Muddes- und stark zersetzten Torfschichten zusätzlich Kolmationsschichten im Graben den Wasserfluss bzw. -austausch behindern, kann am Beispiel des dritten Grabens (Schnitt 5, x23y13; Schnitt 6, x22y6) abgeleitet werden. Trotz der Nähe zum Graben und besser wasserleitfähiger Substratschichten (Sand) erreichen die Flächenwasserstände kein gleiches Höhenniveau. Auch an allen anderen Punkten liegt der Grundwasserstand tiefer, teilweise ist Schichtwasser festzustellen (Schnitt 5, x23y12; Schnitt 6, x22y7-8).

Wie in der Abbildung 18 und im Anhang 7 veranschaulicht, ist auf der Fläche 1 ein lateraler Wasserzufluss besonders in den weniger zersetzten Torf- bzw. Sandschichten festzustellen. Die stark zersetzten Torfe des Oberbodens schränken den horizontalen Wasserfluss stark ein. Der Aufstieg des Grundwassers wird neben der Muddeschicht (vgl. auch Profil 4 im Anhang 2) zudem durch schmale, vollständig zersetzte Torfbänder behindert.

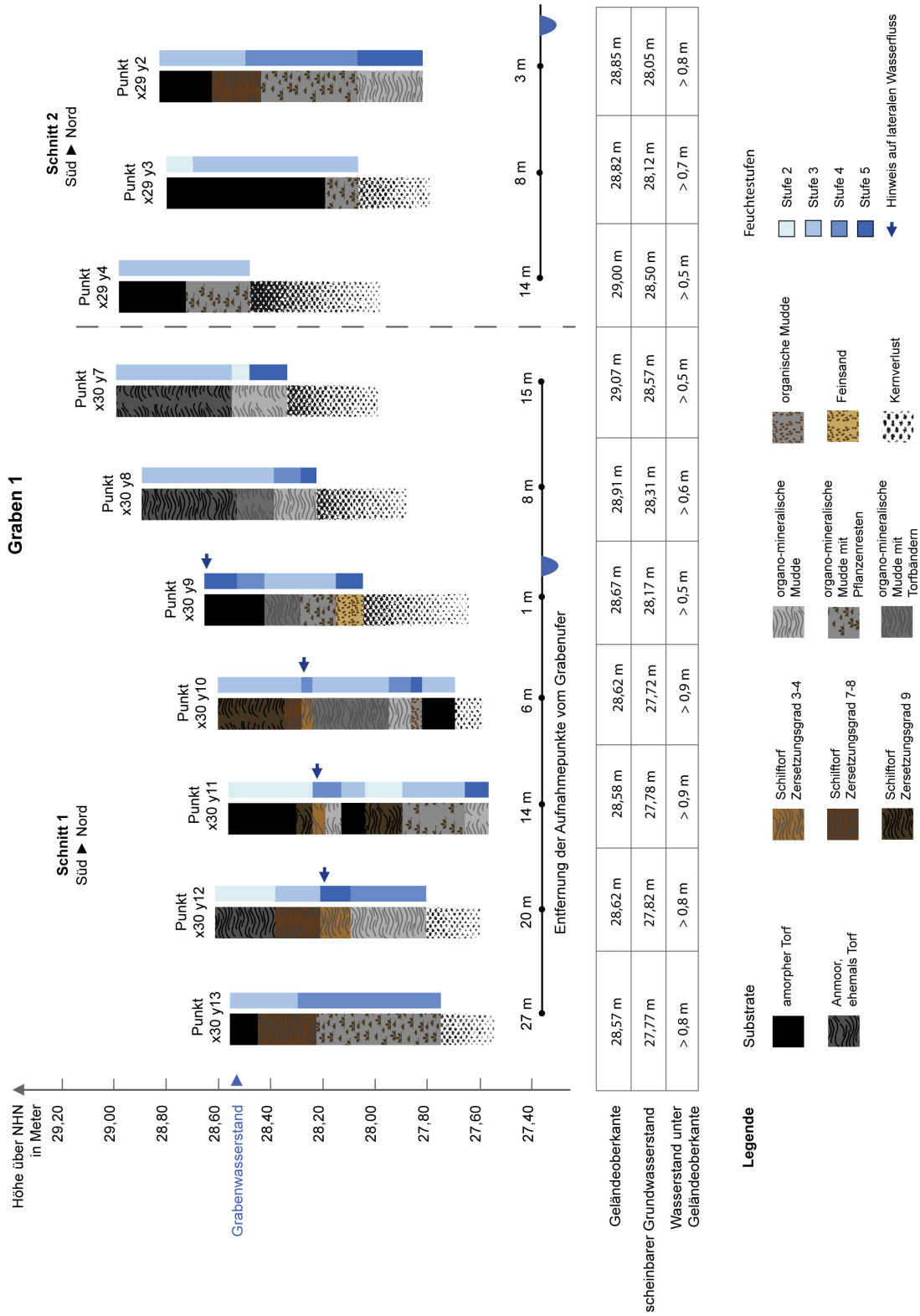


Abbildung 18: Profile grabennaher Bohrpunkte am Beispiel des Grabens 1 auf der Fläche 1 zum Zeitpunkt der Bohrstockaufnahme; gekennzeichnet sind u. a. die Substratfolge, Bodenfeuchte und der Wasserstand im Vergleich zur Grabenwasserstandshöhe (Abbildungen für Graben 2 und 3 siehe Anhang 7).

Die Annahme, dass das Grundwasser in weiten Teilen unter der Muddeschicht ansteht, kann ergänzend durch die Auswertung der festgestellten Feuchtigkeit der Mudden gestützt werden. Die Tabelle 18 gibt einen Überblick über die Verteilung der Bodenfeuchtestufen in unterschiedlicher Tiefe.

Tabelle 18: Anzahl von Horizonten aus Muddede je Bodenfeuchtestufe in unterschiedlichen Tiefenstufen auf Fläche 1 (n = Gesamtanzahl pro Tiefenstufe). Der Anteil hoher Feuchtestufen (5 und 7) nimmt mit der Tiefe zu.

Feuchtestufe	n	2	3	4	5
Tiefenstufe					
0 < 3	15	6	8	1	-
>= 3 dm bis < 5 dm	112	25	81	6	-
>= 5 dm bis < 7 dm	134	20	62	49	3
>= 7 dm bis 10 dm	152	2	35	87	28

In der Tiefenstufe 3 dm bis < 5 dm wurden 22 Prozent aller Muddehorizonte als trocken (Feuchtestufe 2) und 72 Prozent als feucht (Stufe 3) eingeschätzt. 6 Prozent der Muddehorizonte waren sehr feucht (Stufe 4). Im Tiefenbereich 5 dm bis < 7 dm waren 15 Prozent aller Muddehorizonte trocken, 46 Prozent feucht, 37 Prozent sehr feucht sowie 2 Prozent nass. Der Anteil an den Feuchtestufen 4 und 5 nahm in der Tiefe zwischen 7 dm und 10 dm deutlich zu (57 bzw. 18 %) und gilt als Indiz für anstehendes Grundwasser.

### Oberflächenvernässungen

Zum Zeitpunkt der Profilaufnahmen Anfang Oktober 2004 bildeten sich auf der Fläche 1 erste flächige Vernässungen aus. Flächenhafte Vernässungen wurden im Niederungsbereich an der "Mittleren Havel" in den Winterhalbjahren 2003/04 und 2004/05 von der Universität Potsdam kartiert (RÖBLING et al. 2006 a). Der Polder "Götz-Gollwitz" gehört zu den fünf Teilgebieten, in denen der zeitliche Verlauf und die Maximalausdehnung flächenhafter Vernässungen sowie die Ursachen, die zu deren Entstehung und Rückgang führten, untersucht worden sind. In der Abbildung 19 sind die überfluteten Bereiche zum Zeitpunkt der Maximalausdehnung in den Winterhalbjahren 2003/04 und 2004/05 abgebildet. In beiden Erfassungszeiträumen wurde für alle Teilgebiete belegt, dass flächenhafte Vernässungen durch oberflächlich gestauten Niederschlags- bzw. Grabenwasser (lateraler Zufluss bei Ausuferung) entstanden und nicht auf oberflächlich anstehendes Grundwasser zurückzuführen waren. Eine Versickerung des anstehenden Oberflächenwassers in tiefere Bodenschichten wurde durch die degradierten und ausgetrockneten Torfoberböden bzw. durch bewirtschaftungsbedingte Verdichtungen (Viehtritt, Fahrspuren) verhindert. Die Ausdehnung flächenhafter Vernässungen hing dabei v. a. vom Witterungsverlauf (Zeitpunkt und Höhe der Niederschläge, Bodenfrost) und der Grabenwasserstandsregulierung ab. Der Rückgang flächenhafter Vernässungen wurde maßgeblich von der Verdunstungsintensität und vom Einsetzen Bodenfrost freier Phasen bestimmt. Sie konnten nur teilweise durch Absenkung der Grabenwasserstände beseitigt werden. Tiefer liegende Senkenbereiche trockneten nur infolge von Verdunstung ab (RÖBLING et al. 2006 a).

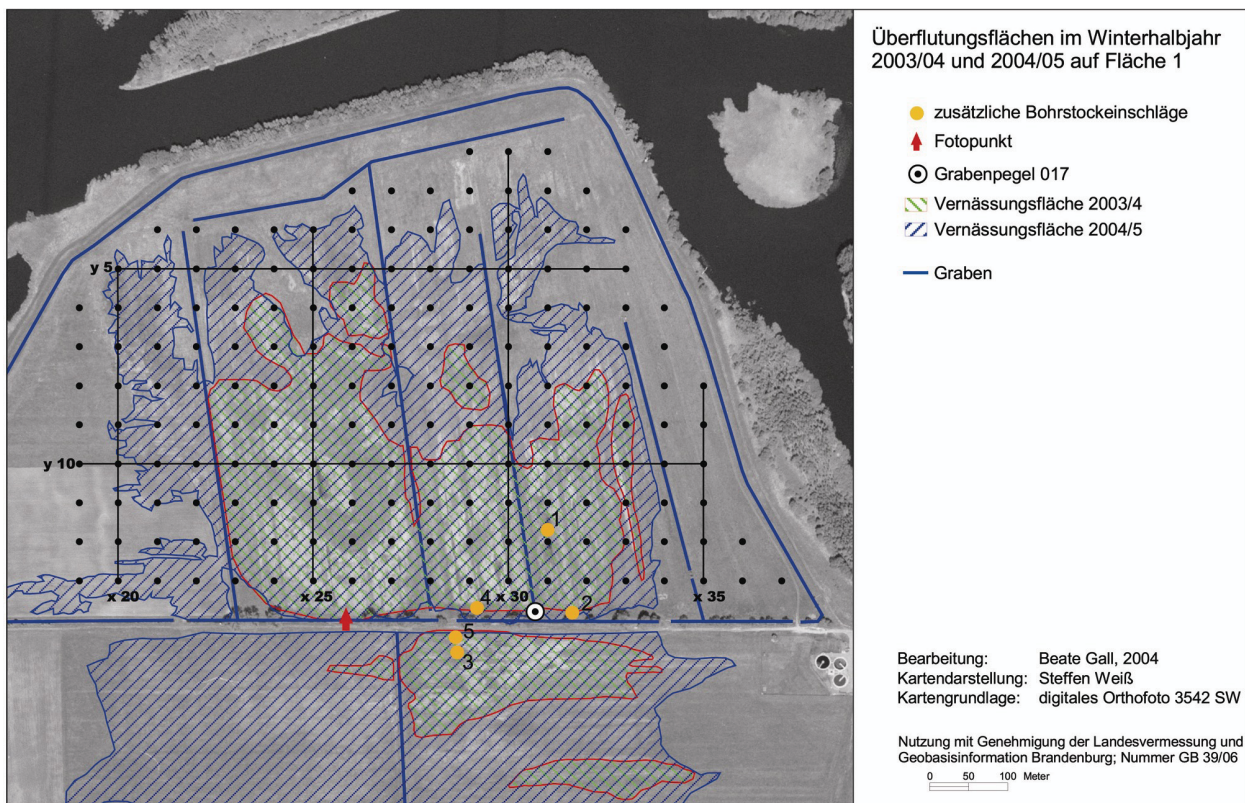


Abbildung 19: Maximalausdehnung von Oberflächenvernässungen auf der Fläche 1 in den Winterhalbjahren 2003/04 und 2004/05 (Aufnahme KULER 2004, 2005). Des Weiteren sind die Lage des Fotopunktes und zusätzlicher Bohrstockeinschläge dargestellt.

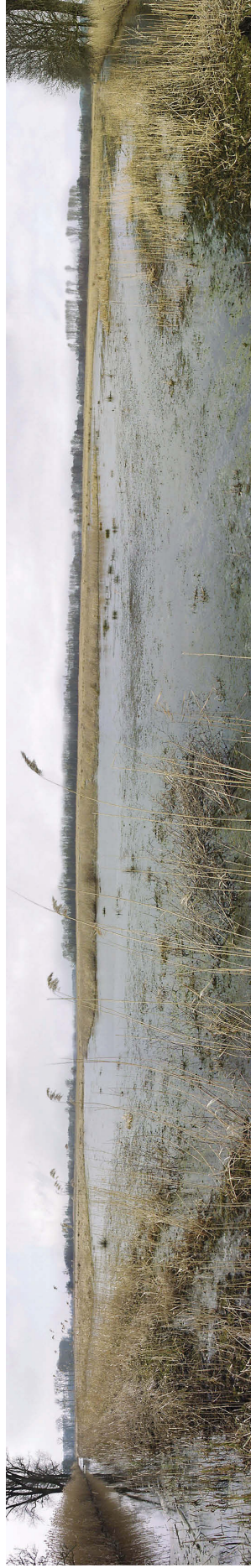
Die zu Beginn des Winterhalbjahres 2004/05 einsetzende Vernässung kündigte sich während der Bodenuntersuchungen (Bohrstocksondierung GALL) im September 2004 im Polder "Götz-Gollwitz" bereits an einigen Stellen, zum Beispiel in Grabennähe oder sehr tiefen Mulden an. Dort waren die Oberböden sehr feucht bis nass, die Unterböden hingegen nur feucht (vgl. zusätzlich die in der Abbildung 17 enthaltenen Punkte). Erste Vernässungen traten ab Oktober in Senken und Mulden auf. Als Indizien für Wechselfeuchtigkeit lassen sich der hohe Anteil von Eisenkonkretionen und niedrige pH-Werte zwischen 4,71 und 5,30 in den Oberböden der Profile 1 bis 4 deuten.

Im Januar bis März 2005 war Fläche 1 fast vollständig überstaut (vgl. Abbildung 20). Die Überstauhöhe betrug in den tiefsten Senkenbereichen (28,50 m über NHN) etwa 4 dm. Infolge von Verdunstung und Grabenregulierung trockneten die Flächen bis Ende April 2005 erstaunlich rasch ab. Zurück blieb eine in weiten Teilen abgestorbene Grasnarbe (vgl. Abbildungen 20 und 22; die Fotoserie in der Abbildung 20 veranschaulicht die Überstauung zu unterschiedlichen Zeitpunkten). Die im Winterhalbjahr 2004/05 aufgetretenen Oberflächenvernässungen übertrafen deutlich das Ausmaß von 2003/04. Die Ursachen lagen darin, dass dem Winterhalbjahr 2003/04 ein extrem trockenes und heißes Sommerhalbjahr 2003 vorangegangen war und im Winterhalbjahr selbst niedrigere Niederschläge zu verzeichnen waren als im Zeitraum 2004/2005. Eine ausführliche Darstellung der Vernässungsdynamik unter Berücksichtigung der Witterungsverläufe findet sich bei RÖBLING et al. 2006 a.

03.02.2005



17.03.2005



06.04.2005



Abbildung 20: Fotodokumentation über die Ausdehnung von Oberflächenvernässung auf der Fläche 1 zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Winterhalbjahr 2004/05 (Fotos KULER).

In der Abbildung 21 sind die Ergebnisse der Bohrstocksondierungen zusammengefasst, die während der Überstauung zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Winterhalbjahr 2003/04 und 2004/05 im Polder "Götz-Gollwitz" durchgeführt wurden. Sie beschränken sich nicht nur auf die Fläche 1, sondern erfassen weitere Flächen im Polder. Anhand der festgestellten Bodenfeuchteverläufe haben RÖBLING et al. (2006 a) Rückschlüsse auf fehlenden Grundwassereinfluss gezogen:

Sowohl im Winterhalbjahr 2003/04 als auch 2004/05 wurde an den untersuchten Bohrpunkten eine starke Durchnässung (Bodenfeuchte 6) der obersten, vollständig zersetzten Torfhorizonte festgestellt. Die nachfolgenden stark zersetzten Torfhorizonte waren deutlich trockener (Bodenfeuchtestufe 2 bis 4). Selbst die unterlagernden Schluff- und Tonmudden waren nicht nass, sondern nur feucht. Hohe Bodenfeuchten (Feuchtestufe 5 und 6) wurden erst wieder im Flusssand und im unteren Schichtbereich der Schluffmudden vorgefunden. Anhand der Bodenfeuchteuntersuchungen im Februar bis März 2004 (GALL & KNOTHE, GALL & KULER) und Januar bis April 2005 (KULER) wurde deutlich, dass das Oberflächenwasser nur bis zu einer Tiefe zwischen 0,5 und 2,5 dm unter Geländeoberfläche versickern und das Grundwasser innerhalb der Muddeschicht nicht aufsteigen konnte. Obwohl die Verdichtungsschicht, die sich häufig im Übergang zwischen dem vererdeten bis vermulmten Oberboden- und dem aggregierten Unterbodenhorizont ausgebildet hat (vgl. Kapitel 4.1), bei der Bohrstockkartierung nicht direkt nachgewiesen konnte, ließ jedoch der unterbrochene Feuchtgradient auf diese Schicht schließen. Eine Verbindung des Grundwassers mit dem Oberflächenwasser konnte während der Kartierungen nicht festgestellt werden.



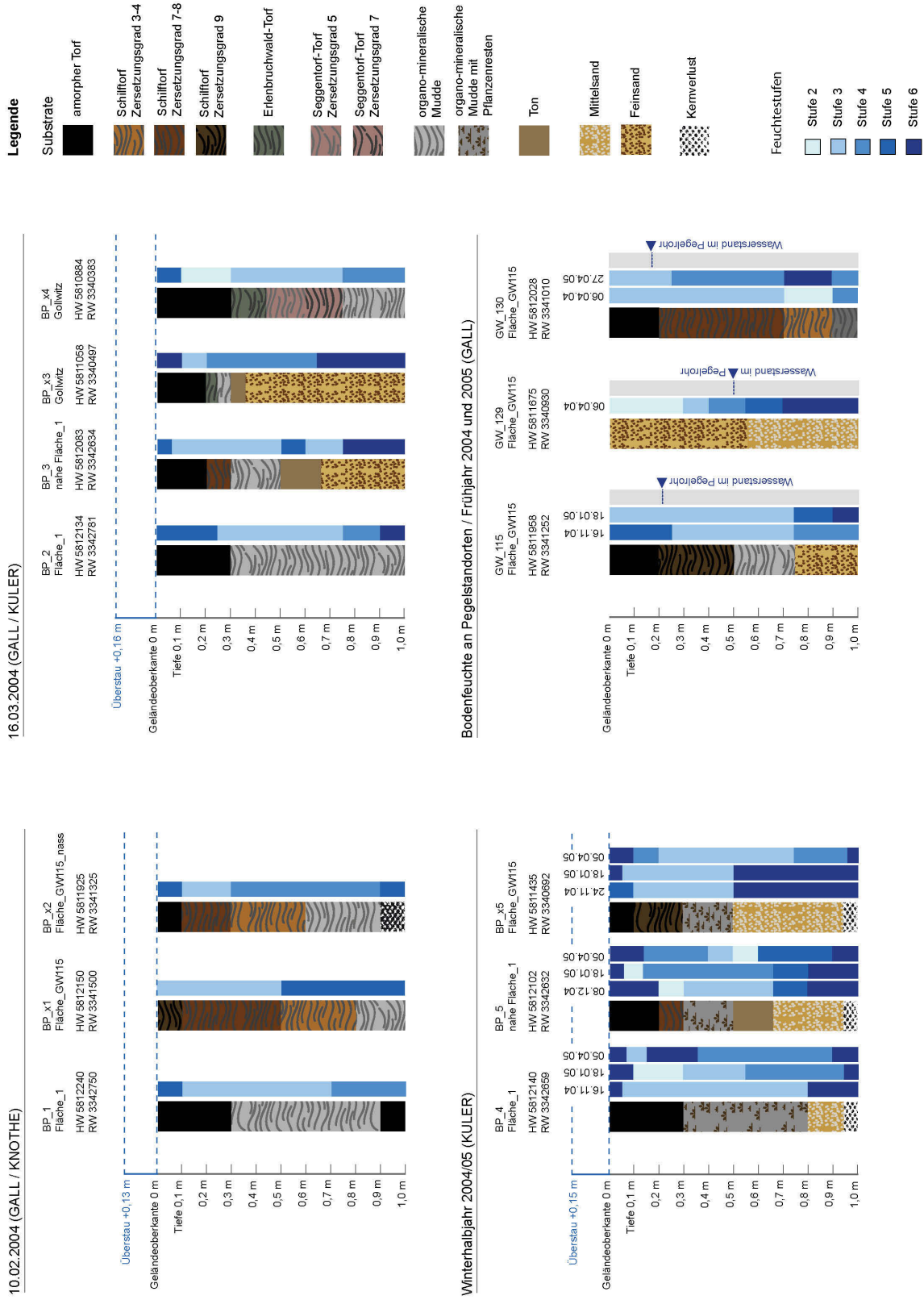


Abbildung 21: Bodenfeuchtestufen an verschiedenen Bohrpunkten zum Zeitpunkt der Überstauung (Aufnahmen GALL, KULER, KNOTHE) bzw. unmittelbar neben Grundwasserpegeln (JESSEL et al. 2006).

Die Wasserstände der Havel schwankten am Pegel Deetz im Zeitraum von Oktober 2001 bis November 2005 zwischen 29,25 m und 29,49 m über NN (WSA 2005). Die Wasserstände im Graben 1 (Pegel der Universität Potsdam) bewegten sich im selben Zeitraum zwischen 28,09 m und 28,90 m über NHN. Die im Kapitel 5.1.2 beschriebene Höhendifferenz zwischen Fluss- und Flächenwasserständen wird hier am Beispiel des Polders "Götz-Gollwitz" besonders deutlich. Im Sommerhalbjahr können die Grabenwasserstände mehr als 1 m unter das Höhenniveau der Havel absinken. Die Grundwasserstände liegen infolge höherer Verdunstungseffekte noch tiefer.

#### 5.3.2.4 Vegetation

Die festgestellte staubedingte Oberflächenvernässung und die sich daraus ergebende hohe Wechsel-feuchtigkeit in oberflächennahen Bodenschichten werden sehr gut durch die Vegetation angezeigt. Auf der Fläche 1 dominieren Rohr-Glanzgras (*Phalaris arundinacea*), Gewöhnliche Quecke (*Elytrigia répens*) und Flutrasenarten wie Knick-Fuchsschwanz (*Alopecurus geniculatus*) und Weißes Straußgras (*Agróstis stolonífera*). Vor allem in lange überstauten Senkenbereichen mit gestörter Grasnarbe (vgl. Abbildung 22) sind Flutrasenteppiche ausgebildet und in unterschiedlichen Anteilen von Rohr-Glanzgras (*Phalaris arundinacea*) durchsetzt. Zusammenhängende Bestände von Schlank-Segge (*Cárex acúta*) oder Rohr-Glanzgras konzentrieren sich v. a. auf die Moorrinnen. Des Weiteren kann eine vom Graben ausgehende Ausbreitung von Gewöhnlichem Schilf (*Phragmites australis*) beobachtet werden. Außerhalb überstauter Flächenbereiche hat sich eine Zuchtform des Schwingels (*Festúca spec.*) aus der Ansaat erhalten.

Auf der Fläche 2 dominieren Gewöhnliche Quecke (*Elytrigia répens*), Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) sowie Deutsches Weidelgras (*Lolium perénne*). Anhand des deutlich höheren Anteils dieser Arten ist der fehlende Staunäseeinfluss bzw. die höhere Beweidungsintensität auf dem östlichen Flächenteil erkennbar. Erst im Bereich der Moorrinne (Niedermoor- und Anmoorböden) nehmen Staunässe und Wechselfeuchtigkeit anzeigende Pflanzenarten wieder zu. Die Tabelle 19 gibt abschließend einen Überblick über die an den Bohrpunkten auf der Fläche 1 und 2 festgestellten Pflanzenarten. Die Anzahl bezieht sich darauf, wie oft die Art als häufigste Art bzw. zweit- und dritthäufigste Art geschätzt wurde. Die Flutrasenarten sind erwartungsgemäß in den tiefsten Senkenbereichen anzutreffen (28,53 m bis 28,63 m über NHN). Zwischen 28,70 m und 28,85 m über NHN bilden Rohr-Glanzgras (*Phalaris arundinacea*) und Carex-Arten Dominanzen aus. Verschiedene Süßgrasarten breiten sich v. a. ab einem Höhenniveau von 28,95 m über NHN stark aus. Die Gewöhnliche Quecke (*Elytrigia répens*) war in jeder Höhenstufe anzutreffen.

Tabelle 19: Zusammenstellung der Pflanzenarten und deren Anzahl, die im Umkreis von einem Meter an den Bohrpunkten auf den Flächen 1 und 2 angetroffen wurden (n = Bohrpunktzahl).

wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Fläche 1 (n = 174)			Fläche 2 (n = 141)		
		1. Art	2. Art	3. Art	1. Art	2. Art	3. Art
<i>Elytrigia répens</i>	Gemeine Quecke	36	11	8	91	13	3
<i>Phalaris arundinácea</i>	Rohr-Glanzgras	35	10	5	3	7	1
<i>Festuca spec.</i>	Saatgras (Züchtung)	23	-	-	-	-	-
<i>Alopecúrus geniculátus</i>	Knick-Fuchsschwanz	18	8	4	5	5	-
<i>Agróstis stolonífera</i>	Weißes Straußgras	10	10	1	4	3	-
<i>Cárex acúta</i>	Schlank-Segge	10	-	-	-	-	-
<i>Hólcus lanátus</i>	Wolliges Honiggras	7	8	-	-	1	-
<i>Lólium perénne</i>	Deutsches Weidelgras	6	11	-	9	5	2
<i>Cárex acutifórmis</i>	Schlank-Segge	5	1	-	-	-	-
<i>Cárex dísticha</i>	Zweizeilige Segge	4	1	2	-	-	-
<i>Glycéria flúitans</i>	Flutender Schwaden	4	7	4	-	2	2
<i>Dactýlis glomeráta</i>	Gemeines Knaulgras	3	-	1	-	9	-
<i>Urtíca dióica</i>	Große Brennnessel	3	6	2	-	-	-
<i>Calamagróstis epigéjos</i>	Land-Reitgras	2	1	-	-	-	-
<i>Cárex ripária</i>	Ufer-Segge	2	3	2	-	-	-
<i>Phragmíteles australis</i>	Gewöhnliches Schilf	2	4	1	-	-	-
<i>Festúca rúbra</i>	Rot-Schwengel	1	-	-	-	-	-
<i>Póa triviális</i>	Gewöhnliches Rispengras	1	13	6	8	12	1
<i>Potentílla anserína</i>	Gänse-Fingerkraut	1	-	1	-	2	3
<i>Alopecúrus praténsis</i>	Wiesen-Fuchsschwanz	-	1	-	-	-	-
<i>Bídens spec.</i>	Zweizahn	-	2	1	-	-	-
<i>Cárex hírtá</i>	Behaarte Segge	-	-	3	1	-	1
<i>Círsium arvénse</i>	Acker-Kratzdistel	-	3	1	2	19	6
<i>Círsium vulgáre</i>	Lanzett-Kratzdistel	-	-	-	-	1	-
<i>Glechóma hederácea</i>	Gewöhnlicher Gundermann	-	-	-	-	1	1
<i>Glycéria máxíma</i>	Wasser-Schwaden	-	4	1	-	-	-
<i>Hydrocótyle vulgáris</i>	Gewöhnlicher Wassernabel	-	1	-	-	-	-
<i>Júncus effúsus</i>	Flatter-Binse	-	1	-	-	-	-
<i>Lysimachía vulgáris</i>	Gewöhnlicher Gilbweiderich	-	1	-	-	-	-
<i>Lýthrum salicária</i>	Gewöhnlicher Blutweiderich	-	-	1	-	-	-
<i>Persicária amphíbia</i>	Wasser-Knöterich	-	5	-	-	-	-
<i>Phléum praténse</i>	Wiesen-Lieschgras	-	-	-	-	2	-
<i>Plantágo spec.</i>	Breit-Wegerich	-	2	-	-	7	-
<i>Scírpus sylváticus</i>	Wald-Simse	-	1	-	-	-	-
<i>Sýmphytum officinále</i>	Gewöhnlicher Beinwell	-	1	-	-	-	-
<i>Taraxácum officinále</i>	Gemeiner Löwenzahn	-	-	-	1	1	1
<i>Trifólium répens</i>	Weiß-Klee	-	-	-	-	1	-

\*Anzahl der Bohrpunkte, an denen eine zweit- bzw. dritthäufigste Art nicht kartiert wurde.

\*\*bei 15 Bohrpunkten fehlt eine Angabe, z. B. vegetationsloser Boden im Bereich der Viehtränke.



Abbildung 22: Abgestorbene Grasnarbe durch lang anhaltende Überstauung auf der Fläche 1 (Foto GALL, 20.06.2005).

In der Tabelle 20 sind abschließend die wesentlichen Ergebnisse aus der Vor-Ort-Erhebung flächendifferenziert zusammengefasst.

Tabelle 20: Zusammenfassende Charakterisierung der Untersuchungsflächen nach Vor-Ort-Erhebungen (n = Bohrstockanzahl).

Fläche 1 (n = 174)	Fläche 2 (n = 141)	Fläche 3 (n = 103)
<b>Relief</b>		
– sehr heterogen – 28,54 m bis 29,34 m ü. NHN	– homogener östlicher Teil, Höhenabfall zur Moorrinne – 28,52 m bis 29,17 m ü. NHN	– zwei Geländestufen – 28,89 bis 30,43 m ü. NHN
<b>dominierende Substrattypen</b>		
– Torf / Mudde / Flusssand (62 %) – Anmoor / Mudde / Flusssand (28 %)	– Flusssand (63 %) – Anmoor / ... / Flusssand (20 %) – Torf / ... / Flusssand (17 %)	– Flusssand (100 %)
<b>Substratbesonderheiten</b>		
kompakte Schluff- und Tonmudden, variierende Tiefenlage und Mächtigkeit	Lehmlinsen, vermehrt Auenüberflu- tungsabsätze	vereinzelt Lehmlinsen, Kalkein- fluss im oberen Flächenbereich
<b>Torfmächtigkeiten</b>		
– >= 1,3 dm < 3 dm (14 %) – > 3 dm < 5 dm (44 %) – > 5 dm < 7 dm (26 %) – > 7 dm < 10 dm (11 %) – >= 10 dm (4 %)	– > 3 dm < 5 dm (38 %) – > 5 dm < 7 dm (21 %) – > 7 dm < 10 dm (8 %) – >= 10 dm (33 %)	-

Fortsetzung Tabelle 20

Fläche 1 (n = 174)	Fläche 2 (n = 141)	Fläche 3 (n = 103)
<b>Mächtigkeiten Anmoorauflagen</b>		
- >= 1 dm < 3 dm (52 %)	- >= 1 dm < 3 dm (21 %)	-
- >= 3 dm < 5 dm (48 %)	- >= 3 dm < 5 dm (79 %)	
<b>Mächtigkeiten Humusauflagen</b>		
-	- > 1 dm < 3 dm (44 %)	- > 1 dm < 3 dm (65 %)
	- >= 3 dm < 6 dm (56 %)	- >= 3 dm < 6 dm (35 %)
<b>Muddemächtigkeiten</b>		
- <= 1 dm (9 %)	- <= 1 dm (4 %)	- bindiger Übergang (17 %)
- > 1 dm < 3 dm (32 %)	- > 1 dm < 3 dm (15 %)	
- > 3 dm < 5 dm (22 %)	- > 3 dm < 5 dm (6 %)	
- > 5 dm (16 %)	- > 5 dm (1 %)	
- keine Mudde (14 %)	- keine Mudde (41 %)	
- Überflutungsabsatz (7 %)	- Überflutungsabsatz (33 %)	
<b>Bodentypen</b>		
- Erdmulmniedermoor (40 %)	- Erdmulmniedermoor (13 %)	- Humusgley (24 %)
- Mulmniedermoor (13 %)	- Mulmniedermoor (3 %)	- Gley (33 %)
- Moorgley (9 %)	- Anmoorgley (21 %)	- Braunerde-Gley (29 %)
- Anmoorgley (37 %)	- Humusgley (33 %)	- Braunerde-Kalkgley (12 %)
- Gley (1 %)	- Gley (30 %)	- Kalkhumusgley (2 %)
<b>Oberbodenzustand</b>		
- sehr stark zersetzte Oberböden (H 10 und 9)	- Gehalte an OBS und Mächtigkeit humoser Oberböden schwanken	- schwach bis mittel humose, trockenere Oberböden in höheren Geländelagen
- überwiegend krümelig bzw. krümelig-körniges Gefüge (65 %), Vermulmungstendenz jedoch sichtbar	- pulvriges / pulvrig-körniges Gefüge	- mächtigere, humusreichere und feuchtere Oberböden im tieferen Flächenteil
- Oberbodenverdichtungen	- Oberbodenverdichtungen	- Oberbodenverdichtungen
- überwiegend feuchte Oberböden	- überwiegend ausgetrocknete Oberböden	- z. T. erodierte Oberböden
<b>Hydromorphie</b>		
- Wasserstände 7 bis 9 dm u. GOF unterhalb der Mudde anstehend (Oktober 2004)	- Wasserstände 7 bis 9 dm u. GOF	- Wasserstände im tiefer liegenden Bereich 6 bis 9 dm unter Flur
- in Moorrinne und im Sand 5 bis 7 dm unter Flur (z. T. lateraler Zufluss)	- im östlichen Flächenbereich keine Staunässe	
- Ausbildung von Oberflächenvernässungen		
<b>dominierende Pflanzenarten</b>		
- Rohr-Glanzgras ( <i>Phalaris arundinacea</i> ),	- Gewöhnliche Quecke ( <i>Elytrigia répens</i> )	- ökologischer Maisanbau mit Bewässerung in Sommermonaten
- Gewöhnliche Quecke ( <i>Elytrigia répens</i> )	- Acker-Kratzdistel ( <i>Cirsium arvense</i> )	
- Flutrasenarten wie Knick-Fuchsschwanz ( <i>Alopecurus geniculatus</i> ) und Weißes Straußgras ( <i>Agróstis stolonifera</i> )	- Deutsches Weidelgras ( <i>Lolium perénne</i> )	

### 5.3.3 Vergleich der Ergebnisse aus der Auswertung von Kartengrundlagen und der Geländeerhebung

Beim Vergleich verschiedener Kartengrundlagen (Tabelle 2, Tabelle 12) mit den aktuellen Kartierungsergebnissen (Tabelle 20) wird der für viele Niederungslandschaften beschriebene Standortwandel bestätigt (Kapitel 4.1). Die in der Geologischen Karte, der Karte der BS und MMK dargestellten Torfvorkommen für die Flächen 1 und 2 sind in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit so nicht mehr vorhanden. Während die Torfdecke auf der Fläche 1 sehr lückenhaft ist, fehlt sie im Hauptbereich der Fläche 2 und im tiefer gelegenen Teil der Fläche 3 vollständig. Torfmächtigkeiten  $> 7$  dm werden auf den Flächen 1 und 2 nur noch in Rinnenstrukturen erreicht.

Die Entwicklung zu Anmoor- und Humusböden, wie sie bereits in der BÜK 300 für Teilbereiche der Flächen 1 und 3 sowie in der projektbezogenen Bodenkarte "Untere Havel-Wasserstraße" auch für die Fläche 2 vermerkt ist, wird durch die Geländebefunde bestätigt. Allerdings sind die Oberböden auf Fläche 2 weniger anmoorig als in der projektbezogenen Bodenkarte dargestellt. Dennoch dokumentiert die Karte den Mineralbodencharakter der Flächen 2 und 3 am besten. Auch wenn bei der BÜK 300 die Flächenbeschreibung maßstabsbedingt nicht passgenau auf alle Einzelflächen übertragen werden kann, so geht zumindest aus den Legendenbeschreibungen die Vielfalt an Substrat- und Bodentypen hervor, die Hinweise auf mögliche Folgeböden einschließt.

Die Muddeunterlagerungen der Fläche 1, welche für viele Niederungsbereiche an der "Mittleren Havel" typisch sind (JESSEL et al. 2006) und maßgeblich den Bodenwasserhaushalt beeinflussen, sind nur in der BÜK 300 beschrieben. Dabei ist die Variabilität der Mächtigkeit und die Heterogenität der Substrate höher als erwartet.

Die strukturell veränderten Oberböden verursachen auf der Fläche 1 und auf dem tiefer liegenden Teil der Fläche 2 eine zum Teil extreme Oberflächenvernässung. Die Grundwasserbestimmtheit, wie sie in der Naturraumtypenkarte (KNOTHE 1984) für den Polder ausgewiesen wurde, muss heute um staubedingte Oberflächenvernässungen ergänzt werden. Auch sind die Höhenangaben auf der TK 10 für die vermoorten Polderflächen nach unten zu korrigieren. Sowohl durch die Laserscannerbefliegung (WASSERSTRABEN-NEUBAUAMT BERLIN (WNA) 2003) als auch anhand der eigenen Messungen wird deutlich, dass die tiefsten Bereiche der untersuchten Flächen 1 und 2 bis zu einem halben Meter unterhalb der 29,00 m - Höhenlinie liegen.

Der Wandel der Substrattypen, die Entstehung von Folgeböden und die Veränderung der Bodenhydrologie beschränken sich nicht nur auf den Polder "Götz-Gollwitz", sondern sind im gesamten Niederungsbereich an der "Mittleren Havel" in unterschiedlichen Teilgebieten festgestellt worden (JESSEL et al. 2006). BÖTTCHER (2004) kartierte den Bodenzustand auf Grünlandflächen in der nördlich der Havel gelegenen Gemarkung Roskow. Die Untersuchung belegte ebenfalls Folgeböden auf ehemals flachgründig vermoorten Sandstandorten.

## 6 Erreichbarkeit planerischer Zielvorstellungen im Polder "Götz-Gollwitz"

### 6.1 Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege und aktueller Ausgangszustand

Im Landschaftsprogramm des Landes Brandenburg (MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (MUNR) 2001) sind der Havellauf und die Niederung zwischen Ketzin und Brandenburg als landesweit bedeutsame Vorrang- und Vorsorgegebiete für Natur und Landschaft ausgewiesen worden. Zahlreiche Schutzgebietsausweisungen unterstreichen die besondere Bedeutung des Gebietes für den Naturschutz und die Landschaftspflege, insbesondere für den Lebensraum- und Artenschutz (FFH-Gebiete "Mittlere Havel", "Ketziner Havelinsel" (bestätigt), "Mittlere Havel Ergänzung" (gemeldet)). Große Flächen nördlich und südlich der Havel liegen im Landschaftsschutzgebiet "Brandenburger Osthavelniederung" und Vogelschutzgebiet "Mittlere Havelniederung" (RUDOLPH 2005). Neben der herausragenden Stellung des Lebensraum- und Artenschutzes werden auf allen Planungsebenen auch bodenbezogene Zielvorstellungen und Maßnahmen formuliert. Die Ziele in den betreffenden Planungen sind für die in Klammern genannten Teilflächen konkret ausgewiesen.

- Landschaftsprogramm des Landes Brandenburg (2001)
  - Schutz wenig beeinträchtigter und Regeneration degradierter Moorböden
  - Erhalt und Regeneration grundwasserbeeinflusster Mineralböden
- Landschaftsrahmenplan Altkreis Brandenburg-Land (PRO TERRA TEAM 1996)
  - intakte Niedermoorböden erhalten
  - Extensivierung und Wiedervernässung intensiv genutzter Moorböden (Flächen 1 und 2)
  - Wiederherstellung natürlicher Wasserverhältnisse
  - Winderosionsschutzmaßnahmen (Fläche 3)
- Landschaftsrahmenplan Landkreis Potsdam-Mittelmark (BÜRO FÜR UMWELT UND LANDSCHAFTSPLANUNG 2006)
  - Aufwertung von stark beeinträchtigten Niedermoorböden, Wiedervernässung und Erhalt von Grünlandnutzung (Fläche 1) bzw. Umwandlung von Acker in Grünland (Fläche 3)
- Landschaftsplan (STADT UND LAND PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH 2001)
  - Nutzungsextensivierung und Wiedervernässung von Niedermoorböden (Fläche 1 und 2)
  - Ausweisung möglicher Kompensationsflächen (geeignet für Nutzungsextensivierung und Erstaufforstung / Waldentwicklung) (Fläche 1)
- LSG "Brandenburger Osthavelniederung"
  - Erhalt oder Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit der Böden und des Wasserhaushaltes

Der 2006 fortgeschriebene Landschaftsrahmenplan für den Landkreis Potsdam-Mittelmark sowie der 1999 genehmigte Landschaftsrahmenplan der Stadt Brandenburg an der Havel (AG LANDSCHAFTS- UND ORTSPLANUNG 1999) decken westliche Bereiche des Polders "Götz-Gollwitz" nicht mehr ab, sodass für die Fläche 2 die Zielvorstellungen aus dem Landschaftsrahmenplan des Altkreises Brandenburg-Land (1996) zugrunde gelegt werden.

Die Funktionsbeeinträchtigungen in Niederungsbereichen werden auf allen Planungsebenen wahrgenommen. Die Zielvorstellungen fokussieren auf den Schutz wenig beeinträchtigter, weitgehend intakter Niedermoorböden sowie auf die Extensivierung, Wiedervernässung und Regeneration intensiv genutzter Moorböden. Die Funktionsfähigkeit der Niederungsböden (Moorböden und grundwasserbeeinflusste Mineralböden gleichermaßen) und des Wasserhaushaltes soll gesichert und verbessert werden. Es stellt sich die Frage, inwieweit die Zielvorstellungen und Maßnahmenvorschläge für einzelne Polderflächen realistisch sind und unter welchen Rahmenbedingungen diese zu erreichen wären.

Während im Landschaftsrahmenplan des Altkreises für die ackerbaulich genutzte Fläche 3 Winderosionsschutzmaßnahmen empfohlen werden, sind derartige Vorschläge im fortgeschriebenen Plan nicht mehr enthalten. Diese wären jedoch nach wie vor erforderlich, da v. a. in den trockenen Frühjahrsmonaten und bei später Bestellung im Frühjahr (Öko-Mais) immer wieder Abträge des schluffreichen Feinsandes zu beobachten sind.

Die Umsetzung der Maßnahmenvorschläge zur Nutzungsextensivierung und Wiedervernässung für die Flächen 1 und 2 müssen räumlich und inhaltlich differenzierter betrachtet werden. Zunächst wäre der in Kapitel 5.3.2 erarbeitete Ist-Zustand der Zielformulierung und Maßnahmenplanung zugrunde zu legen:

- Deutliche Torfverluste und die Entwicklung von Folgeböden sind festzustellen (vgl. Tabelle 20). Auf dem höher gelegenen östlichen Teil der Fläche 2 fehlt die Torfaufgabe vollständig, auf der Fläche 1 weist diese größere Lücken auf.
- Durch die Eindeichung, den Schöpfwerkbetrieb und die Stauhaltung Brandenburg hat der Niederungsbereich der "Mittleren Havel" schon seit Langem seinen Auencharakter verloren. Dies betrifft nicht nur die Überflutungsdynamik, sondern auch die Beziehung zwischen dem Flusswasserstand und den Grundwasserstandsschwankungen, die in vielen Teilgebieten im Niederungsbereich nicht mehr belegt werden kann (vgl. Kapitel 5.1.2, 5.3.2.3 sowie JESSEL et al. 2006). Die Wasserstandsschwankungen hängen neben der Regulierung durch Schöpfwerke, v. a. von den Witterungsverläufen ab.
- Die Gräben auf der Fläche 1 sind zum Teil sehr flach. Sie haben ihre entwässernde Funktion infolge von Sohlenerhöhung und Kolmation verloren. Die Entwässerungsintensität der Polderflächen hat sich im Vergleich zum Zeitraum 1986 bis Anfang der 1990er Jahre verringert. Nach Auskunft des Wasser- und Bodenverbandes "Großer Havelländischer Hauptkanal - Havelkanal - Havelseen" (ZEITHAMMER 16.03.2006, mdl. Mitt.) liegen die Grundwasserstände im Polder heute durchschnittlich 3 dm höher als zu Beginn der 1990er Jahre. Dennoch zeigen Auswertungen des Handbuchs, dass das Schöpfwerk ganzjährig betrieben wird und im Winterhalbjahr Laufzeiten von 90 - 100 Prozent erreicht werden (vgl. JESSEL et al. 2006).
- Im Winterhalbjahr sind großflächige Vernässungen zu beobachten, die durch nicht versickerbares Niederschlags- und Grabenwasser verursacht werden und nicht wie früher durch die Ausuferung der Havel oder Grundwasserüberschwemmungen entstehen.
- Die lange Überstauung führt stellenweise zum Absterben der Grasnarbe. Vor allem in diesen Bereichen trocknen die Oberböden in den Sommermonaten besonders stark aus. Die Austrocknungsintensität hängt dabei entscheidend vom Witterungsverlauf ab.
- Die Böden der Fläche 3 trocknen derart aus, dass der Landwirt seit wenigen Jahren Bewässerungsanlagen für den Anbau von Hackfrüchten (Öko-Mais) eingerichtet hat.



- Vorhandene Muddeschichten verhindern auf der Fläche 1 den kapillaren Aufstieg des Grundwassers. In weniger stark zersetzten Torfschichten kann ein lateraler Zufluss beobachtet werden. Der Wasserdurchfluss ist insgesamt jedoch stark gestört. Der Oberboden unterliegt einer starken Wechselfeuchtigkeit.
- Eine Winterbeweidung der Fläche 1 ist nicht möglich. Die Dauer der Oberflächenvernässung bestimmt maßgeblich den Nutzungszeitpunkt. Trittschäden im tiefer liegenden Bereich der Fläche 2 und auf der Fläche 1 zeugen von einem zu frühen bzw. zu späten Weideauftrieb. Die havelnahen, vermoorten Polderflächen werden bereits extensiv genutzt, davon einige Parzellen bei lang anhaltender Vernässung nur unregelmäßig.

## 6.2 Rahmenbedingungen für die Umsetzung der Ziele (= Wiedervernässbarkeit)

Die für eine Regeneration von Niedermoorböden bzw. deren Erhalt erforderlichen hydrologischen Bedingungen sind im Kapitel 4.2.4 beschrieben. Das derzeitige Wasserstandsmanagement im Polder ist auf die landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Flächen und Sicherung des Hochwasserschutzes ausgerichtet und entspricht nicht den notwendigen Voraussetzungen für die genannten Ziele. Diese können nur über eine veränderte Steuerung des Schöpfwerkes geschaffen werden.

Während die Stauhaltung Brandenburg weitgehend aus den Zuflüssen über die Havel gespeist wird, steht in der Niederung im Wesentlichen das Wasserdargebot aus dem unmittelbaren Eigen-Einzugsgebiet zur Verfügung (JESSEL et al. 2006, RÖBLING et al. 2006 b). Mit Ein- und Ausschalpegeln, die für mindestens zwei Monate festgelegt sind, kann nicht flexibel auf Witterungsereignisse reagiert werden, sodass nicht allein wegen der gestörten hydrologischen Verbindung zur Havel in den Sommermonaten ein erhebliches Wasserdefizit auftritt. Um dieses zu verringern bzw. zu verhindern, müssen die Wasserressourcen aus dem Winterhalbjahr gezielt im Gebiet zurückgehalten werden. Folgende Ansätze zum Management sind dabei denkbar (RÖBLING et al. 2006 b):

**1. Abschalten des Schöpfwerkes:** Beim Abschalten des Schöpfwerkes würde die Entwässerung in die Havel beendet. Die im Niederungsgebiet anfallenden Wassermengen würden sich im Wesentlichen durch Verdunstung verringern. Die Einstellung des Schöpfwerkbetriebes hat weitreichende Wirkungen im gesamten Einzugsgebiet.

**2. Beibehaltung der Flächenentwässerung bei Erhöhung und Verlängerung des Wintereinstaues:** Die Flächenentwässerung bleibt ganzjährig erhalten, allerdings wird der Wintereinstau erhöht und verlängert. Die Wasserreserven verbleiben länger im Polder (RÖBLING et al. 2006a: 53). Eine solche veränderte Steuerung wirkt sich ebenfalls auf das gesamte Einzugsgebiet des Schöpfwerkes aus.

**3. Beibehaltung der Flächenentwässerung bei Flexibilisierung der Absenkungstermine:** Denkbar ist auch eine Anpassung der Schöpfwerkssteuerung an die anfallende Wassermenge in den Entwässerungsgräben. Eine solche Flexibilisierung der Schöpfwerkssteuerung würde jedoch Investitionen seitens des Wasser- und Bodenverbandes erfordern.

**4. Verringerung der Reichweite des Schöpfwerkseinflusses:** Sollen die Wasserstände nur auf Teilflächen des bisherigen Einzugsgebietes des Schöpfwerkes verändert werden, so müssten die großen Polderflächen so unterteilt werden, dass eine entkoppelte Regulierung möglich wird. Eine kleinflächig differenzierte Steuerung ist derzeit nicht möglich. Sie müsste über feste oder regulierbare Bauwerke vorgenommen werden.

Für die Erreichung vorliegender bodenbezogener Ziele ist es außerdem erforderlich, dass boden- und substratbedingte Hindernisse überwunden werden und ein Wasserdurchfluss bzw. eine Anbindung der oberflächennahen Bodenschichten an das Grundwasser wiederhergestellt wird. Auf der Fläche 1 wäre anzustreben, dass das Grundwasser langsam und dauerhaft den Muddekörper überwindet bzw. das Niederschlags- oder Grabenwasser oberflächennahe Verdichtungsschichten durchweicht. LANDGRAF (17.06.2003, schriftl. Mitt.) teilte mit, dass dies bei Verdichtungsschichten prinzipiell möglich ist. Dauerhaft hohe Grundwasserstände mit möglichst geringen Schwankungen und Flächenüberstau könnten die Anziehungskräfte zwischen den Bodenteilchen auflösen und somit die Stauschicht "aufweichen". Durchwurzelung und Bioturbation unterstützen diesen Prozess. Die Anlage von flachen Stichgräben kurz unterhalb der Verdichtungssohle wäre zwar eine weitere Maßnahme zur teilweisen Beseitigung der Stauschicht. Sie setzt allerdings nicht bei der Ursache an. Die Auflösung von Bodenverdichtungen konnte in den untersuchten Niedermoorbereichen an der "Mittleren Havel" unter gegenwärtigen Entwässerungsbedingungen nicht nachgewiesen werden (vgl. Kapitel 5.3.2.3).

Hinsichtlich der Topografie und Höhenlage der Vorfluter sind die Voraussetzungen für eine Wiedervernässung zum Teil als sehr günstig einzuschätzen. In den Gräben auf Fläche 1 liegen die Wasserstände derzeit über den Grundwasserständen. Zudem weisen sie eine eingeschränkte Entwässerungsleistung auf, wobei die Einschränkung allerdings auch auf den, von ihnen ausgehenden möglichen Zufluss zutrifft (vgl. Kapitel 5.3.2.3). Von den deutlich höher liegenden Havelwasserständen (vgl. Abbildung 11) wäre ein Zufluss aufgrund des natürlichen Gefälles ohne Weiteres möglich.

### **6.3 Realisierbarkeit der Ziel- und Maßnahmenvorschläge im Polder "Götz-Gollwitz"**

Ausgehend von der aktuellen Flächensituation, den zugrunde liegenden Zielstellungen für das Schutzgut Boden und den Landschaftsraum und der Kenntnis über Maßnahmenwirkung (Kapitel 4.2.3) werden in Tabelle 21 die erforderliche Änderungen der Randbedingungen, die Entwicklungsmöglichkeiten des Bodens und Folgewirkungen auf Biotope und Artenausstattung sowie Flächennutzung zusammengefasst. Die angenommenen Entwicklungen sollen helfen, die Realisierbarkeit der planerischen Vorstellungen zu beurteilen und Zielkonflikte herauszuarbeiten.

Tabelle 21: Entwicklungsmöglichkeiten für den Boden und Auswirkungen auf die Biotopausstattung und Flächennutzung in Abhängigkeit von den Randbedingungen. Moorböden sind hauptsächlich bei einer Geländehöhe zwischen 28,50 m bis 28,80 m über NHN verbreitet.

	Szenario 1 Regeneration degradierter Niedermoorböden	Szenario 2 Erhalt von Moorböden / Erhalt und Regeneration grundwasserbeeinflusster Mineralböden	Szenario 3 (Status quo)
Ausgestaltung der Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherung der Flächennutzung und des Hochwasserschutzes von untergeordneter Bedeutung</li> <li>- Abschalten des Schöpfwerkes (1.1) oder Verringerung der Reichweite des Einflusses (1.2) (Managementansätze 1 und 4)</li> <li>- Vermeidung von Wechselfeuchte, Wasserstände nicht tiefer als 1 bis 2 dm u. GOF, ggf. Zuleitung von Havelwasser</li> <li>- Prüfen der Auswirkungen einer zurückgeführten Entwässerung auf den Siedlungsbereich (hohe Wasserstände, vollgelaufene Keller)</li> <li>- Prüfen, inwieweit ggf. die Wasserentnahme aus der Havel Auswirkungen auf die Stauhaltung Brandenburg hat.</li> <li>- hoher Anspruch an technische Lösungen für unterschiedliches Wassermanagement auf benachbarten Flächen; diese müssten hydrologisch voneinander getrennt werden (Siedlungsbereiche, weiterhin bestehender Flächennutzungsanspruch). Eine Teilflächenentwässerung ist über das derzeitige Entwässerungssystem nicht möglich.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherung einer extensiven Nutzung und Hochwasserschutz sind weiterhin gefordert.</li> <li>- Flächenentwässerung wird beibehalten, jedoch mit veränderten Ein- und Ausschaltpegeln (Verlängerung des Wintereinstaus, Flexibilisierung der Absenkttermine, Managementansätze 2 und 3).</li> <li>- Für den Erhalt des Moorkörpers muss der Wasserstand in den Sommermonaten bei 3 dm bis 4 dm unter GOF gehalten werden.</li> <li>- ggf. Zuleitung von Havelwasser in Sommermonaten erforderlich</li> <li>- Grabensystem müsste für eine gezielte Bewässerung bzw. Wasserstandsabsenkung zu Nutzungsterminen revitalisiert werden.</li> <li>- hoher Anspruch an technische Lösungen für unterschiedliches Wassermanagement auf benachbarten Flächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Veränderungen der bestehenden Rahmenbedingungen (Regulierung Wasserstände, Flächennutzung)</li> </ul>
Wirkung auf die Hydrologie und Bodenentwicklung	<p><b>Fläche 1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wiederanstieg des Grundwassers, möglicherweise eindringendes Qualmwasser kann Flächenüberstau erhöhen</li> <li>- verschiedene Überstauhöhen infolge der Mikroreliefierung und unterschiedlicher Geländehöhen, Bildung von Flachwasserseen</li> <li>- Bei Fortbestehen von Regulierungsmöglichkeiten (Variante 1.2) wären Geländehöhen zumindest im Winter zwischen 28,50 m und 28,80 m über NHN überstaut.</li> <li>- langfristig erneutes Torfwachstum bei dauerhaftem Überstau und langsam ansteigenden Grundwasserständen bei Überwindung der "Sperrschichten" (Verlandung der Flachwasserbereiche)</li> </ul>	<p><b>Fläche 1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flächenüberstau im Frühjahr dauert länger an.</li> <li>- oberflächennahe Grundwasserstände bzw. Überstauung der tiefsten Senken (28,50 m über NHN)</li> <li>- Ggf. eindringendes Qualmwasser wird über das Schöpfwerk abgeführt.</li> <li>- Bei fehlender Zuleitung von Havelwasser (Grabeneinstau / -überstau) und unvollständiger Überwindung der "Sperrschichten" (Mudden, Verdichtungsschicht) kann der Oberboden im Sommerhalbjahr stellenweise austrocknen.</li> </ul>	<p><b>Fläche 1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wechselfeuchtigkeit bleibt bestehen</li> <li>- Torf- bzw. Humuserhalt ist nicht möglich</li> <li>- Zunahme des Anteil mineralischer Folgeböden</li> </ul> <p><b>Fläche 2 und 3:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- weitere Humus- und Torfverluste</li> </ul>

Fortsetzung Tabelle 21

Szenario 1 Regeneration degradierter Niedermoorböden	Szenario 2 Erhalt von Moorböden / Erhalt und Regeneration grundwasserbeeinflusster Mineralböden	Szenario 3 (Status quo)
<p>– Rückquellung der "Altorfe" und Verbesserung der Wasserleitfähigkeit und des Wasserspeichervermögens; ursprüngliche Eigenschaften werden aber nicht mehr erreicht</p> <p>– Auf höher gelegenen Flächen (&gt; 28,85 m über NHN, vorrangig Anmoorgleye) können sich bei hoher Überstauung ebenfalls flachgründige Moorböden, Moorgleye oder Anmoorgleye entwickeln bzw. Erhalt des gegenwärtigen Zustandes von Folgeböden (Variante 1.2).</p> <p><b>Fläche 2:</b></p> <p>– verschiedene Überstauhöhen auf dem tiefer liegenden Flächenteil (analog Fläche 1), langfristig Torfakkumulation</p> <p>– in Abhängigkeit der Flurstände auf höher gelegenen Flächenbereich verstärkte Humusakkumulation, Entwicklung rezenter Nassgleye, Anmoor- und Moorgleye, wenn der mittlere Grundwassertiefenstand (Gr) innerhalb 4 dm unter GOF beginnt</p> <p>– flache Moorbildung im höher gelegenen Flächenteil (&gt; 28,85 m über NHN) theoretisch möglich, sämtliche Tiefenbereiche im Polder (Flächen 1 und 2 und weitere) wären dann noch höher überstaut (große zusammenhängende Wasserflächen)</p> <p><b>Fläche 3:</b></p> <p>– im Tiefenbereich in Abhängigkeit vom Grundwasserflurabstand Entwicklung von Anmoorgleyen, ggf. Moorgleyen (29,00 m bis 29,25 m über NHN)</p> <p>– Bildung rezenter Humusgleye und Normgleye im Übergang (&gt; 29,25 m bis 29,45 m über NHN) zum oberen Flächenbereich, welcher vernässungsfrei bleibt</p>	<p>– Bei fehlender Dauerdurchfeuchtung des Oberbodens (mindestens &gt; 70 Vol.-%) laufen Degradierungsprozesse dort vermindert weiter, der Unterboden ist geschützt.</p> <p>– In Anhängigkeit von der Geländehöhe (bis ca. 28,80 m über NHN) können mineralische Folgeböden (Moorgleye, Anmoorgleye) erhalten werden, wenn GWS bei 28,40 m bis 28,50 m über NHN liegt.</p> <p><b>Fläche 2 und 3:</b></p> <p>– Zonierung wie bei Fläche 1: werden Grundwasserflurabstände zwischen 28,40 m bis 28,50 m über NHN eingestellt, so ist im tief liegenden Bereich der Fläche 2 mindestens Moorhalt bzw. im östlichen Flächenteil sowie im unteren Bereich der Fläche 3 mindestens die Konservierung der Humus- bzw. Anmoorgleye möglich.</p>	
<p>Wirkung auf die Hydrologie und Bodenentwicklung</p>		

Fortsetzung Tabelle 21

Szenario 1 Regeneration degradierter Niedermoorböden	Szenario 2 Erhalt von Moorböden / Erhalt und Regeneration grundwasserbeeinflusster Mineralböden	Szenario 3 (Status quo)
<p><b>Folgen für die derzeitige Flächennutzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- überstaute Bereiche können nicht mehr landwirtschaftlich genutzt werden, Einstellung der ackerbaulichen Nutzung im nördlichen Teil der Fläche 3</li> <li>- Ansteigende Grundwasserstände schränken Nutzung auf höher gelegenen Flächen ein.</li> <li>- ggf. Gefährdung der Siedlungsbereiche (z. B. Gartennutzung, Volllaufen von Kellern)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Nutzung von tief liegenden, vermoorten Bereichen als Mähweide ist wegen längerer Vernässungsphasen zeitlich stärker als bisher begrenzt, aber grundsätzlich möglich (Ziele des Landschaftsrahmenplanes Potsdam-Mittelmark).</li> <li>- Sandstandorte sind bei höheren Grundwasserständen weiterhin als Mähweide nutzbar.</li> <li>- Tief liegende Ackerflächen (Fläche 3) sind in Feuchtgrünland umzuwandeln.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aktuelle Nutzung bleibt bestehen</li> <li>- Beweidung hängt von Dauer der Vernässungsphasen ab</li> </ul>
<p><b>Wirkung auf die Biotop- und Artensustanz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bei Wiedervermässung (Wasserstandsanhebung auf ca. 28,80 m über NHN) sind auf dem Hauptteil der Fläche 1 und dem westlichen Teil der Fläche 2 der Erhalt und die Aufwertung von Feuchtweiden (Feuchtwiesen) als Ziele des Landschaftsrahmenplanes Potsdam-Mittelmark nicht realisierbar. Mit der Bildung von Flachwasserbereichen werden sich verschiedene Röhrichte entwickeln.</li> <li>- Auf höher gelegenen humosen Sandflächen (westlicher Bereich Fläche 1, östlicher Teil der Fläche 2 und tieferer Bereich der Fläche 3 &gt; 29,10 m über NHN) wäre eine sehr extensive Nutzung möglich und somit Feuchtweiden (-wiesen) entwickelbar.</li> <li>- Die Nahrungs- und Rastbedingungen verbessern sich kurz- bis mittelfristig vor allem für Wasser- und Watvögel (Ziel des Landschaftsrahmenplanes Potsdam-Mittelmark), verschlechtern sich jedoch auf den Hauptflächen für wiesenbrütende Vogelarten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bestehende extensive Nutzung (auch als Ziel des Landschaftsrahmenplanes und Landschaftsplanes) muss in den tiefsten Geländebereichen stellweise aufgegeben werden.</li> <li>- Erhalt und Entwicklung feuchter Mähweiden sind jedoch prinzipiell möglich (Fläche 1 und 2), wobei durch Überstauung lückige Grasnarben bzw. durch späte Nutzung eine üppigere Vegetationsstruktur zu erwarten ist.</li> <li>- Vor allem auf den höher gelegenen Sandflächen (zwischen 28,85 m bis 29,00 m über NHN) ist eine Etablierung feuchtigkeitsliebender Arten und damit Wiesen und Weiden in feuchter Ausprägung denkbar.</li> <li>- Lange Überstauphasen wirken sich ungünstig auf die Nahrungsbedingungen für bestimmte wiesenbrütende Vögel aus. Nahrungs- und Rastbedingungen für Wasservögel, v. a. für Gänse, bleiben erhalten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Artenspektrum bleibt bestehen</li> <li>- keine Aufwertung von Feuchtweiden möglich</li> <li>- Nahrungs- und Rastplätze für Gänse, Entenvögel und Klebitze bleiben in bisheriger Qualität bestehen.</li> </ul>

Mit Blick auf den Niederungsraum und die Erfahrungen aus dem Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben "Kulturlandschaft Mittlere Havel" (JESSEL et al. 2006) zeigen folgende Ausführungen, dass Ziele des Naturschutzes erreicht werden können, aber nur punktuell und nicht flächendeckend.

**Der Schutz und Erhalt intakter bzw. wenig beeinträchtigter Niedermoorböden und mineralischer Grundwasserböden** als Ziele des Landschaftsprogrammes und Landschaftsrahmenplanes des Altlandes Brandenburg-Land (1996) sind **innerhalb eingedeichter Niederungsflächen** an der "Mittleren Havel" **nicht bzw. nur eingeschränkt umsetzbar**. Torfböden im guten Erhaltungszustand kommen in der südlich benachbarten Emster Niederung (KNOTHE 09.05.2006, mdl. Mitt.) oder kleinflächig in tieferen Rinnenstrukturen in der Mittleren Havelniederung (vgl. Profil 1 auf der Fläche 1, Anhang 2) vor. Torfakkumulation findet derzeit im betrachteten Landschaftsraum nur noch in Verlandungszonen von Torf- und Tonstichen (Wust, Deetz, Ketzin, Klein Kreuz) statt und kann bei dauerhafter Sicherung der Wiedervernässung auf Flächen östlich von Saaringen (nördlich der Havel) eingeleitet werden. Ein Erhalt des gegenwärtigen Bodenzustandes wäre zumindest auf nicht eingedeichten Flächen im Heilig Geist-Bruch und auf den Seggenwiesen westlich von Klein Kreuz (ebenfalls nördlich der Havel), westlich des Golmbergs bei Götzerberge oder im Feuchtgebiet östlich der Brandenburger Kleingärten (südlich der Havel) denkbar. Für diese Bereiche liegen jedoch keine kontinuierlichen Wasserstandszeichnungen vor, sodass die stichprobenhafte Beobachtung hoher Wasserstände bis in den Juni hinein, nur Anhaltspunkte gibt. Selbst auf dem Deich vorgelagerten Flächen bzw. Havelinseln (eigene Begehung im Juni 2006) können Oberböden zeitweise stark austrocknen und Degradierungsmerkmale aufweisen. Im Vergleich dazu kann zumindest in den Gebieten, in denen die Entwässerungsintensität zurückgefahren wurde (Wust, Töplitz) von einem Erhalt bzw. Entwicklung mineralischer Grundwasserböden ausgegangen werden.

Die Sicherung von weniger beeinträchtigten Unterböden in Moorrinnen ist wegen der Kleinflächigkeit im Polder "Götz-Gollwitz" nur im Zusammenhang mit der Umsetzung von Erhaltungs- und Regenerationszielen erreichbar. Die Realisierung dieser planerischen Zielvorstellungen ist grundsätzlich möglich, setzt aber die Rücknahme bzw. weitere Einschränkungen des Nutzungsanspruches (vgl. Szenario 1 und 2 in Tabelle 21) voraus. Das Abschalten des Schöpfwerkes (Managementansatz 1) wäre aus Sicht einer einzuleitenden Regeneration der Niedermoorböden auf Fläche 1 effektiv. Infolge der Höhenverluste würden bei steigenden Grundwasserständen weite Flächen im Polder unter Wasser stehen. Die Überstauhöhe kann allerdings wegen des, unter gegenwärtigen Bedingungen nicht abschätzbaren, Einflusses des Havelwassers nicht genau vorhergesagt werden. Dass zumindest mit Qualmwasser zu rechnen ist, belegen Projektierungsunterlagen aus den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts (VEB MELIORATIONSKOMBINAT POTSDAM 1973). Wird langfristig von einer Ausspiegelung des Grundwasserstandes auf das Höhenniveau der Havel ausgegangen (vgl. Abbildung 11), so hätte dies weitreichende Folgen bis hin zur Gefährdung von Siedlungsbereichen. Aus ökonomischer Sicht ist die Aufgabe des Schöpfwerkbetriebes, wodurch die Überstauhöhen und Wasserstände der benachbarten, höher gelegenen Flächen nicht mehr gezielt reguliert werden könnten, nicht vertretbar.

Eine Wiedervernässung der Flächen 1 und 2 sowie benachbarter, tiefer liegender Flächen ohne gravierende Nutzungseinschränkungen höher gelegener Flächen wäre realisierbar, wenn die Wasserstandsregulierung beibehalten, jedoch deren Reichweite eingeschränkt wird (Managementansatz 4). Das bedeutet, dass die zu vernässenden Flächen vom Einfluss des Hauptschöpfwerkes über regulierbare Bauwerke abgekoppelt werden müssten, aber bei Bedarf die Zuleitung von Havelwasser zu gewährleisten ist.

Die Ausführungen verdeutlichen (vgl. Tabelle 21), dass die Regeneration von Niedermoorböden im Polder "Götz-Gollwitz" entweder mit gravierenden, weitreichenden Eingriffen in die bisherigen Nutzungsstrukturen oder mit hohen Investitionen für eine kleinflächig differenzierte Steuerung der Wasserstände verbunden ist. Der Erhalt von extensiv genutzten Grünlandflächen bzw. die Aufwertung von Feuchtwiesen und Feuchtweiden (Landschaftsrahmenplan Potsdam-Mittelmark, Landschaftsplan) sind in diesem Zusammenhang auf den Hauptflächen nicht realisierbar. Bei der in Fachplänen und Schutzgebietsverordnungen geforderten Offenhaltung der Landschaft durch extensive landwirtschaftliche Nutzung, die eine Beibehaltung der Flächenentwässerung voraussetzt, können maximal der gegenwärtige Niedermoorbodenzustand bzw. in Abhängigkeit von der Geländehöhe humusreiche grundwasserbeeinflusste Mineralböden erhalten und entwickelt werden (Szenario 2, Tabelle 21). Dafür sind mindestens der Rückhalt der Wasservorräte aus dem Winterhalbjahr durch Anpassung der Pegelstände und Absenkttermine (Managementsätze 2 und 3) und ggf. die Zuleitung von Zusatzwasser erforderlich.

Die Sicherung und Entwicklung humusreicher Mineralböden durch Vernässung scheint im Vergleich zu Moorböden einfacher. Jedoch gilt auch hier zu beachten, dass die dafür notwendige Wasserstandsanhebung auf mindestens 5 bis 4 dm unter GOF Auswirkungen auf tiefer liegende, in Teilen noch vermoorte Flächen hat, sofern hydraulische Verbindungen fortbestehen. Eine Regulierung unterschiedlicher Zielwasserstände auf benachbarten Flächen, sowohl für die Regeneration und Erhalt von Moorböden als auch mineralischer Grundwasserböden, wäre im Polder "Götz-Gollwitz" nur mit der Errichtung neuer Regelbauwerke möglich. Welche Entwicklungen sich konkret ergeben, hängt entscheidend von der Geländehöhe ab.

Mit Blick auf den aktuellen Flächenzustand wird deutlich, dass vorhandene planerische bodenbezogene Zielformulierungen (vgl. Kapitel 6.1) zum Teil zu allgemein gehalten sind bzw. nicht für alle Flächen in Frage kommen. Im Landschaftsplan und Landschaftsrahmenplan wird nicht explizit zwischen Wiedervernässung und Vernässung von Niedermoorböden differenziert. Eine Wiedervernässung von Niedermoorböden im Sinne der Definition nach LANDGRAF (1999) kommt für den östlichen Teil der Fläche 2 nicht mehr in Frage, weil Niedermoorböden zum einen dort nicht mehr ausgeprägt sind und zum anderen eine Wiedervernässung dieser Fläche weitreichende Konsequenzen für die gesamte Bewirtschaftung des Polders hätte (vgl. Szenario 1).

Für den Polder "Götz-Gollwitz" wie auch für große Bereiche der gesamten Niederung der "Mittleren Havel" müsste die "Wiederherstellung natürlicher Wasserverhältnisse" als übergeordnetes Ziel des Landschaftsrahmenplanes (1996) eindeutiger definiert werden. Die Niederung ist kein intakter Auenstandort mehr und ein Rückbau der anthropogenen Entwässerungssysteme hätte wiederum weitreichende Auswirkungen auf die, aus Sicht des Artenschutzes wertvollen, grünlandgenutzten Flächen. Wenn insbesondere der Bedeutung dieser Flächen für den Lebensraum- und Artenschutz Vorrang eingeräumt werden soll, so wäre aus Sicht des Bodenschutzes höchstensfalls der Erhalt verbliebener Niedermoorböden bzw. der Erhalt und die Entwicklung grundwasserbeeinflusster Mineralböden möglich. Voraussetzung dafür wären Investitionen in eine teilflächenspezifische Steuerung der Wasserstände, die Teilvernässungen (z. B. Fläche 1) und die Vielfalt der Landnutzung (Grünland, Ackerbau) gleichermaßen gewähren.

## 6.4 Erhalt und Verbesserung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit der Böden im Polder "Götz-Gollwitz"

Während die Ausführungen im vorangestellten Kapitel insbesondere die Rahmenbedingungen für die Realisierbarkeit planerischer Zielvorstellungen und sich ergebene Zielkonflikte behandeln, wird im Folgenden ausgeführt, inwieweit auf den Beispielflächen das Leistungsvermögen und die Funktionsfähigkeit der Böden bei Umsetzung der Szenarien (vgl. Tabelle 21) erhalten und verbessert werden können.

### Wasserhaushalt (Abflussregulation)

Die Aufrechterhaltung einer extensiven Bewirtschaftung, wie sie derzeit auf den Flächen 1 und 2 erfolgt (Szenario 3), kann nicht zur Verbesserung des Bodenzustandes und seiner Leistungsfähigkeit im Wasserkreislauf beitragen. Vor allem auf der Fläche 1 werden bei unverändertem Wassermanagement tiefe Grundwasserstände und Wechselfeuchtigkeit im Ober- und Unterboden, verbunden mit Schäden an der Grasnarbe, fortbestehen. Degradierungsprozesse, die zu einer weiteren Verschlechterung der Eigenschaften sowohl von Niedermoor- als auch mineralischen Grundwasserböden führen, können nicht vermindert werden. Auf der Fläche 1 und dem tiefer liegenden Bereich der Fläche 2 (= 2 b) bleiben die "Fähigkeit des Oberbodens zur Wasseraufnahme" (FREIE UND HANSESTADT HAMBURG - BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT 2003: 56) und der kapillare Aufstieg des Grundwassers weiterhin beeinträchtigt (vgl. Kapitel 5.3.2.3). Durch die zeitweise Austrocknung der Oberböden oder das Fortbestehen von Verdichtungen ist eine Infiltration von Wasser in den Oberboden nur beschränkt und eine Versickerung in den Unterboden zum Teil gar nicht möglich. Die Wasserspeicherung erfolgt hauptsächlich "auf dem Boden" und nicht in der Bodenmatrix selbst. In dieser Ausprägung können Niedermoorböden, Moorgleye oder Anmoorgleye auf den Flächen 1 und 2 b ihre Aufgaben nicht erfüllen und bleiben vom Wasserkreislauf weitgehend ausgeschlossen. Auf den höher gelegenen Sandböden ist die Teilnahme am Wasserkreislauf gegeben, allerdings setzt sich die Verschlechterung der Wasserspeicherkapazität bei fortschreitender Humusmineralisierung im Oberboden fort.

Bei Umsetzung des Szenarios 2 kann die derzeitige Wasserspeicherkapazität und -leitfähigkeit torfiger (muddehaltiger) Unterbodenhorizonte erhalten und langfristig (Rückquellung) verbessert werden. Eine Verbesserung des gegenwärtigen Infiltrationsvermögens der Oberböden hängt von der Verhinderung der sommerlichen Austrocknung und Auflösungen von Verdichtungen durch ein gezieltes Wasserstandsmanagement ab. Reliefbedingt wird diese Verbesserung auf den Flächen 1 und 2 b nicht flächenhaft zu erreichen sein. Sofern Eigenschaften des Ober- und Unterbodens wieder einen durchgängigen Wasserfluss ermöglichen, wenn auch auf niedrigem Niveau, und der Boden somit am Wasserkreislauf teilnimmt, ist seine Funktionsfähigkeit wiederhergestellt. Bedingt der Wasseranstieg auf höher gelegenen Sandböden (Fläche 2 a und 3) eine Humusanreicherung, d. h. eine Erhöhung des Gehaltes an organischer Substanz und der Horizontmächtigkeit, so verbessert sich im Vergleich zu vorher das Leistungsvermögen hinsichtlich der Wasserspeicherung. Im Allgemeinen ist bei höheren Grundwasserständen von einem stärkeren Einfluss des kapillaren Aufstieges auf die Oberbodenfeuchte auszugehen. Seltener austrocknende Oberböden weisen ein verbessertes Infiltrationsvermögen auf. Von einer Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit wäre nicht auszugehen, da die Teilnahme am Wasserkreislauf bei diesen Böden trotz Entwässerung besteht (Infiltration ist möglich). Eine "sichere" Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit und umfassende Verbesserung des Leistungsvermögens im



Wasserhaushalt kann langfristig nur unter den Rahmenbedingungen des Szenarios 1 (Variante 1.2) erreicht werden.

### **Nährstoffhaushalt (Nährstoffverfügbarkeit)**

Böden sind Bestandteil des Nährstoffkreislaufes, der „... nur in intensiver Wechselwirkung zwischen Boden und Vegetation funktionieren kann“ (FREIE UND HANSESTADT HAMBURG - BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT 2003: 59). Ein Boden erfüllt seine Funktion, wenn Pflanzen und Bodenorganismen grundsätzlich Nährstoffe aufnehmen können, welche bodenspezifisch in unterschiedlichen Bindungsformen, Verteilungen und Mengen vorliegen. Ihre Verfügbarkeit hängt u. a. von den Vorräten im durchwurzelten Raum und der Nachlieferungsrate in die Bödenlösung ab. Diese wird von verschiedenen Prozessen gesteuert (Adsorption, Desorption, Lösung, Mineralisierung etc.). Aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften (u. a. mineralische und organische Bestandteile, Bodenfeuchte, biologische Aktivität) ist das Vermögen von Böden, Nährstoffe nachzuliefern bzw. zu speichern, natürlicherweise unterschiedlich hoch. Ein Boden mit Natur bedingten, niedrigen Nährstoffnachlieferungsraten nimmt aber genauso am Nährstoffkreislauf teil wie ein Boden mit vergleichsweise höheren Raten. Bei organischen und humusreichen Niederungsböden hängt die Nährstoffbereitstellung vor allem von der Mineralisierungsrate der organischen Substanz ab. Bei intakten Verhältnissen ist diese infolge hoher Bodenfeuchte und niedriger Temperaturen zugunsten der Stoffspeicherung (Akkumulation) stark reduziert. Pflanzenarten wie zum Beispiel Gemeines Schilf (*Phragmites australis*) oder verschiedene Seggenarten (*Carex spec.*) sind durch interne Speicherprozesse (in Rhizomen) an die deutlich eingeschränkte Nährstoffnachlieferung angepasst. Nach Entwässerung bleibt ein Nährstoffkreislauf auf Niedermoorböden und humosen grundwasserbeeinflussten Mineralböden weiterhin bestehen, allerdings entspricht er nicht mehr der ehemaligen standorttypischen Ausprägung (Speicherung > Freisetzung) und gilt somit als beeinträchtigt.

Bei Umsetzung der Szenarien 2 und 3 auf den Flächen 1 und 2 im Polder "Götz-Gollwitz" wird die "Fähigkeit des Bodens zur Nährstoffabgabe an die Vegetation" (FREIE UND HANSESTADT HAMBURG - BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT 2003: 60) aufrechterhalten. Im Gegensatz dazu wird diese Fähigkeit bei Realisierung des Szenarios 1 dort vorübergehend unterbrochen, wenn durch Flachseebildungen kurz- bis mittelfristig eine Ausbildung der Vegetationsdecke verhindert wird. Aus prozessorientierter Sicht ist diese vorübergehende Funktionseinschränkung jedoch nicht negativ zu beurteilen.

Das Nährstoffnachlieferungsvermögen (ausgenommen Phosphor etc.) der Böden auf den Flächen 1 und 2 b wird bei Szenario 2 abnehmen und erst bei Umsetzung des Szenarios 1 langfristig auf ein sehr niedriges, ehemaligen Verhältnissen entsprechendes Niveau absinken (vgl. Kapitel 4.2.3.1.4). Eine tatsächliche Verbesserung des Speicher- und Austauschvermögens im Stoffkreislauf ist mit verstärkter Humusanreicherung auf den höher liegenden humosen Sandböden (Fläche 2 a und 3, Szenario 1 und 2) zu erreichen.

Mit der Umwandlung von Acker in Dauergrünland ist auf Fläche 3 eine Verbesserung der Funktionsfähigkeit im Nährstoffhaushalt verbunden. Durch die ackerbauliche Nutzung kann sich „... die Vegetation gegenüber dem Bodenpotenzial [...] nur eingeschränkt ausbilden ...“ (FREIE UND HANSESTADT HAMBURG - BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT 2003: 59). Die Teilnahme am Nährstoffkreislauf ist phasenweise eingeschränkt und wäre im Gegensatz dazu bei Dauergrünland vollständig gewährleistet. Weil die Funktionsfähigkeit zeitweise beeinträchtigt ist, sollte in diesem Fall nicht von einer Wiederherstellung, sondern Verbesserung gesprochen werden.

### **Lebensraumfunktion für Pflanzen und Bodenorganismen**

FREIE UND HANSESTADT HAMBURG - BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT 2003: 49 ff.) unterstreichen, dass ein natürlicher Boden stets Lebensgrundlage für eine, an seine Eigenschaften angepasste Gemeinschaft von Tieren, Pflanzen und Bodenorganismen ist. Sie ist besonders stabil, wenn sie über einen langen Zeitraum "ungestört" wachsen kann. Naturnahe, fruchtbare Böden unter weitgehend fehlendem Nutzungseinfluss haben eine besondere standortspezifische, stabile Zönose. Je nach Standorteigenschaften (Feuchtigkeit, Nährstoffversorgung, Bodenreaktion, Nutzung) sind Biozönosen unterschiedlich reich an Arten und Individuen. Auf Standorten mit extremen Eigenschaften (Trockenheit, Salzgehalt, Nässe) sind Gemeinschaften häufig artenärmer, aber nicht weniger individuenreich. Unabhängig von der Biodiversität (Artenspektrum) erfüllen Böden ihre Lebensraumfunktion, solange Wechselwirkungen und Austauschprozesse zwischen Boden, Pflanze und Bodenorganismen bestehen und hervorgebrachte Lebensgemeinschaften lebens- und funktionsfähig bleiben. Lebensgemeinschaften entwickeln sich mit dem Standort mit, d. h. sie passen sich an die "alternden" Bodeneigenschaften an.

Bei der Umsetzung der Szenarien 1 und 2 im Polder "Götz-Gollwitz" kann nicht pauschal von einer Verbesserung oder Verschlechterung der allgemeinen Lebensraumfunktion gesprochen werden. Für spezifische Lebensgemeinschaften entwickeln sich die Bedingungen vielmehr günstig oder ungünstig. Damit ändert sich auch das funktionale Leistungsvermögen der Bodenorganismengesellschaften (Zersetzungsprozesse, Gefügebildung, Bodenlockerung). Von einer vorübergehenden Verschlechterung der speziellen Lebensraumfunktion für aerobe Bodenorganismengesellschaften wäre bei einer länger anhaltenden Flachseebildung zu sprechen, da die bestehenden Zönosen vollständig zusammenbrechen würden, diese nicht mehr funktionsfähig wären und sich kurzfristig keine neuen etablieren würden. Im Gegensatz dazu werden die jungen Unterwasserböden (Subhydrische Böden) von Organismen besiedelt, die an anaerobe Verhältnisse angepasst sind. Außerdem fördern überstaute Flachwasserbereiche die weitere Ansiedlung von Entenvögeln und Gänsen (Standort für Tiere). Sie sind u. a. wichtig als Rast- und Schlafplatz für Zugvögel. Somit bleibt die allgemeine Lebensraumfunktion des Bodens im Polder erhalten und es ändert sich die spezielle Lebensraumfunktion für einige Organismengesellschaften positiv, für andere negativ.

### **Puffer-, Filter- und Umwandlungsfunktion**

Niederungsböden wirken im intakten Zustand als Stofffilter in der Landschaft. Bei Moorböden ist eine langfristige Filterwirkung nur bei Festlegung durch Torfbildung und Umwandlung in gasförmige Produkte (Denitrifikation) möglich (KOPPISCH 2001 b: 40 f.). Zwar werden zugeführte Nähr- und Schadstoffe auch in mikrobieller Biomasse bzw. der Biomasse höherer Pflanzen und durch Sorption an Austauschern oder chemischen Verbindungen festgelegt. Jedoch ist der Entzug durch Sorption in Torfböden nur begrenzt möglich und die oberirdische, jährlich neugebildete Biomasse leicht wieder mineralisierbar.

Die Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungskapazität von Niederungsböden wird durch die Eigenschaften der Unterböden (Sand - mechanische Filterung bei tieferen Grundwasserständen, verschiedene Pufferbereiche wie Austauscherpuffer, Silikatpuffer etc.) mitbestimmt, dennoch spielt die organische Substanz bei diesen Böden eine weitaus größere Rolle als bei grundwasserfernen Mineralbodenstandorten (z. B. Parabraunerde aus Geschiebelehm). Daher liegt bei den Betrachtungen zur Verbesserung der Filterfunktion das Hauptaugenmerk auf der Entwicklung der Gehalte an organischer Substanz.

Die spezifische Filterfunktion von Niedermoorböden auf den Flächen 1 und 2 b kann bei Umsetzung des Szenarios 1 (Torfakkumulation) langfristig wiederhergestellt werden, wobei bei Wiedervernässung der Standorte eine bedingte Stofffreisetzung (Phosphor, Mangan, etc.) über einige Jahre hinweg hin- genommen werden muss. Auf den höher gelegenen Sandflächen kann bei Umsetzung der Szenarien 1 und 2 das derzeitige Leistungsvermögen der entstandenen Folgeböden durch Zunahme der Humusgehalte verbessert werden. Das betrifft vor allem die Bindungsfähigkeit der organischen Sub- stanz gegenüber organischen Schadstoffen und Schwermetallen. Bei Fortsetzung des Szenarios 3 würde sich die derzeitige Puffer- und Filterleistung der humosen Oberböden infolge fortschreitenden Humusabbaus weiter verschlechtern.

### **Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte**

Naturnahe Moore mit ihren Pollen und Pflanzenresten gehören im Land Brandenburg zu den Böden mit Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte (LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) 2003, SCHATZ & SCHMIDT 2003). Sie speichern Informationen über die natur- und kulturgeschichtliche Entwicklung einer Landschaft, die direkt in der Ausprägung der Böden enthalten sind (FREIE UND HANSESTADT HAMBURG - BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT 2003: 71 ff.).

Die flächenhafte Vermoorung der Niederung der "Mittleren Havel" ist das Ergebnis anthropogener Ein- griffe in das Flusssystem (Moorbildung als Folge der Errichtung von Mühlenstauen usw., vgl. Kapitel 5.1). Die wenigen, in ihrer natürlichen Ausprägung erhalten gebliebenen Niedermoorböden, aber auch humusreiche Mineralböden, sind heute vor allem Zeugnisse der Kulturgeschichte. Im Polder "Götz-Gollwitz" ist mit dem Verlust von Niedermoorböden die Archivfunktion vollständig zerstört. Die bis heute verbliebenen, stark in ihrer Ausprägung überformten Niedermoorböden weisen eine stark beeinträchtigte Funktionsfähigkeit auf, die sich bei Erhalt der gegenwärtigen Rahmenbedingungen (Szenario 3) weiter verschlechtern würde. Wasserstände, die zum Erhalt der aktuell ausgeprägten Torfauflagen führen (Szenario 2), sichern (konservieren) die noch bestehende, in ihrer Qualität veränderte Archivfunktion der Niedermoorböden. Da sich die Ausprägung eines Bodens hinsichtlich der Archivfunktion nicht regenerieren kann, wäre diese Funktion bei Niederungsböden nur infolge erneuter Akkumulation organischer Substanz zu aktivieren und langfristig wiederherstellbar. Von neuen Torfschichten überlagerte und somit konservierte Horizonte von Folgeböden bzw. degradierten Moorböden wären, aus der Zukunft betrachtet, Zeugnisse der großflächigen Entwässerung von Niederungsstandorten im 20. Jahrhundert.

### **Zusammenfassung**

Tabelle 22 fasst die Erhaltungs- und Verbesserungsmöglichkeiten des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit der Böden im Beispielgebiet zusammen. Deutlich wird, dass die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit (u. a. Schutzzweck des LSG "Brandenburger Osthavelniederung") im Hinblick auf einzelne Funktionen und Flächen nicht erforderlich ist. Die Teilnahme am Wasserkreislauf ist bei den mineralischen Böden (Fläche 3 und 2 a) gegeben. Gleiches gilt für die Teilnahme am Nährstoff- kreislauf auf den Flächen 1 und 2. Zudem erfüllen die Böden auf allen drei Flächen ihre allgemeine Lebensraumfunktion.

Mit dem Szenario 1 und 2 können gegenüber dem Szenario 3 folgende Verbesserungen der Funk- tionen und des Leistungsvermögens erzielt werden:

- vollständige bzw. eingeschränkte Wiederherstellung der Teilnahme am Wasserkreislauf und differenzierte Verbesserung des Leistungsvermögens der Ober- und Unterböden (Infiltration,

Wasseraufstieg, Wasserleitfähigkeit, Wasserspeicherkapazität) auf den Flächen 1 und 2 b durch Wiedervernässung

- Verbesserung der Teilnahme am Nährstoffkreislauf auf der Fläche 3 und des Nährstoffspeichervermögens auf den Flächen 2 a und 3 durch Nutzungsänderung und Wasserstandsanhhebung (Humusakkumulation)
- langfristige Wiederherstellung der Filterfunktion von Niedermoorböden (Szenario 1) auf den Flächen 1 und 2 b durch Torfwachstum sowie Verbesserung der Bindungsfähigkeit mineralischer Böden (Fläche 2 a und 3) durch Nutzungsänderung und Wasserstandsanhhebung (Humusakkumulation)
- Aktivierung der Archivfunktion verbliebener Moorböden

Im Gegensatz dazu kann mit dem Szenario 1 eine vorübergehende Störung der Teilnahme am Nährstoffkreislauf und eine Veränderung der Speziellen Lebensraumfunktion auf den Flächen 1 und 2 b ausgelöst werden. Diese ist jedoch mittel- bis langfristig infolge von Verlandungsprozessen (Substratauffüllung) rückführbar.

Die mit den Maßnahmen der Szenarien 1 und 2 erzielbaren Verbesserungen sind für eine Kompensation der Entwässerung eines hydromorphen Standortes geeignet. Außerdem kann mit der Verbesserung des Wasserdurchflusses (Aufhebung von Verdichtungen) durch Baumaßnahmen verursachte Verdichtungen anderer Böden ersetzt werden, wenn diese am Eingriffsort nicht zu beseitigen sind. Entgegen dem Vorschlag im Landschaftsplan (STADT UND LAND PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH 2001) käme die Fläche 1 für eine Nutzungsextensivierung im Rahmen einer Kompensationsmaßnahme nicht in Frage, da die Fläche bereits extensiv bewirtschaftet wird. Bei anhaltenden Wechselfeuchteverhältnissen auf den Flächen 1 und 2 b wäre zudem keine effektive Nährstofflagerung möglich. Die Flächen eignen sich in dem Fall nicht als Kompensationsfläche für Stoffeinträge.

Erstaufforstung oder Waldentwicklung, wie sie im Landschaftsplan als geeignete Kompensationsmaßnahme für Polderflächen vorgeschlagen werden, würden bei nicht verändertem Wasserstandsmanagement den Flächenwasserhaushalt infolge erhöhter Verdunstung belasten und die Leistungs- und Funktionsfähigkeit der Böden im Wasserhaushalt nicht verbessern. Des weiteren entspricht dieser Maßnahmentyp nicht dem offenen Charakter der Fläche (vgl. Anhang 5, historische Landschaftsentwicklung) und würde auch eine Konfliktsituation hinsichtlich der Schutzgebietsverordnung herbeiführen. Eine weitere ungeeignete Maßnahme ist die Lockerung der humosen Böden als Kompensation von Bodenverdichtungen verschiedener Böden. Eine alleinige Lockerung ohne Wasserstandsanhhebung ist für die Beseitigung der Oberbodenverdichtungen im Polder nicht ausreichend und verstärkt zudem den Abbau der organischen Substanz.

Wasserstandsanhörungen, die im Polder die gegenwärtige Leistungs- und Funktionsfähigkeit erhalten und nicht verbessern (vgl. Ausführungen im ersten Absatz) können als Pflegemaßnahmen, jedoch nicht als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung umgesetzt werden.

Tabelle 22: Auswirkungen der Maßnahmen (Tabelle 21) der Szenarien auf das Leistungsvermögen und die Funktionsfähigkeit der Böden im Polder "Götz-Gollwitz".

Szenario	Flächen	Wasserhaushalt					Nährstoffhaushalt				Lebensgrundlage		Filterfunktion		Archivfunktion
		Infiltration	Wasseraufstieg	Wasserleitfähigkeit	Wasserspeicherung	Funktionsfähigkeit Wasserkreislauf	Nährstoffverfügbarkeit	Nährstoffspeicherung	Funktionsfähigkeit Nährstoffkreislauf	Allgemeine Lebensraumfunktion	Spezielle Lebensraumfunktion	Bindungsfähigkeit	Funktionsfähigkeit	Archiv der Kulturgeschichte	
3	1/ 2b	--	--	--	--	G	0	--	E	E	E	--	B	B	
	2a /3	--	--	--	--	E	0	--	E B	E	E	--	B	G**	
2	1/ 2b	+ -	+ -	+ (UB)	+ (UB)	(W)	-	+ -	E	E	~	0	B	E	
	2a /3	+	0	0	+ (OB)	E	+	+	E VB	E	~	+	E	G**	
1.2	1/ 2b	+	+	+	+	W	-	+	(G)*	E/ (G)*	~	+	W	A	
	2a /3	+	0	0	+	E	+	+	E VB	E	~	+	E	G**	

**Erläuterungen:**

+ = positive Wirkung, mittel- bis langfristige Verbesserung des Leistungsvermögens,  
+ - = positive Wirkung eingeschränkt erreichbar, 0 = mehr oder weniger keine Veränderungen, - = Abnahme, -- = keine positive Wirkung (Verbesserung) auf das Leistungsvermögen, bestehende Einschränkungen halten an und können sich verstärken,  
~ = Bedingungen verändern sich ungünstig für bestehende Lebensgemeinschaften, Anpassung und Etablierung neuer Organismengesellschaften,  
E = Erhalt der Funktionsfähigkeit, B = Leistungs- bzw. Funktionsfähigkeit bleibt beeinträchtigt, G = Verlust / Störung der Funktionsfähigkeit; (G) in Klammern = kurz- bis mittelfristig vorübergehende Störung der Funktionsfähigkeit, VB = Verbesserung des gegenwärtigen Erfüllungsgrades, A = Aktivierung der Funktionsfähigkeit, W = Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit, (W) in Klammern = eingeschränkt wiederherstellbar, OB = Oberboden, UB = Unterboden, NU = Nutzungsumwandlung (Acker in Grünland),  
2 a = höher gelegener Bereich der Fläche 2, 2 b = tiefer liegender Teil der Fläche 2  
\* wenn kurz- bis mittelfristig die Ausbildung einer Vegetationsdecke bzw. Pflanzenwuchs durch Flachseebildungen verhindert wird, \*\* Funktionsverlust bei Folgeböden

## 7 Diskussion

### 7.1 Erhalt und Verbesserung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit von Böden in Niederungen durch die Maßnahmen Wiedervernässung und Extensivierung

#### 7.1.1 In Abhängigkeit von Maßnahmenwirkungen und Ausgangszuständen

Die Beurteilung der Wirkungen von Maßnahmen ist zum einen auf die Verbesserung des Leistungsvermögens und zum anderen auf den Erfüllungsgrad der Funktionen abzustellen. Die Wirkungen der Maßnahmen Wiedervernässung und Extensivierung sind im Kapitel 4.2.3 und für das Beispielgebiet im Kapitel 6.4 beschrieben. Wegen fehlender Maßstäbe kann das Ausmaß der Verbesserung von Eigenschaften, des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit nicht bewertet werden. So setzt die Beurteilung der Wirkung von Maßnahmen bei den von ihnen ausgelösten Prozessen an. Im Folgenden sind die wichtigsten wirksam werdenden Prozesse und die mit ihnen verbundenen Verbesserungen bzw. Verschlechterungen des Leistungsvermögens zusammengefasst (vgl. dazu Tabelle 23). Sie können größtenteils losgelöst von spezifischen Bodenausprägungen durch Wasserstandsanhebungen und Nutzungsextensivierungen ausgelöst bzw. erreicht werden:

#### Wasserstandsanhebungen

- Mit Zunahme des Humusgehaltes und der Horizontmächtigkeit (**Humusakkumulation**) steigt die Anzahl der Speicherplätze (funktionale Gruppen) und vergrößert sich das Porenvolumen. Bei Mineralböden erhöht sich damit im Oberboden das Wasser- und Nährstoffspeichervermögen, die Nährstoffverfügbarkeit sowie Bindungsfähigkeit gegenüber organischen Schadstoffen.
- Bei Niedermoorböden verbessern sich durch **Rückquellung der Torfsubstanz** (Porenvolumen, Dichte), **Dauerdurchfeuchtung** und **Auflösung von Verdichtungsschichten** (Gefügeverbesserung) das Infiltrationsvermögen, der Grundwasseraufstieg, die Wasserleitfähigkeit und -speicherkapazität. Neu akkumulierte Torfsubstanz ist generell durch eine höhere Wasserleitfähigkeit und speicherkapazität gekennzeichnet.
- Langfristig wird die Nährstoffverfügbarkeit bei erneuter Torf- und Humusakkumulation abnehmen (Stoffsenkenfunktion). In den ersten Jahren nach der Wiedervernässung tritt eine erhöhte Stofffreisetzung (z. B. Phosphor) ein.

#### Nutzungsextensivierung

- Durch Nutzungsumwandlung (Acker in Dauergrünland), Mulchwirtschaft oder Nutzungseinstellung (Brache) bleibt **verstärkt Biomasse auf der Fläche** zurück. Somit erhöht sich auf ackerbaulich und intensiv als Grünland genutzten, im Vergleich zu vorher humusarmen Mineralböden der Humusgehalt. Damit steigt die Wasser- und Stoffspeicherkapazität im Oberboden.
- Der Verzicht auf Düngung bzw. eine Mehrschrittnutzung bewirken ein **Absinken der Nährstoffkonzentration in Mineralböden**, weniger in wechselfeuchten Niedermoorböden. Eine Verbesserung des Speichervermögens wird damit nicht erreicht.
- Eine Nutzungsextensivierung strahlt **nicht uneingeschränkt positive Effekte** auf das Leistungsvermögen degradierter Niedermoorböden bzw. ihrer Folgeböden aus. Nutzungsauffassung (Brache) bzw. der Verzicht auf Pflegemaßnahmen bei gleichzeitig tiefen Wasserständen haben eine Auf-

lockerung des Oberbodens (Zunahme des Grobporenanteiles) zur Folge, wodurch die Durchlüftung zunimmt. Eine Verbesserung der Wasserleitfähigkeit und Speicherkapazität tritt nicht ein, es werden hingegen Mineralisierungsprozesse verstärkt. Gleiches gilt für eine lockere bzw. lückige Vegetationsstruktur, die bei sinkenden Wasserständen eine Austrocknung der Torfoberböden beschleunigt und damit Degradierungsprozesse fördert.

Tabelle 23: Von Maßnahmen ausgelöste Prozesse und Wirkung auf das Leistungsvermögen von Niedermoorböden.

Maßnahme	Prozesse	I	WA	WL	WS	NSP	NV	BF
W / V, NU*	Humusakkumulation				+	+	+	+
W	Torfakkumulation			+	+	+	-	+
W / V	Gefügeverbesserungen	+	+	+	+			
D, A, W (langfristig)	Senkung der Nährstoffkonzentration						-	
NA**, EP**	Mineralisation der org. Substanz			-	-	-	+	-

**Erläuterungen**  
 I = Infiltrationsvermögen, WA = Wasseraufstieg (Überwindung von Barrieren), WL = Wasserleitfähigkeit, WS = Wasserspeicherkapazität, NSP = Nährstoffspeicherung / -austauschvermögen, NV = Nährstoffverfügbarkeit, BF der organischen Substanz = Bindungsfähigkeit gegenüber organischen Schadstoffen und Schwermetallen  
 W = Wiedervernässung, V = Vernässung, D = Düngerverzicht, A = Aushagerung durch Mehrschnittnutzung, NU = Nutzungsumstellung, NA = Nutzungsauffassung (Brache), EP = Einstellung von Pflegemaßnahmen, \* auf humusarmen Mineralböden, \*\* auf humusreichen Mineralböden und Niedermoorböden, + = positiv, - negativ

## Ausgangszustand

Im Hinblick auf die Beurteilung des Einflusses von Maßnahmen auf die Funktionsfähigkeit von Böden sollte bedacht werden, dass eine Verbesserung des Leistungsvermögens nicht unbedingt eine Verbesserung der generellen Funktionsfähigkeit bedeuten muss. Auf den betrachteten Flächen ist in einem ersten Schritt, ausgehend vom Ausgangszustand bzw. der Vornutzung von Böden zu prüfen, inwieweit

- Böden ungestört am Wasserkreislauf teilnehmen, indem der Oberboden Wasser aufnehmen kann (Infiltration), dieses in der Bodenmatrix transportiert (Versickerung, Wasserleitfähigkeit) und an das Grundwasser oder die Pflanzen wieder abgegeben werden bzw. Wasser ebenso horizontal und / oder lateral zufließen und aufsteigen kann,
- grundsätzlich die Fähigkeit zu Wasserspeicherung in der Bodenmatrix besteht,
- Böden am Nährstoffkreislauf teilnehmen und Bodenorganismen sowie Pflanzen Nährstoffe aufnehmen können,
- Böden lebens- und funktionsfähige Lebensgemeinschaften hervorbringen,
- Böden in der Lage sind, eingetragene Stoffe zu filtern, zu puffern oder umzuwandeln,
- diese aufgrund ihrer Ausprägung Archivfunktionen übernehmen.

Anschließend ist zu bewerten, ob die Funktionsfähigkeit von Böden verloren gegangen (keine Teilnahme am Wasserkreislauf), beeinträchtigt (Nährstoffkreislauf ist zeitweise unterbrochen oder stand-

ortuntypisch) oder diese trotz verändertem Leistungsvermögen generell ausgeprägt ist (vgl. auch Kapitel 6.4).

### **Entwicklungsmöglichkeiten**

In der Tabelle 24 sind beispielhaft, ausgehend von unterschiedlichen Ausprägungen und Vornutzungen, Entwicklungsmöglichkeiten der Leistungs- und Funktionsfähigkeit ausgewählter Böden in Abhängigkeit von der Veränderung der Wasserstände und Nutzung zusammengefasst. Dabei handelt es sich um Böden, die typisch für Niederungen Nordostdeutschlands und dort häufig anzutreffen sind. Der Zielzustand orientiert sich an Vegetationsbeständen, die aus naturschutzfachlicher Sicht überwiegend von Bedeutung sind. Die Einschätzung der Veränderung des Leistungsvermögens beruht auf der Vorhersage eintretender oder nicht eintretender Prozesse (vgl. oberen Abschnitt) und der Annahme, dass diese ihre Wirkungen langfristig entfalten. Immer dann, wenn beispielsweise mit Wasserstandsanhörungen oder Nutzungsumstellungen der Anteil der organischen Substanz im Vergleich zu vorher erhöht werden kann bzw. Gefügeverbesserungen eintreten, ist von einer Verbesserung des Leistungsvermögens im Wasser- und (Nähr-)Stoffhaushalt auszugehen (vgl. auch Tabelle 23).

Deutlich wird, dass sich solche Verbesserungen bei entwässerten, mineralischen, humusärmeren Grundwasserböden (Tabelle 24, Spalte 1 und 2) durch Wasserstandsanhörungen auf mindestens 4 bis 5 dm unter Flur und Nutzungsumwandlung (Acker in Grünland etc.) leichter und mit geringeren Folgen für die Landbewirtschaftung als im Vergleich zu entwässerten Niedermoorböden erzielen lassen. Um bei Letzteren das Speicher- bzw. Filtervermögen der Oberböden im Vergleich zu gegenwärtigen Zuständen zu verbessern, wäre eine Wiedervernässung erforderlich. Für den Erhalt des gegenwärtigen Leistungsvermögens torfiger Oberböden (Wasserspeicherung, Bindungsfähigkeit) und die langfristige Verbesserung des Wasserleit- und -speichervermögens torfiger Unterböden wären die Wasserstände ebenfalls auf 4 dm unter GOF anzuheben. Von grundsätzlicher Bedeutung für den Erhalt der gegenwärtigen Leistungsfähigkeit von Niedermoorböden und stark humosen Mineralböden ist die Verringerung bzw. Verhinderung weiterer Degradation (vgl. Kapitel 4.2.4).

Bei den konstruierten Beispielen mineralischer Grundwasserböden (vgl. Tabelle 24, Spalte 1 und 2) ist davon auszugehen, dass die **Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt** (Teilnahme am Wasserkreislauf, Wasserspeicherung) vor der Maßnahmenumsetzung grundsätzlich besteht und in dem Fall allein das Leistungsvermögen verbessert werden kann. Anders stellt sich der Sachverhalt bei degradierten Niedermoorböden mit schlechtem bzw. zeitweise fehlendem Infiltrationsvermögen oder Wasseraufstieg dar (Spalte 3 Mitte). Bei ihnen kann infolge hoher Wasserstände die Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt wiederhergestellt werden. Nutzungsauffassungen bzw. verringerte Schnitzzahlen ohne Wasserstandsanhörungen führen bei humusreichen Mineralböden bzw. Niedermoorböden nicht zur Verbesserung der Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt. Beeinträchtigungen bzw. Störungen bleiben weiterhin bestehen oder verstärken sich.

Eine Verbesserung des Erfüllungsgrades der **Funktion im Nährstoffhaushalt** tritt bei mineralischen Böden ein, deren ackerbauliche Nutzung in eine dauerhafte Grünlandnutzung überführt wird (vgl. Tabelle 24 Spalte 1 links, Mitte). Zwar ist die Teilnahme ackerbaulich genutzter Böden am Nährstoffkreislauf nicht grundsätzlich gestört, jedoch zeitweise eingeschränkt (vgl. Kapitel 6.4). Bei humusreichen Böden bzw. Niedermoorböden (Spalte 2 und 3) mit ausgebildeter Vegetationsdecke bleibt die Funktionsfähigkeit im Nährstoffkreislauf bei Vernässung erhalten. Einschränkungen können sich auf degradierten Niedermoorböden ergeben, wenn infolge einer langanhaltenden Überstauung die Grasnarbe stellenweise flächig abstirbt. Zum vorübergehenden Verlust der Teilnahme am Nährstoff-



kreislauf kommt es sowohl auf mineralischen als auch torfigen Böden, wenn die Nährstoffaufnahme der Pflanzen und Bodenorganismen durch die Ausbildung von Flachwasserseen unterbrochen wird (vgl. Tabelle 24, Spalte 1 und 2 rechts, Spalte 3 Mitte). Die Beeinträchtigungen, die bei entwässerten, humusreichen und torfigen Niedermoorböden hinsichtlich der Fähigkeit zur Stoffspeicherung bestehen, halten bei Extensivierungsmaßnahmen (Einstellung der Düngung, Reduzierung Schnittnutzung, Nutzungsauffassung) ohne wirksame Wasserstandsanhhebung weiter an. Die in der Tabelle 24 ausgewiesene Verschlechterung der Nährstoffverfügbarkeit bezieht sich bei Wiedervernässung mineralischer und organischer Standorte weniger auf das sich verbessernde Speichervermögen, sondern auf die, auf ein Minimum reduzierte Mineralisierungsrate der organischen Substanz (vgl. auch weitere Anmerkungen in der Tabelle).

Eine Beurteilung der speziellen **Lebensraumfunktion** für Bodenorganismen, Pflanzen und Tiere kann nicht pauschal vorgenommen werden. Durch Wiedervernässungs- und Extensivierungsmaßnahmen ändern sich die Bedingungen (z. B. Bodenfeuchte, Luftkapazität, Reaktion) ungünstig für bestehende Lebensgemeinschaften und günstig für Organismengesellschaften, welche bei den neu entstehenden Bedingungen ihr Optimum entfalten bzw. erst lebens- und funktionsfähig sind. Grundsätzlich wird bei einer Versiegelung dem Boden die Fähigkeit genommen, lebens- und funktionsfähige Organismengesellschaften hervorzubringen. Im Vergleich dazu bedingt eine seenartige Überstauung als Folge einer Wiedervernässung (vgl. Tabelle 24) nur eine zeitlich begrenzte Störung der Funktionsfähigkeit. Die Etablierung von Röhrichtarten und eine Wiederbesiedlung durch aerobe Bodenorganismen während bzw. nach abgeschlossener Verlandung ist auf diesen Niedermoorstandorten generell möglich.

Den konstruierten Bodenbeispielen in Tabelle 24 kann eine spezifische Verbesserung der **Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungsfunktion** zugewiesen werden, wenn bei der Anhebung der Wasserstände eine deutliche Humus- bzw. Torfakkumulation zu erwarten ist. Die Verbesserung bezieht sich vor allem auf die Annäherung an ursprüngliche, standorttypische Zustände (Stoffsenkenfunktion). Deutlich wird, dass eine reine Nutzungsumstellung ohne Wasserstandsanhhebung keine Wirkung auf die Verbesserung bzw. Wiederherstellung der Akkumulationsfunktion hat. Andererseits kann nicht von einem grundsätzlichen Verlust der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungsfunktion gesprochen werden, da aufgrund der vorhandenen organischen Substanz (Vielzahl funktionaler Gruppen) eine Bindung eingetragener Stoffe möglich ist. Diese Bindungsfähigkeit ist bei fortschreitender Mineralisierung der organischen Substanz mittel- bis langfristig nicht zu erhalten (vgl. Beispiele in der Tabelle 24).

Zwar speichert jeder Boden Informationen über die naturgeschichtliche Entwicklung einer Landschaft, dennoch sind nur solche Böden als **Archive der Natur- und Kulturgeschichte** ausgewiesen, die diese in ihrer besonderen Ausprägung enthalten (vgl. Listen der verschiedenen Bundesländer, LUA 2003). Somit kommt eine Beurteilung der Maßnahmenwirkung hinsichtlich der Funktion als Archiv nur für die in Tabelle 24 (Spalte 3) ausgewiesenen Niedermoorböden in Betracht. Weil sich die Ausprägung eines Bodens hinsichtlich der Archivfunktion zwar erhalten, aber nicht verbessern lässt, wäre diese Funktion bei Niedermoorböden nur infolge erneuter Akkumulation organischer Substanz zu aktivieren und langfristig wiederherstellbar. Wasserstände, die zum Erhalt von Niedermoorböden führen (GWS nicht tiefer als 4 dm unter GOF), sichern zumindest die bestehende, jedoch bereits beeinträchtigte Ausprägung der Unterböden.

Tabelle 24: Entwicklung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit durch Wasserstandsanhhebung und Veränderung der Nutzung bei verschiedenen Niederrungsböden und Vornutzungen.

	A	B	C
<b>Ausgangszustand</b> (Bodentyp, Hydro-morphie, Nutzung)	sandiger Gley, Humusgley GWS > 6 dm unter GOF, teilweise ausgetrocknete Oberböden Ackernutzung	Humusgley, Anmoorgley, Moorgley (z. T. muddeunterlagert) GWS > 6 dm unter GOF, teilweise ausgetrocknete Oberböden artenarmes Intensivgrasland (Mahd 3-4 x jährlich)	degradierter Niedermoorboden (Mullniedermoor) mit verdichteten Schichten GWS > 7 dm unter GOF, starke Wechselfeuchtigkeit im Oberboden artenarmes, ruderalisiertes Saatgrasland
<b>Zielzustand</b> – Vegetationstyp – Wasserstand – Bodenentwicklung	<b>Dauergrünland</b> gleicher GWS GWS nicht tiefer als 4 dm unter GOF Humus-, Anmoorgleye	<b>Feuchgrünland</b> GWS nicht tiefer als 4 dm unter GOF, Erhalt gegenwärtiger Bodenausprägung	<b>Großseggenriede / Röhrichte</b> GWS nicht tiefer als 1 bis 3 dm unter GOF Entwicklung humoser Böden / Niedermoorböden
<b>Bewirtschaftung</b>	Schnittnutzung (2-3 x jährlich) angepasste Düngung	Schnittnutzung (1-2 x jährlich) keine Düngung	Schnittnutzung (2 x jährlich) angepasste Kaliumdüngung keine Düngung
<b>Prozesse</b>	geschlossene Vegetationsdecke, HA	A (Kalium), R-, lückige Grasnarbe möglich, ausgetrockneter OB, Mineralisierung besteht fort	Wechsel-feuchte im OB und Mineralisierung bestehen fort, Lücken in Grasnarbe eher durch Überstauung als durch Kaliummangel

Fortsetzung Tabelle 24

	A		B		C		
	E	E	E	E	G	W	B / G
Funktion <b>Wasserhaushalt</b> , Abflussregulation			E, mittel- bis langfristig möglich				
Leistungsvermögen	I, WL + - WS (OB) +	I, WL + WS (OB+UB) +	I, WL - - WS - -	I, WL + WS (OB+UB) +	I, WL, WS (OB) - -	I, WA, WL, WS +	I, WA, WL, WS - -
Funktion im <b>Nährstoffhaushalt</b>	VB	VB (G) bei Flachwasserseen	E B (Speicherung)	E (G) bei Flachwasserseen	E (Kreislauf) langfristig VS möglich B (Speicherung)	(G) bei Flachwasserseen	E (Kreislauf) B (Speicherung)
Leistungsvermögen	NSP (OB) + NV +	NSP (OB) + NV* -	NSP (OB) - - NV* + -	NSP (OB) + NV** -	NSP (OB) - - NV + -	NSP + NV**	NSP (OB) - - NV + -
<b>Lebensgrundlage und Lebensraum</b>	E	E (G) bei Flachwasserseen	E	E (G) bei Flachwasserseen	E	(G) bei Flachwasserseen	E
für Bodenorganismengesellschaften	~	~, LG -	~	~, LG -	~	(-)**	~
für Pflanzen	~	~, LG -	~	~, LG -	~	(-)**	~
für Tiere	~, + z. B. für Kleinsäuger (Mäuse, Maulwurf)	~ - z. B. für Kleinsäuger	~, + z. B. für Kleinsäuger (Mäuse, Maulwurf)	~, + z. B. für Kleinsäuger oder Avifauna	~, + z. B. für Kleinsäuger oder Avifauna	- z. B. für Kleinsäuger (+) für Gänse- und Entenvögel	- z. B. für wiesenbrütende Vogelarten + z. B. für Kleinsäuger
<b>Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungsfunktion</b>	E	E, VB (Stoffakkumulation)	B, langfristig VS	E, VB (Stoffakkumulation)	B, langfristig VS	W (Stoffakkumulation)	B, langfristig VS
Leistungsvermögen	BF (OB) +	BF (OB) +	BF (OB) - -	BF (OB) + -	BF - -	BF +	BF (OB) -
<b>Archiv der Natur- und Kulturgeschichte</b>	K	K	K	K	B, langfristig VS	A	B

Fortsetzung Tabelle 24

Erläuterungen	Reaktionen / Prozesse	R = Reaktion (pH-Wert), Redo = Redoxpotenzial, D = Durchwurzelung, KAK = Kationenaustauschkapazität, HA = Humusakkumulation, A = Nährstofflagerung; + = Zunahme, + - = unverändert, - = Abnahme
Leistungsvermögen		I = Infiltrationsvermögen, WA = Wasseraufstieg (Überwindung von Barrieren), WL = Wasserleitfähigkeit, WS = Wasserspeicherkapazität, pflanzenverfügbares Bodenwasser (nFK + kapillarer Aufstieg), LG = Luftgehalt, NV = Nährstoffverfügbarkeit, NSP = Nährstoffspeicherung / -austauschvermögen, BF = Bindungsvermögen der organischen Substanz gegenüber organischen Schadstoffen und Schwermetallen, OB = Oberboden, UB = Unterboden + = Verbesserung, + - = mehr oder weniger unverändert, - = Verschlechterung, () in Klammern = vorübergehende Verschlechterung bzw. Verbesserung, - - = bestehende Einschränkungen des Leistungsvermögens halten an und können sich verstärken, ~ = Bedingungen verändern sich ungünstig für bestehende Lebensgemeinschaften und günstig für Organismengesellschaften, welche bei den neu entstehenden Bedingungen ihr Optimum entfalten bzw. erst lebens- und funktionsfähig sind.
Funktionsfähigkeit		E = Erhalt der Funktionsfähigkeit, VB = Verbesserung des gegenwärtigen Erfüllungsgrades, VS = Verschlechterung der derzeitigen Funktionsausprägung, W = Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit, B = Funktionsfähigkeit bleibt beeinträchtigt, G = Störung / Verlust der Funktionsfähigkeit, (G) in Klammern = vorübergehender Verlust, K = Funktion nicht ausgeprägt, A = Aktivierung der Funktionsfähigkeit
*		Die Nährstoffverfügbarkeit hängt von den Vorräten im durchwurzelten Raum und der Nachlieferung in die Bodenlösung ab. Bei Einstellung der Düngung bzw. Speicherung in der Biomasse nehmen die Nährstoffgehalte in der Bodenlösung im Vergleich zu vorher ab. Bei Fortbestehen der Mineralisierung organischer Substanz oder Zufuhr über das Grundwasser kann die fehlende Nährstoffzufuhr bei Einstellung der Düngung teilweise ausgeglichen werden. Aufgrund der Vielzahl von Prozessen kann die Wirkung auf das Leistungsvermögen nicht eindeutig beurteilt werden.
**		erhöhte Stofffreisetzung in den ersten Jahren nach der Wiedervernässung (Phosphat, Eisen, Mangan, Kalzium, Schwefel, Methan)
***		für aerobe Bodenorganismen und Pflanzen

## **Zusammenfassung**

### Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit

Eine Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt (hier Abflussregulation) und der Fähigkeit zur Stoffakkumulation (Filterfunktion) von degradierten Niedermoorböden kann durch eine Wiedervernässung erreicht werden.

### Verbesserung der Funktionsfähigkeit

Eine Verbesserung der bestehenden, jedoch eingeschränkten Funktionsfähigkeit im Nährstoffhaushalt (Teilnahme am Nährstoffkreislauf) und Filterfunktion ist bei sandigen Gleyen, Humusgleyen, Anmoor- und Moorgleyen unter Acker- oder intensiver Grünlandnutzung durch Vernässung bzw. Wiedervernässung sowie Nutzungsumstellung zu erreichen.

### Erhalt der Funktionsfähigkeit und Verbesserung des Leistungsvermögens

Nutzungsumstellung und Vernässung von entwässerten Mineralbodenstandorten können eine Verbesserung des Leistungsvermögens im Wasser- und Stoffhaushalt herbeiführen. Wenn in Abhängigkeit des Ausgangszustandes die Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt oder als Lebensgrundlage grundsätzlich gegeben ist, bleibt diese in der vorliegenden Ausprägung mehr oder weniger erhalten. Auf entwässerten Niedermoorstandorten können mit Wasserstandsanehebungen, die einen Moorerhalt bewirken, die Funktionen in bestehender Ausprägung gesichert werden. Das betrifft vor allem die Lebensraumfunktion sowie die Regulations- und Speicherfunktion im Wasser- und Nährstoffhaushalt, auch wenn das Leistungsvermögen im Vergleich zum unentwässerten Zustand deutlich niedriger bleibt.

### Funktionsbeeinträchtigungen bleiben bestehen

Beeinträchtigungen der Speicher- und Filterfunktion von humusreichen, mineralischen Grundwasserböden bzw. Niedermoorböden, der Archivfunktion von Niedermoorböden sowie Störungen der Funktionsfähigkeit von Niedermoorböden im Wasserhaushalt bleiben bei einer unzureichenden Wasserstandsanehebung und anhaltenden starken Wechselfeuchtigkeit bestehen. Mittel- bis langfristig sind weitere Verschlechterungen des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit zu erwarten.

### Funktionsverlust

Unabhängig vom Bodentyp schränkt eine länger anhaltende Überstauung (Flachwassersee) die Teilnahme des Bodens am Nährstoffkreislauf sowie seine Fähigkeit, lebensfähige aerobe Bodenorganismen- und Pflanzengemeinschaften hervorzubringen, vorübergehend ein.

Eine differenzierte Betrachtung der Entwicklung des Leistungsvermögens und der Wirkung auf die Funktionsfähigkeit von Böden ist wichtig, um zum einen Maßnahmen mit den geeigneten Instrumenten umzusetzen und zum anderen die Auswirkungen von Maßnahmen bei der Bilanzierung der Aufwertungseffekte zu berücksichtigen.

## 7.1.2 Aus der Sicht verschiedener naturschutzrechtlicher Instrumente

### 7.1.2.1 Naturschutzrechtliche Eingriffsregelung

Die naturschutzrechtliche Eingriffs- und Ausgleichsregelung fordert für die Anrechnung als Kompensationsmaßnahme grundsätzlich eine effektive Verbesserung des Zustandes und der Funktionsfähigkeit der jeweils beeinträchtigten Funktionsbereiche eines Schutzgutes. Die Verbesserung (Aufwertung) steht dabei immer im Verhältnis zum Ausgangszustand. Bei der Bestimmung der "Aufwertungsfähigkeit" einer Fläche, die sich aus der Differenz zwischen dem Ausgangszustand und dem angestrebten Endzustand ergibt (JESSEL et al. 2006: 111), ist zu differenzieren, ob die durch Maßnahmen ausgelösten Prozesse überwiegend das Leistungsvermögen und / oder die Funktionsfähigkeit verbessern.

Am folgenden Beispiel soll verdeutlicht werden, warum zwischen dem Leistungsvermögen und der Funktionsfähigkeit unterschieden wird, obwohl beides eng zusammenhängt: Für die dauerhafte Entwässerung eines naturnahen Niedermoorstandortes, die u. a. zu Beeinträchtigungen im Wasserhaushalt führt, ist eine Wasserstandsanhhebung auf einer humosen Mineralbodenfläche vorgesehen. Erwartungsgemäß wird sich bei einsetzender Humusakkumulation das Speichervermögen des Mineralbodens im Wasserhaushalt verbessern. Ist die Funktionsfähigkeit des Mineralbodenstandortes nicht beeinträchtigt, das heißt, der Boden nimmt vorher uneingeschränkt am Wasserkreislauf teil, dann kann sich keine diesbezügliche Verbesserung ergeben. Auf der einen Fläche werden das Leistungsvermögen und die Funktionsfähigkeit beeinträchtigt, auf der anderen Fläche wird aber nur das Leistungsvermögen verbessert. In der Gesamtbilanz blieben gegenüber den Beeinträchtigungen Aufwertungsdefizite im Hinblick auf die Funktionsfähigkeit bestehen. Solche Betrachtungsweisen sollten die Herangehensweise bei der Ermittlung des Kompensationsbedarfes nicht unnötig erschweren. Dennoch sind Aufwertungseffekte zu differenzieren, um in der Gesamtbilanz die Ausgewogenheit des vorhandenen Zustandes von Natur und Landschaft langfristig tatsächlich zu erhalten.

Aus Sicht der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung wären Wasserstandsanhhebungen und Nutzungsumstellungen als Kompensationsmaßnahmen anrechenbar, wenn sie zum einen zur Akkumulation von Humus bzw. Torf sowie zur Gefügeverbesserung auf entwässerten Mineral- und Niedermoorstandorten führen und zum anderen beeinträchtigte bzw. gestörte Funktionen im Wasser- und Stoffkreislauf verbessern bzw. wiederhergestellt werden können.

Eine Aufwertung des Leistungsvermögens im Stoffhaushalt (bei Niederungsböden vornehmlich im Sinne der Stoffspeicherung) hängt entscheidend vom Wasserhaushalt ab. Eine Verbesserung ist demnach v. a. durch Wiedervernässung und weniger durch reduzierte Schnittnutzung und Einstellung der Düngung zu erreichen. Stoffaushagerungen verbessern noch nicht die Speicherfähigkeit von Niederungsböden. Diese ist nur durch Humusakkumulation zu erreichen.

Nicht als Kompensationsmaßnahme anrechenbar wären demzufolge Wasserstandsanhhebungen, die zu einer Verlangsamung der Degradation führen, wie beispielsweise die Anhebung des Wasserstandes von 8 dm auf 5 dm unter GOF. Eine Verlangsamung einer negativ verlaufenden Entwicklung (z. B. Verringerung der Mineralisierungsrate) stellt noch keine Verbesserung des Leistungsvermögens oder von Funktionsbeeinträchtigungen (Wasserkreislauf, Stoffakkumulation) dar. Differenzierter müssen hingegen Wasserstandsanhhebungen auf 4 dm unter GOF auf degradierten Niedermoorstandorten betrachtet werden. Während sich das Leistungsvermögen der Unterböden hinsichtlich der Wasserleitfähigkeit und -speicherung nicht nur erhalten, sondern mittel- bis langfristig verbessern kann, hängt die Verbesserung des Infiltrationsvermögens der Oberböden vor allem von der Verhinderung von

Wechselfeuchtigkeit ab. Bei anhaltender Wechselfeuchtigkeit bliebe die allgemeine Lebensraumfunktion zwar erhalten, die spezifische Filter- und Stoffspeicherfunktion der Niedrigmoorböden jedoch weiterhin beeinträchtigt. Ob insgesamt die Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt verbessert bzw. wiederhergestellt werden kann, entscheidet letztendlich die Stabilität der eingestellten Wasserstände.

In der Praxis hat sich die Ansicht etabliert, dass infolge von Aushagerungsmaßnahmen (Mehrschnittnutzung, Düngerverzicht) und Verringerung des Pestizideinsatzes eine Verbesserung der Lebensraumfunktion eines Bodens angenommen wird (BLOSSEY et al. 2002). Das kann für Niedrigmoorböden so pauschal nicht bestätigt werden. Im Kapitel 4.2.3.2 wird dargelegt, dass sich ein verändertes Nutzungsregime und Düngerverzicht vor allem auf die Zusammensetzung der Pflanzengemeinschaft auswirkt. Bodenorganismen reagieren auf Veränderungen des pH-Wertes, der infolge eingestellter Düngung sinkt, oder auf veränderte Luft- und Bodenfeuchtegehalte nach Wiedervernässung. Die Verminderung des Einsatzes von Pestiziden wirkt sich insofern auf Bodenorganismen positiv aus, als dass Konzentrationen, bei denen Organismen ihre Vitalität einbüßen oder abgetötet werden, im Boden nicht erreicht werden (Reduzierung der Belastungsgrenze). Während der Verzicht des Pestizideinsatzes direkt auf die Lebensfähigkeit aller Bodenorganismen und Pflanzen wirkt, beeinflusst eine verminderte bzw. eingestellte Düngung beispielsweise Arten, die eng an einen bestimmten pH-Wertbereich gebunden sind.

Wie lassen sich Maßnahmen bedingte Veränderungen der Standortverhältnisse (Bodenfeuchte, pH-Wert, Bodenbewuchs, Nährstoffe) hinsichtlich der Verbesserung oder Verschlechterung der Lebensraumfunktion eines Bodens beurteilen? Verbessert sich die Lebensraumfunktion eines Bodens, wenn sich infolge einer Nutzungsumstellung, Nährstoffreduzierung oder Wasserstandsanhhebung andere, an die neuen Bedingungen angepasste, Bodenorganismen, Pflanzen- und Tierarten einstellen? Ist eine Aufwertung der Lebensgrundlage anhand bestimmter Zielpflanzenarten und Vegetationsbestände oder der Etablierung standorttypischer Bodenorganismengesellschaften zu bemessen?

Wie bereits dargelegt, kann eine Verbesserung nicht verallgemeinert werden. Wenn ein Boden nach Einwirkungen von Maßnahmen für naturschutzfachlich wertvolle Pflanzen- und Tierarten optimale Besiedlungsbedingungen bietet, dann hat sich seine Ausprägung (sein Vermögen) speziell für diese Arten verbessert. Sein Vermögen, lebens- und funktionsfähige Organismengemeinschaften hervorzubringen, wird dadurch jedoch nicht berührt. Niedrigmoorböden, auf denen Röhrichte wachsen, haben im Vergleich zum Feuchtgrünland keine schlechtere oder bessere Lebensraumfunktion, sondern einfach ein anderes Vermögen, Organismengesellschaften hervorzubringen. Mit einer Wiedervernässung, die für die Funktionsfähigkeit entwässerter Niedrigmoorböden von grundlegender Bedeutung ist, verschlechtern sich die Standortbedingungen für die bis dahin angepassten Artengruppen. Bis auf die Phase einer flächenhaften Überstauung, an die sich speziell Pflanzenarten erst anpassen müssen, bieten auch nasse Böden Pflanzen- und Bodenorganismengemeinschaften eine Lebensgrundlage. Diese Extremstandorte werden aus naturschutzfachlicher Sicht als besonders wertvoll eingestuft. Die Ausführungen veranschaulichen, dass sich durch Bodenveränderungen nicht die allgemeine Funktionsfähigkeit, sondern die spezielle Lebensraumfunktion für bestimmte Pflanzen- und Tierarten und Bodenorganismenarten verbessert bzw. verschlechtert.

Eine Beurteilung, ob sich Standortbedingungen zugunsten bestimmter Organismengesellschaften verbessert haben, könnte auf dem Konzept der Bodenbiologischen Standortklassifikation (RÖMBKE et al. 2000, BEYLICH et al. 2005) aufbauen, sofern eine Weiterentwicklung des Konzeptes dies zulassen würde. Das Konzept der Bodenbiologischen Standortklassifikation stellt einen noch nicht praxisfähigen

Ansatz zur Bewertung der Lebensraumfunktion für Bodenorganismen dar. Die Methode sieht vor, Standorttypen mit bestimmten Kombinationen abiotischer Faktoren (pH-Wert, Bodenfeuchte, Bodenart, Humusform) und Nutzungen den dafür charakteristischen Bodenlebensgemeinschaftstypen zuzuordnen (BEYLICH et al. 2005: 31). „Für alle ausgewählten Tiergruppen (Regenwürmer, Kleinringelwürmer, Hornmilben, Raubmilben, Springschwänze, Fadenwürmer, Laufkäfer, Tausendfüßer und Asseln) besteht prinzipiell die Möglichkeit, charakteristische Artengruppen für bestimmte Standorte auszuweisen“ (BEYLICH et al. 2005: 63). Die Beurteilung eines Standortes hinsichtlich seiner Funktionsfähigkeit erfolgt durch den Vergleich von einer erwarteten mit einer real am Standort vorkommenden Biozönose. Über einen Soll-Ist-Vergleich sollen Abweichungen oder Beeinträchtigungen festgestellt werden können. Aufgrund der geringen Bandbreite bisher untersuchter Standorte sind unter den 14 Bodenorganismengemeinschaftstypen (BEYLICH et al. 2005: 42) nicht solche vertreten, die für Niedermoor- oder stark humose Grundwasserböden als typisch gelten. Wäre es möglich, für verschiedene Niedermoor- und humose Grundwasserböden standorttypische Bodenorganismengemeinschaften zu definieren, so könnte eine Verbesserung der speziellen Lebensraumfunktion besser beurteilt werden. Doch wer definiert, was bei Niederungsböden im 21. Jahrhundert als standorttypisch gilt: Die Eigenschaften im unentwässerten, leicht oder stark entwässerten oder wiedervernässten Zustand? Die Vielzahl möglicher Organismengemeinschaften macht es unmöglich, diese allein als Bewertungsgrundlage heranzuziehen.

Die Kriterien, an denen das Bewertungsverfahren ansetzt, sind anthropogene Einflüsse „... die eine Abweichung der aktuellen Bodenbiozönosen von dem jeweiligen Erwartungszustand eines Standortes nahelegt“ (AG LANDSCHAFTSPLANUNG UNI POTSDAM & U-PLAN & SCHMIDT 2000: 19). Beim Konzept der Bodenbiologischen Standortklassifikation wird die Annahme verfolgt, dass ein Boden um so weniger seine Funktion standortgerecht erfüllt, je höher der Grad des anthropogenen Einflusses auf den Lebensraum und je stärker somit die Störung des bodenbiologischen Gleichgewichtszustandes ist. Damit bezieht sich der Ansatz nicht auf bedeutsame bzw. unbedeutsame Funktionsausprägungen des Bodens für Bodenorganismen, wie dies vergleichsweise bei der Operationalisierung der Lebensraumfunktion für Pflanzen über das Biotopentwicklungspotenzial der Fall ist (AG LANDSCHAFTSPLANUNG UNI POTSDAM & U-PLAN & SCHMIDT 2000: 10 f.). Im Mittelpunkt der Betrachtung steht dort die Fähigkeit des Bodens, sich als Extremstandort für eine wertvolle, schutzwürdige Vegetation entwickeln zu können.

Wird die Hemerobie, der Grad des anthropogenen Einflusses bzw. der anthropogenen Überprägung, als Maßstab für die Beurteilung der Aufwertung der Lebensraumfunktion für Bodenorganismengesellschaften herangezogen, so wäre dann von einer Verbesserung auszugehen, wenn infolge einer Abnahme des anthropogenen Einflusses mittel- bis langfristig sich eine stabile, im Gleichgewicht befindende Biozönose einstellt.

Unabhängig davon, ob eine Verbesserung der Lebensraumfunktion von Böden an naturschutzfachlichen Zielpflanzenarten oder der Etablierung standorttypischer Bodenorganismengesellschaften infolge abnehmender anthropogener Einflüsse bemessen wird, sollten Wiedervernässungs- und Extensivierungsmaßnahmen, die sich auf die Entwicklung der Lebensraumfunktion beziehen, zumindest das gegenwärtige Leistungsvermögen der Böden im Wasser- und Stoffhaushalt sichern. Eine Verbesserung der speziellen Lebensraumfunktion auf Niederungsböden für bestimmte Zielarten, sofern diese dann überhaupt möglich wäre, sollte nicht zur Verstärkung bereits bestehender Beeinträchtigungen des Leis-



tungsvermögens bzw. Funktionsfähigkeit im Wasser- und Nährstoffhaushalt führen (z. B. Austrocknen der Oberböden, Wechselfeuchtigkeit).

### **Funktional gleichartige - funktional gleichwertige Kompensation**

Die naturschutzrechtliche Eingriffs- und Ausgleichsregelung unterscheidet, ob durch Maßnahmen eingriffsbedingte Beeinträchtigungen der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes funktional gleichartig ausgeglichen oder funktional gleichwertig ersetzt werden (vgl. Kapitel 2). Ausgleichsmaßnahmen müssen im Gegensatz zu Ersatzmaßnahmen räumlich und zeitlich konkret auf den Ort des Eingriffes zurückwirken, während bei Ersatzmaßnahmen zwar eine räumliche Beziehung gefordert, die aber demgegenüber gelockert ist (Beispiel: Lage von Ersatzmaßnahmen in der derselben naturräumlichen Großeinheit, wie sie das BbgNatSchG fordert).

Bei der Herleitung bodenbezogener Maßnahmen zum Ausgleich oder Ersatz von Beeinträchtigungen ist es zum einen richtig, Bezug auf die Wirkfaktoren zuzunehmen (vgl. KIENE 2005, BLOSSEY et al. 2002, Kapitel 2). Andererseits ist ein Ausgleich bzw. Ersatz nicht ausschließlich über den Bezug auf die Wirkfaktoren gegeben. Ob eine Bodenlockerung, wie sie beispielhaft von den Autoren als Ausgleich für Verdichtung bzw. als Ersatz für Versiegelung und Übersättigungen anerkannt wird, tatsächlich zur gleichartigen bzw. gleichwertigen Kompensation geeignet ist, hängt von der Lage und Beschaffenheit der Kompensationsfläche und Maßnahmenwirkung ab. Eine mechanische Bodenlockerung auf humusreichen Standorten könnte zwar eine vorhandene Verdichtung (dauerhaft?) beseitigen. Jedoch wirkt sich diese Maßnahme auf den Erhalt der Speicherfähigkeit des Humuskörpers und damit auf die Leistungsfähigkeit der Böden im Wasser- und Stoffhaushalt nachteilig aus. Eine umfassende Verbesserung des Leistungsvermögens innerhalb dieser Funktionsbereiche, als Ersatz für eine Versiegelung, die zum vollständigen Funktionsverlust führt, ist damit nicht erreicht. Obwohl die Praxis häufig nach einer pragmatischen Herangehensweise verlangt, müssen bei der Ableitung von Maßnahmen deren Wirkung und die Standortbeschaffenheit stärker als bisher beachtet werden.

Mit Blick auf das Schutzgut Boden stellt sich die Frage, wie bei stärkerer Berücksichtigung der Standortverhältnisse ein gleichartiger Ausgleich, aber vor allem ein gleichwertiger Ersatz der beeinträchtigten Leistungs- und Funktionsfähigkeit aussehen könnte.

Zunächst ist festzuhalten, dass Funktionen untereinander in Beziehung stehen. Sie sind in einem Wirkungsgefüge miteinander verflochten, werden aus analytischer bzw. anthropozentrischer Sicht aber einzeln betrachtet. Bodenbezogene Maßnahmen wirken, wie die von Vorhaben ausgehenden Wirkfaktoren auch, in der Regel nicht nur auf das Leistungsvermögen innerhalb eines Funktionsbereiches, sondern auf Verschiedene. Bis auf die Nutzungsextensivierung sind bodenbezogene Maßnahmen nicht explizit auf eine Teilfunktion allein ausrichtbar. Aus Sicht der Funktionsfähigkeit eines Bodens ist es wenig sinnvoll, nur einen Funktionsbereich verbessern zu wollen, während andere Funktionsbereiche auf der Kompensationsfläche weiter beeinträchtigt bleiben (z. B. Teilvernässung eines Niedermoorbodens zur Verbesserung der speziellen Lebensraumfunktion).

Weiterhin gilt zu beachten, dass Böden von Natur aus ein unterschiedliches Leistungsvermögen aufweisen. Torf- oder Lehmböden verfügen beispielsweise über eine andere Wasserspeicherkapazität als Sandböden. Damit erfüllen die Böden unterschiedliche Aufgaben. Während Torf- und Lehmböden ihre Aufgabe vorrangig als Wasser- und Stoffspeicher in der Landschaft zu erfüllen haben, kommt den Sickerwasserstandorten eine hohe Bedeutung hinsichtlich der Grundwasserneubildung zu. Allein betrachtet aus dem Blickwinkel der spezifischen Aufgaben, die Böden aufgrund ihrer unterschiedlichen

Eigenschaften erfüllen, kann das Leistungsvermögen eines Lehmbodens nicht durch die Verbesserung des Leistungsvermögens eines Sandbodens oder Niedermoorbodens ersetzt werden. Diese Tatsache wird auch durch das Ziel der Eingriffsregelung gestützt, dass durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen die Gesamtbilanz des Naturhaushaltes erhalten bleiben soll.

Die Bestimmung der Gleichwertigkeit einer bodenbezogenen Ersatzmaßnahme sollte in erster Linie, so wie auch von der Rechtsprechung gefordert, durch das Kriterium "Ähnlichkeit" erfolgen. Das bedeutet, dass sich die Gleichwertigkeit nicht auf einzelne Funktionsbereiche untereinander bezieht (Beispiel: Beeinträchtigungen der Speicherfunktion im Wasserhaushalt sollen durch die Verbesserung der speziellen Lebensraumfunktion ersetzt werden), sondern an möglichst ähnlichen Standortverhältnissen geknüpft ist. Dabei ist den beeinträchtigten Funktionen möglichst nahe zu kommen. „Die Maßnahmen müssen die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes so ähnlich wie möglich und insgesamt gleichwertig wiederherstellen“ (JESSEL et al. 2006: 94). Den Vorgaben des Bundeslandes Brandenburg entsprechend (§ 12 Abs. 2 S. 4 BbgNatSchG) sind in jeder naturräumlichen Groseinheit Flächen mit ähnlichen Standortausprägungen und gleichwertigen Funktionen zu identifizieren.

Für Niederungen wie an der "Mittleren Havel" kann die Gleichwertigkeit einer Ersatzmaßnahme gut bestimmt werden. Niedermoorböden wie auch humusreiche Grundwasserböden übernehmen wichtige Regulations- und Speicherfunktionen im Wasser- und Stoffhaushalt von Niederungslandschaften, nur mit unterschiedlichem Vermögen. Werden bisher nicht beeinträchtigte Niedermoorböden bzw. mineralische Grundwasserböden dauerhaft entwässert, dann können die Eingriffsfolgen nur durch eine Wiedervernässung des gleichen Standorttyps in unmittelbarer Nachbarschaft ausgeglichen werden. Sind keine Flächen mit einer gleichartigen Standortausprägung vorhanden bzw. verfügbar, so kann die beeinträchtigte Leistungs- und Funktionsfähigkeit durch die Aufwertung humoser, grundwasserbeeinflusster Mineralbodenstandorte ersetzt werden. Die Verbesserungen müssen sich vor allem auf die Regulations- und Speicherfähigkeit, aber auch auf die Standortausprägung für die an Feuchtigkeit angepassten Biozönosen beziehen. Unter Berücksichtigung der Wirkungen von Maßnahmen und den Ausgangsvoraussetzungen (vgl. Kapitel 7.1.1) können

- eine Nutzungsumwandlung von Acker in Grünland und / oder Anhebung der Wasserstände auf mineralischen Grundwasser- und Folgeböden auf 4 dm bis 5 dm unter GOF und
- eine Nutzungsextensivierung auf Intensivgrünland durch Reduzierung der Schnittnutzung, Einstellung bzw. Reduzierung der Düngung und Wasserstandsanhebungen auf Mineralbodenstandorten

als geeignete Ersatzmaßnahmen für beeinträchtigte Niedermoorstandorte in dem gleichen Niederungsraum anerkannt werden. Zwar ersetzen humose Grundwasserböden nicht das Leistungsvermögen von Moorböden. Dennoch werden durch die Entwicklung humusreicher Böden die Speicherfähigkeit und der Wasserrückhalt einer Niederung verbessert und kann dies daher als Ersatz mit Eingriffsbezug betrachtet werden.

Ist auf den zur Verfügung stehenden Kompensationsflächen eine hinreichende Ähnlichkeit der Standortausprägung nicht gegeben, dann sollte in zweiter Linie für die Bemessung der Gleichwertigkeit von Maßnahmen auf die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege zurückgegriffen, aber dabei innerhalb des Schutzgutes Boden verblieben werden. Maßnahmen, die sich auf den Boden, aber nicht direkt auf die Entwicklung von Niederungsböden beziehen, sondern beispielsweise auf die Entwicklung stabiler Grünlandbestände oder den Schutz vor Bodenabtrag durch Winderosion, können leicht den Bezug zu den beeinträchtigten Funktionen verlieren, auch wenn ggf. weiterhin ein räumlicher Bezug durch die Umsetzung im gleichen Niederungsraum besteht. In der Planungspraxis sollte demnach

stärker überprüft werden, ob die vorgeschlagenen Maßnahmenkomplexe tatsächlich zum gleichwertigen Ersatz funktionaler Beeinträchtigungen geeignet sind (denn auch an einen solchen Ersatz sind aus Bodenschutzsicht enge Voraussetzungen anzulegen, s. o.) oder sich vielmehr eher als Ersatzmaßnahme mit Bodenbezug, aber ohne Bezug auf die Eingriffswirkungen darstellen.

Werden für die durch Abgrabung, Versiegelung oder Überschüttung beeinträchtigten Funktionsbereiche lehmiger Böden auf Grundmoränenstandorten zur Kompensation grünlandgenutzte Niederungsflächen extensiviert, Sandstandorte aufgeforstet oder Erosionsschutzpflanzungen angelegt, so nehmen diese Maßnahme keinen Bezug auf die beeinträchtigte Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes von Moränenstandorten. Vermindern Erosionsschutzpflanzungen auch nicht eher bodendegradierende Prozesse als das sie zu einer erforderlichen Verbesserung führen?

Eine alleinige Reduzierung der Schnittnutzung bzw. Einstellung der Düngung ohne Wasserstandsanhhebung kann je nach Ausgangssituation zur Entwicklung stabilerer Grünlandbestände beitragen und damit den Zielen des Naturschutzes entsprechen. Eine reine Aushagerungsmaßnahme, die ggf. die spezielle Lebensraumfunktion verbessert, ersetzt aber noch nicht die infolge von Entwässerung beeinträchtigte Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt oder die Filterfunktion, weil diese nicht auf die dafür wichtigen bodenphysikalischen Eigenschaften wirkt. Eine Nutzungsextensivierung ist bedingt, nur mit Blick auf die spezielle Lebensraumfunktion, als Ersatzmaßnahme geeignet.

FELDWISCH et al. (1999) sehen Funktionsbeeinträchtigungen durch die Entwässerung eines Niedermoorbodens als ausgeglichen, wenn an anderer Stelle Entwässerungsgräben oder Drainagen in Verbindung mit der Entwicklung einer Feuchtwiese bzw. -brache geschlossen werden. Diese Komplexmaßnahme zielt auf eine Wasserstandsanhhebung zur Verminderung bodendegradierender Prozesse und Verbesserung der speziellen Lebensraumfunktion für Pflanzen ab. Zwar verbessert sich mit Blick auf bestimmte Pflanzenarten auch die spezielle Lebensraumfunktion, jedoch müssen damit bestehende Beeinträchtigungen in den anderen Funktionsbereichen noch nicht vermindert bzw. aufgehoben sein. Sollte bei dem skizzierten Maßnahmenbeispiel die Wasserstandsanhhebung "nur" eine Verlangsamung bzw. ein Stoppen weiterer Bodendegradation herbeiführen, so kann die Maßnahme nicht als Kompensationsmaßnahme angerechnet werden. Ein "multifunktionaler" Ausgleich oder Ersatz ist über biotopbezogene Maßnahmen nicht uneingeschränkt möglich, auch wenn enge Korrelationen zwischen Standort und Biotoptyp bestehen.

### **7.1.2.2 Landschaftspläne, Pflege- und Entwicklungspläne von Schutzgebieten**

Eine Verbesserung des Bodenzustandes und seiner Funktionsfähigkeit ist durch Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen wie sie die Landschaftspläne ausweisen oder sie durch Pflege- und Entwicklungspläne von Schutzgebieten bestimmt sind, nicht ausdrücklich bzw. ausschließlich gefordert. Die Maßnahmen solcher Pläne zielen natürlich auch auf eine Verbesserung der Qualität und die Regeneration von Luft, Gewässern und Böden ab. Wesentliche Ziele sind aber ebenso die Vermeidung und Minderung von Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft. Dazu zählen eine Verlangsamung bzw. eine vorsorgliche Abwehr von Degradationsprozessen. Zu den Schutz-, Erhaltungs- und Minderungsmaßnahmen, insbesondere auf Niedermoorböden, gehören Wasserstandsanhörungen und eine moorschonende Bewirtschaftung, die den Abbau der organischen Substanz und eine weitere Gefügeverschlechterung verhindern bzw. stark reduzieren.

Diese Maßnahmen wirken auch auf andere Funktionen im Naturhaushalt wie beispielsweise die Verbesserung der allgemeinen Wasserspeicherung in Niederungen durch höhere Grundwasserstände

(Wasserrückhalt in der Landschaft) oder Schaffung günstiger Standortbedingungen für feuchtespezialisierte Arten (stabile Feuchtgrünlandbestände, Wiesenbrüterschutz).

Weitere Erhaltungs- und Minderungsmaßnahmen, die nicht nur auf Niederungsböden beschränkt bleiben, sind beispielsweise

- der Waldumbau von Nadelholzmonokulturen zur Verlangsamung von Versauerungsprozessen im Boden,
- eine angepasste Bewirtschaftung, ausreichende Bodenbedeckung und Erosionsschutzpflanzungen zum Schutz vor Bodenabtrag durch Wind und Wasser,
- eine konservierende Bodenbearbeitung, Anbaugestaltung und präventive Maßnahmen zur Verminderung von Schadverdichtungen, um die Leistungsfähigkeit landwirtschaftlich genutzter Böden zu erhalten (Einhaltung der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft nach § 17 BBodSchG).

### **Fazit**

Für die Erreichung bodenbezogener Zielvorstellungen sind die Instrumente des Naturschutzes miteinander zu kombinieren. Wasserstandsanehebungen auf mindestens 2 dm unter GOF, mit denen Verbesserungen des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt sowie der spezifischen Filterfunktion (Stoffakkumulation) von Niedermoorböden zu erreichen sind, können als Maßnahmen mit dem Instrument der Eingriffs- und Ausgleichsregelung umgesetzt werden. Gleiches gilt für Wasserstandsanehebungen auf 4 dm bis 5 dm unter GOF und einer Nutzungsumwandlung von Acker in Grünland, mit denen auf mineralischen Böden Verbesserungen des Speichervermögens, im Nährstoffkreislauf und der Filterleistung erzielt werden können. Wasserstandsanehebungen auf 3 dm bis 4 dm unter GOF, die zum Erhalt der gegenwärtigen Funktionsausprägung von Niedermoorböden beitragen, sind als Erhaltungsmaßnahmen im Rahmen von Pflege- und Entwicklungsplänen oder als Vorgabe aus dem Landschaftsplan umsetzbar. Wasserstandsanehebungen auf 4 dm bis 6 dm unter GOF, die Degradierungsprozesse auf Niedermoorböden verlangsamen, bzw. Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion und Vermeidung von Verdichtungen auf sonstigen Niederungsböden können als Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen in Pflege- und Entwicklungsplänen realisiert werden. Deutlich wird, dass die Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen mit weitaus größeren Anstrengungen und Konsequenzen verbunden ist, als diese bei Erhaltungs-, Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen erforderlich sind.

### **7.1.3 Ableitung von Aufwertungspotenzialen**

JESSEL et al. (2006: 175 ff.) haben methodische Tools zur Eignungsbewertung für Kompensationsflächen erarbeitet. Die Ersteinschätzung des Aufwertungspotenzials erfolgt dabei über drei Bausteine: die Nutzung von Informationen zu Biotoptypen; die Untersetzung mit standörtlichen Informationen und die Nutzung sonstiger Informationen zum Flächenzustand. In den Teilschritten wird geprüft, ob Biotope in Abhängigkeit von ihrem Zustand und der Nutzungsintensität zu Biotopen mittlerer Ausprägung bzw. hochwertiger Ausprägung (= Zielbiotope) durch Reduzierung von Belastungen (z. B. Stoffeinträge) und Verbesserung der Struktur entwickelt werden können. Über dieses Potenzial verfügen vor allem Flächen, die extreme Standorteigenschaften wie Trockenheit, Wechselfeuchtigkeit / -nässe oder Nährstoffarmut aufweisen, aber einer nicht standortgerechten (trockene Flächen unter Ackernutzung mit Bewässerung) oder zu intensiven (Düngung) Nutzung unterliegen. Weitere Kriterien können sich bei der Flächenbesichtigung oder im Gespräch mit dem Nutzer ergeben (Potenzial als Verbindungs-

element, Entsiegelungspotenziale oder Spuren von Übernutzung). Durch die Zusammenführung all dieser Informationen ist eine erste Gesamteinschätzung der Aufwertungspotenziale möglich.

Für die Ableitung der Potenziale zur Aufwertung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Niedrigböden und ihren Funktionen wird ebenfalls eine gestufte Vorgehensweise vorgeschlagen:

- Zusammenstellung vorliegender boden- und naturschutzfachlicher Ziele
- Analyse des Ausgangszustandes und vorliegender Beeinträchtigungen
- Beurteilung der Möglichkeiten zur Umsetzung von Maßnahmen, die zur Verbesserung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit führen.

Als erster Teilschritt sind die für den Planungsraum vorliegenden Ziele des Natur- und Bodenschutzes zusammenzustellen. Mit Blick auf die naturschutzfachliche Eingriffsregelung wird es sich dabei immer um Entwicklungsziele handeln. Anschließend wird der aktuelle Bodenzustand analysiert und die vorliegenden Beeinträchtigungen der Leistungs- und Funktionsfähigkeit festgestellt (vgl. Kapitel 7.1.1). Für die Verbesserung vorliegender Beeinträchtigungen sind an deren Ursachen wie Entwässerung, intensive Nutzung bzw. nicht standortangepasste Nutzungen anzusetzen. Der wichtigste Schritt ist die Einschätzung, inwieweit auf den Flächen wirksame Maßnahmen zur Zielerreichung umgesetzt werden können. Dazu ist es erforderlich, die Wirkungen verschiedener Maßnahmenausgestaltungen und die Beeinflussung durch Bodenfaktoren zu kennen. Von grundsätzlicher Bedeutung ist die Beurteilung, inwieweit auf den Flächen Ausgangsvoraussetzungen für die Ausgestaltung verschiedener Maßnahmen realisiert werden können. Dazu gehören vor allem das Wasserstandsmanagement und die Nutzungsänderung. Die potenzielle Aufwertungsfähigkeit der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Böden kann nicht allein über den Zustand und den Grad der Beeinträchtigungen bestimmt werden, sondern hängt wesentlich davon ab, ob die Maßnahmen, welche tatsächlich zu einer Verbesserung führen (vgl. Kapitel 7.1.1), umgesetzt werden können. Die reale Aufwertungsfähigkeit ergibt sich aus der Abwägung gegen weitere, auf andere Schutzgüter bezogene Zielvorstellungen des Naturschutzes.

## 7.2 Aussage- und Flächenscharfe von Karten- und Planungsgrundlagen

### 7.2.1 Inhalt, Aktualität und Flächenscharfe von Kartengrundlagen

Erwartungsgemäß, und durch die Geländebefunde im Beispielgebiet (vgl. Kapitel 5.3.2) bestätigt, fehlen in älteren Bodenkarten (Geologische Karte, BS, MMK) die Bodenveränderungen, die sich innerhalb der letzten drei Jahrzehnte infolge von Entwässerung und Nutzungsintensivierung vollzogen haben (vgl. Kapitel 4.1). In jüngeren Karten (BÜK 300, projektbezogene Bodenkarte "Untere Havel-Wasserstraße") sind Veränderungen des Bodeninventars, vor allem Torfverluste und die Entstehung von Folgeböden, in Teilen berücksichtigt. Tabelle 25 enthält eine zusammenfassende Bewertung der Aktualität und Informationsdichte der verwendeten Karten (vgl. Tabelle 12) im Vergleich zu den Ergebnissen aus der Geländeerhebung (Tabelle 20).

Tabelle 25: Informationen über Niederungsböden im Polder "Götz-Gollwitz", die aus Legendeneinheiten und Erläuterungsheften mittel- und kleinmaßstäbiger Fachkarten entnommen werden können und Bewertung der Aktualität im Vergleich zur Geländeerhebung.

Merkmale	BÜK 300	Naturraumtypenkarte	Moor-karte	LGRB-Karte	Geologi-sche Karte	MMK	BS	Vor-Ort-Begehung
Substrattyp und -vielfalt	+	+/-	+/-	++	+/-	+/-	+/- <sup>1</sup>	++
Mächtigkeiten organischer Auflagen	+/-	-	+/-	-	+/-	+/-	-	++
Muddeunterlagerungen	++ <sup>2</sup>	-	+/-	+ <sup>3</sup>	-	+/-	-	++
Bodentypen	+	-	-	+	-	+/-	-	++
Oberboden-zustand	+/-	-	-	-	-	-	-	++
Grundwasser-flurabstand	+/-	+/-	+/-	+/-	-	+/-	+/-	++
Staunässe, oberflächlich	-	-	-	-	-	-	-	++
Höhenangaben / Mikroreliefierung	-	-	-	-	-	-	-	++
Vegetation	-	-	-	-	-	-	-	++
sonstige Bewertungen	-	-	x	x	-	-	x	x

#### Erläuterungen

- = keine Angaben bzw. Ableitung schwierig, +/- = allgemeine Angaben für eine Grundcharakterisierung, Parameter z. T. indirekt ableitbar, Dokumentation älterer Bodenzustände, + = Beschreibung berücksichtigt in Teilen Veränderungen der Substrate und Bodentypen, ++ = Widerspiegelung der aktuellen Situation, Angaben sind Grundlage für die Einschätzung des Entwicklungspotenzials und die Ausgestaltung von Maßnahmen, x = z. B. Ökologischer Bodenwert / Handlungsbedarf / sonstige Bewertungen (Verbreitung, Gefahren, Nährstoffversorgung, Leistungsstufe etc.), <sup>1</sup> nur über Bohrlochbeschriebe erhältlich, Klassenflächen berücksichtigen nicht die Schichtung, <sup>2</sup> allgemeine Informationen im Vergleich zu Geländebefunden, <sup>3</sup> hier eher Hinweis auf Muddeeinlagerungen als -unterlagerungen

Deutlich wird, dass aus den aggregierten Inhalten mittel- und kleinmaßstäbiger Übersichtskarten allgemeine Angaben zu den Substrat- und Grundwasserverhältnissen direkt entnommen oder abgeleitet werden können. Die Informationen erlauben eine grobe Einschätzung des Grundcharakters von Flächen (organisch oder mineralisch, Grundwassereinfluss), allerdings ist damit noch nicht der tatsächliche Flächenzustand erfasst. Eine ausreichend genaue Beurteilung der Standortverhältnisse, vorrangig der aktuellen Mächtigkeit organischer Auflagen, der Höhenlage von Muddeschichten, der Oberbodenzustände von (Folge-)Böden, der hydromorphen Verhältnisse und der Höhenverhältnisse, ist nur durch Geländeerhebungen möglich.

In Abhängigkeit vom Maßstab und Inhalt variieren die Grenzen zwischen unterschiedlich ausgestatteten Bodenarealen der einzelnen Kartenwerke. Für eine räumliche Vordifferenzierung von Flächen eignen sich die Karten der BS und MMK am besten. Die kleinmaßstäbige BÜK 300 ist für diesen Zweck, trotz der in weiten Teilen realistischen Inventarbeschreibung, weniger geeignet, genauso die Naturraumtypenkarte (KNOTHE 1984), die neben der groben Abgrenzung kaum verwertbare Aussagen enthält. Letztere liegt zudem nur als Musterblatt für den Potsdam-Brandenburger-Raum vor und bleibt allein deswegen schon in ihrer Anwendung beschränkt. Gleiches trifft für die projektbezogene Bodenkarte (LGRB 1993) zu. Sie weist zwar inhaltlich und räumlich die beste Differenziertheit auf. Jedoch ist sie nur für die Niederung und angrenzende Moränenstandorte der "Unteren Havel-Wasserstraße" im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchungen zum "Ausbau der Flusshavel" angefertigt worden. Auch die Geologische Karte ist für eine räumliche Differenzierung von Flächen aufgrund der Dokumentation historischer Zustände weniger geeignet.

Trotz der zuvor genannten Einschränkungen enthalten Bodenkarten Informationen, an die für eine genauere Analyse angeknüpft werden kann. Die Karten der BS und der MMK bieten Ansätze, um Geländeerhebungen gezielter und effektiver vorzunehmen. Die Karten der BS mit größter Flächenschärfe unterstützen die grundsätzliche Abgrenzung der Niedermoor- von Mineralbodenstandorten. Eine weitere Differenzierung von Mineralbodenstandorten ist über die Humosität, abgeleitet aus MMK-Standortseinheiten, möglich (vgl. hierzu weitere Erläuterungen in Kapitel 8.2.4). Eine Differenzierung der Moormächtigkeit von Niedermoorarealen erlaubt sowohl die BS als auch die MMK. Die eigenen Befunde aus dem Polder "Götz-Gollwitz", aber auch Befunde aus der Gemarkung Roskow (BÖTTCHER 2004) und anderen Bereichen der Mittleren Havelniederung (JESSEL et al. 2006) belegen, dass Mo/Sa ... Standortseinheiten ihre flachen Torfaufgaben verloren haben. D. h., auch sie gehören bereits zu den Mineralbodenstandorten. Vergleichbar verhält es sich mit MMK-Standortseinheiten Mo1c ... (hoher Anteil flachgründiger Torfaufgaben), die in ihrer inhaltlichen Beschreibung als auch räumlichen Verbreitung häufig nicht mehr stimmen (LUA 1997 a, Bodenkartierung Polder "Götz-Gollwitz"). Weniger starke Veränderungen der Torfmächtigkeiten sind bei tiefgründigen bzw. mudeunterlagerten Standorten (Mo2b, Mo2c) zu erwarten.

Aus den ableitbaren Veränderungen des Bodeninventars einiger Flächeneinheiten können somit Rückschlüsse auf aktuelle Vorkommen und Mächtigkeit von Torfaufgaben bzw. auf die Weiterentwicklung zu Folgeböden gezogen werden. Der angenommene Zustand ist mit einer abgestuften Intensität gezielt zu überprüfen. Denkbar wären beispielsweise eine geringere Anzahl von Bohrpunkten auf stark degradierten bzw. homogenen Flächen (Mo/Sa ...). Im Vergleich dazu müssten Mo2c - Standorte, die höhere Heterogenitäten erwarten lassen, mit einer größeren Anzahl von Bohrpunkten überprüft werden. Ausführliche Erläuterungen dazu sind im Kapitel 7.3.3 enthalten.

## 7.2.2 Planungsrelevante Bodenparameter

Bodenveränderungen in Niederungen, die in den vorhandenen Kartenunterlagen fehlen oder nur in ungenügender Genauigkeit abgeleitet werden können, sind jedoch für planungsbezogene Fragestellungen von Relevanz. Nur anhand der tatsächlichen Bodenausprägung können Potenziale für die Entwicklung bzw. Wiederherstellung von Niederungsböden und ihren Funktionen realistisch eingeschätzt und daraus Maßnahmen stärker zielgerichtet abgeleitet werden (vgl. Kapitel 4.2.4). Unabdingbar für die Formulierung der Entwicklungsziele und Maßnahmenplanung sind die in der Tabelle 26 unter der Rubrik "Erhebung im Gelände" aufgelisteten Parameter. Die Zusammenstellung der Parameter lehnt sich an die Ausarbeitungen von ZEITZ (1995) an und ergänzt diese durch die eigenen Erhebungen. ZEITZ (1995) hat Niedermoorböden im Oberen Rhinluch (Land Brandenburg) kartiert und bewertet und darauf aufbauend wesentliche Hinweise für die Vorgehensweise bei künftigen Moorbodenkartierungen zusammengestellt.

Zu den wichtigsten, planungsrelevanten Merkmalen von Niederungsböden zählen die Substratabfolge und Mächtigkeit einzelner Schichten, die Substratarten mit Angabe des Zersetzungsgrades / der Konsistenz, die Gefügebildung und Sperrschichten (Mudde, Verdichtungsschicht) sowie hydro-morphe Verhältnisse und das Höhenniveau. Sie sind wichtig für die Zustandserfassung und Beurteilung der Funktionsfähigkeit von Böden. Sie bilden die Grundlage für die Überprüfung und Konkretisierung übergeordneter Erhaltungs- und Entwicklungsziele (vgl. Kapitel 6.1). Außerdem beeinflussen sie die Vernässbarkeit und Vernässungsstrategie und sind letztendlich Entscheidungshilfen für die Priorisierung von Maßnahmenflächen.

Das Fehlen bzw. Vorhandensein bestimmter Substratschichten (Torfauflagen, anmoorige oder humose Substrate) bestimmen entscheidend die Ausrichtung von Erhaltungs- und Entwicklungszielen und das dafür erforderliche Wasserstands- und Vernässungsmanagement. Weiterhin beeinflussen der Zersetzungsgrad, die Gefügebildung des Ober- und Unterbodens oder Sperrschichten die Wasserdurchlässigkeit und damit die Wasserregulierbarkeit bei angestrebten Wiedervernässungs- bzw. Vernässungsmaßnahmen. Ob Vernässungen von oben oder unten erfolgen, wird entscheidend von diesen Bodenparametern bestimmt (vgl. Kapitel 4.2.3.1.6). Grundwasserstände bzw. -schwankungen, Oberflächenvernässungen und Höhenlage zur nächsten Vorflut geben generelle Hinweise auf die Vernässbarkeit von Standorten. Bei der Einschätzung des Entwicklungspotenzials bzw. der Verbesserung des Leistungsvermögens ist außerdem die irreversible Schädigung einiger Bodenmerkmale zu berücksichtigen (vgl. Tabelle 26) und daher auf sie ebenfalls ein Augenmerk zu richten.



Tabelle 26: Merkmale, die eine ausreichend genaue Einschätzung der Standortausprägung sowie die Ableitung von Erhaltungs- und Entwicklungszielen und Maßnahmenplanungen erlauben.

Merkmale / Parameter	Standortbeurteilung*					Bodenbezogene Maßnahmenplanung		
	Zustandserfassung / Bodenentwicklungsstadium	Hinweise zum Wasser- und Lufthaushalt (Funktionfähigkeit)	Hinweise auf oberflächennahes Stauwasser	Hinweis auf Trophie / Versorgungszustand (Funktionfähigkeit Nährstoffhaushalt)	Überprüfung von Erhaltungs- und Entwicklungszielen	Einfluss auf Regulierbarkeit / Vernässbarkeit Vernässungsstrategie	Priorisierung von Maßnahmen	Irreversibilität von Parametern / eingeschränkte Wiederherstellung
<b>Geländeerhebungen:</b>								
Substrattyp								
– Abfolge einzelner Schichten (Torf, Anmoor, Mudde, mineralisch)								
– Mächtigkeit organischer Auflagen	x	x			x	x	x	x
– Tiefenlage / Mächtigkeit stauender Schichten								
Substratart								
– Art der Torfe, Mudden und mineralischer Unterlagerungen	x	x				x		
– Zersetigungsgrad / Konsistenz							x	x
Gehalt an organischer Substanz	x			x	x		x	
Bodentyp								
– Abfolge und Mächtigkeit von Bodenhorizonten	x	x	x			x		
– Ober- und Unterbodengefüge							x	(x)
Verdichtungsschichten	x	x	x					(x)
Bodenfeuchte		x	x					
Grundwasserflurabstand	x	x	x		x	x	x	
Oberflächenrelief, Geländehöhen im Verhältnis zur nächstgelegenen Vorflut	x					x	x	x
Zeigerpflanzen	x	x	x	x				
<b>Laboranalysen:</b>								
Dichte (Trockenrohichte)	x	x				x		x
Substanz- und Gesamtporenvolumen, Porengrößenanteile	x	x				x		(x)
Wasser- und Luftgehalt		x						
Wasserleitfähigkeit	x	x				x		(x)
Grad der Oberbodendegradierung (Einheitswasserzahl)	x	x						
Glühverlust	x			x				x
pH-Wert (Oberboden)	x		x	x				
Gesamtgehalte P, K, N (Oberboden)	x			x	x			
* Weitere Erläuterungen zum Aussagegewinn einzelner Parameter sind in Tabelle 33 enthalten.								
(x) eingeschränkte Verbesserung der Merkmale / Parameter durch Wiedervernässung möglich								

Parameter, die direkt bei einer Bohrstocksondierung im Gelände erhoben werden, sind hier der Vollständigkeit wegen um solche ergänzt, die vorrangig durch Profilaufnahmen und Laboranalysen erhoben werden müssen (ZEITZ 1995). Obwohl nach ZEITZ (1995) Untersuchungen bodenphysikalischer und -chemischer Parameter im Tiefenprofil (Trockenrohddichte, Substanz- und Porenvolumen, Wassergehalte, Wasserleitfähigkeit, Gehalte an Stickstoff, Phosphor, vgl. Tabelle 26) für die Standortbeurteilung eine wichtige Grundlage darstellen, werden diese hauptsächlich auf wissenschaftliche Fragestellungen beschränkt. Zudem sind einige dieser Parameter, v. a. Stoff- und Wassergehalte, sehr variabel. Sie unterliegen häufig witterungs- bzw. stoffumsetzungsbedingten Schwankungen und sind nur über längere Messreihen verlässlich zu erfassen. Hinweise zur Nährstoffsituation, die v. a. für Aushagerungs- und Extensivierungsmaßnahmen wichtig sind, können indirekt über Zeigerpflanzen abgeleitet werden. Dies gilt auch für das Wasserregime (Wechselfeuchtigkeit).

Weiterführende Erläuterungen zur Bedeutung und zum Aussagegewinn einzelner Parameter sind in der Tabelle 33 enthalten.

### 7.2.3 Konsequenzen unzureichender Daten

Erfolgt die Beschreibung von Böden in stark genutzten Niederungen allein auf Basis von unsicherem Kartenmaterial, ergibt sich für verschiedene Anwendungsfelder des Naturschutzes und der Landschaftspflege (Landschaftsplanung im weiteren Sinne, VON HAAREN 2004) das Problem, dass bodenbezogene Planungen faktisch nicht zufrieden stellend erarbeitet und erfolgreich umgesetzt werden können:

Im Hinblick auf bodenbezogene Kompensationen kann der Landschaftsplan dem gesetzlichen Auftrag zur Vorbereitung der Anwendung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung nicht gerecht werden. Ohne ausreichende Zustandserfassung sind weder die Ableitung von Aufwertungspotenzialen und Entwicklungszielen noch die konkrete Verortung von Kompensationsflächen sachgerecht möglich.

Ein Eingriffsverursacher hat die Pflicht, die Herleitung und fachlichen Inhalte von Kompensationsmaßnahmen in einem Landschaftspflegerischen Begleitplan (LBP) darzulegen (§ 18 BbgNatSchG, vgl. auch Kapitel 2). Die für die Zulassung des Vorhabens zuständige Behörde muss erkennen können, ob die angestrebten Zielzustände und Qualitäten realistisch und mit den beschriebenen Maßnahmen erreichbar sind (RÖBLING & JESSEL 2003). Der mögliche Maßnahmenenerfolg muss verlässlich abschätzbar sein. Eine Beurteilung des Zielzustandes und der Maßnahmenwirkung kann nicht zweifelsfrei vorgenommen werden, wenn für Niederungsflächen Maßnahmenplanungen vorliegen, die nicht auf einer Überprüfung des aktuellen Bodenzustandes aufbauen. Nach RÖBLING & JESSEL (2003: 231) werden Maßnahmen, trotz sehr konkreter Beschreibung im LBP, im Landschaftspflegerischen Ausführungsplan häufig geändert, wenn sich herausstellt „... dass Maßnahmenziele unrealistisch sind oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand erreicht werden können.“ Im Nachhinein vorgenommene Anpassungen von Zielen und Maßnahmen können Auswirkungen auf die Bilanz der Beeinträchtigungen und Kompensationswirkungen und somit ebenfalls auf die Genehmigungsvoraussetzung haben (ebd.) Auch wären die von JESSEL & TOBIAS (2002) ausführlich betrachteten Funktionskontrollen in der Eingriffsregelung nicht durchführbar, die beleuchten, ob Flächen aufgrund ihrer Potenziale sinnvoll gewählt worden sind und angestrebte Maßnahmenziele erreicht werden können.

Vor-Ort-Erhebungen helfen die rechtlichen Vorgaben zu erfüllen. Sie unterstützen die Gebietsanalyse, die Festlegung von Entwicklungszielen und die konkrete Maßnahmengestaltung. Qualitativ hoch-

wertige Planungsunterlagen sichern die Darlegungspflicht des Vorhabenträgers sowie die Entscheidung der Behörde über die Zulassung eines Vorhabens fachlich als auch rechtlich ab.

Vergleichbare Forderungen nach Vor-Ort-Erhebungen ergeben sich für Pflege- und Entwicklungspläne verschiedener Schutzgebiete, zum Beispiel Natur- und Landschaftsschutzgebiete, Geschützte Landschaftsbestandteile, Großschutzgebiete oder FFH-Gebiete. JESSEL & TOBIAS (2002) machen deutlich, dass für deren Aufstellung umfangreiche Geländebegehungen erforderlich sind, die häufig das übliche Maß der flächendeckenden Instrumente (Landschaftsrahmenpläne etc.) übersteigen. Das trifft natürlich in erster Linie für biotische Schutzgüter zu, jedoch reicht es fallweise nicht aus, Informationen über die abiotischen Schutzgüter Boden und Wasser aus mittelmaßstäbigen Karten zu entnehmen. Gerade wenn Maßnahmen auf die Erhaltung, Entwicklung oder Pflege von Feuchtgrünland und Niederungsböden auszurichten sind, werden Daten über den Bodenzustand und die Wasserstandsschwankungen benötigt.

Einer bessere Datenlage ist auch für andere Instrumente von Bedeutung wie beispielsweise Flurneuordnungsverfahren, die der Neuordnung landwirtschaftlichen Grundbesitzes dienen. Dabei kann die Neuordnung zu dem Zweck erfolgen, Flächen für die Umsetzung von Naturschutzmaßnahmen zu tauschen oder zusammenzuführen. Vor dem Erwerb von Flächen ist zu prüfen, ob auf diesen beabsichtigte Verbesserungen tatsächlich erzielt werden können.

Folgende zwei Beispiele aus der Praxis werden zur Veranschaulichung der Problemlage kurz vorgestellt.

### **Landschaftsplan Emster-Havel (2. Entwurf, Stand 28.02.2001)**

Am Beispiel der untersuchten Flächen im Polder "Götz-Gollwitz" (Kapitel 5.3.2) soll gezeigt werden, dass im betreffenden Landschaftsplan keine detaillierten Informationen zum aktuellen Bodenzustand enthalten und somit Fehleinschätzungen möglicher Entwicklungspotenziale automatisch vorprogrammiert sind. Die Bestandsaufnahme basierte auf der Arbeitskarte der MMK.

Auf der Karte 3.1 Boden (Bestand) des Landschaftsplanes Emster-Havel (STADT UND LAND PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH 2001) sind für die im Polder "Götz-Gollwitz" näher untersuchten Flächen 1 und 2 (auch überwiegend für die Fläche 3) daher flachgründige Niedermoorböden dargestellt. In der Karte 3.2 Boden (Bewertung) wird die Natürlichkeit des Bodens auf den Flächen 1 und 3 als mäßig und auf der Fläche 2 als hoch eingeschätzt. Die Herleitung der Einstufung ist nicht nachvollziehbar, da auch auf Fläche 2 gravierende Veränderungen belegt werden können. Vermutlich ist davon ausgegangen worden, dass bei den kartierten Biotoptypen Intensivgrasland (Fläche 1) und Intensivacker (Fläche 3) der Natürlichkeitsgrad der Böden gegenüber dem bei Frischweiden / Fettweiden (Fläche 2) niedriger ist. Denn auch die nördlich der Fläche 2 gelegene Fläche (vgl. Abbildung 13, Pegelstandort 115 der Universität Potsdam, im Landschaftsplan als Frischwiese dargestellt) wird hinsichtlich ihrer Natürlichkeit höher als Fläche 1 eingestuft, obwohl ihre aktuelle Bodenbeschaffenheit der von Fläche 1 sehr ähnelt. Dies belegen Bodenuntersuchungen von GUSE & PAGEL (2005) im Rahmen eines interdisziplinären Studienprojektes am Lehrstuhl für Landschaftsplanung der Universität Potsdam. Vergleichbare Bewertungsergebnisse werden auch bei der Beurteilung der Filter-, Puffer- und Transformationsfunktion vorgelegt. Dass die untersuchte Fläche 1, die immerhin noch den größten Anteil an Niedermoorböden aufweist, hinsichtlich der Natürlichkeit und Funktionsfähigkeit am schlechtesten bewertet wird, muss im engen Zusammenhang mit den kartierten Biotoptypen, die dafür als Bewertungsmerkmale herangezogen werden, stehen. Allerdings steht die Fläche 1 in ihrer floristischen Ausstattung nicht der von

Fläche 2 und der dieser nördlich gegenüberliegenden nach. Fläche 1 sowie die westlich angrenzende Fläche müssten mittlerweile als wechselfeuchte Mähweide und nicht als Intensivgrasland bzw. Frischwiese eingestuft werden. Allein die Karten 1 "Biotoptypenkartierung und Bewertung" und 3.1 / 3.2 "Boden (Bestand und Bewertung)" im Entwurfsstand von 2/2001 sind ausreichende Indizien dafür, dass Geländeerhebungen nicht in dem Maße stattgefunden haben, wie es erforderlich wäre.

**Erfolgskontrollen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in der Fuhneniederung** (Landkreis Bitterfeld, Sachsen-Anhalt, JACOBS 2001)

Bei Zielanalysen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, die im Zuge des Ausbaues der Bundesautobahn A9 in der Fuhneniederung geplant worden sind, stellte JACOBS (2001) unter anderem Defizite bei Vorgaben des Zielzustandes fest. Durch Wiedervernässung von Grünlandflächen im Uferbereich der Fuhne und des Brödelgrabens sollten Niedermoorböden regeneriert werden. Voruntersuchungen der Höhenlage, Bodensituation oder Wasserstände erfolgten nicht. Angaben über angestrebte Grundwasserstände oder darüber, ob Wasserstandsanehebungen auf den Stopp des Torfabbaues, die Minimierung der Torfmineralisierungsraten, die Initiierung neuen Torfwachstums oder bestimmte Vegetationsentwicklungen ausgerichtet sind, fehlen in den Darstellungen des Landschaftspflegerischen Begleitplanes. Bei Einsichtnahme in die Landschaftspflegerische Ausführungsplanung und Kontrolle im Gelände stellte JACOBS (2001) fest, dass Wiedervernässungsflächen weder verortet noch im Gelände erkennbar waren.

Ungeachtet dessen ist hier der Frage nachzugehen, inwieweit in der Fuhneniederung, in der nach Unterlagen der MMK Anmoorgleye aus Auenlehm dominieren (JACOBS 2001: 20), unvollständige Gewässerrückbaumaßnahmen (Entfesselung des Laufes), der Einbau von Sohlenstufen bzw. die Entfernung von Saugern und Drainagen zum Grundwasseranstieg und zur Entwicklung von Niedermoorböden führen könnten. JACOBS (2001: 93) bestätigt, dass sich der mittlere Anteil der organischen Bodensubstanz zwischen 15 und 30 Prozent bewegt und flachgründige Niedermoorböden bis auf wenige punktuelle Vorkommen im Gebiet aktuell nicht anzutreffen sind. Wenige Bodensondierungen zu unterschiedlichen Jahreszeiten hätten zumindest Aufschluss darüber erbracht, in welcher Substratschicht sich das Grundwasser vornehmlich bewegt und ob durch den Rückbau von Drainagen etc. dieser tatsächlich steigen würde. Auch wenn es sich bei den Aussagen um Prognosen und nicht um Vorhersagen handelt, d. h. Unsicherheiten immer bestehen bleiben, hätten zumindest diese hydrologischen Untersuchungen erfolgen müssen. Ob die Niedermoorböden regeneriert werden können, bleibt letztendlich mehr als fraglich.

#### **7.2.4 Zielkonkretisierung und -priorisierung von Maßnahmen**

Am Beispiel des Polders "Götz-Gollwitz" ist gezeigt worden (vgl. Kapitel 6.1), dass vorhandene planerische, bodenbezogene Zielformulierungen zum Teil zu allgemein gehalten sind bzw. nicht für alle Flächen in Frage kommen. **Planerische Zielvorstellungen müssen in Niederungen stärker inhaltlich als auch räumlich konkretisiert werden.** Diese Notwendigkeit ist vor allem dann zu betonen, wenn bestimmte Ziele nur unter erhöhtem Aufwand zu erreichen wären. Gleiches gilt, wenn bestimmte Verhältnisse auf den Flächen nicht mehr bestehen. Letztere Anmerkung bezieht sich auf eine bereits bestehende extensive Flächennutzung sowie extensive Flächenentwässerung der tiefsten Bereiche im Polder Götz-Gollwitz (JESSEL et al. 2006). Die unterschiedlichen Rahmenbedingungen, die für die Realisierung von Teilzielen des Natur- und Niedermoorschutzes zu schaffen sind bzw. geschaffen werden können, machen eine Priorisierung erforderlich.

## 7.3 Vor-Ort-Ansprache planungsrelevanter Bodenmerkmale

### 7.3.1 Punktuelle Bodenkartierungen für Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege

Bei Kartierungen des aktuellen Zustandes von Niederungsböden interessieren neben der räumlichen Heterogenität (flächenhafte Verteilung der oberflächlich anstehenden Substrate) vor allem tiefenbezogene Merkmale wie Mächtigkeit und Tiefenlage einzelner Torf- und Muddeschichten, Schichtwechsel, Unterlagerungen, aber auch Verdichtungsschichten im Torfkörper, Bodenfeuchte- und Gefügeunterschiede (vgl. Tabelle 26 und Tabelle 33). Tiefendifferenzierungen sind mit geoelektrischen Methoden bzw. der Fernerkundung nicht ausreichend möglich (vgl. Kapitel 3.2.4.1). So werden in den Anwendungsbereichen der Landschaftsplanung Bodenkartierungen maßgeblich auf der Vorauswertung verschiedener Unterlagen und v. a. einer anschließenden punktuellen Bodenuntersuchung beruhen müssen. Abgesehen von der unzureichenden Genauigkeit, setzen die Anwendung geophysikalischer und Fernerkundungsmethoden sowie die Auswertung und Interpretation der Datenbestände spezielle Kenntnisse voraus, die weit über das landschaftsökologische Verständnis von Landschaftsplanern, Geoökologen oder Bodenkundlern hinausgehen. Planungsbüros wären auf Dienstleister angewiesen.

Die konventionellste, aber auch einfachste Methode für die Kennzeichnung des Bodenaufbaues ist die Bohrstocksondierung mit dem 1-m-Pürckhauer-Bohrer (vgl. Kapitel 3.2.4.2). Sie bietet den Vorteil, dass sie häufig von Planungsbüros selbst vorgenommen werden kann, wenn Mitarbeiter über ein ausreichendes bodenkundliches Fachwissen verfügen. Allerdings sind flächenhafte Aussagen, v. a. bei hoher Standortheterogenität eingeschränkt bzw. nur mit sehr hoher Bohrpunktdichte möglich. Um dennoch zu einfachen, flächenbezogenen Aussagen zu gelangen, sind Vorauswertungen vorhandener Unterlagen und die Einbeziehung von Zeigereigenschaften des Reliefs und der Vegetation unbedingt erforderlich. Aus der Beziehung zwischen dem Relief und der Bodenausprägung bzw. den Standortansprüchen einzelner Pflanzen (Substrat, Hydromorphie) lassen sich Rückschlüsse auf die Bodenverhältnisse ziehen. Je höher sich beispielsweise das Gelände über den tiefsten Bereich einer Niederungsfläche erhebt, desto geringer ist die Mächtigkeit organischer Auflagen etc.. Den sehr guten und allgemein zugänglichen Kenntnisstand über Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Komponenten sollte sich jeder Kartierer zunutze machen.

Im Allgemeinen lassen Profilaufnahmen nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 5) die Ausprägung von Bodenmerkmalen besser als Bohrstocksondierungen erkennen, so zum Beispiel das Unterbodengefüge oder Verdichtungszone. Bodenprofile sind bei der Erhebung planungsrelevanter Bodenmerkmale nicht zwingend erforderlich, da diese in ausreichender Genauigkeit durch Sondierungen mit dem 1 m-Pürckhauer-Bohrer oder der Moorklappsonde erfasst werden. Sie helfen natürlich, die Gegebenheiten besser zu erkennen und sind als sinnvolle Ergänzung empfehlenswert. Zusätzliche Laboruntersuchungen (Bodenfeuchte, Trockenrohddichte, Korngröße, Glühverlust, pH-Wert und Carbonatgehalt) sollten allenfalls auf eine Ergänzung der Grundcharakterisierung der Profile abzielen.

Generell dient die Kartierung nicht der Abgrenzung neuer Bodenvergesellschaftungen und Erstellung einer Bodenkonzeptkarte, sondern zielt auf eine **aktualisierte Bodenzustandsbeschreibung** ab. Die Erarbeitung von Bodenkarten ist mit einem hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden, der im Rahmen von Grundlagenerhebungen gegenüber anderen Schutzgütern wie Biotope, Flora und Fauna nicht zu rechtfertigen ist. Die Erarbeitung bodenkundlicher Kartenwerke obliegt den geologischen Landesdiensten und kann nicht Aufgabe eines Planungsbüros oder anderer Einrichtungen sein, die

sich neben bodenbezogenen Maßnahmenplanungen auch noch mit anderen Schutzgutkomponenten zu beschäftigen haben.

Ergänzend können punktuelle, aktuelle Bodendaten aus den Datenbanken der Geologischen Landesämter (landesweite Kartierung, Neuaufnahme Musterstücke und Vergleichstücke Bodenschätzung, div. Projekte) abgefragt werden.

## 7.3.2 Erhebungsaufwand

### 7.3.2.1 Differenzierung nach Anwendungsbereichen

Die Bodenkartierung im Polder "Götz-Gollwitz" war von landschafts- und substratgenetischen Fragestellungen begleitet, wie zum Beispiel von der Frage nach der Einordnung der "Überflutungssedimente" oder "Lehmlinsen". Die Auswertung und Dokumentation solcher Befunde und Analyseergebnisse (Profile) sind für die Erhebung planungsrelevanter Bodenmerkmale in der Regel von untergeordneter Bedeutung. Ausgenommen ist die Kennzeichnung des hydrologisch-genetischen Moortyps, der für die Dichte von punktuellen Bodenuntersuchungen eine wichtige Rolle spielt (vgl. Kapitel 7.3.3).

Bei Untersuchungen in Niederungslandschaften stehen vorrangig die veränderten Bodenmerkmale im Vordergrund. Dabei müssen je nach Anwendungsbereich und Schwerpunkten die in Kapitel 7.2.2 und Tabelle 33 erarbeiteten Parameter nicht immer im vollen Umfang erhoben werden:

Für die Identifizierung von Kompensationsflächen bzw. die Konkretisierung von Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen auf der Ebene des Landschaftsplanes hat mindestens die Überprüfung aktueller Moormächtigkeiten zu erfolgen. Zunächst ist eine Abgrenzung der Moor- von Mineralbodenstandorten auf Grundlage vorhandener Bodenkarten und Nutzungsintensität (Color-Infrarot Luftbilder) vorzunehmen (vgl. Empfehlungen in Kapitel 8.2). Der Schwerpunkt der Geländebegehung beruht vor allem auf der Bestimmung der aktuellen Art und Mächtigkeit der obersten Substratschichten. Gefügestruktur, Zersetzungsgrade, die aus der Bohrnut abgeleiteten Wasserstände und Zeigerpflanzen sind auf dieser Ebene nicht zwingend, jedoch sinnvollerweise mit zu erheben. Sie spiegeln die Entwässerungs- und Degradierungsintensität wider und geben damit Hinweise auf Erhaltungs- und Entwicklungsziele.

Ein höherer Erhebungsaufwand ist für die konkrete Prüfung und Bepflanzung der für eine Wiedervernässung vorgesehenen Flächen erforderlich. Neben dem Wasserdargebot im Einzugsgebiet (vgl. Kapitel 4.2.3.1.6) und den zuvor genannten Merkmalen ist zu prüfen, welche Grundwasserstandsschwankungen auftreten, in welchen Schichten vorrangig der Wassertransport stattfindet (Tiefenlage und Mächtigkeit stauender Schichten, Gefügestruktur) und wie sich die Geländehöhen im Verhältnis zur nächstgelegenen Vorflut verhalten. Das heißt, auf vorgesehenen Maßnahmenflächen beziehen sich Bodenuntersuchungen schwerpunktmäßig auf die Wasserregulierbarkeit und reliefbedingte Differenzierung von Vernässungszielen. So unterstreicht auch LANDGRAF (LUA BRANDENBURG, 17.08.2006, schriftl. Mitt.), dass Bohrprofile, die im Vorfeld von Vernässungsmaßnahmen angefertigt werden, „... vor allem ein Hinweis auf den Wasserhaushalt bzw. die Schwankung und damit auf die zu erreichenden Renaturierungsziele ...“ geben. Neben der Bohrstocksondierung, die beim Fehlen von Grundwasserpegeln für die Feststellung jahreszeitlicher Wasserstandsschwankungen und Bodenfeuchteverhältnisse mehrmals erfolgen müsste, sind zudem Höhenvermessungen zur Ableitung von Staumarkern notwendig.

Über die Bohrstocksondierung hinausgehende Untersuchungen zur Wasserstands- und Vernässungssituation, wie die Untersuchung flächenhafter Vernässungen (vgl. RÖBLING et al. 2006 a, Kapitel 5.3.2.3) oder Wasserstandsmessungen, sind für diesen Anwendungsbereich empfehlenswert. Soweit die Ursachen von Vernässungssituationen (Information vom Flächennutzer, eigene Beobachtungen) noch nicht bekannt sind, sollten Bodenuntersuchungen zu Beginn oder zum Ende von Vernässungsphasen gelegt werden, um diese zu ermitteln. Aus der Kenntnis der Vernässungsursachen lässt sich relativ einfach schlussfolgern, ob Flächen aufgrund ihrer Bodeneigenschaften einfach oder schwieriger zu vernässen sind bzw. ob die vorhandenen Grundwasserstände den Zielvorstellungen des Bodenschutzes bereits entsprechen (vgl. Kapitel 4.2.2, 4.2.4). Informationen über die hydrologische Situation stellen die wichtigste Grundlage für die Konkretisierung der Vernässungsziele dar.

Weitere Merkmale wie Farbe und Hydromorphiemerkmale sind mit aufzunehmen. Sie helfen bei der Ableitung der Gehalte an organischer Bodensubstanz (OBS) bzw. der Einschätzung der hydrologischen Situation, obwohl eine annähernd genaue Schätzung des Anteiles der OBS im Gelände, v. a. bei Trockenheit, nicht immer gelingt und der Charakter von Hydromorphiemerkmalen reliktsch sein kann. Die Interpretation dieser Merkmale setzt einige Erfahrungen voraus.

Eine genaue Analyse des Gehaltes an OBS wäre dann zu erbringen, wenn der Erfolg von Wasserstandsanehebungen, die auf den Erhalt bzw. die Mehrung der OBS bei humusreichen Grundwasserböden abzielen, zu kontrollieren ist. Anhand der Gehaltsentwicklung kann über einen längerfristigen Zeitraum der Erfolg der Maßnahme gemessen werden. Der für diesen Zweck am besten geeignete Kontrollparameter ist jedoch der Grundwasserstand. Die Erfassung dieses Parameters erfolgt am günstigsten über regelmäßige Pegelmessungen und sollte über das gesamte hydrologische Jahr erfolgen, um u. a. bei abfallenden Wasserständen infolge von Verdunstung gegensteuern zu können. Die im Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben "Kulturlandschaft Mittlere Havel" (JESSEL et al. 2006: 345) gesammelten Erfahrungen zu Wasserstandsmessungen belegen für stauwassergeprägte Moorböden, dass aus Pegelmessungen nicht immer direkt auf den tatsächlichen Grundwasserflurabstand zu schließen ist. Daher sollten auf stauwassergeprägten Standorten mit zusätzlichen Bodenuntersuchungen die Durchfeuchtung einzelner Bodenschichten überprüft und ggf. der tatsächliche Grundwasserstand abgeleitet werden.

Wie bereits angesprochen (vgl. Kapitel 7.2.2) bleiben aufwendige Profilaufnahmen und Laboranalysen auf wissenschaftliche Fragestellungen beschränkt. Langfristige Untersuchungen zur Weiterentwicklung des Ober- und Unterbodengefüges, Rückbildung von Verdichtungsschichten, Verbesserung des Porenvolumens und der Wasserleitfähigkeit (4.2.3.1.3) wären zwar für die theoretische Betrachtung der "Aufwertbarkeit von Bodenfunktionen" (4.2.5) von Interesse. Solche Erhebungen sind jedoch auch im Rahmen von Erfolgskontrollen wegen des hohen Aufwandes bisher in der Regel nicht zu erwarten.

Zusammenfassend sind in der Tabelle 27 für die zuvor diskutierten Anwendungsbereiche bzw. Schwerpunkte von Bodenuntersuchungen diejenigen Merkmale gekennzeichnet, deren Erhebung sehr wichtig [x] bzw. wichtig [x] ist. Die mit (x) markierten Merkmale sind hinsichtlich der langfristigen Entwicklung interessant, aber dafür aufwendiger als mithilfe von Bohrstocksondierungen zu erheben.

Tabelle 27: Bedeutung von Bodenmerkmalen für unterschiedliche Planungsebenen.

	Landschaftsplan	vorgesehene Maßnahmen- flächen (LBP, PEP)	Erfolgskontrolle
Ziele von Bodenuntersuchungen	– Prüfung und Konkretisierung von Erhaltungs- und Entwicklungszielen	– Bestimmung des Entwicklungspotenzials – weitere Konkretisierung der Ziele – Prüfung der Wasserregulierbarkeit – Differenzierung von Vernässungszielen	– Wirkungskontrolle
<b>Substrattyp</b>			
– Abfolge einzelner Schichten (Torf, Anmoor, Mudde, mineralisch)	<b>x</b>	x	
– Mächtigkeit organischer Auflagen	<b>x</b>	x	x
– Tiefenlage und Mächtigkeit stauender Schichten		<b>x</b>	
<b>Substratart</b>			
– Art der Torfe, Mudden und mineralischer Unterlagerungen		x	
– Zersetzungsgrad / Konsistenz	x	x	
Gehalt an organischer Substanz	x (geschätzt)	x (geschätzt)	<b>x</b> (gemessen)
<b>Bodentyp</b>			
– Abfolge und Mächtigkeit von Bodenhorizonten			
– Ober- und Unterbodengefüge		<b>x</b>	(x) (Profil erforderlich)
<b>Verdichtungsschichten</b>			
		(x) (Profil erforderlich)	(x) (Profil erforderlich)
<b>Bodenfeuchte</b>			
Grundwasserflurabstand (Erfassung in unterschiedlicher Intensität)	<b>x</b> (abgeleitet, günstig im Frühjahr u. Spätsommer)	<b>x</b> (abgeleitet, günstig im Frühjahr u. Spätsommer)	<b>x</b> (regelmäßige Messungen über das gesamte hydrologische Jahr)
<b>Oberflächenrelief</b>			
– Geländehöhen im Verhältnis zur nächstgelegenen Vorflut		<b>x</b>	
Zeigerpflanzen	x	x	x



### 7.3.2.2 Ergänzende Untersuchungen von Vegetation und Wasserständen für die Beschreibung des Bodenzustandes

#### Vegetation

Die Art und Zusammensetzung von Vegetationsbeständen ist u. a. ein Abbild der am Standort wirksam werdenden Bedingungen der Bodenhydrologie, der Nährstoffversorgung oder Nutzungsintensität. Anhand von Pflanzenbeständen lassen sich Rückschlüsse auf stabile, schon über einen längeren Zeitraum wirksam werdende Standortbedingungen (Wasserhältnisse, Bodenentwicklungszustand) ziehen. Sie zeigen im Gegensatz zu punktuellen Untersuchungen, beispielsweise der Nährstoffsituation oder der Wasserstände, keinen Momentanzustand an.

Für die Einschätzung der aktuellen Bodenbedingungen sind pflanzensoziologische Untersuchungen oder die Wasserstufenkartierung nicht erforderlich. Vielmehr geht es darum, sich einen Überblick über die häufigsten Pflanzenarten zu verschaffen, charakteristische Zeigerpflanzen beispielsweise nach GOLDSCHMIDT (2000) zu identifizieren bzw. die Ellenberg'schen Zeigerwerte (ELLENBERG et al. 1992) anzuwenden. Dafür sind keine vollständigen Vegetationsaufnahmen (bestimmte Flächengröße in Abhängigkeit von der Vegetationsform, Aufnahme unterschiedlicher Schichten usw., vgl. auch PFADENHAUER 1993) notwendig. Häufige und für die Fläche charakteristische Arten können bei der Erstbegehung überblicksartig erfasst und während der Bohrstocksondierung in einem Umkreis von 1 bis 2 m aufgenommen werden. Dazu reicht es aus, die dominierenden Arten (3 bis 5) und Besonderheiten (z. B. Zustand Grasnarbe, Bestandesdichte) zu notieren.

Die sehr vereinfachte Erfassung der Vegetation soll zum einen die Charakterisierung des Bodenzustandes unterstützen und zum anderen der Einschätzung des Entwicklungspotenzials bestimmter Artengemeinschaften dienen. Knick-Fuchsschwanz-Queckenbestände in Senken und Mulden sind zum Beispiel auf Grünlandflächen ein Anzeichen für eine gestörte Wasserbewegung in Torfoberböden oder treten auf, wenn Mudden oberflächlich anstehen. Wenn Torfoberböden wasserundurchlässig werden oder Mudden an der Oberfläche stehen, so bedeutet das, dass auf den Flächen Degradierungsprozesse über Jahrzehnte gewirkt haben und Diasporenvorräte von Feuchtwiesenpflanzen (z. B. Kuckucks-Lichtnelke (*Lýchnis flos-cucúli*), Schlangen-Knöterich (*Bistorta officinális*)) nicht mehr vorhanden sind.

#### Wasserstände

Wasserstände und Staunässesituationen können sehr gut mithilfe der Bohrstocksondierung erkannt werden. Da abgeleitete Wasserstände aus Bohrkernen immer Momentaufnahmen sind, sollte zusätzlich geprüft werden, ob im betreffenden Untersuchungsraum Daten aus Wasserstandsmessungen vorliegen, die Aussagen zur Wasserstandsdynamik über einen mittel- bis längerfristigen Zeitraum erlauben (z. B. Landesämter, Wasser- und Bodenverband, Forschungseinrichtungen). Ist dies nicht der Fall, besteht aber die Möglichkeit, über einen bestimmten Zeitraum Wasserstandsmessungen durchzuführen, so sollten bei der Einrichtung der Messstellen folgende Hinweise unbedingt beachtet werden:

Eine den Vorschriften entsprechende Pegelrohrinstallation (DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES (DVGW) E.V. 1988, 2000; STAATLICHES AMT FÜR UMWELT UND ARBEITSSCHUTZ (STUA) OWL 2006) ist aus Kostengründen häufig nicht möglich. Um dennoch Wasserstandsmessungen durchführen zu können, werden vielfach einfache, zum Teil selbst hergestellte PVC-Rohre eingebaut (JESSEL et al. 2006). Bei der Installation auf flachgründigen und mudeunterlagerten Torfstandorten ist es schwierig, die Filterstrecke unter Berücksichtigung stauender und nicht stauender Bereiche festzulegen. Grad und Tiefe der Austrocknung von Mooroberböden und somit auch die Stauwirkung

können von Jahr zu Jahr schwanken. Weiterhin erschweren unterschiedlich stark ausgeprägte Verdichtungsschichten und ein hoher Muddeanteil in den Torfen eine Versickerung und können eine Ansammlung von Stauwasser bewirken. Neben der Schwierigkeit, innerhalb der Torfaufgabe stauende von nicht stauenden Bereichen zu trennen, ist zu bedenken, dass unterhalb der Mudde anstehendes, gespanntes Grundwasser bei Durchteufung dieser Schicht auf ein höheres Niveau aufsteigt. Um Wasserstandsmessungen ohne Einfluss von Oberflächenwasser bzw. gespanntem Grundwasser auf Torfstandorten durchzuführen, sollte die Filterstrecke unterhalb des stauend wirkenden Oberbodens beginnen und überhalb der Mudde enden. Eine Abdichtung, die eindringendes Oberflächenwasser in den gefilterten Bereich verhindert, ist bei wechselfeuchten Torfen häufig nicht einfach.

### **7.3.2.3 Extensivierungsmaßnahmen**

Die Ausführungen im Kapitel 7.3.2.1 beziehen sich auf die Planung von Vernässungsmaßnahmen. Für die Planung von Extensivierungsmaßnahmen auf Niedermoorböden, die Wiedervernässungen automatisch nach sich ziehen, sind weniger die Bodenparameter ausschlaggebend als vielmehr die Dichte und Zusammensetzung der Vegetationsbestände und die vorausgehende Dünge- und Nutzungsintensität. Eine Ausweisung von Stoffgehaltsklassen (Phosphor, Stickstoff, Kalium), von denen abhängig gemacht wird, ab wann für Niedermoorböden und humusreiche Mineralböden der Düngemittleinsatz zu reduzieren bzw. die Nutzungsintensität (Aushagerung) zu erhöhen ist, erscheint schwierig. Niederungsböden weisen in Abhängigkeit von ihrer Genese (z. B. mineralische Beimengungen, Anteil OBS), ihrer Entwicklung und nicht zuletzt witterungs- bzw. stoffumsetzungsbedingt unterschiedlichste Stoffgehalte auf, sodass Gehaltsklassen vielfach zu differenzieren wären. Die Planung von Extensivierungsmaßnahmen sollte vor allem auf der Auswertung der Nutzungsgeschichte und Zeigerpflanzen basieren. Untersuchungen von Nährstoffgehalten wären am ehesten für Erfolgskontrollen denkbar. Doch auch dafür schränken LUTHARDT et al. (2004: 110) die Eignung ein. Vor allem bei Vernässungsmaßnahmen ist der Stoffhaushalt sehr labil und schwankend, sodass Nährstoffgehalte zumindest in der Umstellungsphase nicht für die Kontrolle des Aushagerungszieles heranzuziehen sind. Eine Erfolgskontrolle sollte dann eher an Ertrag und Pflanzeninhaltsstoffen anknüpfen, welche nach LUTHARDT et al. (2003) relativ einfach zu bestimmen sind.

### **7.3.3 Kartierungsmethodik**

Nach der Erörterung des Aufwandes, mit dem einzelne Merkmale für bestimmte Planungsaufgaben zu erheben sind, stellt sich die Frage nach der Vorgehensweise bei der Bohrstocksondierung wie beispielsweise der räumlichen Anordnung und Dichte der Bohrpunkte.

Bei der Wahl eines Kartierungsverfahrens ist neben den Vor- und Nachteilen (ausführlich dazu in SCHLICHTING et al. 1995) zu berücksichtigen, dass es bei der hier zu planenden Bodenaufnahme nicht um die exakte Abgrenzung verschiedener Bodeneinheiten geht, sondern um die Erhebung planungsrelevanter Bodenmerkmale. Somit scheidet die Grenzlínienkartierung (vgl. Kapitel 3.2.4.1) für planungsbezogene Vor-Ort-Ansprachen ausgewählter Bodenmerkmale von vornherein aus.

Die auf den Beispielflächen im Polder "Götz-Gollwitz" vorgenommene Rasterkartierung ist mit einem Abstand von 50 x 50 m sehr detailliert. Eine solche Punktdichte ist geeignet, innerhalb der untersuchten Flächen kleinflächig homogene Bodeneinheiten abzugrenzen, was jedoch nicht Ziel der Arbeit war. Es stellt sich die Frage, welcher Punktabstand bzw. welche Ausrichtung ausgereicht hätte, um die Flächensituation hinreichend genau zu erfassen. Am Beispiel der Fläche 1 sind bei dem zu Grunde

gelegten Raster die x-Abstände (Rechtswert) vergrößert und die y-Abstände (Hochwert) beibehalten (und umgekehrt) bzw. die Punktabstände auf beiden Achsen zugleich vergrößert worden. Tabelle 28 gibt einen Überblick über die Veränderung der prozentualen Verteilung der Substratabfolgen (organische Auflagen) und Muddemächtigkeiten in Abhängigkeit von der veränderten Bohrpunkanzahl. Eine Analyse der Ergebnisse belegt, dass bei stark reduzierter Bohrpunkanzahl das grundsätzliche Verhältnis zwischen den Anteilen einzelner Substratgruppen in etwa gleich bleibt. Verschiebungen bei den Anteilen unterschiedlicher Torfmächtigkeiten (100 x 100 m / 150 x 150 m) oder Muddemächtigkeiten (200 x 50 m) ergeben sich, weil lokal besonders mächtige Ausprägungen durch das Raster "fallen". Die Differenzierung von Substratabfolgen nimmt mit zunehmender Rasterweite ab, was beispielsweise für die Untersuchung substrat- und landschaftsgenetischer Fragestellungen oder von Stoffströmen durchaus von Nachteil sein könnte, aber für planerische Arbeiten relativ bedeutungslos bleibt.

Tabelle 28: Veränderung der prozentualen Verteilung der Substratabfolgen (organische Auflagen) und Muddemächtigkeiten in Abhängigkeit von der veränderten Bohrpunkanzahl.

<b>Substratabfolge</b> <i>differenziert nach</i> <i>Mächtigkeit</i>	<b>50x50</b> <b>(174)</b>	<b>100x50</b> <b>(90)</b>	<b>150x50</b> <b>(60)</b>	<b>200x50</b> <b>(43)</b>	<b>50x100</b> <b>(90)</b>	<b>50x150</b> <b>(65)</b>	<b>100x100</b> <b>(46)</b>	<b>150x150</b> <b>(23)</b>	<b>Tran-</b> <b>sekte</b> <b>(57)</b>
<b>humoser Sand / ... /</b> <b>Flusssand</b> > 1 dm < 3 dm, Mudde > 0 - 5 dm	1,1	2,2	-	-	1,1	-	2,2	-	-
<b>organomineralische</b> <b>Mudde / ... / Fluss-</b> <b>sand, &gt; 4 dm -</b> <b>9 dm</b>	8,6	7,8	10,0	2,3	8,9	9,2	8,7	13,0	5,3
<b>Anmoor / ... / Fluss-</b> <b>sand</b>	28,6	31,0	31,7	34,9	27,6	26,0	34,7	21,5	20,9
>= 1 dm < 3 dm	14,9	14,3	10,0	11,6	14,3	13,7	15,1	8,6	8,7
>= 3 dm < 5 dm	13,7	16,7	21,7	23,3	13,3	12,3	19,6	12,9	12,2
<b>Torf / ... / Flusssand</b>	61,7	58,9	58,3	62,7	62,2	64,6	54,2	65,0	73,7
>= 1,3 dm < 3 dm	8,6	6,7	8,3	4,6	7,8	6,2	4,3	-	17,5
>= 3 dm < 5 dm	27,3	23,4	25,1	30,3	25,6	35,5	21,7	43,4	22,8
>= 5 dm < 7 dm	16,6	22,2	15,0	20,9	21,1	12,2	26,0	8,6	21,1
>= 7 dm < 15 dm	9,2	6,6	9,9	6,9	7,7	10,7	2,2	13,0	12,3
<b>Muddemächtigkeiten</b>									
keine Mudde	14,0	16,7	15,0	25,6	17,7	16,9	21,7	17,4	14,0
> 0 < 1 dm	8,5	8,8	10,0	7,0	5,6	7,7	6,5	8,7	12,3
> 1 dm < 3 dm	32,2	33,3	36,7	37,2	31,1	29,2	34,8	26,1	40,3
> 3 dm < 5 dm	22,4	20,0	13,3	18,6	22,2	20,0	17,4	13,0	24,6
> 5 dm	16,1	16,7	16,7	9,3	17,7	16,9	19,6	21,7	12,2
Überflutungssedi- mente	6,8	4,4	8,3	2,3	5,6	9,2	-	13,0	-

Aus diesen Betrachtungen abgeleitet, hätten ein Raster von 200 x 50 m (43 Bohrpunkte) und 150 x 150 m (23 Bohrpunkte) oder vier an die Struktur angepasste, von Ost nach West verlaufende Transekte (y12, y9, y7, y4, x-Abstand 50 m, siehe Abbildung 11) für die Erfassung des Charakters der Fläche 1 ausgereicht. Schwankende Torf- und Muddemächtigkeiten, die Entwicklung von Folgeböden etc. wären hinreichend zu erkennen gewesen. Das Transektbeispiel mit insgesamt 57 Bohrungen weist

gegenüber anderen Varianten einen erhöhten Torfanteil auf. Für die Berechnung der Substratverteilung sind die vier Einzeltransekte nachträglich so gewählt worden, dass sie den östlichen mineralischen Bereich (Lage des Profils 4) bewusst ausschließen.

Die Anordnung und der Abstand von Bohrpunkten müssen von Planungsbüros in der Regel aus der Auswertung vorhandener Bodenkarten, Orthofotos und der Geländevorerkundung abgeleitet werden. Hinweise aus Bodenkarten, Geländehöhen (Topografische Karten, Vorerkundung oder Geländemodell) und die Vegetation (Vorerkundung) helfen, homogene und heterogene Bereiche zu unterscheiden. Wären die drei Beispielflächen im Auftrag eines Planungsbüros kartiert worden, so hätte die Bearbeiterin in den höher gelegenen, homogenen, von Gewöhnlicher Quecke (*Elytrigia répens*) und Saatgras bewachsenen Bereichen nur wenige Punkte gesetzt, um die Humosität der Standorte zu prüfen. Für die Erkundung heterogener Teilflächen (hier vor allem Fläche 1), die Torfvorkommen erwarten lassen, wären wenige Transektvarianten mit vorrangig an die Geländestruktur angepassten Abständen gewählt worden. Für die Fläche 2 hätten zwei in Ost-West-Richtung verlaufende Transekte mit Mindestpunktabständen von 150 m (z. B. y23 und y27), die im Übergang zur Moorrinne zu verdichten sind, ausgereicht. Auf der Fläche 3 würde ein in Süd-Nord-Richtung verlaufendes Transekt (z. B. x17, x22) die aktuelle Situation auf der gesamten Fläche (Bodenerosion, keine Niedermoorböden im tiefer liegenden Bereich) ausreichend widerspiegeln. Für die gezielte Überprüfung der Humosität des unteren Flächenteils hätten sehr wenige Einschläge ausgereicht.

Aus den Ergebnissen ableitbare und für die Praxis allgemeingültige Aussagen beschränken sich auf flachgründige Moorstandorte und bleiben dabei dennoch nur relativ grob. Genaue Angaben über den Punktabstand und die -anzahl sind nicht ableitbar. Es entscheidet immer die konkrete Geländesituation über den tatsächlichen Aufwand. **Erfahrene Kartierer** werden in der Regel Bohrungen nicht nach einem rasterförmigen Netz vornehmen, sondern ihre geomorphologischen und vegetationskundlichen Kenntnisse nutzen und **vorrangig strukturangepasste, linienförmige Messnetze wählen** (BARSCH et al. 2000, SCHLICHTING 1995). Für planerische Zwecke erscheint es auf heterogenen Flächen sinnvoll, insbesondere die Catenenkartierung (ungleichmäßige Punktabstände) bzw. Transekte (gleicher Punktabstand) mit der luftbildunterstützten Punktkartierung zu kombinieren oder ggf. durch ein weiträumiges Raster zu ergänzen. Bei der Ausrichtung und Dichte der Punktabstände helfen das Relief und v. a. die Vegetation. Ein markanter Wechsel in der Vegetationszusammensetzung (z. B. Übergang Flutrasen in Quecke-Saatgraslandbestände oder in Seggenbestände) zeigt deutlich Änderungen der Bodenverhältnisse an. Auch hier gilt die Faustregel: geringe Bohranzahl und größere Abstände bei homogenem Relief- und Vegetationsbild; in heterogenen Bereichen gezielte Überprüfung erwartbarer Zusammenhänge zwischen Relief-, Vegetation- und Bodenverhältnissen durch höhere Punktdichte und Übertragung auf nicht untersuchte Flächen. **Rasterförmige Messnetze**, die bekannte, konkrete räumliche Gegebenheiten (Relief, Vegetation) nicht berücksichtigen, sollten nur **von unerfahrenen Kartierern bzw. auf homogenen Flächen geplant werden**. Dabei sind Punktabstände zwischen 100 m und 200 m ausreichend. Der Kartierer muss selbst entscheiden, ob und wie er die Rasterweite kombiniert. Die am Beispiel der Fläche 1 ermittelten Rasterweiten sind flächenspezifisch, können aber als Orientierung für andere flachgründige, entwässerte Moorstandorte dienen.

Eine weitere Orientierung für die Weite eines Bohrpunktrasters bietet nach ZEITZ (1995) der genetisch-hydrologische Moortyp (vgl. SUCCOW & JOOSTEN 2001). Für Versumpfungsmoore bzw. Bereiche, in denen Überflutungs- und Verlandungsmoore nebeneinander auftreten, sollten die Abstände enger als beispielsweise bei Durchströmungsmooren gefasst werden. Letzterer Moortyp ist wesentlich homo-

gener aufgebaut. Sind im Hinblick auf die Nutzungsgeschichte großflächige Degradierungen zu erwarten, so würde ebenfalls ein weites Raster ausreichen. Altkartierungen erfolgten in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts im Abstand von 100 x 100 m (ZEITZ 1995).

Für Untersuchungen auf Moorbodenstandorten wurde von der AKADEMIE DER LANDWIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN DER DDR - FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHEBERG (1989) empfohlen, mit Bohrungen im größeren Abstand zu beginnen und bei hoher Heterogenität das Messnetz zu verengen. Dass heißt, der Abstand war zu halbieren, wenn sich die Moormächtigkeit zwischen zwei Sondierungen mehr als verdoppelte.

Anderer Auffassung über die Verteilung der Bohrpunkte bei der Kartierung von Boden- und Flächenmerkmalen im Rahmen der Bewertung von Bodenfunktionen ist FREIE UND HANSESTADT HAMBURG - BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT (2003: 4f.). Die Autoren schlagen vor, in einem ersten Schritt über eine Formel die von der Nutzung und Flächengröße abhängige Anzahl von Bohrpunkten zu errechnen. Danach wird ein Punktraster mit einem Abstand von 20 m bzw. 10 m (je nach Planungsmaßstab) über das Planungsgebiet gelegt und mit einem Zufallsverfahren die erforderliche Anzahl aus diesem Raster ausgewählt. Mit dieser Vorgehensweise soll eine gutachterliche (subjektive) Festlegung der Punkte minimiert werden. Der Nachteil dieser Methode wird seitens der Bearbeiterin darin gesehen, dass bestimmte, zum Beispiel reliefbedingte Bodenausprägungen "zufällig" nicht erfasst werden oder die Punkte in gestörten Bereichen liegen.

## 7.4 Kosten der Informationsbeschaffung

### 7.4.1 Zeitlicher und finanzieller Rahmen

Empfehlungen für eine anzustrebende Erhebungsdichte können nur sehr allgemein gehalten werden. Eine Dichte von vier Einschlügen pro Hektar ist für die Überprüfung des aktuellen Zustandes nicht erforderlich. Hingegen werden ein bis fünf Einschlüge pro 100 ha (0,01-0,05 E / ha), die bei bisheriger Kostenkalkulation gerade noch bezahlbar wären, fachlich als nicht ausreichend betrachtet. Im Mittel sollte eine Bohrpunkanzahl zwischen 0,3 und 0,6 pro Hektar angestrebt (farbliche Markierung in Tabelle 32) und 1,0 nicht überschritten werden. Dem Primat der Wirtschaftlichkeit unterlegen, wird ein Kartierer in der einen oder anderen Situation mit einer bestimmten Anzahl von Bohrpunkten auskommen müssen, sodass nicht auf allen Flächen beispielsweise Transektkartierungen, sondern nur einzelne Punkterhebungen möglich sind.

Einzelne punktuelle Erhebungen werden zum Beispiel für die Überprüfung vorhandener Moormächtigkeiten im Rahmen der Grundlagenermittlung für die Aufstellung bzw. Fortschreibung von Landschaftsplänen als ausreichend betrachtet. Auch auf Flächen, auf denen sich voraussichtlich mineralische Folgeböden entwickelt haben, reichen wenige Bohrungen zur Kontrolle aus. Sobald für Flächen konkrete Maßnahmenkonzepte zu erarbeiten sind, sollte die Anordnung von Punkten räumlich konkretisiert werden, in dem sie nach vorhandenen Strukturen ausgerichtet werden oder sich in bestimmter Entfernung zu Gräben und Staueinrichtungen befinden.

Für die detaillierte Bohrstocksondierung im 50 x 50 m-Raster auf den Testflächen im Polder "Götz-Gollwitz" sind von der Bearbeiterin und einer wissenschaftlichen Hilfskraft jeweils 136 Arbeitsstunden aufgebracht worden. 36 Stunden kommen pro Person für die Profilaufnahmen hinzu. Der auf die einzelnen Flächen bezogene Aufwand ist in der Tabelle 29 dokumentiert. Aufgrund der Substratvielfalt und kleinteiligen Heterogenität dauerte die Aufnahme eines Bohrpunktes auf der Fläche 1 durchschnittlich 1,5 bzw. 1,8-mal länger als auf den Flächen 2 und 3. Bei einem mittleren Zeitaufwand von 14 min konnten somit auf der Fläche 3 vier Einschlüge pro Stunde geschafft werden, während auf der Fläche 1 für die vollständige Dokumentation (vgl. Anhang 1) ein durchschnittlicher Zeitaufwand von 25 min erforderlich war, und somit nur etwas mehr als zwei Bohrpunkte pro Stunde erfasst wurden. Bei sehr homogenen Bodenverhältnissen und eingestellter Routine (z. B. Fläche 3) war die Aufnahme bis zu 40 Bohrpunkten pro Arbeitstag möglich.

Bei der Berechnung des Zeitaufwandes ausgewählter, vom 50 x 50 m-Raster abweichender Kartiervarianten (vgl. ebenfalls Tabelle 29) wurde der Zeitbedarf für die verlängerte Wegestrecke zwischen weiter aus einander liegenden Punkten (100 m oder 150 m) durch die Erhöhung des Zeitaufwandes von 1 bis 4 min pro Bohrstockeinschlag berücksichtigt. Weite Wegestrecken reduzieren zwar die Leistung pro Arbeitsstunde, jedoch nimmt bei geringerer Bohrpunktzahl der Zeitaufwand bezogen auf einen Hektar deutlich ab. Sind für die Kartierung im 50 x 50 m-Raster pro Hektar 1,8 Arbeitsstunden notwendig (Fläche 1), so reduziert sich der Aufwand bei 100 m bzw. 150 m Abständen auf 0,5 und 0,3 Arbeitsstunden pro Hektar.

Während die Ausrichtung und der Abstand von Bohrpunkten entscheidend von der konkreten Geländesituation (Moortyp, Nutzungsgeschichte, Relief und Vegetation) und Flächenumfang abhängen, so ist der daran gebundene und von der Substratfolge abhängige Zeitaufwand pro Hektar eine elementare Größe für die Berechnung der anfallenden Kosten. Tabelle 29 veranschaulicht die große Differenz, die sich zwischen der Raster- und "wenige Punkte"-Kartierung aufspannt. Die Erfassung im

Polder "Götz-Gollwitz" ohne Datenaufbereitung und -auswertung hätte bei Bezahlung der Bearbeiterin nach HOAI (2002) zusammen mit der wissenschaftlichen Hilfskraft über 8750 Euro zzgl. Nebenkosten (Benzin) und Mehrwertsteuer gekostet. Im Vergleich dazu ist der Aufwand mit 915 Euro um das 9,5-fache niedriger, wenn auf der Fläche 1 im 150 x 150 m-Raster und auf den Flächen 2 und 3 jeweils in der Variante "A" kartiert worden wäre.

Tabelle 29: Zeit- und Kostenaufwand unterschiedlicher Kartiermethodiken.

	50 x 50 m Raster			Varianten Fläche 1			Varianten Fläche 2		Varianten Fläche 3	
	Fl_1	Fl_2	Fl_3	Trans.	100x100	150x150	y23, y27	A	x17, x22	A
Flächengröße in ha	40	31	24	40	40	40	31	31	24	24
<b>Bohrstockeinschläge</b>										
Anzahl	174	141	103	57	46	23	27	17	20	3
Arbeitstage (1 Tag = 8 h)	9	5	3	3,1	2,6	1,4	1	0,7	0,6	0,1
Arbeitsstunden	72	40	24	25	21	11	7,8	5,4	4,6	0,75
Einschläge pro Tag	19,3	28,2	34,3	18	17	16	27	-	-	-
Einschläge pro h	2,4	3,5	4,3	2,3	2,2	2	3,5	3,1	4,3	4
Zeit in min pro Ein- schlag	25	17	14	26	27	29	17	19	14	15
Einschläge pro ha	4,4	4,5	4,3	1,4	1,1	0,6	0,9	0,5	0,8	0,12
Stunden pro ha	1,8	1,3	1	0,6	0,5	0,3	0,25	0,17	0,19	0,03
<b>Kosten</b>										
<b>pro ha</b>										
Mitarbeiter, Mindest- satz 36 €/h (HOAI § 6 Abs. 2)	64,80	46,80	36,00	21,60	18,00	10,80	9,00	6,12	6,84	1,08
Technischer Mitarbei- ter, Mindestsatz 31 €/h (HOAI § 6 Abs. 2)	55,80	40,30	31,00	18,60	15,50	9,3	9,1	5,27	5,89	0,93
Kosten wiss. Hilfskraft 14,80 €/h	26,64	19,24	14,80	8,80	7,40	4,44	3,70	2,50	2,81	0,44
<b>Profile</b>										
Anzahl	5	2	2							
Tage	2,5	1	1							
Arbeitsstunden	20	8	8							
<b>Gesamtkosten</b>										
Mitarbeiter Bohrstock	2592	1450	864			432		190		26
Mitarbeiter Profile	720	288	288			-		-		-
Hilfskraft Bohrstock	1066	596	355			178		78		11
Hilfskraft Profile	296	118	118			-		-		-
Kosten in € pro Fl.	4674	2452	1625			610		268		37
Kosten in € pro ha	116,8	79,10	67,71			15,25		8,65		1,54
	8751 €			915 €						
Erläuterungen	Variante A, Fläche 2:			Abstanderweiterung im mineralischen Bereich auf 100 m, Bei- behalt 50 m im Bereich der Moorrinne y27: 4 mineralisch, 4 Moor; y23: 6 mineralisch, 3 Moor						
	Variante A, Fläche 3:			3-5 Kontrollbohrungen im unteren Flächenbereich						

Punktdichte und Zeitangaben aus der Tabelle 29 werden im Folgenden für die Überprüfung, inwieweit bodenkundliche Vor-Ort-Erhebungen nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI 2002) tatsächlich bezahlbar sind, herangezogen. Nach § 2 Abs.1 HOAI werden Leistungen, die in Leistungsbildern zusammengefasst sind, in Grund- und Besondere Leistungen gegliedert. Zu den Grundleistungen gehören solche, „... die zur ordnungsgemäßen Erfüllung eines Auftrages im Allgemeinen erforderlich sind.“ Sie werden in einzelne Leistungsphasen wie (I) Klären der Aufgabenstellung, (II) Ermitteln der Planungsgrundlagen, (III) vorläufige Planung etc. zusammengefasst. Die Spannen des Honorars für Grundleistungen hängen vom Schwierigkeitsgrad der zu erarbeitenden Pläne (Honorarzone I-III) und der Größe des zu beplanenden Gebietes ab.

In der Spalte 2 der Tabelle 30 sind Auszüge aus der Honorartafel für Landschaftspläne, Landschaftspflegerische Begleitpläne sowie Pflege- und Entwicklungspläne mittleren Schwierigkeitsgrades (Honorarzone II) zusammengestellt. Entsprechend der in den einzelnen Paragraphen aufgelisteten Anteile (in Vomhundertsätzen) am Honorar enthält Spalte 3 den niedrigsten und höchsten in Vomhundertsatz, der für die Leistungsphase II veranschlagt werden kann. Da sich diese bei Landschaftsplänen und Landschaftspflegerischen Begleitplänen in die Bestandsaufnahme, Bewertung und zusammenfassende Darstellung aufgliedern, sind die Honorarspannen für die reine Erfassungsleistung auf ein Drittel reduziert (Spalte 4). Eine weitere Reduzierung auf 1/11 (bzw. 1/7 bei Pflege- und Entwicklungsplänen) ergibt sich, weil mit dem Honorar nicht nur der Boden, sondern die Erfassung weiterer Landschaftsfaktoren, Flächennutzungen oder kulturhistorisch bedeutsamer Objekte (vgl. Erläuterungen zur Tabelle 30) abgegolten wird. Der in Spalte 5 errechnete Preis pro Hektar bleibt letztlich übrig, mit dem rein rechnerisch, bei fehlender Gewichtung einzelner Landschaftsfaktoren etc., Bodenerfassungen honoriert werden.



Tabelle 30: Auszüge aus Honorartafeln für Grundleistungen bei Landschaftsplänen, Landschaftspflegerischen Begleitplänen sowie Pflege- und Entwicklungsplänen nach HOAI 2002 mit Konkretisierung der Leistungsphase II für den Boden.

(Honorarzone II)	Mindest- und Höchstsätze	Leistungsphase II	Komponente Boden	
1	2	3	4	5
Landschaftsplan		20 - 37 in v. H. der Honorare (§ 45 a Abs. 1) bis zu 60 v. H (§ 45 a Abs. 6)	1/3 <sup>(1)</sup> Bestandsaufnahme <sup>(2)</sup>	€/ ha
1.000 ha	Honorartafel zu § 45 b Abs. 1 13.779 - 16.080 €	2.756 - 3.216 € 5.098 - 5.950 € 8.267 - 9.648 €	85 - 99 € 158 - 184 € 256 - 298 €	0,09 - 0,10 0,16 - 0,18 0,26 - 0,30
1.600 ha	19.915 - 23.228 €	3.983 - 4.646 € 7.369 - 8.594 € 11.949 - 13.937 €	123 - 144 € 228 - 266 € 370 - 431 €	0,08 - 0,09 0,14 - 0,17 0,23 - 0,27
Landschaftspflegerische Begleitplanung (Honorarzone II)	sinngemäß Honorartafel zu § 48 b Abs.1	15 - 22 in v. H. der Honorare (§ 49 a Abs. 1)	1/3 <sup>(1)</sup> Bestandsaufnahme <sup>(2)</sup>	
50 ha	8.416 - 9.934 €	1.262 - 1.491 € 1.851 - 2.185 €	39 - 46 € 57 - 68 €	0,78 - 0,92 1,14 - 1,36
250 ha	18.453 - 21.970 €	2.768 - 3.296 € 4.060 - 4.833 €	85 - 102 € 126 - 150 €	0,34 - 0,41 0,50 - 0,60
1.500 ha	62.009 - 75.789 €	9.301 - 11.368 € 13.642 - 16.674 €	287 - 352 € 422 - 516 €	0,19 - 0,23 0,28 - 0,34
Pflege- und Entwicklungspläne (Honorarzone II)	Honorartafel zu § 49 d Abs. 1	20 - 50 in v. H. der Honorare (§ 49 c Abs. 1)	1/2 <sup>(3)</sup> Bestandsaufnahme <sup>(4)</sup>	
50 ha	10.625 - 15.932 €	2.125 - 3.186 € 5.313 - 7.966 €	149 - 223 € 372 - 558 €	2,98 - 4,46 7,44 - 11,16
250 ha	20.311 - 30.468 €	4.062 - 6.094 € 10.156 - 15.234 €	284 - 427 € 711 - 1066 €	1,14 - 1,71 2,84 - 4,26
1.500 ha	37.285 - 55.930 €	7.457 - 11.186 € 18.643 - 27.965 €	522 - 783 € 1.305 - 1.958 €	0,35 - 0,52 0,87 - 1,30

#### Erläuterungen

<sup>(1)</sup> Leistungsphase II (Ermitteln der Planungsgrundlagen) umfasst a) Bestandsaufnahme, b) Bewertung und c) zusammenfassende Darstellung in Text und Karten

<sup>(2)</sup> Neben dem Boden als einer von vielen Landschaftsfaktoren (Relief, Geologie, Gewässer, Klima, Tiere und Pflanzen und deren Lebensräume) werden darüber hinaus Schutzgebiete, vorhandene und geplante Nutzungen, das Landschaftsbild oder kulturhistorisch bedeutsame Objekte erfasst. Der Boden wird mit 1/11 zur Anrechnung gebracht.

<sup>(3)</sup> Leistungsphase II (Ermitteln der Planungsgrundlagen) umfasst a) Erfassen und Beschreiben der natürlichen Grundlagen und b) Ermitteln von Beeinträchtigungen

<sup>(4)</sup> hier nur Erfassung der natürlichen Grundlagen (Relief, Geologie, Boden, Gewässer, Klima, Tiere- und Pflanzen und deren Lebensräume). Der Boden wird mit 1/7 zur Anrechnung gebracht.

in v. H. = in Vomhundertsätzen

In der Tabelle 31 sind beispielhaft die nach HOAI (2002) zahlbaren Honorare pro Hektar den anfallenden Kosten, die bei Kartierung der favorisierten Varianten im Beispielgebiet (150 x 150 m-Raster und jeweils Variante "A", Tabelle 29) entstehen würden, gegenübergestellt. Auf der Ebene der Erstellung von Landschaftsplänen wäre zum einen eine solche Kartierung, wie sie auf den Beispielflächen vorgenommen wurde (50 x 50 m-Raster), nicht bezahlbar, zum anderen auch nicht erforderlich. Bei Annahme der Honorarspannen wären auf 50 ha zwei Bohrungen im mineralischen und eine im torfigen Substrat, vorgenommen durch eine wissenschaftliche Hilfskraft, bezahlbar. Die Punktdichte würde 4 E/100 ha bzw. 2 E/100 ha betragen (E = Einschläge). Ein Mitarbeiter könnte erst dann mit einer Punktdichte von 1 E/100 ha (Moorflächen) rentabel arbeiten, wenn der Höchstsatz von 60 in v. H. vereinbart worden wäre.

Hätten die Beispielkartierung als Grundlagenerhebung im Rahmen der Landschaftspflegerischen Begleitplanung stattgefunden, so wären die entstandenen Kosten für die Fläche 3, jedoch nicht für die Flächen 1 und 2 gedeckt. Mit den nach diesem Rechenbeispiel zur Verfügung stehenden Mitteln könnte ein Mitarbeiter auf einer Moorfläche 3-4 Bohrpunkte (50 ha) erfassen und damit eine Punktdichte von 6 E/100 ha erreichen. Bei Bezahlung einer wissenschaftlichen Hilfskraft wäre bei vergleichbarem Leistungsniveau eine Punktdichte von 14-18 E/100 ha möglich. Erst bei Pflege- und Entwicklungsplänen decken sich die errechneten Honorarspannen mit den anfallenden Kosten. D. h., ein Mitarbeiter könnte auf Fläche 1 im 150 x 150 m-Raster allerdings erst dann kartieren (60 E/100 ha), wenn der Berechnung der Höchstsatz zugrunde läge. Für eine wissenschaftliche Hilfskraft hingegen würde der Betrag ausreichen, um Kartierungen im 100 x 100 m-Raster oder in Form von Transekten vorzunehmen (Punktdichte bis 150 E/100 ha).

Tabelle 31: Bewertung ausgewählter Honorarspannen im Hinblick auf die Deckung der durch Bodenkartierung entstehenden Kosten.

	Beispielflächen "Götz-Gollwitz"	Alternativen
<b>Landschaftsplan</b> <b>1.000 ha</b> €/ha 0,09 - 0,10 (22 in v. H.) 0,16 - 0,18 (37 in v. H.) 0,26 - 0,30 (60 in v. H.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Kosten pro Hektar für eine Erhebung auf den Beispielflächen nach den favorisierten Varianten Fl. 1, 150 m Raster, <b>0,6 E/ha</b>; Fl. 2, Variante A, <b>0,5 E/ha</b> und Fl. 3, Variante A, <b>0,12 E/ha</b> sind nicht abgedeckt.</li> <li>– Der Verdienst läge bei:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– 0,33 - 1,10 €/h (Fläche 1)</li> <li>– 0,52 - 1,72 €/h (Fläche 2)</li> <li>– 2,88 - 9,60 €/h (Fläche 3)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bei 0,14 €/ha und Hochrechnung auf 50 ha, wären bei Bezahlung einer <b>wiss. Hilfskraft</b>stunde zwei Bohrungen im Mineralischen und eine im Torfsubstrat (<b>0,04 E/ha</b> bzw. <b>0,02 E/ha</b>) möglich.</li> <li>– Bei 0,18 €/ha und Hochrechnung auf 50 ha wären bei Bezahlung einer Mitarbeiterstunde eine Bohrung im Mineralischen und keine im Torfsubstrat möglich. Die doppelte Leistung wäre bezahlbar, wenn der Höchstsatz (60 in v. H.) mit 0,30 €/ha ausgereizt würde.</li> </ul>
<b>Landschaftspflegerische Begleitplanung</b> <b>50 ha</b> €/ha 0,78 - 0,92 (15 in v. H.) 1,14 - 1,36 (22 in v. H.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Auf Basis von 0,92 €/ha hätten einer <b>wiss. Hilfskraft</b> die doppelte Anzahl von Bohrpunkten (6) auf Fläche 3 (<b>0,25 E/ha</b>) bezahlt werden können.</li> <li>– Der veranschlagte Höchstsatz von 22 in v. H. (1,14 - 1,36 €/ha) reicht zur Bezahlung eines <b>Mitarbeiters</b>, der auf Fläche 3 Variante A (3 Bohrpunkte) kartiert (<b>0,12 E/ha</b>).</li> <li>– Die Kartierungskosten für die Flächen 1 und 2 sind nicht gedeckt.</li> <li>– Der Verdienst läge bei:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– 2,84 - 4,94 €/h (Fläche 1)</li> <li>– 4,48 - 7,8 €/h (Fläche 2)</li> <li>– 24,96 - 43,52 €/h (Fläche 3)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Werden im Mittel 1,07 €/ha veranschlagt und auf 50 ha hochgerechnet, dann könnten durch einen <b>Mitarbeiter</b> etwa 3 Bohrpunkte auf Moorflächen bearbeitet werden (<b>0,06 E/ha</b>). Verfügt eine <b>wiss. Hilfskraft</b> über ein vergleichbares Leistungsniveau, dann wären für sie 3,5 Arbeitsstunden bezahlbar und die Erhebung von ca. 7 Bohrpunkten auf Moorflächen (<b>0,14 E/ha</b>) oder das Doppelte auf Mineralböden möglich.</li> <li>– Bei 1,36 €/ha könnte ein Mitarbeiter maximal einen Bohrpunkt mehr erheben. Bei einer <b>wiss. Hilfskraft</b> erhöht sich die bezahlbare Arbeitszeit um 1 Stunden und damit die Bohrpunkanzahl auf 9 (<b>0,18 E/ha</b>).</li> </ul>
<b>Pflege- und Entwicklungspläne</b> <b>50 ha</b> €/ha 2,98 - 4,46 (20 in v. H.) 7,44 - 11,16 (50 in v. H.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bei veranschlagten 20 in v. H. der Honorare werden die Kosten für einen Mitarbeiter, der die Variante A auf Fläche 2 und 3 kartiert, gedeckt. Die Kosten für eine <b>wiss. Hilfskraft</b> für die Kartierung im 150 x 150 m-Raster (<b>0,6 E/ha</b>) auf der Fläche 1 wären annähernd bezahlbar.</li> <li>– Die Bearbeitung der Fläche 1 durch einen Mitarbeiter wäre erst bezahlbar, wenn der Höchstsatz angesetzt wird. Einer <b>wiss. Hilfskraft</b> könnte hingegen die doppelte Arbeitszeit bezahlt werden. D. h., auf Fläche 1 könnte sie statt im 150 im 100 m-Raster (<b>1,2 E/ha</b>) oder die Transektvariante (<b>1,4 E/ha</b>) kartieren.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Werden 4,46 €/ha veranschlagt, dann sind für einen <b>Mitarbeiter</b> sechs Stunden bezahlbar. Er könnte mindestens 12 Bohrpunkte erfassen und erreicht eine Dichte von <b>0,24 E/ha</b>.</li> <li>– Bei dem Maximalbetrag von 11,16 €/ha und hochgerechnet auf 50 ha könnte ein <b>Mitarbeiter</b> 15 Stunden arbeiten und eine Punktdichte von <b>0,6 E/ha</b> erreichen.</li> <li>– Eine <b>wiss. Hilfskraft</b> könnte mit 37 bezahlbaren Arbeitsstunden 75 Bohrpunkte auf 50 ha erfassen und damit eine Dichte von <b>1,5 E/ha</b> erreichen.</li> </ul>

Die Rechenbeispiele verdeutlichen, dass umfangreichere Kosten für bodenkundliche Vor-Ort-Erhebungen nur bei Honorarspannen, die für die Erarbeitung von Pflege- und Entwicklungsplänen gelten, abgedeckt werden. D. h., auf dieser Ebene wären auch seitens eines höher bezahlten Mitarbeiters Erhebungen mit einer Dichte bis zu 60 E/100 ha möglich, während bei Honorarspannen für die Grundlagenerhebung bei Landschaftspflegerischen Begleitplänen bzw. Landschaftsplänen nur Dichten bis 6 E/100 ha bzw. 1 E/100 ha und somit keine 150 x 150 m-Raster realisierbar sind.

Die derzeitigen Kostenansätze sind für die Grundlagenermittlung bei Landschaftsplänen für Gebiete mit geringem Anteil von Niedermoorböden ausreichend. Landschaftspläne haben die Aufgabe, aufbauend auf der Bestandserfassung vor allem Vorstellungen auf der Zielebene zu entwickeln, die auf der konkreten Maßnahmenebene weiterzuentwickeln bzw. auch zu überprüfen wären. Mit Blick auf die Zielebene könnte die Auffassung vertreten werden, dass Vor-Ort-Erhebungen in der Landschaftsplanung nicht erforderlich und die Auswertung von Kartengrundlagen ausreichend seien. Dies mag für Gebiete mit geringer Bodenüberprägung, zum Beispiel flachwellige Moränenstandorte, zu treffen. Wenn ein Planungsgebiet jedoch einen großen Anteil an Niedermoorböden aufweist und dieses Gebiet potenzielle Bedeutung für die Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen hat, dann ist es sinnvoll, mit wenigen gezielten Bohrungen die aktuelle Moormächtigkeit zu überprüfen. Gerade wenn der Landschaftsplan dazu dienen soll, Ziele für Maßnahmen aus der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung und potenzielle Bereiche für deren Umsetzung aufzuzeigen, dann sollten die Angaben für eine gezielte Flächenvorauswahl so realistisch wie möglich sein. Außerhalb von Niederungsgebieten können Erfassungen des Schutzgutes Bodens durch Vor-Ort-Erhebungen auf spezifische Fragestellungen beschränkt werden.

Anders stellt sich es sich für die Ebene der Maßnahmenplanungen dar. Insbesondere bei der Aufstellung Landschaftspflegerischer Begleitpläne reichen die derzeitigen Kostenansätze nicht aus. Für die Bilanzierung des Kompensationsumfanges muss die Bodenausprägung sowohl auf der Ausgangsfläche als auch auf der Kompensationsfläche erfasst werden. Dies gilt nicht nur für Niederungsböden, sondern für alle Böden. Vorliegende Beeinträchtigungen sind nicht aus mittel- und großmaßstäbigen Kartengrundlagen abzuleiten. Daher besteht für die Ebene der Maßnahmen die besondere Notwendigkeit, finanzielle Mittel zur Begleichung der Kosten aufzubringen.

Bei der Suche nach einer anzustrebenden Erhebungsdichte bzw. einem vertretbaren Kostenaufwand pro Hektar dürfen mehrere wichtige Aspekte nicht außer acht gelassen werden:

- variable Honorarspanne nach Größe und Schwierigkeitsgrad des zu beplanenden Gebietes: Die Rechenbeispiele basieren auf Honorarspannen für einen relativ kleinen Flächenumfang bei mittlerem Schwierigkeitsgrad. Zwar erhöhen sich die Honorare bei hohem Schwierigkeitsgrad noch einmal, generell nehmen jedoch die verfügbaren Mittel pro Hektar mit zunehmender Flächengröße ab (vgl. verschiedene Flächengrößen in Tabelle 30). Bei großen Plangebietes mit hohem Mooranteil muss mit einem geringeren Honorar pro Hektar ausgekommen werden als bei kleinen Gebieten mit vergleichbarem Mooranteil. Die Punktdichte würde sich folglich stark reduzieren. Die Rechenbeispiele, zumindest was das veranschlagte Honorar betrifft, können nicht automatisch auf größere Flächen übertragen werden.
- Gewichtung der Landschaftskomponenten: Bei der Berechnung der zu veranschlagenden Honorarspanne für die Komponente Boden ist von einer gleichen Gewichtung aller zu betrachtenden Landschaftskomponenten, Nutzungen etc. ausgegangen worden. In der Planungspraxis (Landschaftsplanung) verschiebt sich der Zeitaufwand für Erhebungen in der Regel zugunsten der

Komponenten Arten und Biotope oder auch der Realnutzung. Klima, Geologie und Boden werden hingegen mit deutlich geringerem Zeitaufwand erarbeitet. Auch bei der Erarbeitung der Grundlagen für die Erstellung Landschaftspflegerischer Begleitpläne oder Pflege- und Entwicklungspläne werden je nach Sachlage bei einzelnen Schutzgütern Erhebungsintensitäten priorisiert.

- **Leistungsniveau der Mitarbeiter:** Der den Rechenbeispielen zugrunde gelegte Zeitaufwand pro Bohrstockeinschlag basiert auf durchschnittlichen Erfahrungswerten der Bearbeiterin. Bei sehr routinierten Kartierern und / oder unvollständiger Erhebung von Parametern (z. B. nur der Substrattyp oder Wasserstand) ist der Zeitaufwand niedriger anzusetzen. Bei unerfahrenen Kartierern ist ein höherer Zeitaufwand zu veranschlagen. Dieser hängt zudem, wie in Tabelle 29 bereits berücksichtigt, von der zurückzulegenden Wegestrecke zum nächsten Punkt ab. Bohrstocksondierungen werden häufig zu zweit durchgeführt, sodass diese aufgrund ausgewogener Kräfteverhältnisse insgesamt zügiger voranschreiten als "Einmannkartierungen". Weiterhin gilt zu berücksichtigen, dass Sondierungen mit der Moorklappsonde mindestens das Doppelte an Zeit gegenüber Einschlägen mit dem Bohrstock benötigen.
- **Kosten:** Der Stundensatz eines Mitarbeiters von 36 Euro basiert auf der HOAI (2002), der einer wissenschaftlichen Hilfskraft auf Tarifen, die an der Universität Potsdam gezahlt werden. Allgemein variieren Stundensätze je nach betriebswirtschaftlicher Situation der Firmen bzw. der Qualifikation der Mitarbeiter und Hilfskräfte (studentische oder sonstige). Allgemein sind mit geringeren Stundensätzen höhere Bohrpunktdichten möglich. Kartierungen werden häufig nicht allein von einer einzelnen Hilfskraft durchgeführt, sondern von zwei Personen, zumeist einem Mitarbeiter und einer Hilfskraft. Das wirkt sich auf die Preisgestaltung aus, sodass bei den oben genannten Rechenbeispielen die erzielbare Punktdichte unter Berücksichtigung der Kosten für zwei Personen zu reduzieren wäre.
- **Ausstattung der Plangebiete:** Kaum eine Moorfläche gleicht in ihrem Aufbau und ihrer Größe einer anderen. Punktabständen auf Transekten oder Rasterweiten sind nicht verallgemeinerbar.

Tabelle 32 gibt abschließend einen Überblick über den Aufwand in Stunden und Euro pro Hektar in Abhängigkeit von der Bohrpunktzahl je 100 Hektar und der Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter. Wie viele Einschläge auf einer bestimmten Fläche notwendig sind, entscheidet, wie bereits mehrfach betont, der Kartierer letztlich immer vor Ort in Abhängigkeit der konkreten Situation und Flächengröße. Seine Erfahrungen, der Bodenaufbau sowie die Wegestrecken zwischen einzelnen Punkten bestimmen die leistbare Anzahl von Einschlägen je Stunde.

Tabelle 32: Aufwendung an Arbeitszeit und Kosten pro Hektar in Abhängigkeit von der Bohrpunktzahl (E) pro ha und der Arbeitsleitung (Bohrpunktzahl pro Stunde).

Einschläge/h		2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
		Aufwand in h/ha					Aufwand in €/ha*				
Einschläge/100 ha	E/ha										
5	0,05	2,5	1,7	1,25	1	0,8	1,00	0,68	0,50	0,40	0,32
10	0,10	5	3,3	2,5	2	1,7	2,00	1,32	1,00	0,80	0,68
15	0,15	7,5	5	3,75	3	2,5	3,00	2,00	1,50	1,20	1,00
20	0,20	10	6,7	5	4	3,3	4,00	2,68	2,00	1,60	1,32
25	0,25	12,5	8,3	6,25	5	4,2	5,00	3,32	2,50	2,00	1,68
30	0,30	15	10	7,5	6	5	6,00	4,00	3,00	2,40	2,00
35	0,35	17,5	11,7	8,75	7	5,8	7,00	4,68	3,50	2,80	2,32
40	0,40	20	13,3	10	8	6,7	8,00	5,32	4,00	3,20	2,68
45	0,45	22,5	15	11,25	9	7,5	9,00	6,00	4,50	3,60	3,00
50	0,50	25	16,7	12,5	10	8,3	10,00	6,68	5,00	4,00	3,32
55	0,55	27,5	18,3	13,75	11	9,2	11,00	7,32	5,50	4,40	3,68
60	0,60	30	20	15	12	10	12,00	8,00	6,00	4,80	4,00
65	0,65	32,5	21,7	16,25	13	10,8	13,00	8,68	6,50	5,20	4,32
70	0,70	35	23,3	17,50	14	11,7	14,00	9,32	7,00	5,60	4,68
75	0,75	37,5	25	18,75	15	12,5	15,00	10,68	7,50	6,00	5,00
80	0,80	40	26,7	20	16	13,3	16,00	11,32	8,00	6,40	5,32
85	0,85	42,5	28,3	21,25	17	14,2	17,00	12,00	8,50	6,80	5,68
90	0,90	45	30	22,5	18	15,0	18,00	12,68	9,00	7,20	6,00
95	0,95	47,5	31,7	23,75	19	15,8	19,00	13,32	9,50	7,60	6,32
100	1,0	50	33,3	25	20	16,7	20,00	14,00	10,00	8,00	6,68

**Erläuterungen**

\*Der veranschlagte Stundenlohn beträgt 40 € und setzt sich zusammen aus 30 € für einen Mitarbeiter und 10 € für eine Hilfskraft.

## 7.4.2 Erhöhung des finanziellen Grundbedarfs

Der finanzielle Aufwand pro Hektar (vgl. Tabelle 32) hängt von den veranschlagten Stundensätzen und dem Leistungsniveau der Mitarbeiter ab. Bei einer Leistungsfähigkeit von zwei bis vier Einschlägen pro Stunde, einem Stundensatz von 40 €/h (Mitarbeiter 30 € zzgl. 10 € Hilfskraft) und der empfohlenen Punktzahl von 0,3 bis 0,6/ha beträgt die Preisspanne zwischen 3 € bis 12 €/ha. Zu beachten ist, dass es sich hierbei um die Kosten allein für die Geländebegehung handelt. Der Zeitaufwand für die Auswertung und Darstellungen der Ergebnisse ist noch nicht berücksichtigt. Erfahrungsgemäß ist dafür mindestens der gleiche, wie für die Geländebegehungen benötigte Stundenumfang anzusetzen. Somit würden sich die Gesamtkosten für die Bodenerhebung in Niederungsgebieten, zumindest bei der Erstellung von Landschaftspflegerischen Begleitplänen oder Pflege- und Entwicklungsplänen auf geschätzte 6 bis 24 €/ha belaufen.

Der zugrunde gelegte Stundensatz von 30 Euro ist nach HOAI das mindestens zu zahlende Honorar für einen technischen Mitarbeiter. Ein Blick in die Praxis zeigt, dass Kartierungsarbeiten in vielen Fällen mit weitaus geringeren Stundensätzen beauftragt werden. GÄTH (1999: 128) führt aus, dass bei der Kartierung und Bewertung der standörtlichen Nitratauswaschungsgefährdung für die gesamte Erarbeitung aller notwendigen Teilleistungen ein Arbeitsaufwand von etwa einer Stunde pro Hektar zu veranschlagen ist. „Unter Zugrundelegung praxisüblicher Stundensätze für Ingenieure und Techniker wäre demnach ein Kostensatz von 50,- bis 100,- DM [25,- bis 50,- €] pro Hektar zu kalkulieren“. Der

Autor hinterfragt, inwieweit bei Angeboten von weniger als 3,50 €/ha die qualitativen Anforderungen erfüllt werden, wenn vorausgesetzt wird, dass ein Bearbeiter ein gut ausgebildeter Bodenkundler mit Erfahrungen sein und über agrarwissenschaftliche Grundkenntnisse verfügen soll, um das Vertrauen der Behörden, Wasserversorger und Landwirte zu gewinnen. Immerhin schlägt der Sachbearbeiter möglicherweise Einschränkungen der landwirtschaftlichen Nutzung für „... eine langfristige Sicherstellung der Trinkwasserqualität ...“ vor. GÄTH (1999: 128) schließt eine unzureichende Umsetzung der angebotenen Leistungen, wie die Kartierung vom Schreibtisch, nicht aus. Qualitätssicherung, ob bei der Kartierung der Nitratauswaschungsgefährdung oder bei der Bodenzustandsbeschreibung für die Planung von Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege, setzt die Bearbeitung durch erfahrene Sachverständige voraus und hat ihren Preis. Werden Bodenkartierungen durch selbstständig arbeitende Dritte durchgeführt, so liegen die Honorare, ähnlich wie für angestellte Mitarbeiter, bei mindestens 30 €/h. Bei kalkulierten Stundensätzen von 15 oder 22 Euro kann kein Büro dauerhaft bestehen.

Die Beschreibung des Bodenzustandes ist Bestandteil der nach HOAI definierten Grundleistungen. Diese ist in anthropogen stark überprägten Niederungen ohne Vor-Ort-Erhebungen nicht mehr möglich. Das bedeutet, eine „... ordnungsgemäße [n] Erfüllung des Auftrages ...“ wie beispielsweise die Planung von Maßnahmen ist ebenfalls nicht gewährleistet. Wenn, wie im Kapitel 7.4.1 ausführlich diskutiert, die Honorarsätze nach HOAI, vor allem bei größeren Gebieten, nicht ausreichen, um Vor-Ort-Erhebungen kostendeckend durchführen zu können, müssen entweder die Honorarsätze für Grundleistungen aufgestockt oder Bodenkartierungen als Besondere Leistung vereinbart werden. In der Planungspraxis ist es gängig, für Biotop- oder floristische bzw. faunistische Gutachten Einzeluntersuchungen zu beauftragen. So werden im Leistungsbild des Pflege- und Entwicklungsplanes „... flächendeckende, detaillierte Vegetationskartierungen [sowie] eingehende zoologische Erhebungen einzelner Arten oder Artengruppen ...“ als Besondere Leistungen festgeschrieben (§ 49 c Abs. 3 HOAI). Bodenuntersuchungen sollen nicht andere zu erbringende Leistungen verdrängen und sind zudem nicht in jedem Plangebiet erforderlich. Handelt es sich jedoch um entwässerte Niederungsgebiete, die auch hinsichtlich ihrer Bodenfunktionen entwickelt werden sollen, so sind Untersuchungen zum Bodenzustand als Voraussetzung für zielgerichtete Maßnahmenplanungen notwendig. Die vorgeschlagene Bohrstocksondierung ist im Vergleich zu Profilaufnahmen oder verschiedenen Feld- und laboranalytischen Untersuchungen mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand verbunden. Der Boden muss bei der Grundlagenenerhebung eine stärkere Gewichtung erhalten.

### **Kostenträger**

Mit der Forderung nach Vor-Ort-Erhebungen verbindet sich die Frage, wer für den finanziellen Mehraufwand aufkommt. Ausgehend von einer relativ geringen Bohr- bzw. Untersuchungsdichte bei der Grundlagenermittlung für Landschaftspläne (vgl. Kapitel 7.3.2) ist es durchaus denkbar, dass das Land bzw. die Kommunen für die Mehrkosten selbst aufkommen (vgl. Mehraufwand in Kapitel 7.4.1).

Auf der Ebene der konkreten Maßnahmenplanungen (z. B. Landschaftspflegerische Begleitplanung) ist die Kostenübernahme differenzierter zu betrachten. Grundsätzlich liegt die Verantwortung für Maßnahmenplanungen bei dem Vorhabenträger. Nach § 19 BNatSchG ist es zwingendes Recht, dass dieser die Planung, Finanzierung und Durchführung erforderlicher Verminderungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zu tragen hat. Die Vorhabenträger, die in Natur und Landschaft eingreifen, sollten aufwendigere, qualitativ hochwertige Maßnahmenplanungen finanziell unterstützen, wenn es sich dabei um einen vertretbaren Erhebungsumfang handelt. Es ist jedoch nicht ihre Aufgabe, Bodenzu-

standskartierungen generell zu finanzieren. Die Datenbereitstellung ist Landesaufgabe und obliegt den geologischen Landesdiensten. Mit der Erarbeitung der mittelmaßstäbigen Bodenkarten (BK 50, 25) kann sich die Datenlage in Brandenburg verbessern. Deren flächendeckende Fertigstellung wird sich jedoch noch Jahre hinziehen, sodass hinsichtlich der unbefriedigenden Datengrundlagen vorerst individuelle Lösungen gefunden werden müssen.

Die Erhöhung der finanziellen Mittel für die Grundlagenerhebung wäre beispielsweise durch die Reduzierung von Herstellungskosten möglich. Dazu zwei Beispiele:

- Nach Ansicht der Bearbeiterin besteht nicht die Notwendigkeit, gestaltete und bepflanzte Böschungen von Kleingewässern bzw. Gräben mit einer Mulchdecke zu versehen, wie sie oft entlang ausgebauter Straßen zu beobachten ist. Bei Sicherung eines ausreichenden Wasserstandes und davon abhängigen Bodenfeuchte kann die Gefahr der Verunkrautung relativ niedrig gehalten werden. Hohe Wasserstände begünstigen das Wachstum der gepflanzten, hydrophilen Röhricht- und Staudenvegetation, die sich gegenüber einer mesophilen Ruderalvegetation natürlicherweise durchsetzt.
- Umfangreiche, kostenintensive Pflanzmaßnahmen auf schmalen Böschungen zwischen Autobahn (z. B. BAB A4) und Waldrändern erscheinen stellenweise weniger sinnvoll. Vielmehr sollte dort der natürlichen Verjüngung Vorrang eingeräumt werden, zumal bei beidseitigem Waldbestand das Potenzial gegeben wäre. Allenfalls wären Initialpflanzungen denkbar. Maßnahmen für den Naturschutz und die Landschaftspflege müssen nicht hohe Kosten verursachen, wenn vorhandene Potenziale und Prozesse berücksichtigt werden.

### 7.4.3 Qualitätssicherung von Maßnahmenplanungen

Die Qualitätssicherung von Maßnahmen kann der Vorhabenträger durch Mittelbereitstellung beeinflussen, er trägt jedoch nicht die Hauptverantwortung dafür. Hier sind vor allem die Behörden gefragt, welche über die Zulassung von Vorhaben entscheiden. Sie müssen kritischer prüfen, ob die Bestandsaufnahme in ausreichendem Maße stattgefunden hat und Grundlagen für Kontrollen durch Dokumentation des Ausgangszustandes bzw. konkrete Zielformulierungen geschaffen worden sind. Im engeren Sinne handelt es sich dabei um Plankontrollen (JESSEL & TOBIAS 2002), deren Durchführung nach wie vor nicht ausreichend in der Praxis verankert ist.

Dem Vorschlag von GÄTH (1999: 129) zustimmend, erscheint es lohnenswert, „... wenn eine unabhängige Stelle zumindest für einzelne Leistungen die grundlegenden Anforderungen abschätzen würde.“ Das könnte so aussehen, dass Beschreibungen des Bodenzustandes in anthropogen veränderten Niederungen künftig auf Vor-Ort-Erhebungen beruhen und im Plan auffindbar sein und Bewertungen sowie Maßnahmenvorschläge nachvollziehbarer dargelegt werden müssen. Büros, welche solche Anforderungen, die außerhalb dieser Arbeit näher zu präzisieren wären, dauerhaft erfüllen, könnten zertifiziert werden. Eine Zertifizierung von Büros kann den Qualitätsanspruch und den Erfolg von Maßnahmenplanungen sichern, Vertrauen schaffen und das Problem der "Dumpingpreise" eindämmen.



## 7.5 Untersetzung der "Entscheidungsmatrix als Handlungshilfe für die Erhaltung und Wiederherstellung von Bodenfunktionen in Niedermooren"

Die "Entscheidungsmatrix als Handlungshilfe für die Erhaltung und Wiederherstellung von Bodenfunktionen in Niedermooren" (LUA 1997 a) ermöglicht über die Durchführung einzelner Prüfschritte die Bestimmung des Entwicklungszieles und Ableitung von Maßnahmen zum Moorbodenschutz für einzelne Niedermoore. Die Handlungshilfe stellt ausgearbeitete Leitbilder und Entwicklungsziele sowie Anleitungen zur Bewertung der Schutzpriorität, der Schutzfähigkeit, der Nutzungsanforderungen (Raumwiderstand) sowie des aktuellen Moorbodenzustandes zu Verfügung. Sie enthält bis auf die Anforderungen an die Aufnahme der Moorausdehnung, -mächtigkeit und Schichtung bei Neuaufnahmen (LUA 1997 a: 52) allerdings kaum Empfehlungen für Geländeerhebungen. Dieser Sachverhalt ist darin begründet, dass es sich hierbei um ein Bewertungsverfahren handelt, welches auf vorhandenen Kartengrundlagen aufbaut (MMK, CIR-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung) und keine Kartieranleitung darstellt. Dennoch wäre es auch bei der Anwendung der Bewertungsvorschriften erforderlich, die aktuelle Standortausprägung teilweise zu überprüfen. Das beträfe v. a. die Moormächtigkeit (Prüfschritt 1: Schutzpriorität) sowie den Entwässerungsgrad / Grundwasserstand, die Vegetationsausprägung und den Oberbodenzustand (Prüfschritt 4: aktueller Moorbodenzustand).

Die Hinweise und Empfehlungen für die Vor-Ort-Ansprache planungsrelevanter Bodenmerkmale und für die Ableitung von Aufwertungspotenzialen untersetzen für die untere Planungsebene (= Maßnahmenebene) das Rahmenkonzept "Entscheidungsmatrix als Handlungshilfe für die Erhaltung und Wiederherstellung von Bodenfunktionen in Niedermooren" von LUA (1997 a).

## 8 Handlungsempfehlungen

Basierend auf den Untersuchungen im Beispielgebiet Polder "Götz-Gollwitz" und der im Kapitel 7 geführten Diskussion über die deutlich eingeschränkte Eignung vorhandener Karten- und Planungsunterlagen zur Bestimmung des Ist-Zustands und der Entwicklungspotenziale von Niederungsböden werden mit den nachfolgenden Ausführungen Vorschläge und Empfehlungen für die Vor-Ort-Ansprache planungsrelevanter Bodenmerkmale und für die Ableitung von Aufwertungspotenzialen unterbreitet. Dazu werden die wesentlichen Ergebnisse aus den vorangehenden Kapiteln noch einmal aufgegriffen und zu einer Handlungsanleitung zusammengestellt.

### 8.1 Erfordernisse

Geländeerhebungen erbringen im Vergleich zu den überwiegend veralterten, mittel- und großmaßstäbigen Kartengrundlagen Detailwissen über Torfverluste, Bodenveränderungen und Folgeböden. Dieses ist Voraussetzung für die planerische Behandlung des Bodens und seiner Funktionen. Nur aufbauend auf der tatsächlichen Bodenausprägung können Potenziale für die Sicherung, die Entwicklung bzw. Wiederherstellung bestimmter Böden und ihrer Funktionen realistisch eingeschätzt und daraus Maßnahmen zielgerichtet abgeleitet werden. Diese Einschätzung mag trivial erscheinen, etwa in Landschaftspflegerischen Begleitplanungen. Jedoch ist zu betonen, dass ein Großteil der bodenschutzbezogenen Maßnahmen ohne Geländeerhebungen abgeleitet werden. Die Forderung einer besseren Datengrundlage hat Bedeutung und ist zugleich Voraussetzung für

- die Bestimmung von Aufwertungspotenzialen und Festlegung von bodenbezogenen Entwicklungszielen auf der Ebene des kommunalen Landschaftsplanes, der Bereiche für die Kompensation von Eingriffen und sonstige Erhaltungs- und Pflegemaßnahmen aufzuzeigen hat. Auf der Ebene des Landschaftsplanes, der Vorgaben für die Zielebene macht, welche ggf. auf der Maßnahmenebene im Rahmen einer konkreten Planung weiter zu überprüfen und zu konkretisieren wären, sind nicht zwangsweise Vor-Ort-Erhebungen notwendig. Allerdings sollten Zielvorgaben und vorgeschlagene Bereiche für Maßnahmenumsetzungen so realistisch wie möglich sein, um das Instrument als Informationsquelle effektiv nutzen zu können. Deshalb erweist sich eine punktuelle Überprüfung der Ausprägung flachgründiger Moorstandorte als sinnvoll. Erfolgt diese nicht, so sollten wenigstens die Zielvorgaben, die bisher häufig zu allgemein und undifferenziert von der Ebene des Landschaftsprogramms und des Landschaftsrahmenplanes auf die untere Ebene des Landschaftsplanes herunter gebrochen werden, konkreter gefasst werden. Denn auch ohne Vor-Ort-Erhebungen kann eingeschätzt werden, dass formulierte Ziele wie beispielsweise eine "Wiederherstellung der natürlichen Wasserverhältnisse" bzw. "Wiedervernässung" vielerorts nicht mehr oder nur mit weitreichenden Konsequenzen umsetzbar wären.
- die Erarbeitung von Landschaftspflegerischen Begleitplänen, in denen in Abhängigkeit vom Ausgangszustand wirkungsbezogene bzw. auf den Eingriff bezogene Kompensationsmaßnahmen herzuweisen und flächenkonkret darzustellen sind. Sie stellen die gesetzliche Grundlage für die behördliche Entscheidung über die Zulassung von Eingriffsvorhaben dar.
- die Aufstellung von Pflege- und Entwicklungsplänen, in denen Maßnahmen auf die Erhaltung, Pflege und Entwicklung von Niederungsböden oder Feuchtgrünland abstellen und dafür Daten über den Bodenzustand und die Wasserstandsdynamik nötig sind.

- eine inhaltliche und räumliche Konkretisierung und Priorisierung von Maßnahmenplanungen, vor allem dann, wenn sich die Verhältnisse verändert haben bzw. für die Umsetzung von Teilzielen unterschiedliche Rahmenbedingungen erforderlich sind.

Geländeerhebungen haben den Zweck, einzelne Planungsschritte zu unterstützen. Sie verbessern die Gebietsanalyse und Festlegung von Maßnahmenzielen. Sie tragen dazu bei, Maßnahmenkonzepte gezielter und erfolgreicher zu erarbeiten und umzusetzen. Dies rechtfertigt höhere Kosten, die aufgrund des Zeitaufwandes und der Beauftragung geeigneter Fachkräfte mit einem breiten bodenkundlichen und ökologischen Wissen, nicht zu vermeiden sind. Planungsbüros und behördliche Entscheidungsträger sind aufgefordert, zugunsten einer Qualitätssicherung von Maßnahmenplanungen auf eine zusätzlich zu vereinbarende Erhebung planungsrelevanter Bodenparameter hinzuwirken. Dabei hat die Erhebung zielgerichtet und mit für die Praxis vertretbarem Aufwand zu erfolgen.

## **8.2 Vor-Ort-Ansprache planungsrelevanter Bodenmerkmale**

### **8.2.1 Planungsrelevante Bodenmerkmale**

Als wichtigste, planungsrelevante Merkmale von Niederungsböden sind aufzunehmen: Die Substratartenabfolge und Mächtigkeit einzelner Schichten mit Angabe des Zersetzungsgrades / der Konsistenz, Gefügebildungen, Sperrschichten (Mudde, Verdichtungsschicht) sowie hydromorphe Verhältnisse, das Höhenniveau und Bewuchsmerkmale. Zum einen wird an ihnen die Beurteilung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Böden vorgenommen. Zum anderen bilden sie die Grundlage für die Überprüfung und Konkretisierung übergeordneter Erhaltungs- und Entwicklungsziele, haben Einfluss auf die Vernässbarkeit und Vernässungsstrategie und sind letztendlich Entscheidungshilfe für die Priorisierung von Maßnahmenflächen (vgl. Kapitel 7.2.2, Tabelle 26).

### **8.2.2 Art und Umfang zu erhebender Parameter differenziert nach Planungsaufgaben**

Je nach Anwendungsbereich bzw. Schwerpunkten von Bodenuntersuchungen sind planungsrelevante Bodenmerkmale nicht immer im vollen Umfang zu erheben (vgl. Kapitel 7.3.2, Tabelle 27).

Für die Identifizierung von Kompensationsbereichen bzw. die Konkretisierung von Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen auf der Ebene des Landschaftsplanes sollte wenigstens die Überprüfung aktueller Moormächtigkeiten erfolgen. Der Schwerpunkt der Geländeerhebung beruht auf der Bestimmung der aktuellen Art und Mächtigkeit der obersten Substratschichten. Gefügebildung, Zersetzungsgrade, die aus der Bohrnut abgeleiteten Wasserstände und Zeigerpflanzen sind auf dieser Ebene nicht zwingend, jedoch sinnvollerweise mit zu erheben. Sie spiegeln die Entwässerungs- und Degradierungsintensität und damit auch Erhaltungs- und Entwicklungspotenziale wider.

Für die konkrete Prüfung und Beplanung der zur Wiedervernässung vorgesehenen Flächen sind zusätzlich zu den zuvor genannten Merkmalen Grundwasserstandsschwankungen und die für den Wassertransport bedeutsamen Schichten zu prüfen. Das Augenmerk liegt auf der Tiefenlage und Mächtigkeit stauender Schichten und den Geländehöhen im Verhältnis zur nächstgelegenen Vorflut. Auf konkreten Maßnahmenflächen beziehen sich Bodenuntersuchungen schwerpunktmäßig auf die Wasserregulierbarkeit und reliefbedingte Differenzierung von Vernässungszielen.

Weitere Merkmale wie Farbe und Hydromorphiemerkmale sind mit aufzunehmen. Sie helfen bei der Ableitung der Gehalte an organischer Substanz bzw. der Einschätzung der hydrologischen Situation. Der reliktsche Charakter von Hydromorphiemerkmalen ist zu beachten.

Eine genaue Analyse des Gehaltes an organischer Bodensubstanz ist zu erbringen, wenn der Erfolg von Wasserstandsanehebungen, die auf den Erhalt bzw. die Mehrung der organischen Bodensubstanz (OBS) bei humusreichen Grundwasserböden abzielen, zu kontrollieren ist. Der für diesen Zweck am besten geeignete Kontrollparameter ist jedoch der Grundwasserstand. Die Erfassung dieses Parameters erfolgt am günstigsten über regelmäßige Pegelmessungen.

#### **Wasserstandsmessungen**

Besteht die Möglichkeit, über einen bestimmten Zeitraum Wasserstandsmessungen durchzuführen, so ist bei der Einrichtung der Messstellen, die nicht nach normierter Vorschrift erfolgt (DVGW 1988, 2000; STUA 2006), folgender Hinweis zu beachten. Um Wasserstandsmessungen weitgehend ohne Einfluss von Oberflächenwasser bzw. gespanntem Grundwasser auf degradierten Torfstandorten

durchzuführen, sollte die Filterstrecke unterhalb des stauend wirkenden Oberbodens beginnen und überhalb von Muddeschichten enden. Eine Abdichtung, die eindringendes Oberflächenwasser in den gefilterten Bereich verhindert, gelingt bei wechselfeuchten Torfen nicht immer. Daher sollten auf diesen Standorten mit zusätzlichen Bodenuntersuchungen die Durchfeuchtung einzelner Bodenschichten überprüft und ggf. der tatsächliche Grundwasserstand abgeleitet werden.

Auf die Installation von Grundwasserpegeln auf wiederzuvernässenden Flächen kann aus fachlicher Sicht nicht verzichtet werden. Werden dennoch keine Messstellen geplant, müssen Bohrstocksondierungen für die Feststellung jahreszeitlicher Wasserstandsschwankungen mehrmals, vor allem im Frühjahr und Spätsommer erfolgen. Sollten die Ursachen von Vernässungssituationen noch nicht bekannt sein, so sind für deren Ermittlung Bodenuntersuchungen zu Beginn oder zum Ende von Vernässungsperioden durchzuführen. Abgeleitete Wasserstände aus Bohrkernen sind immer Momentaufnahmen. Es ist zusätzlich zu prüfen, ob im betreffenden Untersuchungsraum Daten aus Wasserstandsmessungen Dritter vorliegen, die Aussagen zur Wasserstandsdynamik über einen mittel- bis längerfristigen Zeitraum erlauben (z. B. Landesämter, Wasser- und Bodenverband, Forschungseinrichtungen).

Empfehlungen zur Bestimmung der hydrologischen Verhältnisse enthält die Abbildung 23.

### **Vegetation**

Eine vereinfachte Erfassung der Vegetation dient der Charakterisierung des Bodenzustandes, der Abgrenzung homogener von heterogenen Bodenarealen und der Einschätzung des Entwicklungspotenzials bestimmter Artengemeinschaften. Häufige und für die Fläche charakteristische Arten sind bei der Erstbegehung überblicksartig zu erfassen und während der Bohrstocksondierung in einem Umkreis von 1 bis 2 m aufzunehmen. Dazu reicht es aus, die dominierenden Arten (3 bis 5) und Besonderheiten (z. B. Zustand Grasnarbe, Bestandesdichte) zu notieren. Anschließend sind charakteristische Zeigerpflanzen nach GOLDSCHMIDT (2000) zu identifizieren bzw. die Ellenberg'schen Zeigerwerte anzuwenden (ELLENBERG et al. 1992). Anhang 8 enthält Zeigerpflanzen des Grünlandes, die nach GOLDSCHMIDT (2000), LUTHARDT & HARTER (1996) und anderen Autoren als besonders geeignet eingeschätzt werden. Aus ihrer Dominanz in Pflanzenbeständen lassen sich wichtige Rückschlüsse auf Gefügebildungen des Oberbodens, das Wasserregime, die Nährstoffversorgung oder nutzungsbedingten Beeinträchtigungen ziehen.

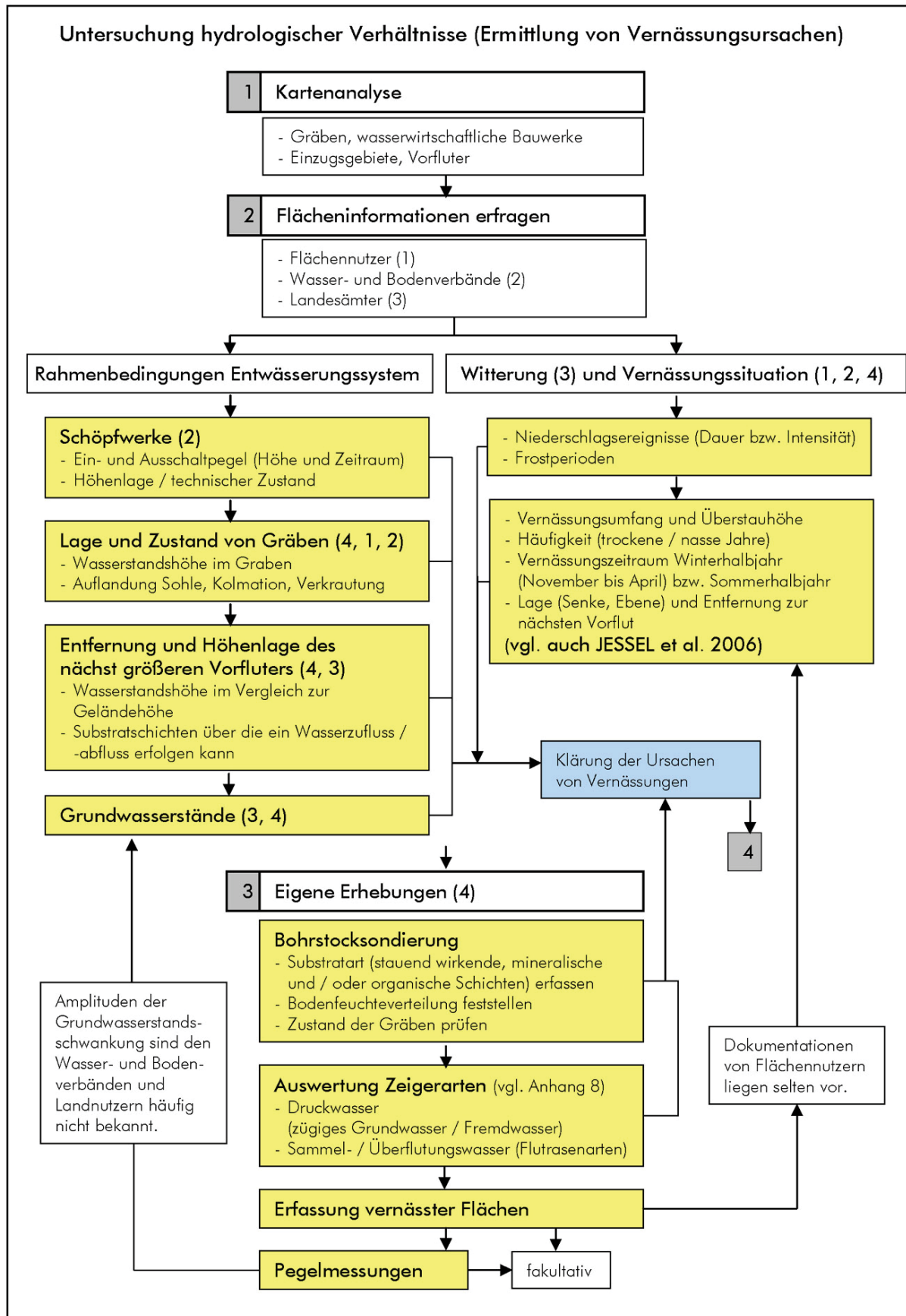


Abbildung 23 a: Bestimmung der hydrologischen Verhältnisse als Grundlage für die Einschätzung von Vernässungsmöglichkeiten.

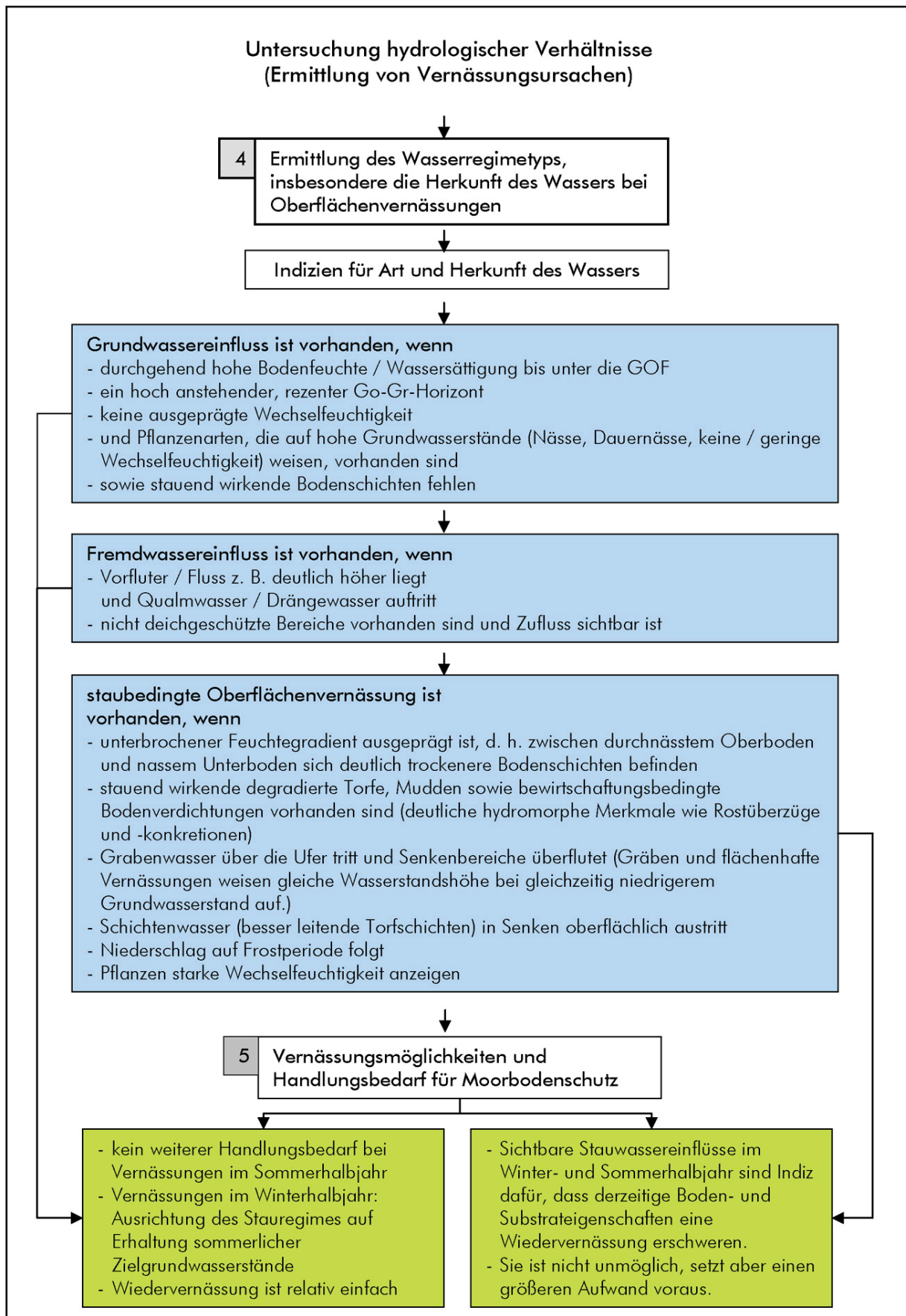


Abbildung 23 b: Bestimmung der hydrologischen Verhältnisse als Grundlage für die Einschätzung von Vernässungsmöglichkeiten.

### 8.2.3 Kartierungsmethodik

Die Erhebung des aktuellen Bodenzustandes beruht auf der Vorauswertung verschiedener Unterlagen und einer anschließenden punktuellen Bohrstocksondierung mit dem 1-m-Pürckhauer-Bohrer bzw. der Moorklappsonde nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung. Die Methodik richtet sich dabei nach den standörtlichen Ausprägungen sowie Erfahrungen des Kartierers und nicht nach Zielen und Umsetzungsinstrumenten des Naturschutzes. Bodenprofile sind bei der Erhebung planungsrelevanter Bodenmerkmale nicht erforderlich, jedoch als sinnvolle Ergänzung empfehlenswert. Ergänzend können punktuelle, aktuelle Bodendaten aus den Datenbanken der Geologischen Landesämter (landesweite Kartierung, Neuaufnahme Musterstücke und Vergleichstücke Bodenschätzung, div. Projekte) abgefragt werden.

Die Anordnung und der Abstand von Bohrpunkten sind aus der Auswertung vorhandener Bodenkarten, Orthofotos und einer Geländevorerkundung abzuleiten. Kaum eine Moorfläche gleicht in ihrem Aufbau und ihrer Größe einer anderen. Punktabstände und -anzahl auf Transekten oder Rasterweiten sind nicht verallgemeinerbar. Sie hängen entscheidend von der konkreten Geländesituation (Moortyp, Nutzungsgeschichte, Relief und Vegetation) ab.

**Erfahrene Kartierer** sollten ihre geomorphologischen und vegetationskundlichen Kenntnisse nutzen und **vorrangig strukturangepasste, linienförmige Messnetze wählen** (BARSCH et al. 2000, SCHLICHTING et al. 1995). Auf heterogenen Flächen ist es sinnvoll, insbesondere die Catenenkartierung (ungleichmäßige Punktabstände) bzw. Transekte (gleicher Punktabstand) mit der Luftbildunterstützten Punktkartierung zu kombinieren. **Rasterförmige Messnetze**, die bekannte, konkrete räumliche Gegebenheiten (Relief, Vegetation) nicht berücksichtigen, sollten nur **von unerfahrenen Kartierern bzw. auf homogenen Flächen geplant werden**. Dabei sind Punktabstände zwischen 100 und 200 m ausreichend. Dem Kartierer muss selbst entscheiden, ob und wie er Rasterweiten kombiniert.

Eine Orientierung für die Weite eines Bohrpunktrasters bietet nach ZEITZ (1995) der genetisch-hydrologische Moortyp (vgl. SUCCOW & JOOSTEN 2001). Für Versumpfungsmoore bzw. Bereiche, in denen Überflutungs- und Verlandungsmoore nebeneinander auftreten, sollten die Abstände enger als bei Durchströmungsmooren gefasst werden. Letzterer Moortyp ist wesentlich homogener aufgebaut. Sind im Hinblick auf die Nutzungsgeschichte großflächige Degradierungen zu erwarten, so reicht ebenfalls ein weites Raster.

Bei der Ausrichtung und Dichte der Punktabstände helfen das Relief und die Vegetation. Es gilt die Faustregel: geringe Bohranzahl und größere Abstände bei homogenem Relief- und Vegetationsbild; in heterogenen Bereichen gezielte Überprüfung erwartbarer Zusammenhänge zwischen Relief-, Vegetation- und Bodenverhältnissen durch höhere Punktdichte und Übertragung auf nicht untersuchte Flächen.

Empfehlungen für eine anzustrebende Erhebungsdichte können nur sehr allgemein gehalten werden. Eine Dichte von vier Einschlügen pro Hektar ist für die Überprüfung des aktuellen Zustandes nicht erforderlich. Hingegen werden ein bis fünf Einschlüge pro 100 ha (0,01-0,05 E / ha) fachlich als nicht ausreichend betrachtet. Im Mittel sollte eine Bohrpunkanzahl zwischen 0,3 und 0,6 pro Hektar angestrebt werden. Dem Primat der Wirtschaftlichkeit unterlegen, wird ein Kartierer in der einen oder anderen Situation mit einer bestimmten Anzahl von Bohrpunkten auskommen müssen, sodass nicht auf allen Flächen Transektkartierungen, sondern nur einzelne Punkterhebungen möglich sind.



Einzelne punktuelle Erhebungen sind für die generelle Überprüfung vorhandener Moormächtigkeiten im Rahmen der Grundlagenermittlung für die Aufstellung bzw. Fortschreibung von Landschaftsplänen zwar nicht zwingend erforderlich, jedoch sehr sinnvoll. Auch auf Flächen, auf denen sich voraussichtlich mineralische Folgeböden entwickelt haben, reichen wenige Bohrungen zur Kontrolle aus. Sobald für Flächen konkrete Maßnahmenkonzepte erarbeitet werden, sollte die Anordnung von Punkten räumlich konkretisiert werden, in dem sie nach vorhandenen Strukturen ausgerichtet werden.

#### **8.2.4 Ablaufschema und Entscheidungshilfe für die Bodenzustandserfassung von Flächen in anthropogen veränderten Niederungen**

Die Vorgehensweise für die Prüfung und Erhebung des aktuellen Bodenzustandes ist im Überblick in der Abbildung 24 dargestellt. Die anschließenden Ausführungen beinhalten Erläuterungen zu den einzelnen Arbeitsschritten und Entscheidungsmöglichkeiten. Die Entscheidung über vorzunehmende Kartierungen (Priorität und Intensität) wird dabei grundsätzlich an Flächeneinheiten der Bodenschätzung (BS) und der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) geknüpft. Aus den erwartbaren Veränderungen des Bodeninventars einiger Flächeneinheiten können Rückschlüsse auf aktuelle Vorkommen und Mächtigkeit von Torfauflagen bzw. auf die Weiterentwicklung von Folgeböden gezogen und eine gezielte Überprüfung mit abgestufter Intensität vorgenommen werden.

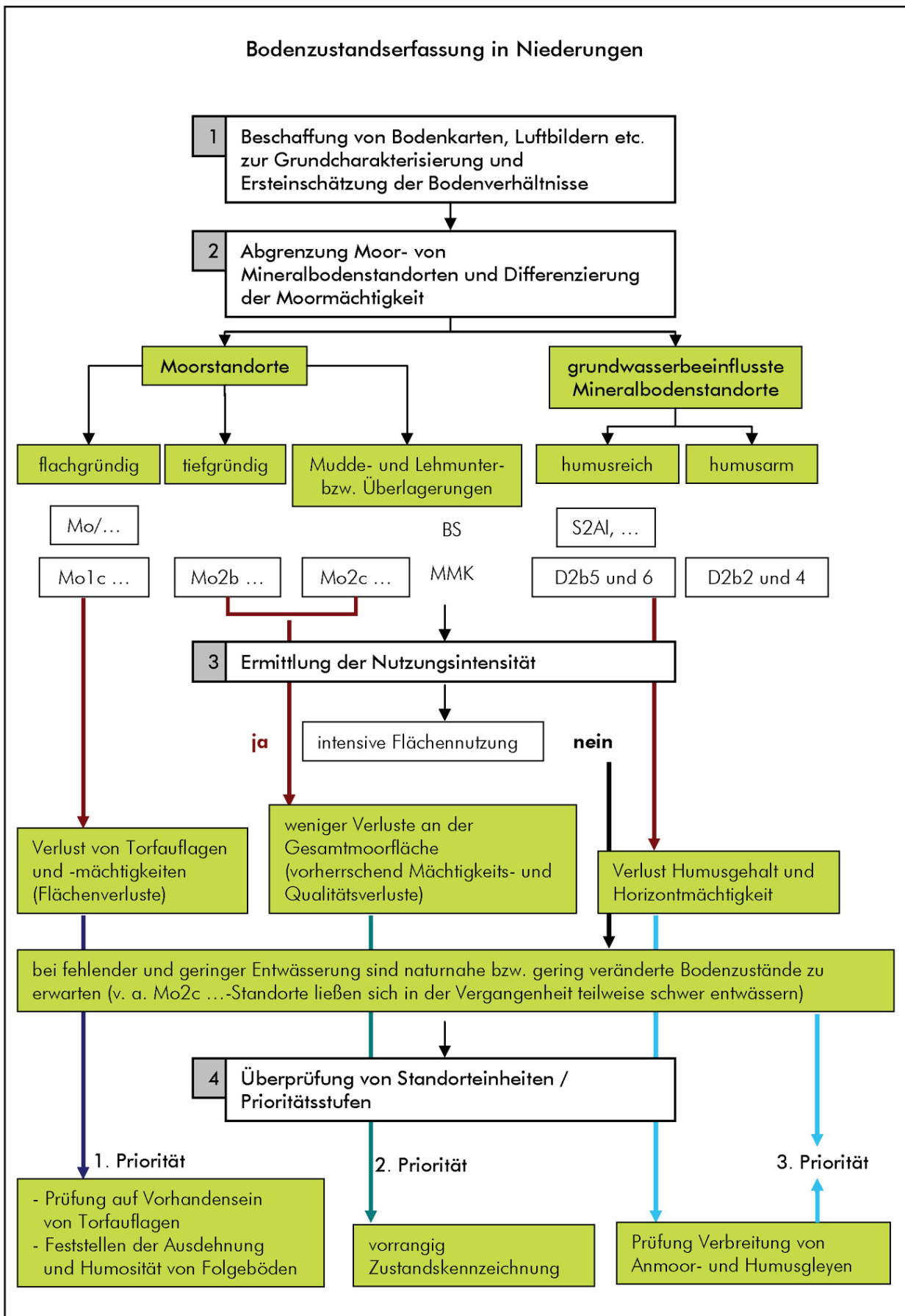


Abbildung 24 a: Ablaufschema und Entscheidungshilfe für die Zustandserfassung von Niederungsböden.

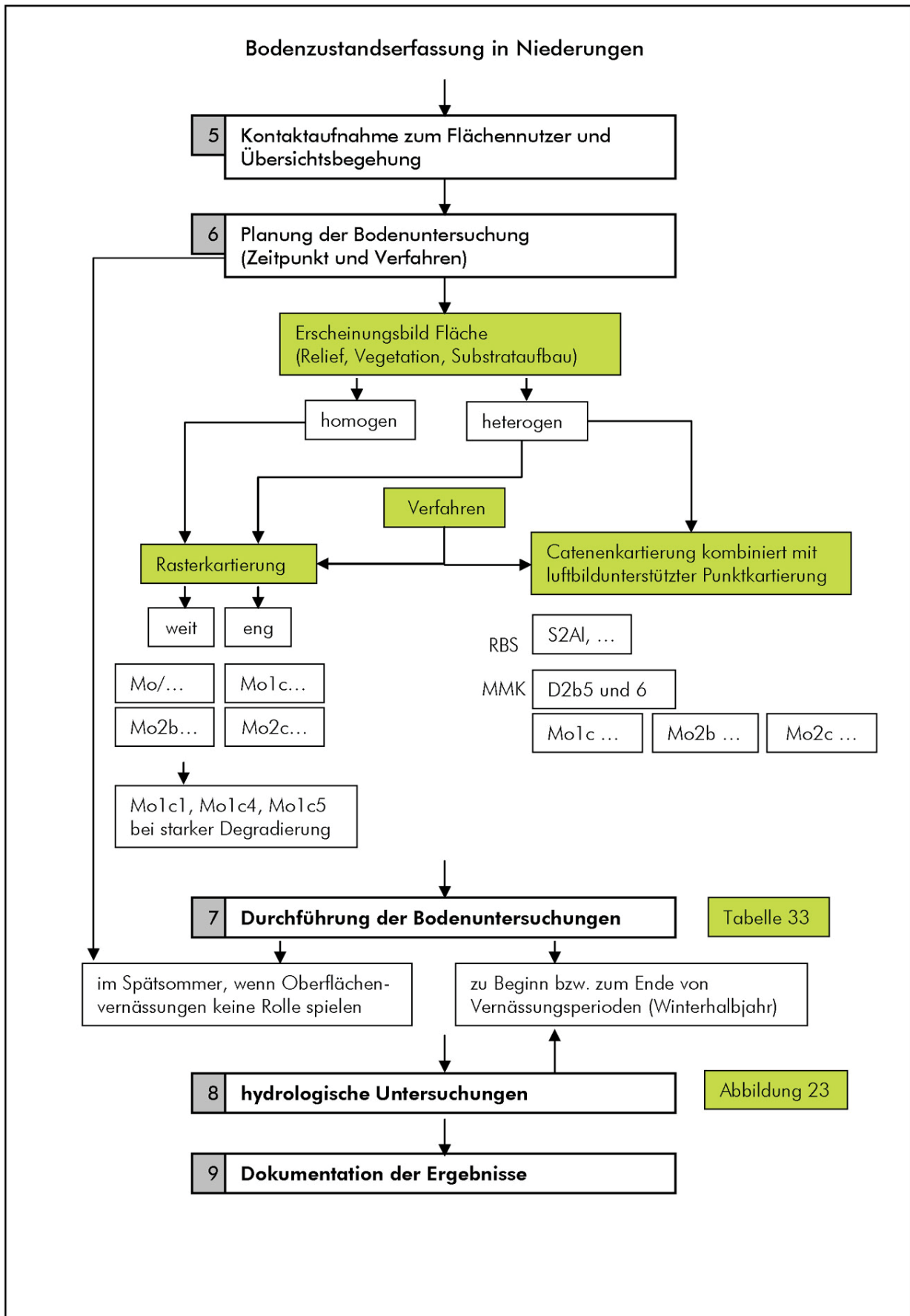


Abbildung 24 b: Ablaufschema und Entscheidungshilfe für die Zustandserfassung von Niederungsböden.

## Erläuterungen

### **Schritt 1 - Beschaffung von Bodenkarten, Luftbildern, historischen Karten und sonstigen Unterlagen**

#### **Karten mit bodenkundlichem Inhalt (vgl. Kapitel 7.2.1)**

(Grundangaben zum Substrat- und Bodentyp, zur Humosität, zum Relief und zur Hydromorphie)

##### BÜK 300

Obwohl Bodenübersichtskarten wie die des Landes Brandenburg (BÜK 300) als jüngere Bodenkarte die Vielfalt an Substrat- und Bodentypen gut wiedergibt und mit der Aufnahme von Folgeböden den eingetretenen Standortwandel weitestgehend berücksichtigt, ist sie wegen des kleinen Maßstabes nur für einen allgemeinen Überblick und nicht für eine Flächendifferenzierung geeignet.

##### Geologische Karte

In geologischen Karten sind Angaben zur Entstehung und grundsätzlichen Verbreitung von Substraten enthalten. Aufgrund ihres Alters dokumentieren sie vor allem in Flussniederungen überwiegend historische Zustände (mächtigere Torfauflagen als real vorkommen).

##### MMK

Die Karten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) geben, trotz Veränderungen, den Grundcharakter der Substratmächtigkeiten am besten wieder (z. B. Flachgründigkeit, Unterlagerungen von Torfen). Kleinräumige Substratheterogenitäten bleiben allerdings auch hier weitgehend unberücksichtigt. Die MMK bietet den Vorteil, dass aus dem Erläuterungsheft Angaben zum Bodentyp oder Hydromorphie entnommen werden können und Differenzierungen der Moormächtigkeit enthalten sind.

##### Digitale Moorkarte

Die digitale Moorkarte Brandenburgs baut im Wesentlichen auf der MMK auf und enthält, sofern für bestimmte Bereiche keine älteren und neueren Standortgutachten aus dem Moorarchiv der Humboldt-Universität zu Berlin eingeflossen sind, die gleichen Inhalte und Abgrenzungen wie die MMK.

##### Bodenschätzung

Aus den Karten der Bodenschätzung (BS) können nur allgemeine Angaben zur Substratmächtigkeit abgeleitet werden, weil die Substratschichtung als mittlere Bodenart angegeben wird. Dafür sind sie am flächenschärfsten und unterstützen die Abgrenzung zwischen Niedermoor- und mineralischen Grundwasserstandorten. Indirekt kann aus den Zustandsstufen der Degradierungsgrad von Moorstandorten abgeleitet werden.

##### weitere Karten

Karten, die nicht flächendeckend vorliegen, bleiben in ihrer Anwendung auf bestimmte Projektgebiete beschränkt. Im Land Brandenburg gibt die projektbezogene Bodenkarte "Untere Havel-Wasserstraße" (LGRB 1993) Substratheterogenitäten wie Muddeeinlagerungen oder die Entwicklung von Folgeböden inhaltlich und räumlich differenziert am besten wieder.

#### **Luftbilder und Topografische Karten**

- Anhand von Bewuchsmerkmalen und Feuchteunterschieden des Oberbodens können weniger entwässerte Moorstandorte lokalisiert und von stärker entwässerten und degradierten abgegrenzt werden. In Abhängigkeit vom Zeitpunkt und der Häufigkeit der Befliegung sind in Luftbildern auch Hinweise auf Vernässungsstellen enthalten. Außerdem sind verlandete bzw. verfüllte Gräben als Zeugen ehemaliger, intensiver Entwässerung gut erkennbar.
- Relief- und Vegetationsangaben aktueller Topografischer Karten lassen Rückschlüsse auf Entwässerungsintensitäten zu. Die Höhenangaben sind für stark entwässerte und intensiv genutzte Moorstandorte häufig nicht mehr korrekt. Geländeoberflächen liegen häufig tiefer als angegeben (Höhenverluste durch Moorsackung und Torfmineralisation). Die tatsächliche Geländehöhe ist durch Vermessung (vorhandene, aktuelle Daten wie zum Beispiel Laserscannerbefliegung bzw. eigene GPS-Einmessungen) feststellbar; Mikroreliefierungen sind gut sichtbar.

#### **Historische Karten und Unterlagen von Meliorationsprojekten**

- Der Vergleich historischer Karten mit jüngeren Topografischen Karten gibt Aufschluss über die Änderung der Nutzungsverhältnisse.
- Projektierungsunterlagen und alte Standortgutachten belegen Entwässerungsintensitäten und geben Anhaltspunkte über die Geschwindigkeit und den Grad von Bodenveränderungen. Die Unterlagen sind häufig schwer zu beschaffen bzw. existieren teilweise nicht mehr.

**Kontaktaufnahme zum Flächennutzer und Übersichtsbegehung** (siehe Schritt 5)

### **Schritt - 2: Abgrenzung Moor- von Mineralbodenstandorten und Differenzierung der Moormächtigkeit**

Die Karten der BS und der MMK bieten Ansätze, um Geländeerhebungen gezielter und effektiver vorzunehmen. Die Klassenflächen (BS) bzw. Standortregionaltypen (MMK) geben Anhaltspunkte zur Einschätzung der gegenwärtigen Torfmächtigkeit / Humosität von Niederungsböden.

---

Fortsetzung Erläuterungen

<b>Bodenschätzung</b>		
<b>Klassenflächen</b>	<b>Substrat und Mächtigkeit</b>	<b>Hinweise zur Torfmächtigkeit / Humosität von Niederungsstandorten</b>
Mo/Sa2, Mo/Sa3, Mo/ISa3	<b>flachgründiger Torf über Sand</b> Torfmächtigkeit < 5 dm, Mudden sind den Torfen zugerechnet	Mo/ ...-Standorte haben sich überwiegend zu humosen Sandstandorten entwickelt.
MoI, Moll, MollI	<b>Torf</b>	Mächtigkeitsdifferenzierung nicht möglich
ISIIa	lehmiger Sand	Klassenfläche kann teilweise flachgründige, oberflächlich anstehende Mudden erfassen.
S2AI, S3AI ...	Flusssand	In tieferen Geländelagen können Standorte höhere Humusgehalte aufweisen. Nach Erfahrungen von BAURIEGEL (28.08.2006, schriftl. Mitt.) korrespondieren in AI-Gebieten eher IS bzw. SI-Flächen mit einem höheren Humusgehalt (z. T. kann es sich auch um Kalk handeln).
<b>Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung nach SCHMIDT &amp; DIEMANN 1981 und LUA 1997</b>		
<b>Standortregionaltyp</b>	<b>Flächenanteile Substrattypen, Mächtigkeit und hydrologisch-genetischer Moortyp</b>	
<b>Mo1c</b>	<b>sandunterlagerte Moore</b> flachgründiger Torf (2 ... 12 dm) über Sand <b>vorherrschend Versumpfungsmoore</b>	– Flächenanteil flachgründiger Torfauf-lagen ist stark zurückgegangen. – Entwicklung zu humosen Sandböden
Mo1c1, Mo1c4	61-80 % flachgr. Torf über Sand	In Rinnen und Senken können tiefgründige Torfe bzw. Tiefmudden weiterhin erhalten sein, während flache Torfauf-lagen an Mächtigkeit verloren haben bzw. stellenweise nicht mehr vorhanden sind.
Mo1c2, Mo1c3	... mit 21-40 % ... tiefgr. Torf bzw. Torf über Tiefmudde	Stellenweise können mächtigere Torfauf-lagen erhalten sein. Torfdecke ist überwiegend nicht mehr geschlossen.
Mo1c5	61-80 % 4 ... 8 dm Torf, sandbedeckt	Hinweis auf mögliche Tiefpflug-Decksandkulturen; in Auen kann es sich auch um natürliche Überflutungen handeln; prüfen, ob Korrespondenz mit BS Einheiten S/Mo besteht (BAURIEGEL, 28.08.2006, schriftl. Mitt.).
Mo1c6	21-60 % flachgr. Torf über Sand 21-40 % Sand 21-40 % tiefgr. Torf	Flächenbeschreibung weist auf einen natürlichen Anteil humoser Sandböden hin, der aktuell zugenommen haben kann.
Mo1c7	... mit 21-40 % Torf über Tiefmudde	
<b>Mo2b</b>	<b>tiefgründige Torfmoore</b> Torfmächtigkeit > 12 dm <b>vorherrschend Durchströmungsmoore, z. T. Kesselmoore (Mo2b4, 5)</b>	Insgesamt geringere Veränderungen bzgl. des aktuellen Vorkommens und der Flächenausdehnung von Torfböden
Mo2b1	>80 % >tiefgr. Torf	Hinweis auf Flachmudden
Mo2b2	... mit 21-40 % flachgr. Torf über Mudde	

## Fortsetzung Erläuterungen

Mo2b3	61-80 % tiefgr.Torf 21-40 % flachgr. Torf über Sand	Bei starker Entwässerung sind auch bei tiefgründigen Moorstandorten deutliche Mächtigkeitsverluste und eine Abnahme des Flächenanteiles flachgründiger Torfe zu erwarten.
Mo2b4	41-60 % tiefgr.Torf 21-40 % flachgr. Torf über Sand 21-40 % Torf über Tiefmudde	
Mo2b5	61-80 % tiefgr.Torf 21-40 % 2 ... 12 dm Lehm über Torf	Hinweis auf Flächenheterogenität (Decklehm)
<b>Mo2c</b>	<b>mudde- und / oder lehmunterlagerte oder -überlagerte Moore</b> <b>vorherrschend Verlandungsmoore (M), Überflutungsmoore und Versumpfungsmoore (Ü+S), z. T. mit Quell- und Hangmooren (Q)</b>	Moorflächen mit hohem Anteil Mudde- und Lehmunterlagerungen weisen häufig einen besseren Erhaltungszustand auf, da sie sich schwerer entwässern ließen.
Mo2c1	>60 % Torf über Tiefmudde (M)	Hinweis auf Schichten, die den Wasseranstieg behindern können.
Mo2c2	>60 % flachgr. Torf über Lehm (Ü+S)	Lehmkörper kann oberflächlich anstehen.
Mo2c4	>60 % Lehm über Torf (Ü)	lehmbedeckte Torfe
Mo2c5	>60 % Mudde ( <b>rezente V</b> )	Aktualität der Verlandung prüfen
Mo2c6	21-40 % tiefgr. Torf 21-40 % Torf über Tiefmudde 21-40 % 2 ... 12 dm Lehm über Torf 21-40 % Lehm (Ü+S, Q)	höherer Lehmanteil
D1a, D2a	grundwasserferne Sandstandorte	Standortregionaltypen helfen bei der Abgrenzung von Grundwasserstandorten
<b>D2b</b>	<b>Grundwasserstandorte</b>	
D2b2, D2b3, D2b4	grundnasser Sand der Niederungen und tief liegenden Platten	Standortregionaltypen fassen humusarme Grundwasserböden zusammen, z. B. Braunerde-Gley, Podsol-Gley, Norm-Gley, z. T. reliktsch. Sie sind hilfreich bei der Lokalisierung humusreicher, grundwasserbeeinflusster Mineralböden.
D2b5, D2b6	humusreicher grundnasser / stark grundnasser Sand der Niederungen und tief liegenden Platten	Standorte mit hohem Humusgehalt, Verbreitung von Humus- und Anmoorgleyen sowie "Schwarzgleyen". Schwarzgleye sind nach TGL 24300/08 (FACHBEREICHSTANDARD 1985) halbhydromorphe Mineralböden mit mächtigem Ah-Horizont. Infolge von Entwässerung sind verringerte Humusgehalte und Horizontmächtigkeiten zu erwarten.

**Schritt - 3: Ermittlung der Nutzungsintensität**

anhand von

- aktuellen Luftbildern (Bewuchs- und Bewirtschaftungsmerkmale, Feuchtezustand)
- aktuellen Unterlagen der landesweiten Biotopkartierung (intensive Nutzung / starke Entwässerung: z. B. Saatgrasland, artenarmes Grünland; extensive Nutzung bzw. fehlende Nutzung / mäßige bzw. fehlende Entwässerung: geschützte Biotope auf Moorbodenstandorten z. B. artenreiches bzw. aufgelassenes Feuchtgrünland sowie Moore, Röhrichte)
- aktuellen Topografischen Karten (Grabensystem, Schöpfwerke, Vegetation)
- historischen Karten und alten Standortgutachten aus Meliorationsprojekten (sofern zugänglich und beschaffbar). Sie geben Aufschluss über die Nutzungsentwicklung (vgl. auch Schritt 1).

Fortsetzung Erläuterungen

#### Schritt - 4: Überprüfung von Standorteinheiten

##### 1. Priorität

Vorrangig auf den Standorten, die laut MMK und BS einen hohen Anteil flachgründiger Torfauflagen aufweisen und einer intensiven Bewirtschaftung unterliegen. Dabei handelt es sich vorherrschend um Versumpfungsmoore, die für Brandenburgs Niederungen charakteristisch sind und mit mehr als 70 % den größten Anteil an der Gesamtmoorfläche ausmachen.

##### 2. Priorität

Durchströmungs- und Verlandungsmoore, die deutlich tiefgründiger (Mo2b) bzw. muddeunterlagert (Mo2c, vgl. Schritt 2) sind, können bei intensiver Nutzung gleichfalls hohe Torfmächtigkeitsverluste aufweisen. Bei Bodenuntersuchungen auf diesen Standorten geht es in erster Linie nicht um den generellen Nachweis von Torfvorkommen, sondern um die Zustandsbeschreibung, Kennzeichnung der Tiefenlage von Mudden usw., da von geringeren Verlusten an der Gesamtmoorfläche auszugehen ist.

Während Verlandungsmoore noch 9,5 % Anteil an der Gesamtmoorfläche Brandenburgs haben (LUA 1997 a), beschränkt sich der Flächenanteil von Überflutungsmooren (Spree, Oder, Untere Havel) auf ca. 2 %. Das bedeutet, dass über mögliche Bodenkartierung auf heterogenen Moorstandorten mit einem hohen Anteil mineralischer Beimengungen (Lehmdecken, -unterlagerungen) wesentlich seltener zu entscheiden ist.

##### 3. Priorität

Bei den vor mehr als zwei Jahrzehnten noch als humusreich gekennzeichneten Grundwasserstandorten (D2b5, D2b6), sind bei intensiver Nutzung ebenfalls Veränderungen zu erwarten. Überprüfungen auf diesen Standorten sollen vor allem die aktuelle Humosität der Böden feststellen. Untersuchungen dieser mineralischen Grundwasserstandorte sowie lehm- / muddeunter- und / oder überlagerter und naturnaher / gering veränderter Moorstandorte sind wegen generell fehlender Torfauflagen bzw. ihrer Naturnähe in der 3. Prioritätsstufe vorzunehmen.

#### Schritt - 5: Kontaktaufnahme zum Flächennutzer und Übersichtsbegehung

- Bei kleineren Moorarealen kann Schritt 5 mit Schritt 1 zusammengelegt werden. Bei größeren Bearbeitungsräumen ist es jedoch zweckmäßig, erst die Auswahl vorrangig zu prüfender Standorteinheiten vorzunehmen und danach den Kontakt zum Flächennutzer herzustellen. Weitere Informationen zur aktuellen / historischen Nutzung und Wasserstandsregulierung (hier auch Kontaktaufnahme zum Wasser- und Bodenverband) sind beim Flächennutzer zu erfragen.
- Vorerkundung / Ersteinschätzung der Zeigereigenschaften von Pflanzen, Oberflächenreliefierung und Vernässungssituation anhand von Vegetationsbeständen (Muster, trockene Kuppen und Flutmulden), vgl. Kapitel 7.3.2.2

#### Schritt - 6: Planung der Bodenuntersuchungen

##### Zeitpunkt der Bodenaufnahme

Der Zeitpunkt der Kartierung wird einerseits durch das Zeitfenster der Auftragsvergabe bestimmt, er sollte sich jedoch vorrangig nach Vernässungsphasen, Bewirtschaftungsrhythmen und anderen Besonderheiten richten (Informationen vom Landnutzer). Sind die Flächen nicht von Vernässungen betroffen, so wäre der günstigste Aufnahmezeitpunkt Mitte / Ende August, um beispielsweise die Oberbodenfeuchte im Verhältnis zum Grundwassertiefststand zu erfassen. Bei regelmäßigen Oberflächenvernässungen sollte die Kartierung zu Beginn oder Ende des Winterhalbjahres (Oktober / November bzw. März / April) durchgeführt werden. Kartierungen im zeitigen Frühjahr bzw. Spätsommer / Herbst setzen jedoch voraus, dass Pflanzenarten vegetativ, im nicht blühenden Zustand, erkannt werden müssen.

**Verfahren** vgl. Ausführungen in Kapitel 8.2.3 Kartierungsmethodik

#### Schritt - 7: Bodenansprache

Bei der Bodenaufnahme mit dem Bohrstock / der Moorklappsonde sind im Wesentlichen die in Tabelle 33 zusammengestellten Merkmale entsprechend der fünften Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) aufzunehmen. Gleichzeitig enthält die Tabelle Bemerkungen und Erläuterungen zum Aussagegewinn einzelner Parameter (vgl. auch Kapitel 7.2.2). Beprobungen in Verbindung mit aufwendigen Labor- oder Feldanalysen beschränken sich zum Beispiel auf gesonderte wissenschaftliche Fragestellungen, die mit einer Auftragsvergabe verbunden sein können.

Höheneinmessungen (je nach Planungsaufgabe) sollten, wenn möglich, zusammen mit der Bohrstocksondierung vorgenommen werden. Gleiches gilt für vegetationskundliche Erhebungen entsprechend der Vorschläge im Kapitel 8.2.2. Im Rahmen dieser Geländebegehung (für LBP, PEP) wäre außerdem der Zustand von Gräben zu erfassen, sofern keine weiterführenden Untersuchungen der hydrologischen Situation erfolgen (vgl. Schritt 8, Abbildung 23). Bohrstocksondierungen für die Beschreibung der aktuellen Boden- bzw. hydrologischen Verhältnisse (vgl. Abbildung 23) müssen nicht unbedingt in zwei getrennten Geländebegehungen erfolgen.

Fortsetzung Erläuterungen

---

#### **Schritt - 8: Untersuchung hydrologischer Verhältnisse**

---

vgl. Umfang zu erhebender Parameter differenziert nach Planungsaufgaben (Kapitel 7.3.2.1, Tabelle 27)

In der Abbildung 23 sind die wichtigsten zu erfragenden Informationen und notwendigen Erhebungen zusammengefasst, die für die Beschreibung der hydrologischen Verhältnisse eine ausreichend gute Grundlage darstellen. Indizien für die Herkunft des Wassers, welches zu verschiedenen Jahreszeiten an Oberflächenverrässungen beteiligt sein kann, sind unter Punkt 4 der Abbildung zusammengefasst.

---

#### **Schritt - 9: Dokumentation der Ergebnisse**

---

Für die Aufnahme und Dokumentation der Bohrpunkte (fakultativ Profile) ist im Allgemeinen das Dokumentationsblatt aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung zu benutzen. Da nicht alle Merkmale anhand des Bohrgutes zu bestimmen sind, genügt eine vereinfachte Dokumentation entsprechend des Vorschlages, der sich im Anhang 1 der Arbeit befindet. Die Darstellung der Kartierungsergebnisse sollte zweckmäßig verbal als Zustandsbeschreibung erfolgen. Wichtig sind einfache Beschreibungen von Substrat- und Bodentypen (Substratarten und deren Mächtigkeit, Oberbodenzustand) und der Feuchteverhältnisse (abgeleitete Grundwasserstände, Oberbodenfeuchte, Stauwassersituationen usw.). Sofern Anzahl und Verteilung der Bohrpunkte sowie die Geländekenntnisse es zulassen, können auf Grundlage der Klassenflächen der BS, von Luftbildern sowie Relief- und Vegetationsinformationen vereinfachte Abgrenzungen von Flächen mit gleichen / ähnlichen Bodeneigenschaften vorgenommen werden und die Darstellungen anschaulich ergänzen. Als Minimalanforderung sollten zumindest die Bohrpunkte nach Substrat- und / oder Bodentyp klassifiziert und kartografisch (in Verbindung mit dem Luftbild oder der Bodenschätzungskarte) abgebildet werden.

---



Tabelle 33: Zusammenstellung von Parametern, auf deren Erfassung künftige Zustandsbeschreibungen von Niederungsflächen aufbauen sollten (Bohrstockkartierung, Erkundungstiefe 1 m).

Parameter / Merkmal	Erläuterungen / allgemeine Hinweise	Aussagegewinn
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Substrattyp (Abfolge einzelner Schichten und deren Mächtigkeit)</li> <li>– Torf- und Moorgesamtmächtigkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aufgrund von Verschleppungen, das betrifft v. a. bindige Substrate wie Überflutungsabsätze und Mudden sind bzgl. der Mächtigkeiten Ungenauigkeiten von 0,5 bis 1 dm hinzunehmen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ableitung der Tiefenlage stauender Schichten bzw. der Schichten, in welchen sich hauptsächlich das Grundwasser bewegt (ZEITZ 1995)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Substratarten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verschiedene Substratarten (Torfe, Mudden, mineralische Substrate) sind im Bohrer gut unterscheidbar.</li> <li>– Die Bestimmung der Bodenart erfolgt mithilfe der Fingerprobe (KA 5). Für die sichere Unterscheidung der Feianteile ist etwas Übung erforderlich.</li> <li>– Korngrößenanalysen geben mehr Sicherheit, jedoch sind diese v. a. wegen der hohen Humus- bzw. Kalkgehalte bei Mudden sehr aufwendig und fehlerhaft.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Schlussfolgerungen zur Wasserdurchlässigkeit (Ableitung aus Kennwerttabellen) sind möglich</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zersetzungsgrad der Torfe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Bestimmung ist anhand des Bohrgutes möglich. Bohrungen mit der Moorklappsonde befördern eine größere Menge Bodenmaterial, die die Bestimmung erleichtert. Allerdings ist ihr Einsatz auf flachgründigen Moorstandorten schwierig.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Qualitative Einschätzung der Wasserleit- und Speicherkapazität (bei hohen Zersetzungsgraden ist diese stark vermindert)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gehalt an organischer Substanz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Schätzung des Humusgehaltes ist im Gelände nicht immer einfach. Bei Trockenheit kann er zu gering geschätzt werden. Eine genaue Trennung zwischen Humus- und Anmoorgleyen ist nur durch Laboranalysen möglich.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Qualitative Einschätzung der Bindungsfähigkeit (Wasser &amp; Nährstoffe)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bodenhorizonte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aggregierungs- und Torfschrumpfungshorizonte sind im Bohrstock nicht erkennbar. Für eine detaillierte Gefügeansprache des Unterbodens sind Profilaufnahmen notwendig.</li> <li>– Das Oberbodengefüge (vererdet und vermulmt) ist im Bohrstock bestimmbar. Schwierigkeiten können bei Übergangshorizonten auftreten.</li> <li>– Bei der Bestimmung des Oberbodengefüges helfen grundsätzlich Maulwurfshügel bzw. Zeigerpflanzen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hinweise auf die Bodenentwicklungsstufe</li> <li>– Qualitative Einschätzung der Wasserspeicherkapazität und des Wassertransportes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verdichtungen, (Verdichtungsschicht)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verdichtungsschichten im Oberboden sind im Bohrstock nicht direkt nachweisbar. Für den Nachweis der wenige Zentimeter, bis ein Dezimeter, mächtige Schicht ist die Aufnahme einer flachen Profilgrube erforderlich.</li> <li>– Ein indirekter Nachweis ist über die Unterbrechung des Bodenfeuchtegradientens, ein direkter Nachweis über Piezometer (ZEITZ 1987) möglich, jedoch aufwendig und teuer.</li> <li>– Anhand des Bohrgutes ist jedoch feststellbar, ob Horizonte generell dichter oder lockerer gelagert sind.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– behindern maßgeblich die Versickerung des Niederschlagswassers</li> </ul>

Fortsetzung Tabelle 33

Parameter / Merkmal	Erläuterungen / allgemeine Hinweise	Aussagegewinn
– Bodenfeuchte	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Feuchte im Ober- und Unterboden hängt vom Witterungsverlauf ab und unterliegt somit jahreszeitlichen Schwankungen (Momentaufnahme).</li> <li>– Die Schätzung der Bodenfeuchtestufe bei Torfen ist nicht immer einfach.</li> </ul>	– Anhand der Bodenfeuchte kann relativ einfach festgestellt werden, ob es sich bei oberflächlich ausgeprägten Vernässungen um Stau- oder Grundwassereinfluss handelt.
– Hydromorphiemerkmale	– Rostüberzüge auf Aggregatoberflächen und in Wurzel- / Wurmgingen geben Hinweise auf Vernässungen.	
– Grundwasserstand / (Stauwasser)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Der scheinbare Grundwasserstand (= Obergrenze des geschlossenen Kapillarsaumes) kann aus dem Wassergehalt des Bohrgutes (Klopfen, Feuchtestufen 4 bis 6, Zerfließen der Bohrnut) festgestellt werden. Die Bestimmung ist v. a. bei nicht bindigen Substraten sehr deutlich.</li> <li>– Scheinbare Obergrenze des Grundwasserstandes ist i. d. R. mit der Mächtigkeit des Go-Horizontes identisch. Bei Wasserstandsabsenkungen bleiben die Merkmale allerdings erhalten (reliktisch). Die Obergrenze des Gr-Horizontes ist hingegen ein sicheres Merkmal für den mittleren, scheinbaren Grundwassertiefststand (vgl. auch KA 5).</li> <li>– Eine sichere Unterscheidung anhand des Bohrgutes (Bohrstock) ist schwierig.</li> <li>– Die Beurteilung, ob es sich um reliktische oder rezente Hydromorphiemerkmale handelt, ist nur bei ungefährem Kenntnis der Grundwasserstandsdynamik möglich.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wichtigste Kenngröße des Wasserhaushaltes</li> <li>– Grundwasserstand zu bestimmten Zeitpunkten (Ende des Winterhalbjahres / des Sommerhalbjahres) gibt Hinweise zum Vernässungspotenzial</li> </ul>
– Zeigerpflanzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenstellung wichtiger Zeigerarten im Angang 7; zeigen insbesondere die Intensität von Nässe an (nur wenige Pflanzenarten auch Herkunft und Bindungsformen)</li> <li>– Notieren der häufigsten 3 bis 5 Arten im Umkreis (1 bis 2 m) des Bohrpunktes</li> </ul>	– bilden Bodenhydrologie, Nährstoffsituation, Bodenentwicklungsstufen (Oberbodengefüge) usw. ab
<b>Höheneinmessungen (GPS) fakultativ</b>		
– Oberflächenrelief	<ul style="list-style-type: none"> <li>– durch GPS-Höheneinmessungen an Bohrpunkten wird das Gefüge von Kuppen und Senken gut sichtbar.</li> <li>– hoch genaue Messgeräte können ausgeliehen werden (wissenschaftliche Institutionen, Firmen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Abgrenzung der tiefsten und möglicherweise überstauten Bereiche</li> <li>– Höhenlage der Vorflut / angrenzender Gewässer im Verhältnis zum GWS</li> </ul>
<b>Pegelmessungen fakultativ</b>		
– Grundwasserstand	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Anhand längerfristiger Pegelmessungen kann die Wasserstandsdynamik (Schwankungsamplituden) beobachtet sowie der mittlere Grundwasserstand abgeleitet werden.</li> <li>– Pegelmessungen auf mudeunterlagerten Niedermoorstandorten sind nicht unproblematisch. Grundwasserstandsmessungen ohne Einfluss von gestautem Oberflächen-, Schicht- oder gespanntem Grundwasser sind mit einfachen Pegelrohren schwierig.</li> </ul>	– Mittel- und langfristige Wasserstandsganglinien sind für die Beurteilung der aktuellen hydrologischen Situation und zur Einschätzung des Vernässungspotenzials äußerst wichtig.

### 8.3 Hinweise zur Ableitung von Erhaltungs- und Aufwertungspotenzialen von Niederungsböden und zur Maßnahmenumsetzung

Die Ableitung von Erhaltungs- und Verbesserungsmöglichkeiten der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Niederungsböden

- berücksichtigt die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege sowie des Bodenschutzes,
- setzt an der aktuellen Standortausprägung und vorliegenden Beeinträchtigungen an,
- beachtet die Wirkung verschiedener Maßnahmenausgestaltungen, die erforderlichen Ausgangsvoraussetzungen sowie mögliche Zielkonflikte und -abwägungen
- mündet in die Differenzierung, ob umsetzungsfähige Maßnahmen zur Verbesserung oder zum Erhalt des gegenwärtigen Zustandes führen.

Folgende Vorgehensweise wird vorgeschlagen:

<p><b>Schritt 1: - Zusammenstellung der Erhaltungs- und Entwicklungsziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege aus rechtlichen Vorgaben, übergeordneten Planungen sowie den Leitbildern und Entwicklungszielen des Niedermoor-Bodenschutzes</b></p>
<p>Die für den Planungsraum vorliegenden boden- und naturschutzfachlichen Ziele sind zusammenzustellen. Mit Blick auf die naturschutzfachliche Eingriffsregelung sind dabei immer die Entwicklungsziele von Bedeutung.</p>
<p><b>Schritt 2: - Analyse des Ausgangszustandes und der vorliegenden Beeinträchtigungen</b></p>
<p>Die Standortaufnahme ist entsprechend der Empfehlungen für Vor-Ort-Erhebungen (vgl. Kapitel 8.2) vorzunehmen. Anschließend ist darzulegen, inwieweit das Leistungsvermögen und die Funktionsfähigkeit von Böden beeinträchtigt sind. Bei Niederungsböden sind insbesondere zu prüfen, ob ein geschlossener Wasserkreislauf besteht (Infiltration, Versickerung, Wasseraufstieg), die Böden am Nährstoffkreislauf teilnehmen (geschlossene Vegetationsdecke) und Beeinträchtigungen eine Störung des Gleichgewichtszustandes von Bodenorganismengesellschaften nahelegen. Für die Verbesserung vorliegender Beeinträchtigungen sind an deren Ursachen wie Entwässerung, intensive Nutzung bzw. nicht standortangepasste Nutzungen anzusetzen.</p>
<p><b>Schritt 3.1: - Beachtung der Wirkung infrage kommender Maßnahmen</b></p>
<p>Die Ausgestaltung von Wiedervernässungs- und Nutzungsextensivierungsmaßnahmen ist sehr vielfältig. Dazu ist es erforderlich, die Wirkungen verschiedener Maßnahmenausgestaltungen und die Beeinflussung durch Bodenfaktoren zu kennen. Entscheidend ist, ob durch die Maßnahmen Prozesse ausgelöst werden, die in Abhängigkeit vom Ausgangszustand zu einem Erhalt oder einer Verbesserung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit führen. Die für Niederungsböden wichtigsten Prozesse sind die Reduzierung der Mineralisierungsrate, die Humus- bzw. Torfakkumulation, die Rückquellung organischer Substanz, die Dauerdurchfeuchtung, die Auflösung von Verdichtungsschichten.</p> <p>Nachteilige Wirkungen auf bodenphysikalische und -chemische Eigenschaften (z. B. durch Nutzungsauffassung ohne Wasserstandsanehebungen oder lückige Vegetationsbedeckung) und Standortbedingungen verschiedener Tier- und Pflanzenarten sowie Konflikte mit der Landnutzung bzw. mit Zielen des Naturschutzes für den Schutz und die Entwicklung von Arten und Lebensräume sind zu beachten.</p>
<p><b>Schritt - 3.2:- Beurteilung der Möglichkeiten zum Erhalt und zur Verbesserung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Böden durch die Maßnahmen Wiedervernässung und Nutzungsextensivierung</b></p>
<p><u>Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit</u></p> <p>Eine Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt (hier Abflussregulation) und der Fähigkeit zur Stoffakkumulation (Filterfunktion) von degradierten Niedermoorböden kann durch eine Wiedervernässung erreicht werden.</p> <p><u>Verbesserung der Funktionsfähigkeit</u></p> <p>Eine Verbesserung der bestehenden, jedoch eingeschränkten Funktionsfähigkeit im Nährstoffhaushalt (Teilnahme am Nährstoffkreislauf) und Filterfunktion ist bei sandigen Gleyen, Humusgleyen, Anmoor- und Moorgleyen unter Acker- oder intensiver Grünlandnutzung durch Vernässung bzw. Wiedervernässung sowie Nutzungsumstellung möglich.</p>

Fortsetzung Schritt 3.2

Erhalt der Funktionsfähigkeit und Verbesserung des Leistungsvermögens

Nutzungsumstellung und Vernässung von entwässerten Mineralbodenstandorten können eine Verbesserung des Leistungsvermögens im Wasser- und Stoffhaushalt herbeiführen. Wenn in Abhängigkeit des Ausgangszustandes die Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt oder als Lebensgrundlage grundsätzlich gegeben ist, bleibt diese in der vorliegenden Ausprägung mehr oder weniger erhalten. Auf entwässerten Niedermoorstandorten können mit Wasserstandsanehebungen, die einen Moorerhalt bewirken, die Funktionen in bestehender Ausprägung gesichert werden. Das betrifft vor allem die Lebensraumfunktion sowie die Regulations- und Speicherfunktion im Wasser- und Nährstoffhaushalt, auch wenn das Leistungsvermögen im Vergleich zum unentwässerten Zustand deutlich niedriger bleibt.

Funktionsbeeinträchtigungen bleiben bestehen

Beeinträchtigungen der Speicher- und Filterfunktion von humusreichen, mineralischen Grundwasserböden bzw. Niedermoorböden, der Archivfunktion von Niedermoorböden sowie Störungen der Funktionsfähigkeit von Niedermoorböden im Wasserhaushalt bleiben bei einer unzureichenden Wasserstandsanehebung und anhaltenden starken Wechselfeuchtigkeit bestehen. Mittel- bis langfristig sind weitere Verschlechterungen der Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit zu erwarten.

Funktionsverlust

Unabhängig vom Bodentyp schränkt eine länger anhaltende Überstauung (Flachwassersee) die Teilnahme des Bodens am Nährstoffkreislauf sowie seine Fähigkeit, lebensfähige aerobe Bodenorganismen- und Pflanzengemeinschaften hervorzubringen, vorübergehend ein.

**Schritt 4: - Prüfung der Ausgangsvoraussetzungen für verschiedene Maßnahmenausgestaltungen**

Von grundsätzlicher Bedeutung ist die Einschätzung, inwieweit auf den Flächen Ausgangsvoraussetzungen für einen langfristigen Maßnahmenenerfolg einstellbar wären bzw. welcher Aufwand und welche Konsequenzen sich daraus ergeben würden. Das betrifft

- das erforderliche Wasserstandsmanagement,
- die Wasserbilanz im Gebiet (ggf. Zusatzwasser erforderlich),
- den Zustand der Entwässerungsanlagen bzw. technische Lösungen für eine Wiedervernässung ohne Siedlungsflächen zu gefährden
- die Veränderung des Nutzungsregimes.

Als Ergebnis liegen Angaben zur potenziellen Verbesserung der beeinträchtigten Leistungs- und Funktionsfähigkeit der Niederungsböden vor. Für die Einschätzung der realen Verbesserungsmöglichkeiten müssen weitere, auf andere Schutzgüter bezogene Zielvorstellungen beachtet werden.

**Schritt 5: - Abwägung und Priorisierung von Maßnahmenzielen**

Schutzgutbezogene Ziele aus übergeordneten Planungen müssen nach Feststellung des Ausgangszustandes und Prüfung der Ausgangsvoraussetzungen teilweise korrigiert werden.

Auf Niederungsflächen beziehen sich die Ziele von Maßnahmen in der Regel auf verschiedene Schutzgüter (Biotop- und Artenschutz, Bodenschutz). Für die Verwirklichung von Teilzielen des Natur- und Bodenschutzes sind zum Teil unterschiedliche Grundwasserflurabstände und Pflegeintensitäten erforderlich. Das verdeutlicht, dass nicht alle Ziele auf einer Fläche oder mit dem gleichen Wassermanagement zu realisieren sind. Somit besteht die Notwendigkeit, die schutzgutbezogenen Ziele gegeneinander abzuwägen. Dies hat unter Berücksichtigung der Standortausprägungen, der Nutzungsansprüche und den bestehenden Möglichkeiten zur Veränderung des Wasserstandsmanagements etc. zu erfolgen. Ob die Maßnahmen, welche tatsächlich zu einer Verbesserung führen, auch umgesetzt werden können, hängt von dem Abwägungsergebnis ab.

Fortsetzung

**Schritt 6: - Differenzierung zwischen der Eignung als naturschutzrechtliche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme sowie Schutz-, Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen anderer Instrumente**

Wasserstandsanhebungen und Extensivierungsmaßnahmen können mit dem Instrument der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung umgesetzt werden, wenn sie konsequent zu einer Verbesserung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit von Böden führen. Dabei ist zu unterscheiden, ob es sich um Ausgleichsmaßnahmen oder Ersatzmaßnahmen mit Eingriffsbezug handelt. Mit Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen, wie sie die Landschaftspläne ausweisen oder sie durch Pflege- und Entwicklungspläne von Schutzgebieten bestimmt sind, und die nicht immer zu einer expliziten Verbesserung der Ausprägung führen müssen, können auch auf die Verlangsamung bodendegradierender Prozesse und Vorsorge gegenüber Bodenveränderungen ausgerichtet sein.

Maßnahmen, die mit allen Instrumenten umgesetzt werden können sind:

- Wasserstandsanhebungen auf mindestens 2 dm unter GOF, mit denen Verbesserungen des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt sowie der spezifischen Filterfunktion (Stoffakkumulation) von Niedermoorböden zu erreichen sind,
- Wasserstandsanhebungen auf 4 dm bis 5 dm unter GOF und einer Nutzungsumwandlung von Acker in Grünland, mit denen auf mineralischen Böden Verbesserungen des Speichervermögens, im Nährstoffkreislauf und der Filterleistung erzielt werden können.

Schutz- und Pflegemaßnahmen, die nicht mit dem Instrument der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung umsetzbar sind:

- Wasserstandsanhebungen auf 3 dm bis 4 dm unter GOF, die zum Erhalt der gegenwärtigen Funktionsausprägung von Niedermoorböden beitragen,
- Wasserstandsanhebungen auf 4 dm bis 6 dm unter GOF, die Degradierungsprozesse auf Niedermoorböden verlangsamen (moorschonende Bewirtschaftung),
- Maßnahmen zum Schutz vor Bodenabtrag durch Wind und Wasser durch angepasste Bewirtschaftung, ausreichender Bodenbedeckung und Erosionsschutzpflanzungen sowie zur Vermeidung von Verdichtungen auf sonstigen (Niederungs-)Böden,
- Waldumbau von Nadelholzmonokulturen zur Verlangsamung von Bodenversauerungsprozessen auf sonstigen Böden.

Die Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen auf Niederungsböden ist mit weitaus größeren Anstrengungen und Konsequenzen verbunden ist, als diese bei Erhaltungs-, Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen erforderlich sind. Für die Erreichung bodenbezogener Zielvorstellungen sind die Instrumente des Naturschutzes miteinander zu kombinieren.

**Gleichwertigkeit von bodenbezogenen Ersatzmaßnahmen**

Die Bestimmung der Gleichwertigkeit einer bodenbezogenen Ersatzmaßnahme sollte zunächst durch das Kriterium "Ähnlichkeit" erfolgen. Kompensationsflächen müssen ähnliche Standortausprägungen aufweisen und ähnliche Funktionen erfüllen, wie die Flächen, deren Bodenfunktionen beeinträchtigt worden sind. Dabei ist den beeinträchtigten Funktionen möglichst nahe zu kommen. Ist auf den zur Verfügung stehenden Kompensationsflächen eine hinreichende Ähnlichkeit der Standort- und Funktionsausprägung nicht gegeben, dann sollte in zweiter Linie für die Bemessung der Gleichwertigkeit des Ersatzes auf die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege zurückgegriffen, aber dabei innerhalb des Schutzbereichs Boden verblieben werden.

Ein gleichwertiger Ersatz (Kriterium Ähnlichkeit) für die Beeinträchtigung einer dauerhaften Entwässerung eines naturnahen Niedermoorbodens ist die Vernässung eines aufwertungsfähigen humosen, grundwasserbeeinflussten Mineralbodenstandortes. Die Verbesserungen müssen sich vor allem auf die Regulations- und Speicherfähigkeit im Wasser- und Stoffhaushalt, aber auch auf die Standortausprägung für die an Feuchtigkeit angepassten Biozönosen beziehen. Beispiele für Ersatzmaßnahmen (Kriterium Naturschutzziele), die jedoch nicht mehr oder nur indirekt Bezug auf die beeinträchtigten Funktionen und den Niederungsraum nimmt, sind Bodenlockerungs- oder Entsiegelungsmaßnahmen auf lehmigen Moränenstandorten und Aufforstungsmaßnahmen auf Sandstandorten.

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Sicherung und Entwicklung von Böden und ihren Funktionen in anthropogen überprägten Niederungen durch Wiedervernässung und Extensivierungsmaßnahmen. Infolge von Entwässerung und intensiver landwirtschaftlicher Nutzung hat in den letzten Jahrzehnten in den meisten norddeutschen Niederungslandschaften ein gravierender Standortwandel stattgefunden. Gekennzeichnet durch den Verlust von Niedermoorböden, die Entwicklung ungünstiger Bodeneigenschaften und Folgeböden haben Niederungsböden ihr hohes Regulations- und Speichervermögen im Wasser- und Nährstoffhaushalt überwiegend verloren. Für den Erhalt bzw. die langfristige Verbesserung der aktuellen Leistungs- und Funktionsfähigkeit dieser Böden sind wirkungsvolle Maßnahmenkonzepte erforderlich. Mit dem 1999 in Kraft getretenen Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) ist eine wichtige Grundlage geschaffen, den Boden stärker in Planungs- und Zulassungsverfahren zu berücksichtigen und bodenbezogene Maßnahmenplanungen zu erarbeiten. Seine Ziele, die nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung der in § 2 Abs. 2 Nr. 1-3 definierten Bodenfunktionen, können wegen fehlender Instrumente allerdings nicht eigenständig umgesetzt werden. Eine Schnittstelle zur Realisierung bodenbezogener Erhaltungs- und Entwicklungsziele bieten deshalb naturschutzrechtliche Instrumente wie die Landschaftsplanung, die Eingriffs- und Ausgleichsregelung und Pflege- und Entwicklungspläne von Schutzgebieten.

In der Arbeit wird hinterfragt und aufgezeigt, inwieweit solide, auf das Schutzgut Boden bezogene Maßnahmenplanungen mit naturschutzrechtlichen Instrumenten effektiv erstellt und umgesetzt werden können. Es liegen die Hypothesen zugrunde, dass eine genaue Ist-Zustandserfassung von Niederungsböden auf Grundlage der in der naturschutzfachlichen Planungspraxis gängig herangezogenen Kartengrundlagen nicht möglich ist. Aufgrund ihres Alters, des Maßstabes und der inhaltlichen Auflösung spiegeln sie den Wandel von Niederungsböden nicht ausreichend wider. Für die Bestimmung der Entwicklungspotenziale von Niederungsböden sowie die Erarbeitung detaillierter Maßnahmenplanungen sind gezielte Vor-Ort-Erhebungen planungsrelevanter Bodenmerkmale erforderlich, auf die jedoch häufig verzichtet wird. Zudem werden bisher den Wirkungen von Maßnahmen auf das Leistungsvermögen und auf die Funktionsfähigkeit sowie den erforderlichen Ausgangsvoraussetzungen zu wenig Beachtung geschenkt. Dies erschwert die Umsetzung mit naturschutzrechtlichen Instrumenten, insbesondere mit dem Instrument der Eingriffs- und Ausgleichsregelung im Hinblick auf eine erforderliche Differenzierung zwischen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen und sonstigen Erhaltungs- und Pflegemaßnahmen.

Ziel der Arbeit ist es, generelle Handlungsempfehlungen für die Durchführung von Vor-Ort-Erhebungen und die Ableitung von Aufwertungspotenzialen von Niederungsböden für eine zielgerichtete Maßnahmenkonzeption und sachgerechte Umsetzung zu formulieren.

Auf Grundlage einer Literaturanalyse werden zunächst die Wirkungen von Wiedervernässungs- und Extensivierungsmaßnahmen auf Bodeneigenschaften und das Leistungsvermögen, nach Funktionsbereichen differenziert, herausgearbeitet. Ergebnisse aus verschiedenen Projekten belegen messbare Veränderungen von Bodenmerkmalen. Es zeigt sich jedoch, dass biotopbezogene Extensivierungsmaßnahmen nicht uneingeschränkt positive Effekte auf das Leistungsvermögen degradierter Niedermoorböden bzw. ihrer Folgeböden haben. Eine Beurteilung der Wirkung hinsichtlich der Verbesserung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit ist für den Boden als dynamisches System äußerst schwierig. Es wird vorgeschlagen, eine Verbesserung des Leistungsvermögens nicht anhand der Größe von statistischen Kenngrößen einzuschätzen, sondern an Prozesse wie Humusakkumulation, Rückquellung, Ge-

fügeverbesserung oder Auflösung von Verdichtungsschichten zu knüpfen. Die Zusammenführung von Ausgangsbedingungen, unter denen Teilziele des Natur- und Bodenschutzes zu erreichen wären, sowie von Zielkonflikten unterstreicht, dass bei der Erstellung von Maßnahmenkonzepten eine Auseinandersetzung mit den Wirkungen von Maßnahmen und eine Zielpriorisierung erfolgen müssen. Die Aufwertungsfähigkeit von Niederungsböden hängt entscheidend vom Wasserstandsmanagement ab. Einige Bodenmerkmale, die den Erfolg von Maßnahmen beeinflussen, sind als planungsrelevant bestimmt.

Die Ableitung weiterer planungsrelevanter Bodenmerkmale sowie die Bestimmung von Potenzialen zur Aufwertung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Böden basiert auf einer Untersuchung der aktuellen Standortausprägung in einem Beispielgebiet, dem Polder "Götz-Gollwitz", der in der stark anthropogen überprägten Niederung der "Mittleren Havel" (Land Brandenburg, Landkreis Potsdam-Mittelmark) liegt. Auf Basis einer Bohrstocksondierung (50 x 50 m-Raster) und neun zusätzlicher Bodenprofilaufnahmen auf drei Untersuchungsflächen werden die aktuellen Substrat- und Bodentypen, die hydromorphen Verhältnisse sowie die Vegetationsausprägung gekennzeichnet. Ein Vergleich der Kartierungsergebnisse mit Aussagen von groß-, mittel- und kleinmaßstäbigen Kartengrundlagen bestätigt, dass Torfverluste, die Entwicklung von Folgeböden, staubedingte Oberflächenvernässungen sowie Höhenverluste in der geologischen Karte sowie in den Karten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung und Bodenschätzung nicht dargestellt bzw. direkt ableitbar sind.

Vor dem Hintergrund abweichender Aussagen über die Standortverhältnisse wird die Erreichbarkeit vorliegender planerischer Zielvorstellungen eingeschätzt. Diese beziehen sich in erster Linie auf den Lebensraum- und Artenschutz, aber auch auf den Schutz wenig beeinträchtigter, weitgehend intakter Niedermoorböden sowie auf die Extensivierung, Wiedervernässung und Regeneration intensiv genutzter Moor- und mineralischer Grundwasserböden. Das derzeitige Wasserstandsmanagement im Polder ist auf die landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Flächen und Sicherung des Hochwasserschutzes ausgerichtet. Es entspricht nicht den notwendigen Voraussetzungen zur Erreichung bodenbezogener Zielvorstellungen. Es werden erforderliche Veränderungen erörtert und in Szenarien Entwicklungsmöglichkeiten des Bodens sowie Folgewirkungen auf die Biotopausstattung und Flächennutzung skizziert. Eine Wiedervernässung zur Entwicklung von Torf- und Humusböden ist im Polder "Götz-Gollwitz" potenziell möglich. Sie setzt aber die Rücknahme bzw. weitere Einschränkungen des Nutzungsanspruches und Investitionen in eine teilflächenspezifische Steuerung der Wasserstände voraus. Anschließend wird aufgezeigt, inwieweit auf den Beispielflächen das Leistungsvermögen und die Funktionsfähigkeit der Böden bei Umsetzung der Szenarien erhalten und verbessert werden können. Wenn insbesondere der Bedeutung der Flächen im Polder "Götz-Gollwitz" für den Lebensraum- und Artenschutz Rechnung getragen werden soll, so wäre aus Sicht des Bodenschutzes höchstens der Erhalt verbliebener Niedermoorböden bzw. der Erhalt und die Entwicklung grundwasserbeeinflusster Mineralböden möglich. Eine Regeneration von Niedermoorböden käme nicht in Frage.

Anhand dreier häufig auftretender Ausgangszustände, unterschiedlicher Zielzustände und Maßnahmenausgestaltungen werden verallgemeinernd der Erhalt und die Aufwertung des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit von Niederungsböden diskutiert. Dabei erfolgt die Unterscheidung, ob konkrete Maßnahmen mit dem Instrument der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen oder durch Pflege- und Entwicklungspläne als Erhaltungs- oder Minderungsmaßnahmen umgesetzt werden können.

Aufbauend auf der Literaturanalyse, den Untersuchungen im Beispielgebiet Polder "Götz-Gollwitz" und der Analyse der Eignung vorhandener Karten- und Planungsunterlagen werden planungsrelevante Bodenmerkmale, der Umfang und die Methoden ihrer Erhebung und zeitliche und finanzielle Aspekte diskutiert sowie die Vorgehensweise bei der Ableitung der Aufwertungspotenziale von Bodenfunktionen aufgezeigt. Folgende Handlungsempfehlungen für die Vor-Ort-Erhebung wichtiger Bodenparameter sowie die Bestimmung des Aufwertungspotenzials werden ausgesprochen.

Die bedeutsamsten, planungsrelevanten Merkmale von Niederungsböden sind die Substratartenabfolge und Mächtigkeit einzelner Schichten mit Angabe des Zersetzungsgrades, die Ausbildung des Bodengefüges, Sperschichten sowie hydromorphe Verhältnisse, das Höhenniveau und Bewuchsmerkmale. An ihnen wird direkt die Beurteilung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Böden vorgenommen. Zudem bilden sie die Grundlage für die Überprüfung und Konkretisierung übergeordneter Erhaltungs- und Entwicklungsziele, haben Einfluss auf die Vernässbarkeit und Vernässungsstrategie und sind letztendlich Entscheidungshilfe für die Priorisierung von Maßnahmenflächen.

Je nach Anwendungsbereich sind planungsrelevante Bodenmerkmale nicht immer im vollen Umfang zu erheben. Für die Konkretisierung von Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen bzw. Erarbeitung von Kompensationsbereichen auf der Ebene des Landschaftsplanes sind Vor-Ort-Erhebungen auf die Überprüfung aktueller Moormächtigkeiten zu beschränken. Auf konkreten, zur Wiedervernässung vorgesehenen Maßnahmenflächen beziehen sich Bodenuntersuchungen schwerpunktmäßig auf die Wasserregulierbarkeit und reliefbedingte Differenzierung von Vernässungszielen und sind daher umfangreicher.

Die Erhebung des Bodenzustandes beruht auf der Vorauswertung von Bodenkarten, Luftbildern und topografischer Karten und einer anschließenden punktuellen Bohrstocksondierung. Die Karten der Bodenschätzung und Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung sind für die Abgrenzung der Niedermoor- von Mineralbodenstandorten und Differenzierung der Humosität von mineralischen Grundwasserböden heranzuziehen. Erfahrene Kartierer sollen ihre geomorphologischen und vegetationskundlichen Kenntnisse nutzen und vorrangig strukturangepasste, linienförmige Messnetze wählen. Rasterförmige Messnetze sollten nur von unerfahrenen Kartierern bzw. auf homogenen Flächen geplant werden. Dabei sind Punktabstände zwischen 100 m und 200 m ausreichend.

Punktabstände und -anzahl auf Transekten oder Rasterweiten sind nicht verallgemeinerbar. Sie hängen entscheidend von der konkreten Geländesituation (Moortyp, Nutzungsgeschichte, Relief und Vegetation) ab. Bohrstocksondierung im 50 x 50 m-Raster sind für bodenkundliche Geländeerhebungen nicht erforderlich. Im Mittel sollte eine Bohrpunktzahl zwischen 0,3 und 0,6 pro Hektar angestrebt werden. Einzelne Bohrpunkte reichen für die Überprüfung vorhandener Moormächtigkeiten bzw. der Entwicklung mineralischer Folgeböden aus. Die Vorgehensweise für die Prüfung und Erhebung des aktuellen Bodenzustandes wird in einem Ablaufschema dargestellt.

Die Ableitung von Erhalt- und Verbesserungsmöglichkeiten der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Niederungsböden berücksichtigt die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege sowie des Bodenschutzes und setzt an der aktuellen Standortausprägung und vorliegenden Beeinträchtigungen von Böden an. Dabei werden die Wirkungen von Maßnahmen, erforderliche Ausgangsvoraussetzungen und mögliche Zielkonflikte beachtet. Sie mündet in die Differenzierung, ob Maßnahmen zur Verbesserung oder zum Erhalt des gegenwärtigen Zustandes beitragen.



Für die Erreichung bodenbezogener Zielvorstellungen sind die Instrumente des Naturschutzes miteinander zu kombinieren. Deutlich wird, dass die Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen auf Niederungsböden mit weitaus größeren Anstrengungen und Konsequenzen verbunden ist, als diese bei Erhaltungs-, Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen erforderlich sind. Wasserstandsanehebungen auf mindestens 2 dm unter GOF, mit denen Verbesserungen des Leistungsvermögens und der Funktionsfähigkeit im Wasserhaushalt sowie der spezifischen Filterfunktion (Stoffakkumulation) von Niedermoorböden zu erreichen sind, können als Maßnahmen mit dem Instrument der Eingriffs- und Ausgleichsregelung umgesetzt werden. Gleiches gilt für Wasserstandsanehebungen auf 4 dm bis 5 dm unter GOF und einer Nutzungsumwandlung von Acker in Grünland, mit denen auf mineralischen Böden Verbesserungen des Speichervermögens, im Nährstoffkreislauf und der Filterleistung erzielt werden können. Wasserstandsanehebungen auf 3 dm bis 4 dm unter GOF, die zum Erhalt der gegenwärtigen Funktionsausprägung von Niedermoorböden beitragen, sind als Erhaltungsmaßnahmen im Rahmen von Pflege- und Entwicklungsplänen oder als Vorgabe aus dem Landschaftsplan umsetzbar. Wasserstandsanehebungen auf 4 dm bis 6 dm unter GOF, die Degradierungsprozesse auf Niedermoorböden verlangsamen, bzw. Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion und Vermeidung von Verdichtungen auf sonstigen Niederungsböden können als Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen in Pflege- und Entwicklungsplänen realisiert werden.

### **Die Zukunft der Niederungen**

Die meisten Niederungsböden sind keine Akkumulationsböden mehr. Ihre Fähigkeit, Stoffe zurückzuhalten und ausgleichend auf den Wasserhaushalt von Niederungslandschaften zu wirken, ist zum überwiegenden Teil verloren gegangen. Eine Wiederherstellung der ursprünglichen hydrologischen Bedingungen und der Bodensituation wird nicht mehr möglich sein. Die zukünftige Entwicklung und Funktionsfähigkeit von Niederungen hängt entscheidend von den Nutzungskonzepten ab.

Damit sowohl Niedermoorböden als auch grundwasserbeeinflusste Mineralböden ihre Leistungs- und Funktionsfähigkeiten ein Stück weit wieder erlangen können, muss ihnen Wasser zugeführt werden. Das Entscheidende ist die Herstellung einer hydrologischen Situation, die zum Erhalt bzw. wieder zur Akkumulation von organischer Substanz führt. Das wird bei Niedermoorböden sehr viel schwieriger und auch mit deutlicheren Konsequenzen für die Nutzung verbunden sein als bei mineralischen Grundwasserböden.

Die Entscheidungsfindung, zukünftig verstärkt Niedermoorböden oder humusreiche, mineralische Grundwasserböden zu entwickeln, wird in allen Niederungen von der hydrologischen Situation, zum Beispiel von der Möglichkeit einer Zusatzbewässerung und des Nutzungsanspruches bestimmt. Voraussetzungen für die Wiedervernässung von Moorstandorten in Niederungen sind nicht mehr überall gegeben bzw. nur unter großem Aufwand zu schaffen. Auf einem Großteil der Moorstandorte haben sich mittlerweile mineralische Folgeböden entwickelt. Da sich die landwirtschaftliche Nutzung nicht aus sämtlichen Niederungen herausziehen kann, wird zukünftig auf weiter genutzten Flächen der Schwerpunkt auf der Sicherung und Entwicklung humusreicher, grundwasserbeeinflusster Mineralböden liegen. Mit der Entwicklung dieser Böden wird zwar nicht das Potenzial von Torfböden erreicht, jedoch verbessern sich die Speicherfähigkeit und der Wasserrückhalt in Niederungen, was dem Naturhaushalt insgesamt zugutekommt.

Mit Blick auf die Zunahme extremer Klimaschwankungen und sich ändernder Klimabedingungen, was für den kontinentaleren Osten Deutschlands eine prognostizierte Abnahme der Sommerniederschläge

bei zeitgleicher Zunahme der Temperatur (BRONSTERT et al. 2003, ZEBISCH et al. 2005: 7) bedeutet, müssen alle Möglichkeiten genutzt werden, die gegenwärtige Leistungs- und Funktionsfähigkeit der Böden im Wasserhaushalt weitgehend zu erhalten. Es sind Voraussetzungen zu schaffen, dass Böden wieder mehr Wasser in der Bodenmatrix speichern. Die vorliegende Arbeit hat zum einen die Konsequenzen verdeutlicht, die sich dabei für die Landbewirtschaftung und Umsetzung von Zielen des Naturschutzes ergeben. Aufgrund der teilweise erheblich voneinander abweichenden Grundwasserflurabstände, welche für die Verwirklichung verschiedener, naturschutz- und nutzungsbezogener Ziele erforderlich sind, muss eine Priorisierung von Teilzielen erfolgen. Bei einer konsequenten Wasserstandshaltung für die Verbesserung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Niederungsböden, insbesondere der Niedermoorböden, wird diese zum Nachteil für Teilziele des Arten- und Lebensraumschutzes sein. Angesichts der im Sommer immer stärker austrocknenden Niederungen sollten die bisherigen Anstrengungen (vgl. PROJEKTGRUPPE LANDSCHAFTSWASSERHAUSHALT 2003, LENSCHOW & THIEL 2000) konsequent weiterverfolgt werden. Niederungsböden unter aktuellen Bedingungen tatsächlich aufzuwerten, ist ohne Wasserrückhalt schwierig und wird sich hinsichtlich des Klimawandels zukünftig noch schwieriger erweisen.

### **Stärkere Berücksichtigung des Ist-Zustandes und der Maßnahmenwirkung**

Damit die Belange des Bodenschutzes effektiv mit Instrumenten des Naturschutzes berücksichtigt werden können, sind Erhebungen des Ausgangszustandes notwendig sowie vermehrt die Beachtung der von Maßnahmen tatsächlich ausgehenden Wirkungen zu fordern. Es fehlt nicht an Zielen. Doch sind bestimmte Ziele für Niederungen, wie zum Beispiel Torferhalt, Mooregeneration, Feuchtwiesenschutz oder der Schutz von Wiesenbrütern, vielfach zu allgemein formuliert und auf einigen Flächen nicht oder nur mit erheblichem Aufwand zu erreichen. Wenn mit Maßnahmen konkrete bodenbezogene Erhaltungs- und Verbesserungsziele verbunden sind, dann muss im Vorfeld genauer geprüft werden, inwieweit das Leistungsvermögen bzw. die Funktionsfähigkeit effektiv beeinflusst werden kann. Nicht alle Maßnahmen führen zur Verbesserung des Leistungsvermögens oder Wiederherstellung einzelner Funktionsbereiche. Ob eine Maßnahme zu einer effektiven Verbesserung oder "nur" zu einem Erhalt der Leistungs- und Funktionsfähigkeit führt, ist für die konkrete Umsetzung mit Instrumenten des Naturschutzes ein wesentlicher Unterschied. Kommen Flächen nicht mehr als bodenbezogene Kompensationsflächen in Frage, so sind auf diesen Flächen bestenfalls Erhaltungsziele umzusetzen, die u. a. mit Zielen des Arten- und Lebensraumschutzes harmonisieren. Mit Blick auf die erforderlichen Rahmenbedingungen, die für eine Verbesserung von Niedermoorböden zu schaffen wären, werden bodenbezogene Kompensationsmaßnahmen in Niederungen zunehmend auf die **Entwicklung humusreicher, grundwasserbeeinflusster Mineralböden** abzielen.

### **Finanzierung von Geländeerhebungen und Qualitätssicherung**

Exemplarische Berechnungen des zeitlichen und finanziellen Aufwandes von Vor-Ort-Erhebungen belegen, dass Honorarspannen, die nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure gezahlt werden, die Kosten für bodenkundliche Geländeerhebungen nicht decken. Wenn es sich um einen vertretbaren Erhebungsumfang handelt, so sollten Vorhabenträger Kartierungsarbeiten für qualitativ hochwertige Maßnahmenplanungen finanziell unterstützen. Denn Geländeerhebungen, die Detailwissen über Bodenveränderungen in Niederungen erbringen, leisten einen wertvollen Planungsbeitrag. Sie unterstützen die Gebietsanalyse bei unsicherem Kartenmaterial. Sie konkretisieren die Festlegung von Entwicklungszielen und erlauben eine genauere und erfolgversprechendere Maßnahmen-

gestaltung. Qualitativ hochwertige Planungsunterlagen sichern die gesetzlich geforderte Darlegungspflicht von Eingriffsverursachern sowie die Entscheidung der Behörde über die Zulassung eines Vorhabens sowohl fachlich als auch rechtlich ab.

Vor-Ort-Erhebungen müssen nicht teuer sein, weil sie zielgerichtet auf die Überprüfung vorhandener Zustände, je nach Planungsaufgabe mit unterschiedlichem Umfang, vorgenommen werden können. Im Vergleich mit anderen Schutzgütern, für die Geländeerhebungen als selbstverständlich gelten, sollte diese auch für den Boden möglich sein.

An die gewachsenen Anforderungen hinsichtlich der Qualitätssicherung von Maßnahmenkonzeptionen sollte die HOAI angepasst werden. Das heißt, für die Kostendeckung der erforderlichen Vor-Ort-Erhebung auf Niederungsböden sind entweder die Honorarsätze für Grundleistungen aufzustocken oder ein zusätzlicher Finanzrahmen für Besondere Leistungen zu vereinbaren. Die Qualitätssicherung von Maßnahmen kann der Vorhabenträger durch Mittelbereitstellung beeinflussen. Jedoch sind vor allem Genehmigungsbehörden gefragt, welche die Güte von Bestandsaufnahmen sowie die Herleitung und Begründung von Maßnahmenkonzeptionen kritischer als bisher zu prüfen haben. Eine weitere Möglichkeit zur Sicherung des Qualitätsanspruches besteht in der Zertifizierung von Planungsbüros oder Gutachtern.

Die vorliegende Arbeit leistet einen substanziellen Beitrag dazu, bodenbezogene Maßnahmenplanungen in Niederungsgebieten künftig realistischer und sachgerecht mit Instrumenten des Naturschutzes durchführen zu können. Sie zeigt zum einen auf, welche bodenbezogenen Ziele mit naturschutzfachlichen Instrumenten erreicht werden können. Zum anderen stellt sie heraus, dass dafür gezielte Vor-Ort-Erhebungen des Bodenzustandes, die Beachtung der Ausgangsvoraussetzungen für wirksame Maßnahmen und die Bereitstellung finanzieller Mittel unverzichtbar sind.

## 10 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. B. Jessel, die die Anregung zu dieser Arbeit gab und die Betreuung übernahm. Ihre fachlichen Anregungen, insbesondere zur naturschutzrechtlichen Eingriffs- und Ausgleichsregelung, und strukturellen Hinweise habe ich als wertvoll empfunden und dankend entgegengenommen.

Herrn Prof. Dr. R. Schmidt danke ich herzlich für die konstruktiv geführten Diskussionen und die Durchsicht der Beschreibungen der aufgenommenen Bodenprofile. Er hat mit großem Interesse die Arbeit begleitet und mir durch seine Fragen gezeigt, wo es galt, dem "Roten Faden" zu folgen oder Lücken zu schließen.

Weiterhin bedanke ich mich bei Herrn Dr. A. Bauriegel vom Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, der meine Profilaufnahmen ebenfalls prüfte und stets offen für meine Fragen war.

Ganz besonderer Dank geht an Steffen Hollerbach, der mich tatkräftig bei der Geländearbeit unterstützte, mit mir in den Pausen über die zukünftige Entwicklung von entwässerten Niederungsböden diskutierte, die vielen Datensätze in die Datenbank eingab und die Erstellung der Karten übernahm.

Für die Unterstützung bei den Laboranalysen sei Frau Dr. H. Kraudelt, Leiterin des Labors des Instituts für Geoökologie sowie den zahlreichen Studenten gedankt, die im Rahmen des Laborpraktikums "Bodenkunde" ihre Untersuchungen an meinen Bodenproben vornahmen und mir einen Großteil der Ergebnisse lieferten. Frau U. Thomas, Leiterin des bodenkundlich-ökologischen Labors der Fachhochschule Eberswalde gilt mein herzlicher Dank für ihre große Hilfsbereitschaft und Durchführung der aufwendigen Korngrößenanalysen.

Herrn PD Dr. D. Knothe danke ich für die gemeinsamen Geländeexkursionen und interessanten Diskussionen über die Entwicklung und Zukunft der Mittleren Havelniederung. Durch die enge Zusammenarbeit mit Herrn Dr. H. Rößling im E+E-Vorhaben "Kulturlandschaft Mittlere Havel" habe ich immer wieder zahlreiche Impulse und Anregungen für meine Fragestellungen erhalten. Dafür gilt ihm mein Dank. Herrn M. Szaramowicz und Frau Dr. C. Fellmer danke ich für die Durchsicht und Korrektur der englischen Zusammenfassung.

Bei Herrn I. Zeithammer vom Wasser- und Bodenverband "Großer Havelländischer Hauptkanal - Havelkanal - Havelseen" bedanke ich mich insbesondere für die zahlreichen Gespräche über die Wasserstandsdynamik in der gesamten Mittleren Havelniederung.

Herrn Dr. L. Landgraf, Frau Prof. Dr. V. Luthardt, Frau Prof. Dr. J. Zeitz, Frau Dr. E. Lück und Frau Dr. S. Koszinski, die mir durch Beantwortung meiner Fragen hilfreich zur Seite standen, gilt mein Dank.

Ein besonderer Dank geht an Dr. Jörg Jacobs, Bettina Laack (geb. Kuler) und Ulrike Steinhardt, die mit akribischen Augen beim Korrekturlesen der Arbeit sehr geholfen haben. Frau S. Brauer und Frau K. Eisenfeld danke ich für ihre aufbauenden Worte, die mich in zähen Phasen beim Niederschreiben der Arbeit voranbrachten.

Zuletzt, aber dafür umso mehr, danke ich meinem Partner Jan Eisenfeld, der trotz eigener Arbeiten meine Abbildungsentwürfe zu den Profilschnitten gestalterisch mit hoher Anschaulichkeit umsetzte und die vielen Gespräche über die Dissertation geduldig getragen hat.

Mit tiefer Dankbarkeit bin ich in Gedanken bei meinen Eltern, die mir mit ihrer Schaffenskraft diese Arbeit ermöglichten, aber leider nicht mehr erleben durften.

## 11 Quellenverzeichnis

### 11.1 Literatur

- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (Hrsg.) (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung - 5. Auflage. - Hannover (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung): 438 S.
- AG LANDSCHAFTS- UND ORTSPLANUNG (1999): Landschaftsrahmenplan der Kreisfreien Stadt Brandenburg an der Havel - Plan 4 Boden. - Brandenburg
- AG LANDSCHAFTSPLANUNG UNI POTSDAM & U-PLAN & SCHMIDT (2000): Bodenbewertung für Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg. Band 1: Herleitung und Begründung der Bewertungsschritte. - Potsdam (Abschlussbericht im Auftr. des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg): 97 S.
- AKADEMIE DER LANDWIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN DER DDR - FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHEBERG (Hrsg.) (1989): Bodenwasserregulierung - Anleitung zur Standortkennzeichnung und Anlagediagnose. - Müncheberg (Selbstverlag): 139 S.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT BERLIN-BRANDENBURGISCHER ORNITHOLOGEN (ABO) (2001): Die Vogelwelt von Brandenburg und Berlin. - Rangsdorf (Natur und Text): 684 S.
- BARSCHE, H. (1969): Das Landschaftsgefüge des westbrandenburgischen Jungmoränengebietes - eine landschaftsökologische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung des Havelgebietes westlich von Werder. - Potsdam (Pädagogische Hochschule Potsdam - Dissertation (B)): 322 S.
- BARSCHE, H., K. BILLWITZ & H.-R. BORK (Hrsg.) (2000): Arbeitsmethoden in der Physiogeographie und Geoökologie. - Gotha, Stuttgart (Klett-Perthes): 612 S.
- BEHRENDT, A. (1996): Moorkundliche Untersuchungen an nordostdeutschen Niedermooren unter Berücksichtigung des Torfschwundes - ein Beitrag zur Moorerhaltung. - Berlin (Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät - Dissertation): 147 S.
- BEHRENDT, A., G. SCHALITZ & D. HÖLZEL (1998): Nährstoff- und Wasserbilanzen von Niedermoorgrasland in Abhängigkeit vom Grundwasserstand. - Arch. Acker- Pfl. Boden. 42: 479-485
- BERGES, R. & S. THUNEMANN (2005): Untersuchung der Landnutzungsentwicklung und des Zustands des Bodens im Bereich der Mittleren Havel am Beispiel des Polders Götz-Gollwitz. - Potsdam (Universität Potsdam, Institut für Geoökologie - unveröffentlichter Bericht zum interdisziplinären Studienprojekt): 27 S.
- BEYLICH, A., G. BROLL, U. GRAEFE, H. HÖPER, J. RÖMBKE, A. RUF & B.-M. WILKE (2005). Biologische Charakterisierung von Böden. Ansatz zur Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen im Rahmen von Planungsprozessen. - BVB-Materialien 13 - Berlin (Erich Schmidt Verlag): 78 S.
- BLANKENBURG, J. (1995 a): Wasserhaushalt von Niedermooren und hydrologisches Management. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 36 (3): 102-106
- BLANKENBURG, J. (1995 b): Veränderungen bodenphysikalischer Parameter durch Extensivierung und Wiedervernässung. - NNA-Berichte 8 (2): 5-9
- BLANKENBURG, J. & P. HEIDT (1995): Gebietswasserhaushalt der Niedermoore im Bereich des Dümmsers. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 36 (3): 148-150
- BLOSSEY, S., J. BUSCH, I. DAHLMANN, H. DRECHSLER, N. FELDWISCH, A. HENKE, V. JESSEN-HESE, G.-H. OESER, O. PENNDORF & S. SCHÜRER (2002): Bodenbezogene Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in der Bauleitplanung. - Bodenschutz Z (3): 84-89
- BLOSSEY, S. & M. LEHLE (1998): Eckdaten zur Bewertung von natürlichen Bodenfunktionen in Planungs- und Zulassungsverfahren. - Bodenschutz 3 (4): 131-137

- BLÜML, V. & H. BELTING (2003): Einflüsse von Nutzungsextensivierung und Wiedervernässung auf Flora und Vegetation des Grünlandes im Naturschutzgebiet "Ochsenmoor" (Niedersachsen). - *Natur und Landschaft* **78** (6): 256-263
- BÖTTCHER, S. (2004): Operationalisierung der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft für Moorstandorte an der Mittleren Havel. - Potsdam (Universität Potsdam, Institut für Geoökologie, Lehrstuhl für Landschaftsplanung - unveröffentlichte Diplomarbeit)
- BRONSTERT, A., W. LAHMER & V. KRYSANOWA (2003): Klimaänderung in Brandenburg und Folgen für den Wasserhaushalt. - *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* **12** (3): 72-79
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (BGR) UND NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (2003). Methodenkatalog Bodenfunktionsbewertung. - Arbeitshefte Boden 2003/2 - Hannover (Selbstverlag): 73 S.  
[http://www.bgr.bund.de/cln\\_029/nn\\_461732/DE/Themen/Boden/Produkte/Schriften/Downloads/gesamtdoku\\_teil1.html](http://www.bgr.bund.de/cln_029/nn_461732/DE/Themen/Boden/Produkte/Schriften/Downloads/gesamtdoku_teil1.html)
- BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (2002): Wasserwirtschaftliche Verhältnisse des Projektes 17, 4. Fassung. - Koblenz (unveröffentlichter Bericht)
- BÜRO FÜR UMWELT UND LANDSCHAFTSPLANUNG (2006): Landschaftsrahmenplan Potsdam-Mittelmark - Band 1 Entwicklungsziele und Maßnahmen. Genehmigte Fassung vom 19.07.2006. - Potsdam: 81 S. [http://www.potsdam-mittelmark.de/umwelt/Text/Band\\_1\\_Entwicklungsziele\\_Ma%C3%9Fnahmen.pdf](http://www.potsdam-mittelmark.de/umwelt/Text/Band_1_Entwicklungsziele_Ma%C3%9Fnahmen.pdf)
- CHMIELESKI, J. (2006): Zwischen Niedermoor und Boden: Pedogenetische Untersuchungen und Klassifikation von mitteleuropäischen Mudden. - Berlin (Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät - Dissertation)
- DANNOWSKI, R., O. DIETRICH & R. TAUSCHKE (1999): Wasserhaushalt einer vernässen Niedermoorfläche in Nordost-Brandenburg. - *Arch. für Nat.- Lands.* **38**: 251-266
- DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES (DVGW) E.V. (1988): Regelwerk W 121 "Bau und Betrieb von Grundwassermessstellen". <http://www.dvgw.de/>
- DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES (DVGW) E.V. (2000): Regelwerk W 115 "Bohrungen zur Erkundung, Gewinnung und Beobachtung von Grundwasser, Entwurf Feb. 2000". <http://www.dvgw.de/>
- DIETRICH, O., J. BLANKENBURG, R. DANNOWSKI & H. H. HENNINGS (2001 b): Vernässungsstrategien für verschiedene Standortverhältnisse (Kapitel 5). - In: KRATZ, R. & J. PFADENHAUER (Hrsg.): Ökosystemmanagement für Niedermoore - Strategien und Verfahren zur Renaturierung. - Stuttgart (Ulmer): 53-72
- DIETRICH, O., R. DANNOWSKI & J. QUAST (1995): Untersuchungen zum Gebietswasserhaushalt nordostdeutscher Niedermoore am Beispiel der Friedländer Großen Wiese. - *Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung* **36**: 144-148
- DIETRICH, O., J. QUAST, J. BLANKENBURG & P. HEIDT (2001 a): Hydrologische Gebietsanalysen zur Einschätzung der Vernässbarkeit (Kapitel 4). - In: KRATZ, R. & J. PFADENHAUER (Hrsg.): Ökosystemmanagement für Niedermoore - Strategien und Verfahren zur Renaturierung. - Stuttgart (Ulmer): 35-52
- DURNER, W. (2001): Kompensation für Eingriffe in Natur und Landschaft nach deutschem und europäischem Recht. - *Natur und Recht* **23** (11): 601-610
- DÜTTMANN, H. & R. EMMERLING (2001): Grünland-Versauerung als besonderes Problem des Wiesenvogelschutzes auf entwässerten Moorböden. - *Natur und Landschaft* **76** (6): 262-269
- ELLENBERG, H., E. H. WEBER, R. DÜLL, V. WIRTH, W. WERNER & D. PAULIBEN (1992). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - *Scripta Geobotanica* 18 - Göttingen (Erich Goltze KG): 258 S.
- ESCHNER, D. & H.-H. LISTE (1995): Stoffdynamik wieder zu vernässender Niedermoore. - *Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung* **36** (3): 113-116

- FACHBEREICHSTANDARD (1985): Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte - Horizonte, Bodentypen und Bodenformen von Mineralböden (TGL 24300/08). - Berlin (Verlag für Standardisierung): 4 S.
- FELDWISCH, N., K. MÜLLER-PFANNENSTIEL, M. HERBERT & R. WOLF (1999): Erfordernis und Möglichkeiten der Berücksichtigung des Bodenschutzes im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung. - Bodenschutz 4 (4): 130-135
- FREIE UND HANSESTADT HAMBURG - BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT (Hrsg.) (2003): Großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung für Hamburger Böden - Verfahrensbeschreibung und Begründung. - Hamburg (Selbstverlag): 89 S. <http://www.boden.hamburg.de>
- FROMMBERG, P. & D. LEMKE (2005): Protokoll Laborpraktikum Bodenkunde vom 28.02. - 04.03.2005 (Profil x22y32). - Potsdam (Institut für Geoökologie der Universität Potsdam, unveröffentlichtes Protokoll): 15 S.
- GÄTH, S. (1999): Bodenkartierung durch sachverständige Dritte - Brauchen wir eine Honorarordnung? - Bodenschutz 4 (4): 128-129
- GELBRECHT, J. & D. KOPPISCH (2001): Phosphor-Umsetzungsprozesse (Kapitel 2.3.1.4). - In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. - Stuttgart (Schweizerbart): 24-26
- GENSIOR, A. & J. ZEITZ (1999): Einfluss einer Wiedervernässungsmaßnahme auf die Dynamik chemischer und physikalischer Bodeneigenschaften eines degradierten Niedermooses. - Arch. für Nat.- Lands.- 38: 267-302
- GOLDSCHMIDT, B. (2000). Naturschutzbezogenes Monitoring in grünlandgenutzten Niedermoorlandschaften Nordostdeutschlands am Beispiel des Gartzzer Bruchs und des Niederoderbruchs. - Eberswalder wissenschaftliche Schriften 4 - Berlin (Deutscher Landwirtschaftsverlag): 382 S.
- GUSE, B. & J. PAGEL (2005): Momentaufnahme der Bodenfeuchtesituation auf Polderflächen an der Mittleren Havel. - Potsdam (Universität Potsdam, Institut für Geoökologie - unveröffentlichter Bericht zum interdisziplinären Studienprojekt)
- HARTER, A. (1999): Renaturierungsversuche auf degradierten Niedermoorböden - Untersuchungen zur Reaktion von Boden und Vegetation auf Wiedervernässung in zwei Niedermoorgebieten Brandenburgs. - Berlin (Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät - Dissertation): 191 S.
- HARTER, A. & V. LUTHARDT (1996): Untersuchung zur Reaktion von Boden und Vegetation auf Wiedervernässung von degradierten Niedermoorböden in Brandenburg. - Eberswalde (Fachhochschule Eberswalde, Abschlußbericht im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg A8/68009/5-7): 220 S. + Anhang
- HAUSCHILD, J. & B. SCHEFFER (1995): Zur Nitratbildung in Niedermoorböden in Abhängigkeit der Bodenfeuchte (Brutversuche). - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 36 (3): 151-152
- HELLBERG, F., J. MÜLLER, E. FRESE, D. JANHOFF & G. ROSENTHAL (2003): Vegetationsentwicklung in Feuchtwiesen bei Brache und Vernässung - Erfahrungen aus nordwestdeutschen Flussniederungen. - Natur und Landschaft 78 (6): 245-255
- HENNINGS, H. H. (1994): Wiedervernässbarkeit von Niedermooren. - NNA-Berichte 7 (2): 86-90
- HENNINGS, H. H. (1996): Zur Wiedervernässbarkeit von Niedermooren. - Göttingen (Georg-August-Universität, Landwirtschaftliche Fakultät - Dissertation): 173 S.
- HERBST, R. & G. REIMER (2004): Digitale Hofbodenkarten (Kapitel 3). - In: KTBL (Hrsg.): Management für den ortsspezifischen Pflanzenbau. Verbundprojekt preagro, Abschlussbericht. - Darmstadt: 74 <http://www.preagro.de/Veroeff/Liste.php.3>
- HILLER, A. (2000): Untersuchungen zu Substrateigenschaften und zum Stoff- und Wasserhaushalt von Niedermooren Nordostdeutschlands zur Beurteilung ihrer Wiedervernässbarkeit und Entwicklungsmöglichkeiten. - Rostock (Universität Rostock, Fachbereich Landeskultur und Umweltschutz - Dissertation): 212 S.

- HODAPP, D., K. MEIER & S. SCHUCHORT (2005): Praktikumsprotokoll - Bodenchemie (Profile x7y24, x20y11). - Potsdam (Institut für Geoökologie der Universität Potsdam, unveröffentlichtes Protokoll): 14 S.
- JACOBS, J. (2001): Erfolgskontrollen im Rahmen der Eingriffsregelung. Zielanalysen, Nachkontrollen und Entwicklungsprognosen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen beim Ausbau der BAB A9 in der Fuhneniederung (Landkreis Bitterfeld). - Potsdam (Universität Potsdam, Institut für Geoökologie - Diplomarbeit): 111 S. [http://www.uni-potsdam.de/u/Geoökologie/institut/landschaftsplanung/download/jacobs\\_dipl\\_text.pdf](http://www.uni-potsdam.de/u/Geoökologie/institut/landschaftsplanung/download/jacobs_dipl_text.pdf)
- JESSEL, B., A. SCHÖPS, B. GALL & M. SZARAMOWICZ (2006): Flächenpools in der Eingriffsregelung und regionales Landschaftswassermanagement als Beiträge zu einer integrierten Landschaftsentwicklung am Beispiel der Mittleren Havel. - Naturschutz und Biologische Vielfalt 33 - Bonn - Bad Godesberg (Bundesamt für Naturschutz): 410 S.
- JESSEL, B. & K. TOBIAS (2002): Ökologisch orientierte Planung - Eine Einführung in Theorie, Daten und Methoden. - Stuttgart (Eugen Ulmer): 470 S.
- JESSELSTEIN, J., M. BENKE & C. HERMANSPAHN (2001): Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland unter Naturschutzaufgaben. - Landnutzung und Landentwicklung 42 (6): 264-267
- JESSEN-HESSE, V. (2002). Vorsorgeorientierter Bodenschutz in der Raum- und Landschaftsplanung: Leitbilder und methodische Anforderungen, konkretisiert am Beispiel der Region Berlin-Brandenburg. - BVB-Materialien 9 - Berlin (Erich Schmidt Verlag): 224 S.
- KALBITZ, K., H. RUPP, R. MEIBNER & F. BRAUMANN (1999): Folgewirkungen der Renaturierung eines Niedermoors auf die Stickstoff-, Phosphor- und Kohlenstoffgehalte im Boden- und Grundwasser. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 40 (1): 22-28
- KAPFER, A. (1988). Versuche zur Renaturierung gedüngten Feuchtgrünlandes - Aushagerung und Vegetationsentwicklung. - Dissertationes Botanicae 20 - Berlin, Stuttgart (Cramer): 144 S.
- KIENE, A. (2005): Die Berücksichtigung des Bodens in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung in der Freien und Hansestadt Hamburg. - Bodenschutz 10 (1): 17-22
- KOPPISCH, D. (2001 a): Kohlenstoff-, Stickstoff-, Schwefel-Umsetzungsprozesse (Kapitel 2.3.1.1-2.3.1.3). - In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. - Stuttgart (Schweizerbart): 19-24
- KOPPISCH, D. (2001 b): Moore als Stofffilter (Kapitel 2.3.3.3). - In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. - Stuttgart (Schweizerbart): 40-41
- KOSZINSKI, S. & O. WENDROTH (2000): Erfassung der Variabilität bodenphysikalischer Eigenschaften mit geoelektrischer Widerstandstomographie - Vorstellung des Projektes. - Bucha/Sachsen, Tagungsband zum IX. Arbeitsseminar Hochauflösende Geoelektrik der Universität Leipzig): 7 S.
- KOSZINSKI, S. & O. WENDROTH (2001): Geoelektrische Widerstandstomographie - Raum-zeitliches Verhalten von Messungen und ihren Bezug zu Bodeneigenschaften. - Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 96 (1): 99-101
- KOSZINSKI, S. & O. WENDROTH (2003 a): Räumliches Kontinuum von Bodeneigenschaften in einer Bodengesellschaft im Norddeutschen Jungmoränengebiet. - Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 102 (1): 97-98
- KOSZINSKI, S. & O. WENDROTH (2003 b): Erfassung der Variabilität bodenphysikalischer Eigenschaften mit geoelektrischer Widerstandstomographie. - (ZALF Müncheberg, Wissenschaftlicher Abschlussbericht an die DFG): 22 S.
- KRASCHINSKI, S., A. PROCHNOW, R. TÖLLE & J. ZEITZ (2001): Zur Befahrbarkeit von Niedermoorgrünland. - Landnutzung und Landentwicklung 42 (6): 277-283
- KRATZ, R., S. BELTING, M. FISCHER, M. GASSE, K. HIELSCHER, T. HUK, K. SANDKÜHLER & F. SUHLING (2001): Management für Tierarten im Niedermoorgrünland (Kapitel 14). - In: KRATZ, R. & J.



- PFADENHAUER (Hrsg.): Ökosystemmanagement für Niedermoore - Strategien und Verfahren zur Renaturierung. - Stuttgart (Ulmer): 145-176
- KRATZ, R. & J. PFADENHAUER (Hrsg.) (2001): Ökosystemmanagement für Niedermoore - Strategien und Verfahren zur Renaturierung. - Stuttgart (Ulmer): 317 S.
- KRETSCHMER, H. (2000). Ökologisches Entwicklungskonzept Oberes Rhinluch. - ZALF-Berichte 43 - Münchenberg (Selbstverlag): 250 S.
- KUNDEL, W. (1993): Grünlandentwicklung unter dem Einfluß winterlicher Überstauungen. - Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 22: 103-110
- LAMBRECHT, H., A. ROHR & K. KRUSE (2004): Zusammenfassung und Strukturierung relevanter Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit. - Bodenschutz 9 (4): 132-138
- LAMP, J., R. HERBST, G. REIMER, F. SCHMIDT, E.-W. REICHE, U. SCHMIDTHALTER & J. BOBERT (2002 a): Standortcharakteristik durch Bodenschätzung, geoelektrische Leitfähigkeits- und Bodenwassersensoren, Geländemodelle und digitale Hof-Bodenkarten - ausführliche Zusammenfassung der Teilprojekte von *pre agro* mit "Schwerpunkt Standortcharakterisierung" (Kapitel 2.2). - In: WERNER, A. & A. JARFE (Hrsg.): Precision Agriculture: Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. Tagungsband Precision Agriculture Tage 13. - 15. März 2002 in Bonn. Sonderveröffentlichung 038 - Darmstadt (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)): 25-34
- LAMP, J., R. HERBST & G. REIMER (2002 b): Digitale Hof-Bodenkarten (TP II-1a) (Kapitel 2.3). - In: WERNER, A. & A. JARFE (Hrsg.): Precision Agriculture: Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. Tagungsband Precision Agriculture Tage 13. - 15. März 2002 in Bonn. Sonderveröffentlichung 038 - Darmstadt (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)): 35-52
- LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) (1997 a). Entscheidungsmatrix als Handlungshilfe für die Erhaltung und Wiederherstellung von Bodenfunktionen in Niedermooren. - Fachbeiträge des Landesumweltamtes 27 - Potsdam (Selbstverlag): 62 S.
- LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) (1998). Landschaftsökologische Untersuchungen an einem wiedervernässten Niedermoor in der Nuthe-Nieplitz-Niederung. Geschichte und Ist-Zustand eines Moores mit Entwicklungsszenarien. - Studien und Tagungsberichte 18 - Potsdam (UNZE-Verlagsgesellschaft mbH): 120 S.
- LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) (2003). Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg. - Fachbeiträge des Landesumweltamtes 78 - Potsdam (Selbstverlag): 68 S.
- LANDGRAF, L. (1999): Stand der Arbeit am Konzept: "Stabilisierung und Verbesserung des Landschaftswasserhaushaltes in Brandenburg". - LUA-Bericht: 155-162
- LENSCHOW, U. & W. THIEL (2000): Das Moorschutzkonzept des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Ansätze zur Lösung der durch Entwässerung verursachten ökonomischen und ökologischen Probleme. - Natur und Landschaft 75 (8): 317-322
- LÜCK, E., M. EISENREICH & H. DOMSCH (2002). Innovative Kartiermethoden für die teilflächenspezifische Landwirtschaft. - Stoffdynamik in Geosystemen 7 - Potsdam (Selbstverlag): 155 S.  
<http://www.geo.uni-potsdam.de/mitarbeiter/index.html>
- LÜCK, E., M. EISENREICH, H. DOMSCH & O. BLUMENSTEIN (2000). Geophysik für Landwirtschaft und Bodenkunde. - Stoffdynamik in Geosystemen 4 - Potsdam (Selbstverlag): 167 S.  
<http://www.geo.uni-potsdam.de/mitarbeiter/index.html>
- LÜCK, E. & R. GEBBERS (2006): Evaluierung der Meßmethoden zur Leitfähigkeitskartierung im Feldmaßstab. Potsdam [http://www.geo.uni-potsdam.de/forschung/Geophysik/Evageol/seiten/index/index\\_geoel.html?../geoelektrik/grundlagen.html](http://www.geo.uni-potsdam.de/forschung/Geophysik/Evageol/seiten/index/index_geoel.html?../geoelektrik/grundlagen.html)

- LUTHARDT, V. (1991): Vergleich der biotischen Aktivität in extensiv und intensiv genutzten Niedermoorböden. - *Pedobiologia* 35: 199-206
- LUTHARDT, V. (1993): Entwicklungsziele für Niedermoorgebiete am Beispiel der Sernitz-Niederung bei Greiffenberg. - *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg (Sonderheft Niedermoores)*: 35-40
- LUTHARDT, V., O. BRAUNER, F. DREGER, A.-K. HIRSCH, T. KABUS, G. KRÜGER, J. MEISEL, D. SCHMIDT, L. TÄUSCHER, W.-G. VAHRSON & B. WITT (2003). Methodenkatalog zum Monitoringprogramm der ökosystemaren Umweltbeobachtung in den Biosphärenreservaten Brandenburgs für die Ökosystemtypen Acker, Grasland, Moor, Seen und Fließgewässer. - Eberswalde (LAGS Brandenburg)
- LUTHARDT, V., O. BRAUNER, B. WITT, S. FRIEDRICH, M. ZEIDLER, G. HOFMANN, M. JENSSEN, J. MEISEL, T. KABUS, L. TÄUSCHER, G. KRÜGER & D. SCHMIDT (2004). Lebensräume im Wandel. Bericht zur ökosystemaren Umweltbeobachtung (ÖÜB) in den Biosphärenreservaten Brandenburgs. - *Fachbeiträge des Landesumweltamtes 94* - Potsdam (Selbstverlag): 188 S.
- MESCHKANK, J., N. KISELGOFF & M. PALLOKS (2005): Protokoll WS 2004/05 zum Laborpraktikum Boden (Profile x36y12, x26y3). - Potsdam (Institut für Geoökologie der Universität Potsdam, unveröffentlichtes Protokoll): 15 S.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (MLUR) (2003): Vorläufige Hinweise zum Vollzug der Eingriffsregelung (HVE) nach den §§ 10 – 18 des brandenburgischen Naturschutzgesetzes. - Potsdam: 76 S.  
[http://www.mlur.brandenburg.de/n/hve\\_jan.pdf](http://www.mlur.brandenburg.de/n/hve_jan.pdf)
- MINISTERIUM FÜR UMWELT NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (MUNR) (2001): Landschaftsprogramm Brandenburg. Schutzgutbezogene Ziele 3.2 Boden. - Potsdam
- MINISTERIUM FÜR UMWELT NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (MUNR) (2003): "Daten zur Umweltsituation im Land Brandenburg" (DUB) im Rahmen des Landesumweltinformationssystems (LUIS BB), Ausgabe 2/2003. Digitale Daten der Biotoptypen- und Landnutzungsinterpretation aus Color-Infrarot-Luftbildern des Landes Brandenburg (1991-1993). - Potsdam
- MÜLLER, A. (1998): Vegetationskundliche Untersuchungen auf stark entwässertem Niedermoor unter Einbeziehung standörtlicher Parameter. - *Arch. für Nat.- Lands.* 37: 1-32
- MÜLLER, S., A. MÜLLER & A. ERNICKE (2005): Laborpraktikum - Protokolle zur Bodenanalyse (Profile x32y10, x11y26). - Potsdam (Institut für Geoökologie der Universität Potsdam, unveröffentlichtes Protokoll): 22 S.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (NLFB) (2003). Bearbeitung, Übersetzung und Auswertung digitaler Bodenschätzungsdaten. - *Arbeitshefte Boden 2003/1* - Hannover: 95 S.
- NITSCHKE, S. & L. NITSCHKE (1994): Extensive Grünlandnutzung. - Radebeul (Neumann): 247 S.
- PFADENHAUER, J. (1993): Vegetationsökologie - ein Skriptum. - Eching (IHW-Verlag): 301 S.
- PFADENHAUER, J., H. HÖPER, O. BROKOWSKY, S. ROTH, T. SEEGER & C. WAGNER (2001): Entwicklung pflanzenartenreichen Niedermoorgrünlands (Kapitel 13). - In: KRATZ, R. & J. PFADENHAUER (Hrsg.): *Ökosystemmanagement für Niedermoores - Strategien und Verfahren zur Renaturierung*. - Stuttgart (Ulmer): 134-153
- PFADENHAUER, J., A. KAPFER & D. MAAS (1987): Renaturierung von Futterwiesen auf Niedermooortorf durch Aushagerung. - *Natur und Landschaft* 62 (10): 430-434
- PFADENHAUER, J. & J. ZEITZ (2001): Leitbilder und Ziele für die Renaturierung norddeutscher Niedermoores (Kapitel 2). - In: KRATZ, R. & J. PFADENHAUER (Hrsg.): *Ökosystemmanagement für Niedermoores - Strategien und Verfahren zur Renaturierung*. - Stuttgart (Ulmer): 17-24
- PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT (2003): Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit. - Hannover, Endbericht): 87 S. +

- Anhang <http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/bodenschutz/fragen/bfb-labo.html>
- PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT & ERBGUTH (1999). Möglichkeiten der Umsetzung in der Bauleitplanung. - Angewandte Landschaftsökologie 26 - Bonn-Bad Godesberg (Landwirtschaftsverlag): 237 S.
- PRO TERRA TEAM (1996): Landschaftsrahmenplan Altkreis Brandenburg-Land. Entwicklungskonzept 1a "Erfordernisse & Maßnahmen für den Naturschutz, Ressourcenschutz & Erholungsvorsorge" und Entwicklungskonzept 2 "Beiträge anderer Nutzungen/Fachplanungen zur Verwirklichung der Ziele des Naturschutzes und der Landespflege". - Belzig: 106 S.
- PROJEKTGRUPPE LANDSCHAFTSWASSERHAUSHALT (2003): Landschaftswasserhaushalt in Brandenburg: Kurzfassung zum Sachstandsbericht mit Konzeption. - Potsdam: 21 S.  
[http://www.mlur.brandenburg.de/w/lwh\\_kurz.pdf](http://www.mlur.brandenburg.de/w/lwh_kurz.pdf)
- RÖMBKE, J., P. DREHER, L. BECK, W. HAMMEL, K. HUND, H. KNOCH, W. KRATZ, T. MOSER, S. PIEPER, A. RUF, J. SPELDA & S. WOAS (2000). Bodenbiologische Bodengüte - Klassen. - Texte - (Umweltbundesamt): 276 S. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-k/1816.pdf>
- RÖBLING, H., B. LAACK, B. GALL & B. JESSEL (2006 a): Beiträge zum Landschaftswassermanagement an der Havel zwischen Ketzin und Brandenburg, Teil 1 - Oberflächenverhältnisse und ihre Ursachen. - Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 15 (2): 48-54
- RÖBLING, H., B. GALL, B. LAACK & B. JESSEL (2006 b): Beiträge zum Landschaftswassermanagement an der Havel zwischen Ketzin und Brandenburg - Teil 2 Wasserstandsmanagement zur Umsetzung von Naturschutzziele. - Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 15 (4): 108-115
- RÖBLING, H. & B. JESSEL (2003): Aufgaben und Inhalte der Landschaftspflegerischen Begleit- und Ausführungsplanung. - Naturschutz und Landschaftsplanung 35 (8): 229-235
- ROTH, S., D. KOPPISCH, W. WICHTMANN & J. ZEITZ (2001): "Moorschonende Grünlandnutzung" - Erste Erfahrungen auf nordostdeutschen Niedermooren (Kapitel 9.2.1). - In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. - Stuttgart (Schweizerbart): 472-480
- RUDOLPH, B. (2005): Das Europäische Vogelschutzgebiet (SPA) Mittlere Havelniederung. - Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 14 (3, 4): 130-133
- SAUERBREY, R. (1995): Gesättigte und ungesättigte Wasserleitfähigkeit in Niedermoorböden. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 36 (3): 140-141
- SAUERBREY, R., D. ESCHNER, W.-D. LORENZ & A. TITZE (1991): Ökologische Aspekte der Bodenentwicklung landwirtschaftlich genutzter flachgündiger Niedermoorstandorte der ehemaligen DDR - Situationsbericht. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 32: 300-308
- SCHARNOW, R. (1966): Physisch-geographischer Charakter und landeskulturelle Entwicklung der Havelniederung von Potsdam bis Rathenow. - Potsdam (Pädagogische Hochschule Potsdam, Historisch-Philologische Fakultät - Dissertation): 229 S.
- SCHATZ, T. & R. SCHMIDT (2003): Archivböden - Exemplarische Inventarisierung und Bewertung im Land Brandenburg. - Bodenschutz 8 (3): 74-80
- SCHLEIER, C. & A. BEHRENDT (2000): Kennzeichnung von Eigenschaften der Folgeböden Nordostdeutscher Niedermoore. - Arch. Acker- Pfl. Boden. 45: 207-221
- SCHLICHTING, E., H.-P. BLUME & K. STAHR (1995). Bodenkundliches Praktikum. Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte und für Geowissenschaftler. - Pareys Studentexte 81 - Berlin, u.a. (Blackwell Wissenschafts-Verlag): 295 S.
- SCHMIDHALTER, U., J. RAUPENSTRAUCH, T. SELIGE & J. BOBERT (2002 a): Geophysikalische Erfassung von Standorteigenschaften (TP II-6a, Teil I) (Kapitel 2.4). - In: WERNER, A. & A. JARFE (Hrsg.): Precision Agriculture: Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. Tagungsband Precision Agriculture Tage 13. - 15. März 2002 in Bonn. Sonderver-

- öffentlichung 038 - Darmstadt (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)): 53-63
- SCHMIDHALTER, U. & T. SELIGE (2002 b): Multispektrale Fernerkundung von Bodeneigenschaften und Aufwuchszustände (TP II 6a, Teil II) (Kapitel 3.5). - In: WERNER, A. & A. JARFE (Hrsg.): Precision Agriculture: Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. Tagungsband Precision Agriculture Tage 13. - 15. März 2002 in Bonn. Sonderveröffentlichung 038 - Darmstadt (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)): 117-127
- SCHMIDT, R. & R. DIEMANN (Hrsg.) (1991): Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK). - Eberswalde (Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Bereich Bodenkunde/Fernerkundung): 78 S.
- SCHMIDT, W. (Hrsg.) (1992): Havelland um Werder, Lehnin und Ketzin: Ergebnisse der heimatkundlichen Bestandesaufnahme in den Gebieten Groß Kreutz, Ketzin, Lehnin und Werder. - Leipzig (Selbstverlag des Instituts für Länderkunde): 222 S.
- SCHMIDT, W. (1994): Über den Einfluss der Entwässerung und der Nutzung auf die Gefügeentwicklung in Niedermoorböden. - NNA-Berichte 2 (2): 59-66
- SCHMIDT, W. (1995): Einfluß der Wiedervernässung auf physikalische Eigenschaften des Moorkörpers der Friedländer Großen Wiese. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 36 (3): 107-112
- SCHMIDT, W. (2000): Über pedogene Merkmale der Niedermoorböden und deren Ausbildungszeiten. - Arch. Acker- Pfl. Boden. 45: 177-186
- SCHOLZ, A. & H. H. HENNINGS (1995): Grenzen der Beweidbarkeit bei der Wiedervernässung von Niedermooren. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 36 (3): 162-164
- SCHOPP-GUTH, A. & C. GUTH (2003): Moorrenaturierung - Grundlagen und Anforderungen. - Laufener Seminarbeitr. (1): 7-22
- SCHULTZ-STERNBERG, R., J. ZEITZ, L. LANDGRAF, E. HOFFMANN, H. LEHRKAMP, V. LUTHARDT & D. KÜHN (2000): Niedermoore in Brandenburg. - Telma 30: 139-172
- STAATLICHES AMT FÜR UMWELT UND ARBEITSSCHUTZ (STUA) OWL (2006): Grundwassermesstellen für quantitative und qualitative Grundwasserbeobachtungen. Zusätzliche Erläuterungen und Hinweise zur Bohrung, Ausbau und Material des Dezernats 51. <http://www.stua-bi.nrw.de/dezernate/dez51/d51gwmesstelle.htm>
- STADT UND LAND PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH (2001): Landschaftsplan für das Amt Emster-Havel. 2. Entwurf, Stand 28.02.2001. 278 S.
- STEGMANN, H. & J. ZEITZ (2001): Bodenbildende Prozesse entwässerter Moore (Kapitel 2.4.3). - In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. - Stuttgart (Schweizerbart): 47-57
- SUCCOW, M. (1986): Standorts- und Vegetationswandel der intensiv landwirtschaftlich genutzten Niedermoore der DDR. - Arch. Nat.Schutz Landsch.forsch. 26 (4): 225-242
- SUCCOW, M. (1999): Probleme und Perspektiven einer Niedermoornutzung. - Arch. für Nat.- Lands.- 38: 85-95
- SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. - Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung): 622 S.
- TIMMERMANN, T. (1999): Anbau von Schilf (*Phragmites australis*) als ein Weg zur Sanierung von Niedermooren - Eine Fallstudie zu Etablierungsmethoden, Vegetationsentwicklung und Konsequenzen für die Praxis. - Arch. für Nat.- Lands.- 38: 111-143
- TREPEL, M. (1995): Untersuchungen zum Einfluß der Nutzung auf die Vegetationszusammensetzung und Grundwasserdynamik von Feuchtwiesen in der Bornhöveder Seenkette. - Kiel (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel - Diplomarbeit): 69 S.
- UHLEMANN, H.-J. (1994): Berlin und die Märkischen Wasserstraßen. - Hamburg (DSV-Verlag): 212 S.

- VEB MELIORATIONSKOMBINAT POTSDAM (1973): Studie zu Entwässerungsmaßnahmen im Polder-Gollwitz und Polder-Emster. 6. Ausfertigung. - Potsdam (Erläuterungsbericht, Stellungnahmen und Verteidigung)
- VON HAAREN, C. (Hrsg.) (2004): Landschaftsplanung. - Stuttgart (Eugen Ulmer): 527 S.
- WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT BRANDENBURG (WSA) (2005 a): Ergebnisniederschrift zur Staubeiratssitzung des UHW 2004/2005. - Brandenburg an der Havel: 16 S.
- ZEBISCH, M., T. GROTHMANN, D. SCHRÖTER, C. HABE, U. FRITSCH & W. CRAMER (2005): Klimawandel in Deutschland - Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme (Kurzfassung). - Potsdam (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Förderkennzeichen (UFOPLAN) 201 41 253, Aufgabengebiet Klimaschutz): 12 S. <http://www.pik-potsdam.de/members/vtecken/lehre-uni-potsdam/projektseminar-ws-06-07-analyse-institutioneller-anpassungsstrategien/klimawandel-in-d.pdf>
- ZEITZ, J. (1995): Kartierung und Bewertung der Niedermoorböden im Oberen Rhinluch (Brandenburg). - NNA-Berichte 8 (2): 103-107
- ZEITZ, J. (2001): Physikalisch-hydrologische Kennzeichnung (Kapitel 3.4). - In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. - Stuttgart (Schweizerbart): 85-92
- ZEITZ, J., E. TITZE & W. KOSSOW (1987): Auswirkungen von zu tiefen Grundwasserständen auf Standorteigenschaften und Ertrag bei tiefgündigen Niedermooren. - Feldwirtschaft 28 (5): 214-216

## 11.2 Gesetze und Verordnungen

- BNatSchG - Bundesnaturschutzgesetz (Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege) vom 25. März 2002 (BGBl. I 2002, S. 1193, zuletzt geändert durch Art. 40 G v. 21.06.2005 I 1818)  
[http://www.bmu.de/naturschutz\\_biologische\\_vielfalt/bundesnaturschutzgesetz/gesetzestext/doc/2553.php](http://www.bmu.de/naturschutz_biologische_vielfalt/bundesnaturschutzgesetz/gesetzestext/doc/2553.php)
- BbgNatSchG - Brandenburgisches Naturschutzgesetz (Gesetz über den Naturschutz und die Landschaftspflege im Land Brandenburg vom 26. Mai 2004 (GVBl. I, S. 350)  
<http://www.naturschutzrecht.net/Gesetze/Brandenburg/lnatschgbb01.html>
- BBodSchG - Bundes-Bodenschutzgesetz (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten) vom 17. März 1998 (BGBl. I 1998 S. 502, 2001 S. 2331; 09.12.2004 S. 321404) <http://www.gesetzesweb.de/BBodSchG.html>
- Verordnung über das Landschaftsschutzgebiet "Brandenburger Osthavelniederung" vom 21. Juli 1998 (GVBl. II/98, S. 558, geändert durch Verordnung zur Änderung der Verordnung über das Landschaftsschutzgebiet „Brandenburger Osthavelniederung“ vom 14. November 2002 (GVBl. II/02, S. 672)
- Verordnung über das Naturschutzgebiet "Ketziner Havelinseln" vom 16. Dezember 2002 (BVBl. II/03, [Nr. 05], S. 83  
[http://www.landesrecht.brandenburg.de/sixcms/detail.php?gsid=land\\_bb\\_bravors\\_01.c.15704.de](http://www.landesrecht.brandenburg.de/sixcms/detail.php?gsid=land_bb_bravors_01.c.15704.de)
- Verordnung über das Naturschutzgebiet "Mittlere Havel" vom 20. Dezember 2002 (GVBl. II/03, [Nr. 05], S. 94)  
[http://www.landesrecht.brandenburg.de/sixcms/detail.php?gsid=land\\_bb\\_bravors\\_01.c.15706.de](http://www.landesrecht.brandenburg.de/sixcms/detail.php?gsid=land_bb_bravors_01.c.15706.de)
- Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (2002) <http://www.hoai.de/online/HOAI-Text>

## 11.3 Mitteilungen

### 11.3.1 Schriftliche Mitteilungen

BAURIEGEL, A., LBGR (16.02.2006): Hierarchischer Aufbau der Bodenschätzung.

BAURIEGEL, A., LBGR (16.08.2006): Ableitbare Hinweise aus den Klassenflächen der Bodenschätzung zur Torfmächtigkeit. LBGR

BAURIEGEL, A., LBGR (28.08.2006): Hinweise zum Inhalt von Flächeneinheiten der MMK und BS.

LANDGRAF, L., LUA Brandenburg (09.07.2003): Über die unterschiedlichen Ursachen von Wasserblänken in Brandenburger Niedermoorgebieten.

LANDGRAF, L., LUA Brandenburg (17.06.2003): Erläuterungen zu Prozessen, die zur Entstehung und Auflösung von Verdichtungsschichten auf degradierten Moorstandorten führen.

LANDGRAF, L., LUA Brandenburg (17.08.2006): Erfassung veränderter Bodenzustände in Niederungen.

ZEITZ, J., HUB (23.03.2005): Zur Entwicklung des Bodengefüges nach Wiedervernässung.

### 11.3.2 Mündliche Mitteilungen

KNOTHE, D., Universität Potsdam (09.05.2006): Informationen über die Torfzustände in der Mittleren Havelniederung und in der Niederung der Emster.

LÜCK, E., Universität Potsdam (24.06.2006): Informationen über geoelektrische Verfahren und deren Anwendung.

ZEITHAMMER, I. (19.04.2004): Informationen zum Schöpfwerk im Polder "Götz-Gollwitz".

ZEITHAMMER, I., Wasser- und Bodenverband "Großer Havelländischer Hauptkanal - Havelkanal - Havelseen" (16.03.2006): Aktuelle Wasserstandssituation im Polder "Götz-Gollwitz" im Vergleich zum Zeitraum vor 1990.

## 11.4 Verwendete Karten und Daten

AKADEMIE DER LANDWIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN DER DDR - FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHENBERG BEREICH BODENKUNDE EBERSWALDE (1976): Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung, Arbeitskarten 1:25 000 Blatt 3541 und 3542 (Brandenburg a. d. H., Groß Kreutz). - Eberswalde (*"Hergestellt unter Verwendung von digitalen Bohrdaten des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) Kleinmachnow."*)

AKADEMIE DER LANDWIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN DER DDR - FORSCHUNGSZENTRUM FÜR BODENFRUCHTBARKEIT MÜNCHENBERG BEREICH BODENKUNDE (1979): Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung - Übersichtskarte 1:100 000 (MMK 1:100 000) Blatt 25 (Brandenburg). - Eberswalde (*"Hergestellt unter Verwendung von digitalen Bohrdaten des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) Kleinmachnow."*)

KARTE VON DECKER (1816-1824): Kartenaufnahme des Preußischen Generalstabs unter der Leitung des Major Decker 1:25 000. (*Besitzer der Originalkarten: Staatsbibliothek zu Berlin - Preußischer Kulturbesitz Kart. N 1036 - Blatt 197*)

KARTE VON SCHMETTAU (1767-1787): (*Besitzer der Originalkarten: Staatsbibliothek zu Berlin - Preußischer Kulturbesitz Kart. L 5420*)

- KARTE VON SCHULENBURG (1767-1787): Preußen größere Teile: Hinterpommern, Brandenburg, Altmark, Herzogtum Magdeburg im Auftrag von Schulenburg. (*Besitzer der Originalkarten: Staatsbibliothek zu Berlin - Preußischer Kulturbesitz Kart. N 1006*)
- KNOTHE, D. (1984): Naturraumtypenkarte der Deutschen Demokratischen Republik 1:100.000, Blatt 0807 Brandenburg/Havel. - Potsdam (VEB Kartographischer Dienst), VEB Kartographischer Dienst
- KÖNIGLICHE PREUSSISCHE GEOLOGISCHE LANDESANSTALT (1892): Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten, Blatt 3541 Brandenburg, 3542 Groß Kreutz. - Berlin (Paul Parey), (*"Hergestellt unter Verwendung von digitalen Bohrdaten des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) Kleinmachnow".*)
- KULTURTECHNISCHES BÜRO O. HACKRADT (1909): Drainkarte vom Rittergut Gollwitz - Ausführung 1909 -1911. - Stendal (*Plan ist im Besitz von Herrn Schön, ehemaliger Mitarbeiter in der Meliorationsgenossenschaft Schmerzke.*)
- LANDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE BRANDENBURG (LGRB) (1993): Digitale Karten zum Bodenkundlichen Gutachten für den Bereich der Unteren Havel-Wasserstraße im Land Brandenburg. - Kleinmachnow (unveröffentlicht)
- LANDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE BRANDENBURG (LGRB) & LANDESVERMESSUNGSAMT BRANDENBURG (2001): Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1:300 000 (BÜK 300). - Kleinmachnow/Potsdam
- LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (LUA) (1997 b): Schutzkonzeptkarte für Niedermoore des Land Brandenburg - digitale Moorkarte für den Maßstabsbereich 1:50 000 bis 1:100 000. - Potsdam
- LANDESVERMESSUNGSAMT BRANDENBURG (1999): Topographische Karte 1:10 000, Blatt 3541 - SO Brandenburg an der Havel-Klein Kreutz. - Potsdam: Stand 1996, Normalausgabe (*Nutzung mit Genehmigung der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Nummer GB 39/06*)
- LANDESVERMESSUNGSAMT BRANDENBURG (1999): Topographische Karte 1:10 000, Blatt 3542 - SW Götz. - Potsdam: Stand 1996, Normalausgabe (*Nutzung mit Genehmigung der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Nummer GB 39/06*)
- LANDESVERMESSUNGSAMT BRANDENBURG (LVA) (1997): Preußische Kartenaufnahme 1:25 000 - Uraufnahme (Reprint), Blatt 3541 Brandenburg an der Havel. - Potsdam Stand 1839 (*Besitzer der originalen Urmesstischblätter: Staatsbibliothek zu Berlin - Preußischer Kulturbesitz Kart. N 729*)
- LANDESVERMESSUNGSAMT BRANDENBURG (LVA) (1998): Preußische Kartenaufnahme 1:25 000 - Uraufnahme (Reprint), Blatt 3542 Groß Kreutz. - Potsdam Stand 1839 (*Besitzer der originalen Urmesstischblätter: Staatsbibliothek zu Berlin - Preußischer Kulturbesitz Kart. N 729*)
- LANDESVERMESSUNGSAMT BRANDENBURG (LVA) (2001): Digitale Orthofotos (DOP100), Blatt 3541-SO, 3542-SW. Potsdam (*Nutzung mit Genehmigung der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Nummer GB 39/06*)
- MINISTERIUM DES INNERN AMT FÜR VERMESSUNGS- UND KARTENWESEN (1990): Topographische Karte 1:25 000, Blatt 0807-32 (Götz). - Stand 1985, Ausgabe für die Volkswirtschaft (*Nutzung mit Genehmigung der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Nummer GB 39/06*)
- MINISTERIUM DES INNERN VERWALTUNG VERMESSUNGS- UND KARTENWESEN (1985): Topographische Karte 1:10 000, Blatt 0807-323 (Klein Kreutz), Blatt 0807-324 (Götz). - Stand 1980, Ausgabe für die Volkswirtschaft (*Nutzung mit Genehmigung der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Nummer GB 39/06*)
- PREUSSISCHE LANDESAUFNAHME (1882): Karte des Deutschen Reichs 1:25 000 (Messtischblatt), Blatt 3541 Brandenburg an der Havel, Blatt 3542 Groß Kreutz. - Ausgabe 1943 (*Nutzung mit Ge-*

*Genehmigung der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Nummer GB 39/06)*

PREUßISCHE URAUFNAHME BRANDENBURG (1880): Plan von der Umgebung von Brandenburg (Teil 2+4) nach Karten von 1870/1879: Bereich Schmerzke bis Deetz, Ausschnitt Polder Götz-Gollwitz. *(Plan ist im Besitz von Herrn Schön, ehemaliger Mitarbeiter in der Meliorationsgenossenschaft Schmerzke)*

STAATLICHE GEOLOGISCHE KOMMISSION (o. J.): Bodenschätzungskarte nach den Ergebnissen der Bodenschätzung Blatt 3541, 3542 (Brandenburg, Groß Kreuz) 1: 25 000. - Berlin *(„Hergestellt unter Verwendung von digitalen Bohrdaten des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) Kleinmachnow“.)*

VEB MELIORATIONSKOMBINAT POTSDAM (1952): Übersicht über zu räumende Gräben 1952/1953 im Polder Gollwitz-Havel + Emster (1:25 000). *(Originalplan der ehemaligen Meliorationsgenossenschaft Schmerzke ist im Besitz der Brandenburgischen Melioration und Tiefbau GmbH.)*

WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT BRANDENBURG (WSA) (2005 b): Wasserstandsdaten/Durchflussdaten aus dem WSV-Datenspeicher der WSD Ost Magdeburg *(Originaldaten beim WSA Brandenburg: [www.wsa-brandenburg.wsv.de](http://www.wsa-brandenburg.wsv.de)).*

WASSERSTRABEN-NEUBAUAMT BERLIN (WNA) (2003): Höhenmodelldaten Flusshavel auf der Grundlage einer Laserscannermessung im Bereich "Untere-Havel-Wasserstraße km 34,5 - 55,5" (Ketzin - Brandenburg). Berlin

Ich danke Herrn D. Heuer vom Wasserstraßen-Neubauamt Berlin, Frau I. Friedrich vom Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Herrn Scheerschmidt von der Staatsbibliothek zu Berlin, Frau Theile von der Landesvermessung und Geobasisinformation, Herrn Schön sowie der Brandenburgischen Melioration und Tiefbau GmbH für die freundliche Genehmigung der Vervielfältigung von Kartenausschnitten und Verwendung von Daten.