

Verbundvorhaben (FKZ 0339571)

„Auenregeneration durch Deichrückverlegung“

Abschlussbericht

Teilprojekt 7: Landwirtschaft

Entwicklung von Konzepten für eine nachhaltige Landnutzung in den Auen der Unteren Mittelelbe im Einzugsgebiet von projektierten Deichrückverlegungen – Ökologische Aspekte



Projektdurchführung: Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Nutztierwissenschaften
Fachgebiet Nutztierökologie
Philippstr. 13, Haus 7, 10099 Berlin

Projektbearbeitung: Dipl.-Ing. Agr. Peter Gaußmann
Dipl.-Biol. Andreas Heinken
Prof. Dr. H.-J. Schwartz

Januar 2001

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Methoden	5
2.1	Flächenauswahl	5
2.2	Vegetationskundliche Untersuchungen	6
2.2.1	Einrichtung der Dauerbeobachtungsflächen	6
2.2.2	Vegetationsaufnahmen	12
2.2.2.1	Benennung der Arten	12
2.2.2.2	Pflanzensoziologische Aufnahmen	12
2.2.2.3	Schätzmethode für die Vegetationsbedeckung	13
2.2.2.4	Syntaxonomische Gliederung der Vegetation	14
2.2.2.5	Phänologische Entwicklung	14
2.2.3	Transektuntersuchungen	16
2.3	Standortkundliche Untersuchungen	18
2.3.1	Topografische Höhen	18
2.3.2	Überflutungsparameter	19
2.3.3	Bodenkundliche Parameter	23
2.4	Landwirtschaftliche Untersuchungen	24
2.4.1	Futterangebot	25
2.4.2	Futterqualität	27
2.4.3	Bewirtschaftungsrisiko	30
2.4.3.1	Ganglinien	31
2.4.3.2	Dauerlinien	31
2.4.3.3	Beschreibung des Bewirtschaftungsrisikos	32
2.4.4	Flächenverlust	33
2.5	Statistische Analysen	34
2.5.1	Korrespondenzanalysen	34
2.5.2	Multiple Regression	39
2.6	Geografisches Informationssystem (GIS)	41
3.	Ergebnisse	43
3.1	Vegetationskundlicher Teil	43
3.1.1	Grünlandvegetation und -flora	43
3.1.1.1	Vorbemerkungen	43
3.1.1.2	Floristisches Inventar	44
3.1.1.3	Pflanzengesellschaften	46
3.1.1.4	Flächenanteile	47
3.1.1.5	Fazit	49
3.1.2	Einfluss des Standorts auf die Vegetation	51
3.1.3	Einfluss der landwirtschaftlichen Nutzung auf die Grünlandvegetation	57
3.1.3.1	Bewirtschaftungsmethoden	57
3.1.3.2	Auswirkungen des Vertragsnaturschutzes	57
3.1.3.3	Bewirtschaftungsexperimente	58
3.1.3.4	Fazit	62
3.2.	Landwirtschaftlicher Teil	64
3.2.1	Aktuelle und historische Flächennutzung	64
3.2.1.1	Heutige Bewirtschaftungsverfahren	64

3.2.1.2	Nutzungsgeschichte	67
3.2.2	Aufwuchsmenge und Futterqualität der untersuchten Vegetationstypen	70
3.2.2.1	Futterangebot	70
3.2.2.2	Futterqualität	71
3.2.3	Einfluss des Standorts auf die landwirtschaftliche Nutzbarkeit	75
3.2.3.1	Risikoklassifizierung nach der Geländehöhe	
3.2.3.2	Einbeziehung der Vegetationsprognose	76
3.2.3.3	Flächenbezug der Bewertung des Bewirtschaftungsrisikos	79
3.3	Integrativer Teil	80
3.3.1	Auswirkungen der Rückdeichung auf die Grünlandvegetation	80
3.3.1.1	Randbedingungen der Prognose	80
3.3.1.2	Potentielle Vegetationsveränderungen im Grünland	80
3.3.1.3	Überprüfung der Prognoseergebnisse	83
3.3.1.4	Sukzession	90
3.3.2	Auswirkung der Rückdeichung auf die landwirtschaftliche Nutzung	93
4.	Zusammenfassende Diskussion	96
5.	Ausblick	115
6.	Literatur	117
7.	Anhang	
A	Vegetationskundlicher Teil	I
B	Landwirtschaftlicher Teil	XI
C	Klima und Witterungsverlauf	XXXVII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Räumliche Verteilung der Grünland-Untersuchungsflächen und „Testflächen“ im Untersuchungsgebiet.	7
Abbildung 2:	Schematische Darstellung der Dauerbeobachtungsflächen (DBF) in den Nutzungsexperimenten.	10
Abbildung 3:	Lage der Versuchsflächen im Lütkenwischer Werder	11
Abbildung 4:	Phänologischer Entwicklungszustand und Datenaufnahme in den Nutzungsexperimenten.	16
Abbildung 5:	Schematische Darstellung der Anlage von Transekten.	17
Abbildung 6:	Messung von Reliefunterschieden im Gelände mit Hilfe einer Schlauchwaage.	19
Abbildung 7:	Vergleich der Wasserspiegellagen im Flussschlauch vor und nach der Deichrückverlegung.	20
Abbildung 8:	Rezente Schlüsselkurven am Elbe-km 477,5 („Böser Ort“) und 484,4 (Fähranleger Lenzen).	22
Abbildung 9:	Ganglinie und Dauerlinie des Abflusses im untersuchten Elbabschnitt für das Jahr 1998.	22
Abbildung 10:	Bewertungsmöglichkeiten für Pflanzenaufwüchse und Einflussfaktoren auf die flächenbezogene Tierleistung in der Grünlandbewirtschaftung.	24
Abbildung 11:	Ermittlung der Phytomasse und Zusammenstellung des Probenmaterials.	25
Abbildung 12:	Energie-Bedarfsdeckung in Abhängigkeit von der Futteraufnahme des Tieres und der Energiekonzentration im zur Verfügung stehenden Weidefutter.	27
Abbildung 13:	Abflussganglinien für die Jahre 1996-98 und für ausgewählte, für die Deichvorlandnutzung besonders kritische Jahre am Elbepegel Wittenberge.	31
Abbildung 14:	Dauerlinien aller mittleren täglichen Abflüsse am Pegel Wittenberge von 1964 bis 1998.	31
Abbildung 15:	Erstes, zweites, drittes Quartil der Dauerlinien und der Mittelwert der Ganglinien am Elbepegel Wittenberge.	32
Abbildung 16:	Schematisierter Ablauf einer indirekten multivariaten Ordination.	36
Abbildung 17:	Überprüfung des eigenen Regressionsmodells für die Schätzung von Energiekonzentrationen.	40
Abbildung 18:	Datenverknüpfung im Geografischen Informationssystem.	42
Abbildung 19:	Kanonische Ordination (CCA) der Vegetationsaufnahmen aus dem Deichvorland des Untersuchungsgebiets.	51
Abbildung 20:	DECORANA-Ordinationsdiagramm (DCA) der Grünlandaufnahmen des Datensatzes aus Abbildung 19.	52
Abbildung 21:	Mittlere Überflutungsdauern der Grünlandtypen im Untersuchungsgebiet.	54
Abbildung 22:	Langjährige mittlere Dauerlinien des Grundwasserpotentials (1964-1998) für verschiedene Grünlandgesellschaften des Deichvorlandes am Beispiel von zehn Geländepunkten im Lütkenwischer Werder.	55
Abbildung 23:	Beispiel für die Analyse von Sukzessionstrends mit Hilfe der Hauptkomponenten-Ordination.	59
Abbildung 24:	Phänologischer Entwicklungszustand der untersuchten Rohrglanzgras-Röhrichte vor dem ersten und zweiten Bewirtschaftungszeitpunkt im abschließenden Versuchsjahr 1999.	60
Abbildung 25:	Entwicklung der mittleren Höhen der Streueauflage im Versuchszeitraum.	61

Abbildung 26:	Trockenmasseerträge für den ersten Aufwuchs im abschließenden Versuchsjahr 1999.	62
Abbildung 27:	Flächennutzung 1775	70
Abbildung 28:	Flächennutzung 1881	70
Abbildung 29:	Aktuelle Flächennutzung 1999	70
Abbildung 30:	Phytomasse des Primäraufwuchses im Juni, des entsprechenden Folgeaufwuchses im August und der geschätzte Bruttoertrag.	71
Abbildung 31:	Futterwertparameter des Primär- und Folgeaufwuchses untersuchter Pflanzengesellschaften.	72
Abbildung 32:	Futterwertparameter des Primäraufwuchses untersuchter Pflanzengesellschaften im April.	73
Abbildung 33:	Futterqualitätsabhängige Anzahl von Weidetierhaltungsverfahren für untersuchte Vegetationstypen zu zwei Nutzungszeitpunkten im Deichvor- und Deichhinterland.	75
Abbildung 34:	Relativer Flächenanteil der Geländehöhen-Klassen 1 bis 4 in den Szenarien 2 und 3.	76
Abbildung 35:	Relativer Flächenanteil der vegetationsspezifischen Risiko-Klassen 1 bis 5 in den Szenarien 2 und 3.	78
Abbildung 36:	Karte der potentiellen Flächeverteilung der Grünlandgesellschaften für die Szenarien 2 und 3, unter dynamischen Abflussverhältnissen.	83
Abbildung 37:	Vergleich zwischen potentiellen und kartierten Flächenanteilen der Grünlandgesellschaften im Deichvorland am Beispiel des Lütkenwischer Werders.	86/87
Abbildung 38:	Vergleich zwischen potentiellen und kartierten Flächenanteilen der Grünlandgesellschaften im Deichvorland am Beispiel des Lenzener Werders.	90
Abbildung 39:	Allgemeine syndynamische Prozesse bei der Wiederverflutung von Auengrünland.	92
Abbildung 40:	Vorschlag eines Bewertungsschlüssels für rückgedeichte Nutzflächen	94
Abbildung 41:	Erwartete Intensität syndynamischer Veränderungen im Rückdeichungsgebiet (Rückdeichungsszenarien 2 und 3; unter undynamischen Abflussverhältnissen).	106
Abbildung 42:	Maßnahmen zur Restitution autotypischer Grünlandarten und -gesellschaften im zeitlichen Bezug zur Deichrückverlegung	111
Abbildung B1:	Schlagkarte des Untersuchungsgebietes	XX
Abbildung B2:	Flurstückskarte des Untersuchungsgebietes	XXI
Abbildung B3:	Verluste an landwirtschaftlicher Nutzfläche durch Deichtrassen, Flutrinnen und Auwaldpflanzungen	XXXIII
Abbildung B4:	Kartierung und Prognose von Vegetationstypen im Untersuchungsgebiet	XXXIV
Abbildung B5:	Platzierung der landwirtschaftlichen Vorrangflächen nach Vegetationstypen	XXXV
Abbildung B6:	Vorschlag für die Lage landwirtschaftlicher Vorrangflächen	XXXVI
Abbildung C1:	Monatliche Niederschlagssummen an der Klimastation Dreifelderversuch im Projektzeitraum	XXXVIII
Abbildung C2:	Mittlere monatliche Lufttemperaturen an der Klimastation Dreifelderversuch im Projektzeitraum	XXXIX

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Szenarien für die Deichrückverlegung Lenzen-Wustrow	3
Tabelle 2:	Lage der Dauerbeobachtungsflächen und Untersuchungsprogramm	6
Tabelle 3:	Versuchsglieder in den Nutzungsexperimenten	10
Tabelle 4:	Verwendete Artmächtigkeitsskalen	13
Tabelle 5:	Schätzskaala zur Bestimmung des phänologischen Zustands von Pflanzenpopulationen nach KRÜSI (1981).	15
Tabelle 6:	Beprobte Pflanzengesellschaften.	26
Tabelle 7:	Flächenanteile und Beprobungsjahre.	26
Tabelle 8:	Einbezogene Tierart, Nutzungsrichtung und Tierleistung zur Bewertung von Weideaufwüchsen.	27
Tabelle 9:	Futteraufnahme von Milchkühen, Aufzuchtrindern und Schaflämmern.	29
Tabelle 10:	Schätzung der täglichen Futteraufnahme von Fleischrindern in Abhängigkeit von ihrer Lebendmasse und der Energiedichte im Futter.	30
Tabelle 11:	Abflussmittelwerte und Kenngrößen aus den Dauerlinien für ausgewählte nutzungsrelevante Zeitpunkte.	32
Tabelle 12:	Struktur der zur Verfügung stehenden Analysedaten.	39
Tabelle 13:	Im Untersuchungsgebiet nachgewiesene Gefäßpflanzenarten mit vorwiegend (sub-) atlantischem bzw. (sub-) kontinentalem Verbreitungsschwerpunkt oder typische Stromtalpflanzen.	45
Tabelle 14:	Mittelere Artenanzahlen der Vorkommen typischer Auengrünland-Gesellschaften im UG und der niedersächsischen Elbaue im Vergleich.	47
Tabelle 15:	Flächenanteile der Grünlandgesellschaften und Röhrichte am Untersuchungsgebiet.	48
Tabelle 16:	„Negativliste“ der auf der niedersächsischen Elbseite vorhandenen und im Untersuchungsgebiet fehlenden, für das Auengrünland typischen und bedrohten Grünlandgesellschaften.	49
Tabelle 17:	Kenngrößen der Grundwasserpotentiale an zehn Geländepunkten im Lütkenwischer Werder.	56
Tabelle 18:	Syndynamische Differentialarten für die zweischürige Mahdnutzung, getrennt nach erstem und zweitem Aufwuchs.	60
Tabelle 19:	Förderprogramme der extensiven Grünlandnutzung im Untersuchungsgebiet.	64
Tabelle 20:	Formen der Viehhaltung auf Grünland.	66
Tabelle 21:	Nutzungsgeschichte des Untersuchungsgebietes.	69
Tabelle 22:	Bedarfsdeckende Energieversorgung von Rindern und Schafen unter der Annahme von Futteraufnahme- und Bedarfswerten bei Weidehaltung im Juni.	74
Tabelle 23:	Bedarfsdeckende Energieversorgung von Rindern und Schafen unter der Annahme von Futteraufnahme- und Bedarfswerten bei Weidehaltung im August	75
Tabelle 24:	Abflussmengen, die den Vegetationsübergängen zwischen Grünlandgesellschaften zugeordnet wurden und der Abgrenzung von Bewirtschaftungsrisikoklassen dienen.	78
Tabelle 25:	Flächenanteile der prognostizierten Grünlandgesellschaften an den Rückdeichungsflächen (Szenarien 2 und 3).	82

Tabelle 26:	Vergleich der kartierten und potentiellen Flächenanteile der Grünlandgesellschaften im rezenten Deichvorland am Beispiel des Lenzener Werders und des Lütkenwischer Werders.	89
Tabelle 27:	Klassifizierung der Überflutungstoleranzen	105
Tabelle 28:	Bewertung der voraussichtlichen Vegetationsdynamik	105
Tabelle 29:	Zielarten der Wiederetablierung autotypischer Grünlandgesellschaften und ihre Standortansprüche	110

Verwendete Abkürzungen

ADF	Säure-Detergentien-Faser [g/kg TS]
ADL	Säure-Detergentien-Lignin [g/kg TS]
FA	Futteraufnahme
FP	Förderprogramm
Gb	Gasbildung [ml / 200mg Probensubstanz]
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
ha	Hektar
INRA	Institute National de la Recherche Agronomique (FR)
KULAP	Kulturlandschaftprogramm des Landes Brandenburg
LM	Lebendmasse [kg]
LMZ	Lebendmasse-Zunahme
ME	Umsetzbare Energie [MJ / kg TS]
MELF	Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg
MLUR	Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg
MUNR	Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg
N	Stickstoff
NDF	Neutral-Detergentien-Faser [g / kg TS]
NEL	Nettoenergie-Laktation [MJ / kg TS]
NRC	National Research Council (U.S.)
OS	Originalsubstanz (Frischmasse) [kg]
TS	Trockensubstanzgehalt [g / kg der OS]
TZ	Tageszunahme
UG	Untersuchungsgebiet
VTN	Vertragsnaturschutz
VO	Verordnung
XA	Rohasche [g / kg TS]
XL	Rohfett [g / kg TS]
XP	Rohprotein [g / kg TS]

1. Einleitung

Naturnahe Auenlandschaften zählen in Mitteleuropa zu den am stärksten bedrohten Lebensräumen. Durch die im Mittelalter begonnene Deichziehung und noch drastischer mit dem Ausbau der großen Flüsse im letzten Jahrhundert sind viele charakteristische Auenbiotope zerstört worden. Hartholz- und Weichholzaauenkomplexe, Röhrichte und artenreiches, extensiv genutztes Grünland sind aufgrund wasserbaulicher Maßnahmen und intensivierter Landbewirtschaftung meist nur noch in Resten vorhanden oder gänzlich beseitigt (POTT 1996, KESEL 1997). Die Auswirkungen der jüngsten Hochwasserereignisse an Rhein, Ems und Weser und die katastrophalen Hochfluten an der Oder im Jahr 1997 lassen sich vorwiegend auf anthropogene Ursachen, wie zunehmende Flächenversiegelung in den Einzugsbereichen der Flußsysteme, Eindeichungen, Flußbegradigungen und fehlende Retentionsräume, zurückführen. Darüberhinaus ist deutlich geworden, dass wasserbauliche Massnahmen nur unzureichend in Lage sind, die Anwohner der großen Flüsse wirksam zu schützen. Aus diesem Grunde und im Bestreben, die Flussauen als wichtige ökologische Landschaftselemente zu erhalten und zu entwickeln, weisen die aktuellen Strategien zum Hochwasserschutz einen neuen Weg: Indem man die Retentionsfunktion der Flussauen regeneriert, d.h. den Gewässern wieder mehr Überflutungsraum gibt, sollen Extremhochwässer vermieden und eine natürliche Wasserstandsdynamik ermöglicht werden (JACOB 1994, DISTER 1990 u. 1991, KÖHLER 1997, JÄHRLING 1993 u. 1998).

Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung

In den vergangenen 40-50 Jahren hat sich die Grünlandvegetation entlang der norddeutschen Flusstäler – hierzu zählen charakteristischerweise standörtlich sehr unterschiedliche Bestände des Wirtschaftsgrünlandes, der Trockenrasen und der Röhrichte – fast flächendeckend verändert. Nach KÖLBEL et al. (1990) sind diese Gebiete in Nordwestdeutschland die am massivsten durch flächenhaften Artenrückgang und grundlegende Veränderungen der Artenzusammensetzung betroffenen Ökosystem-Komplexe. Auch für andere Regionen Mitteleuropas ist diese Entwicklung bereits vielfach dokumentiert worden (GANZERT & PFADENHAUER 1988, HUNDT 1996, MEISEL 1984, MEISEL & v. HÜBSCHMANN 1976, MÜLLER 1995, ROSENTHAL & MÜLLER 1988, SCHRAUTZER & WIEBE 1993, TÜXEN 1977).

Trotz ökonomisch regulierender Eingriffe seitens des Gesetzgebers, wie der Quotenregelung bei Milchvieh oder garantierten Absatzmengen, hat der wirtschaftliche Druck auf die Landwirtschaft in den letzten zehn Jahren zu einer weiteren Steigerung der Bewirtschaftungsintensität geführt. Der sog. „biologisch-technische Fortschritt“ in der Milchviehhaltung, v.a. die Vergrößerung der pro-Kopf-Milchleistung, verringert gleichzeitig den spezifischen Futterbedarf des Milchviehs und somit die benötigte Grünlandfläche. Besonders ertragsschwache und beschwerlich bewirtschaftbare Feuchtgrünlandflächen fallen dadurch brach (v. BORSTEL 1998).

BMBF-Verbundprojekt „Auenregeneration durch Deichrückverlegung“

Im Gegensatz zur Mehrzahl der mitteleuropäischen Ströme ist der Mittellauf der Elbe nur gering durch Stauhaltungen reguliert und zeigt daher noch eine naturnahe Hochwasserdynamik. Der Flußschlauch und die hinterdeichs gelegenen Areale sind zudem durch vielfältige stromtypische Landschaftselemente wie Altarme, temporäre Qualmwasserflächen oder Dünen geprägt. Allerdings ist der eigentliche Flusslauf durch Buhnen und Deiche eingeeignet und somit des größten Teils seiner ehemaligen Überschwemmungsflächen beraubt. Die ehemals ausgedehnten Auenwälder sind bis auf wenige Waldflächen und Einzelbäume zugunsten von landwirtschaftlichen Nutzflächen verschwunden (NEUSCHULZ, PURPS & HAPE 1999).

Vor dem Hintergrund der besonderen Schutzwürdigkeit von Auenlandschaften wurde 1994 vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) ein Förderschwerpunkt "Ökologische Forschung in der Stromlandschaft Elbe" eingerichtet. Zahlreiche Projekte, die sich mit der Erforschung des Flußsystems Elbe beschäftigen, sind im sog. Forschungsverbund Elbe-Ökologie“ zusammengefasst (SAENGER et al. 1994, GRUBER & BORNHÖFT 1996, ELISE 1999@).

Innerhalb des Biosphärenreservats „Flusslandschaft Elbe – Brandenburg“ wurden im interdisziplinären Projekt „Auenregeneration durch Deichrückverlegung“ (Kurztitel), das Gegenstand der vorliegenden Forschungsaktivitäten ist, Möglichkeiten der Wiederetablierung von Auenwald geprüft. Im Zuge anstehender Deichsanierungen ist im Stromabschnitt Lenzen-Wustrow (Elbe-km 476-484) die Rückverlegung einer größeren Deichstrecke geplant. Infolge der Maßnahme sollen die natürliche Morpho- und Hydrodynamik der Elbe regional reaktiviert und große Flächenanteile aus der landwirtschaftlichen Nutzung genommen werden. Dadurch soll ermöglicht werden, dass sich charakteristische Lebensräume für verschiedene Biozönosen in der Aue wiedereinstellen können (NEUSCHULZ & LILJE 1997, NEUSCHULZ, PURPS & HAPE 1997). Weiterhin soll durch das Projektgebiet regional die Rückhaltefunktion bei Hochwässern (Schaffung von „Retentionsraum“) verbessert werden. Insofern wird dem Verbundprojekt sowohl in Bezug auf den Naturschutz als auch den Hochwasserschutz Pilotcharakter beigemessen.

Bezugsgrundlage für alle Teilprojekte bilden drei Szenarien (s. Tabelle 1). Sie stecken gleichsam Extreme für die möglichen Umsetzungen ab und dienen als Gerüst für die Prognose der Auswirkungen der geplanten Rückdeichung sowie als fachliche Basis für den nachfolgenden gesellschaftlichen Diskussionsprozess (vgl. NEUSCHULZ, PURPS & HAPE 1999).

Tabelle 1: Szenarien für die Deichrückverlegung Lenzen-Wustrow

	SZENARIO I (Nullvariante)		SZENARIO II (Kleine Variante)		SZENARIO III (Große Variante)		
Deichbau	keine Deichrückverlegung (Wiederbewaldung hinterdeichs 400 ha)		Deichrückverlegung (Gesamtfläche 420 ha)		Deichrückverlegung (Gesamtfläche 670 ha)		
wasserbauliche Maßnahmen	keine		Deichschlitzung, Flutrinnenmodellierung, Umgestaltung des bestehenden Grabennetzes		Deichschlitzung, Flutrinnenmodellierung, Umgestaltung des bestehenden Grabennetzes		
Flächenanteile							
Wiederbewaldung	ca. 200 ha		ca. 370 ha		ca. 400 ha		
davon Aufforstung	ca. 100 ha		ca. 200 ha		ca. 200 ha		
davon Sukzession	ca. 100 ha		ca. 170 ha		ca. 200 ha		
landwirtschaftliche Nutzung	auf übriger Fläche, extensiv		ca. 50 ha, extensiv		ca. 270 ha, extensiv		
Wald-Feld-Struktur im Rückdeichungsbereich	mosaikartig	zusammenhängend	mosaikartig	zusammenhängend	mosaikartig	zusammenhängend	
Bevorzugte Standorte für die Auenwaldentwicklung	Weichholzaue	Hartholzaue	Weichholzaue	Hartholzaue	Weichholzaue	Hartholzaue	

Arbeitshypothesen

I Die Deichrückverlegung im Abschnitt Lenzen - Wustrow wird die bisherige Wasserstandsdynamik der unteren Mittelebe fortdauernd verändern: Bisher hinter dem Deich liegende und meliorierte Grünlandareale werden zukünftig episodisch überflutet werden. Die Wasserspiegellagen werden durch die Retentionswirkung des nun breiteren Überflutungsraumes absinken. Hinter dem versetzten Deich werden sich neue Qualmwasserzonen bilden.

II Durch die beschriebenen Veränderungen wird es zu einer erheblichen Einschränkung der Bewirtschaftbarkeit und Ertragsfähigkeit im zukünftigen Deichvorland kommen. Die Einschränkungen ergeben sich:

- zeitlich durch längere Überflutungen/-stauungen, die die Beweidung und Befahrung behindern,
- flächenbezogen durch Gehölzpflanzungen, Auszäunung von freien Sukzessionsflächen, Bodenentnahmestellen für den Deichbau und die Modellierung von Flutrinnen sowie durch die neue Deich-trasse,
- qualitativ und quantitativ durch die Veränderung der Vegetation auf den Restgrünlandflächen und
- qualitativ durch mögliche Schadstoffeinträge bei Hochwasserereignissen.

Die vorliegende, im Zeitraum von 1996 bis 1999 durchgeführte Untersuchung hat zur Aufgabe vorherzusagen, wie sich die Grünlandvegetation im Rückdeichungsgebiet sowie im bisherigen Deichvorland infolge der stattfindenden vegetationsdynamischen Prozesse nach der Deichrückverlegung verändern wird sowie, welche flächenhaften Grünlanderträge zu erwarten sind. Aus naturschutzfachlicher Sicht ist weiterhin von Interesse, durch welche Bewirtschaftung die floristische Artenvielfalt vergrößert bzw. typisches Stromtalgrünland restituiert werden kann.

Aus landwirtschaftlicher Sicht soll geklärt werden, welche Veränderungen in der Futtermenge und Futterqualität sich aus der Vegetationsveränderung ergeben und für welche Tierhaltungsformen der zu

erwartende Grünlandaufwuchs geeignet ist. Auf der Basis dieser Ergebnisse werden im Teilprojekt Sozioökonomie (NEUBERT et al. 2000) Betrachtungen zum Bedarf an Produktionsmitteln und Arbeitskräften für verschiedene Produktionsrichtungen angestellt.

Im einzelnen werden im Teilprojekt Landwirtschaft folgende Fragen behandelt:

Vegetationskundliche Fragestellungen

- Ausgangszustand: Welche Grünlandtypen kommen im Untersuchungsgebiet vor? Wo sind welche Grünlandtypen anzutreffen (räumliches Verteilungsmuster)? Worin liegen die Ursachen für die heutige Bestandssituation?
- Abiotische Standortbedingungen: Welche Standortfaktoren bestimmen maßgeblich die räumliche Verteilung der Grünlandtypen? Wie groß ist der Einfluss der verschiedenen Standortfaktoren? Welche Parameter eignen sich für die Vorhersage von Vegetationsveränderungen nach der geplanten Deichrückverlegung?
- Landbewirtschaftung: Welchen Einfluss üben die praktizierten Bewirtschaftungsformen auf die Grünlandvegetation aus? Welche alternativen Bewirtschaftungsverfahren eignen sich dazu, naturschutzfachlich wertvolles Auengrünland zu entwickeln bzw. zu regenerieren?
- Prognose der Vegetationsentwicklung: Welche räumliche Verteilung wird das Grünland im Rückdeichungsgebiet langfristig annehmen? Welche vegetationsdynamischen Prozesse gehen mit der Wiederüberflutung einher? Wie schnell werden sich die erwarteten neuen Bestände einstellen?

Landwirtschaftliche Fragestellungen

- Ausgangszustand: Wie erfolgt die Bewirtschaftung des Grünlandes im Untersuchungsgebiet und welche Nutzungsgeschichte haben die betrachteten Flächen? Welche Aufwuchsmengen stehen derzeit vor- und hinterdeichs für die landwirtschaftliche Nutzung zur Verfügung? Welche Futterqualität hat die nutzbare Phytomasse und für welche Formen der Weidetierhaltung ist sie geeignet?
- Futterquantität und -qualität: Wie groß ist der Unterschied zwischen Pflanzengesellschaften im Deichvorland und im Deichhinterland hinsichtlich ihrer Ertragsstärke und ihrer Verwertbarkeit bei vergleichbarer Nutzung?
- Bewirtschaftungsrisiko: Wie wirkt sich der Hochwassereinfluss auf die Bewirtschaftbarkeit des Grünlandes aus? Welche Kriterien eignen sich zur Bewertung des Bewirtschaftungsrisikos?
- Prognose der zukünftigen Landnutzung: Welche Flächen verbleiben für eine landwirtschaftliche Nutzung und wie sind sie zu bewerten? Wie wird sich die Futterqualität im Vergleich zum heutigen Zustand verändern? Welche Formen der Grünlandbewirtschaftung bzw. der Tierproduktion sind zukünftig noch möglich und welche Erträge erbringen sie?

2. Methoden

2.1 Flächenauswahl

Vorplanung

Vor der Auswahl der Untersuchungsflächen erfolgten umfangreiche Recherchen zu:

Vegetation des Grünlandes an der Unteren Mittelbe (FUGMANN & JANOTTA 1996, HUNDT 1954, 1958, 1963, 1977, 1983 u. 1996, HUNDT & SUCCOW 1984, IBS 1995, PEP-GRUPPE ELTALAUE 1995, SCHUBERT & SCHWARTZ 1996, WALTHER 1950, 1973, 1977a,b, 1983, 1987),

- Nutzungsgeschichte des Untersuchungsgebiets und den traditionellen Nutzungsweisen in Vordeichgrünland an der Mittelbe (HUNDT 1954, Moorholz 1994, Pester 1997, Schulz 1997),
- Vertragsnaturschutz und dessen Bewirtschaftungsauflagen (MELF 1998),
- Standortcharakteristika der Auen (z.B. DISTER 1980 u. 1983, DISTER et al. 1992, GERKEN 1988) sowie
- fachlich-methodischen Aspekten der vegetationskundlichen Grünlandforschung.

Auswahl

Die endgültige Selektion der Untersuchungsflächen richtete sich dann in erster Linie nach dem Untersuchungsziel und praktischen und theoretischen, z.B. statistischen, Erfordernissen. Zu den wichtigsten Auswahlkriterien vor Ort gehörten:

- die Lage (Deichvorland, Deichhinterland; hoch, tief),
- das Vorhandensein bereits eingerichteter Versuchsflächen,
- der Pflanzenbestand (homogen/ heterogen, optimaler/ suboptimaler Standort, flächenanteilig im UG bedeutend),
- die Nutzung (Mahd, Weide, Brache, Mähweide, extensiv) und
- die Erreichbarkeit der Flächen.

Für die Einrichtung fester Dauerbeobachtungsflächen bzw. Dauertransekte entschied zu großen Anteilen die räumliche Nähe zu sog. „Teststandorten“ anderer Fachdisziplinen des Verbundprojektes. Hierdurch ergaben sich vielfältige Optionen des Datenaustausches und der Korrelation von vegetationskundlichen und abiotischen, v.a. bodenkundlichen, Messwerten.

2.2 Vegetationskundliche Untersuchungen

2.2.1 Dauerbeobachtungsflächen (DBF) und Transekte

Fest eingemessene und wiederholt aufgenommene Probeflächen wurden sowohl für standorts- wie auch für nutzungsbezogene Untersuchungen eingerichtet. Eine Vorauswahl möglicher Untersuchungsstandorte wurde durch Stratifizierung (vgl. WILDI 1986) und mit Hilfe von Kreuztabellen getroffen. Hierfür wurde das Untersuchungsgebiet in drei standörtliche Hauptzonen – Deichvorland, Qualmwasserzone und Deichhinterland – eingeteilt.

Die entgeltliche Festlegung der Untersuchungsflächen („Teststandorte“), orientierte sich weitgehend an sog. „Testflächen“, die in gemeinsamen Geländebegehungen aller Projektteilnehmer im Frühjahr 1997 eingerichtet wurden (s. Abb. 1). Tabelle 3 fasst die Dauerbeobachtungsflächen der vorliegenden Untersuchungen zusammen.

Tabelle 2: Lage der Dauerbeobachtungsflächen und Untersuchungsprogramm.

Testfläche	Untersuchungsflächen („Teststandorte“)	Lage (s. u.)	Untersuchungen (s. u.)	Bearbeitungszeitraum
01 Elbholz	- keine -	DV	- keine -	/
02 Lütkenwisch	Nutzungssimulationen N1, N2 und N3	DV	A, B, D, E	1997-1999
	Transekte T 5, T 6 und T 7		B, C	1998-1999
	standörtliche Untersuchungsfläche S 7.5		B, D, E	1998-1999
03 Eichwald	Transekt T 3	DH	B, C	1998
	standörtliche Untersuchungsflächen S 3.1, S 3.2 und S 3.6		B, D, E	(1997) 1998-1999
04 Oberholz	Transekt T 4	DH/QW	B, C	1998
05 Dreifelder-Versuch	Nutzungssimulation N 4	DH	A, B, D, E	1997-1999
<u>weitere Untersuchungsflächen außerhalb der Testflächen</u>				
„Mattei“	Transekte T 1.1 und T 1.2	DH/QW	B, C	1998
	standörtliche Untersuchungsflächen S 1.6, S 1.7, S 1.8 und S 1.9		B, D, E	1998-1999
„Halbe Drift“	Transekt T 2	DH	B, C	1998
	standörtliche Untersuchungsflächen S 2.6 und S 2.7		B, D, E	1998-1999
Lage		Untersuchungen		
DV	Decichvorland	A	allogene Sukzession (Nutzung)	
DH	Deichhinterland	B	spezifische Standortbedingungen von Grünlandgesellschaften	
DH/QW	Deichhinterland/Qualmwasserzone	C	vertikale Zonierung der Grünlandvegetation	
		D	spezifische Erträge von Grünlandgesellschaften	
		E	Erprobung von Ertragsschätzungsmethoden	

Insgesamt wurden innerhalb des Verbundprojekts fünf solcher **Testflächen** eingerichtet. Ausschlaggebend für deren Auswahl war, dass sie die verschiedenen Fragestellungen des Untersuchungsgebiet, den standörtlichen Gegensatz zwischen Deichvorland und Deichhinterland sowie Grünland und Auenwald bzw. Auenwaldreste, repräsentierten und dass gut erreichbar waren. Allen Testflächen ist eine dort installierte bodenkundliche Intensivmeßstation gemeinsam. Die unmittelbare Nähe der Teststandorte (s.o.) aller Teildisziplinen erlauben es, die erhobenen abiotischen und biotischen Daten miteinander zu korrelieren bzw. unmittelbare Wirkungszusammenhänge zu identifizieren.

Nutzungsexperimente

In Hinblick auf die geplante Deichrückverlegung wurden die Nutzungsversuche auf das bereits überflutungsgeprägte Deichvorland beschränkt. Die konkrete Festlegung der Probeflächen erfolgte im Winter 1996/1997. Da zu diesem Zeitpunkt eine Ansprache über Vegetationsreste nur sehr schwer möglich war und keine detaillierten Kartierungsergebnisse vorlagen, wurde als Auswahlkriterium vornehmlich die Geländehöhe herangezogen. Weiterhin wurde darauf geachtet, dass für die einzelnen Versuchsglieder das Gelände eben und gleich hoch lag, um standörtliche Gradienten auszuschließen. Soweit sichtbar, wurde die Homogenität der Vegetation als Entscheidungskriterium mit einbezogen.

Transekte

Transekte wurden für die Untersuchung standörtlicher Gradienten im Grünland eingerichtet. Sie wurden so ausgewählt, dass zwischen Anfangs- und Endpunkt einerseits einen möglichst großer Höhen(Gradienten)unterschied, andererseits ein möglichst geringes Gefälle und keine „Sprünge“ (Geländekanten) lagen. Die Vegetation spielte für die Auswahl keine Rolle. Insofern kann die Auswahl der Flächen als zufällig und ihre Analyse in multivariaten Analyseverfahren als zulässig gelten.

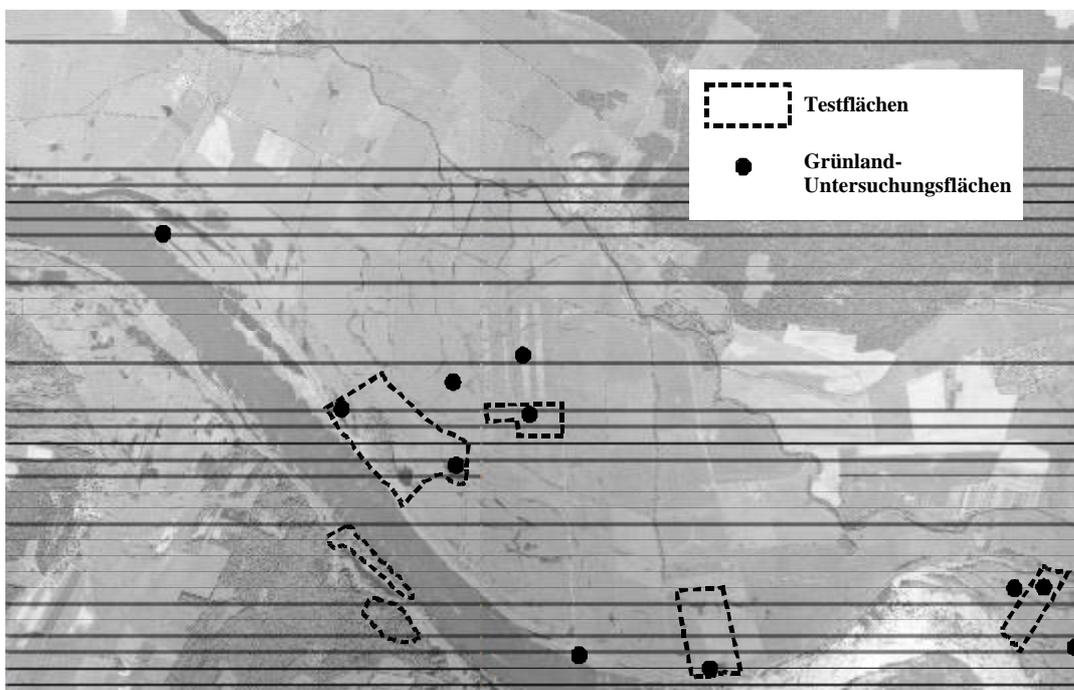


Abbildung 1: Räumliche Verteilung der Grünland-Untersuchungsflächen und „Testflächen“ im Untersuchungsgebiet (aus: NEUSCHULZ, PUPRS & HAPE 1999, verändert).

Kartierung

Ziel der Kartierung war es, die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Grünlandgesellschaften zu beschreiben und zu klassifizieren. Für die Flächenauswahl im Gelände galten die üblichen Kriterien für pflanzensoziologische Aufnahmen, vornehmlich die Homogenität des Pflanzenbestands und die Unge­störtheit des Standorts.

Weitere Vegetationsaufnahmen

Um die Rolle der landwirtschaftlichen Nutzung und der Bodenarten auf die Entwicklung der Vegetation im Deichvorland zu prüfen, wurden weitere Vegetationsaufnahmen im Übergangsbereich vom Grünland zu Röhrichtbeständen und Hochstaudenfluren entlang des Elbufers angefertigt. Alleiniges Kriterium war die Homogenität der Bestände (auch Übergangsstadien).

Einrichtung der Dauerbeobachtungsflächen

Der Einsatz von Dauerbeobachtungsflächen erlaubt es, Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung direkt mit den auf die Bestände wirkenden Nutzungsformen bzw. Standortveränderungen zu korrelieren (BORGGRÄFE 1995). Im vorliegenden Projekt werden Dauerflächen dazu verwendet, verschiedene Bewirtschaftungsvarianten auf deren Wirkung auf die Grünlandvegetation des Deichvorlandes zu untersuchen, um daraus Bewirtschaftungsempfehlungen für die Landnutzung im projektierten Rückdeichungsareal und Deichhinterland abzuleiten.

Zudem sollen weitere Dauerbeobachtungsflächen darüber Aufschluss geben, in welcher Weise die auenspezifischen Standortswankungen (Überflutung, Überstauung, Stoffeinträge) Witterungseinflüsse die Artenzusammensetzung des Graslandes im Jahresverlauf und über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg beeinflussen (s. Kap. 3.1.4 – Transekte).

Dauerbeobachtungsflächen in den Nutzungsexperimenten

Obwohl in der Vegetationskunde bereits seit geraumer Zeit Langzeituntersuchungen durchgeführt werden und auch Vorschläge für eine Vereinheitlichung gemacht wurden (vgl. PFADENHAUER et al. 1986, SCHMIDT 1974), gibt es bisher keine standardisierte Methodik für die Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen. Generell lassen sich bezüglich der Flächengröße und Anlage drei verschiedene Ansätze unterscheiden: 1. die Orientierung am Minimumareal typischer Ausprägungen von Pflanzengesellschaften (z.B. SCHIEFER 1981), 2. einzelne oder mehrere kleinflächige Dauerquadrate, die zwar nicht unbedingt das Kriterium des Minimumareals erfüllen, aber eine genaue Schätzung der Deckungsgrade bzw. Abundanzen erlauben (z.B. DIERSCHKE 1985 und HELLBERG 1995) oder 3. die Anlage von Dauerflächen in Transektform, mit der sich neben der zeitlichen auch die räumliche Variabilität von Vegetationsveränderungen erfassen lässt (z.B. PFADENHAUER et al. 1986 und ZELESNY 1994).

In jüngerer Zeit und insbesondere bei der Beobachtung von Feuchtgrünlandvegetation haben sich Methoden durchgesetzt, bei der die beiden ersten Ansätze in gleicher Weise berücksichtigt werden (z. B. ROSENTHAL 1992, KAPFER 1988, SCHWARTZE 1992, BORGGRÄFE 1995).

Die Anlage der Dauerbeobachtungsflächen in der vorliegenden Arbeit folgt im wesentlichen dem zweiten o. g. Ansatz. Es wurden folgende Prämissen zu Grunde gelegt:

Die Transekt- und Dauerbeobachtungsflächen werden nicht zur pflanzensoziologischen Charakterisierung der Grünlandvegetation herangezogen. Sie müssen insofern nicht das Kriterium des Mindestareals erfüllen.

- Die gewählte Flächengröße reicht für die Zuordnung der betreffenden Vegetationsbestände zu den Einheiten der differenzierten Tabelle aus.
- Aspekt-, fluktuations- und sukzessionsbedingte Artmächtigkeitsverschiebungen sowie Veränderungen im Arteninventar können zuverlässig nachvollzogen werden.
- Der pro Fläche verminderte Aufwandaufwand ermöglicht eine Erhöhung der Stichprobenanzahl.
- Kleinflächige Dauerquadrate erlauben eine genauere Schätzung der Bedeckungsgrade bzw. Abundanz. Sie müssen zudem bei der Bearbeitung kaum betreten werden; Trittbelastungen, die die Sukzession u. U. beeinflussen könnten, werden so vermindert.

Die Dauerbeobachtungsflächen (DBF) wurden vorwiegend im Jahr 1997, weitere nach Auswertung der Vegetationskartierung erst 1998 angelegt. Die Flächen in den Nutzungssimulationen im Lütkenwischer Werder (N 1 - N 3) sind jeweils aus 6 x 12 m groß (s. Abb. 2). Sie bestehen aus zwei Hälften, von denen eine die 2 x 2 m großen Aufnahmeflächen für die Vegetation trägt (vgl. Kap. 3.1.3), während der innere, 4 x 4 m große Bereich der andere Hälfte destruktiven Untersuchungen (Phytomassernte - vgl. Kap. 4.8) vorbehalten ist. Die Vegetationsaufnahmeflächen sind durch jeweils zwei bzw. einen Meter breite Pufferzonen gegenüber störenden Einflüssen bei der Bearbeitung direkt angrenzenden Dauerquadrate geschützt; hier wurden auch Proben zur Bestimmung bodenchemischer und -physikalischer Parameter entnommen.

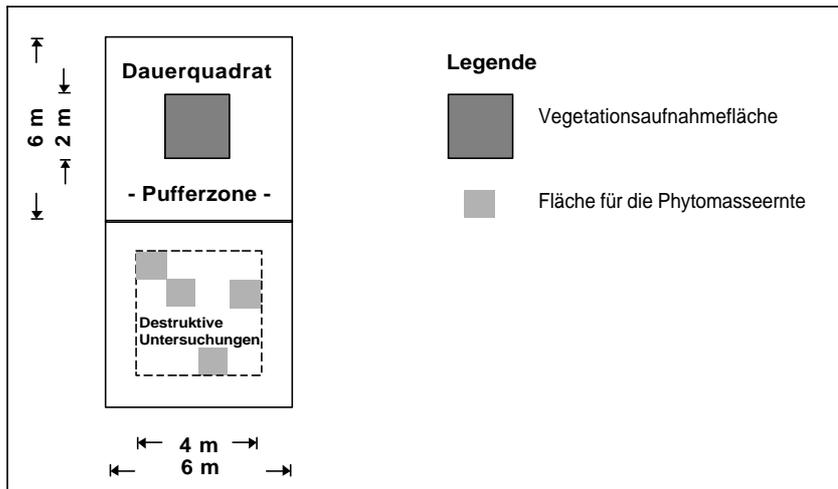


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Dauerbeobachtungsflächen (DBF) in den Nutzungsexperimenten.

Wie Tabelle 3 und Abb. 3 zeigen, wurden in vier verschiedenen Höhenstufen je sechs (drei*¹) Dauerbeobachtungsflächen pro Versuchsglied eingerichtet. Im Interesse der Übersichtlichkeit und zügigen Bearbeitbarkeit wurden je drei der Dauerbeobachtungsflächen zu einer Einheit zusammengefasst. Um graduelle standörtliche Gradienten auszugleichen, alterniert die Orientierung der Vegetationsquadrate.

Tabelle 3: Versuchsglieder in den Nutzungsexperimenten.

Pflanzengesellschaft	Geländehöhe	Bewirtschaftung	Versuchsglied	Anzahl der DBF
Leucanthemo-Rumicetum thrysiflori, wechselfrische bis halbtrockene Ausprägung	hoch	Mähweide	N 1.1 & 1.4	6
		zweischürige Mahd	N 1.2 & 1.3	6
Leucanthemo-Rumicetum thrysiflori, wechselfrische bis wechselfeuchte Ausprägung	mittel bis hoch	Mähweide	N 2.1	3
		zweischürige Mahd	N 2.2	3
<i>Elytrigia repens-Alopecurus pratensis</i> -Gesellschaft, wechselfeucht	mittel bis tief	Mähweide	N 2.4	3
		zweischürige Mahd	N 2.3	3
Phalaridetum arundinaceae, wechselfeucht bis wechsellässig	tief	Mähweide	N 3.3 & 3.4	6
		zweischürige Mahd	N 3.1 & 3.2	6

▪ Bewirtschaftung

In Bezug auf den ersten Nutzungstermin geschah die Bewirtschaftung der Versuchsglieder angepasst an die Routine des landwirtschaftlichen Betriebes und die geltenden Naturschutzauflagen. Während des Untersuchungszeitraums lag die erste Mahd jeweils um den 15. Juni (Wiesenbrütterrichtlinie I; vgl. Kap. 3.2.1). Der zweite Bewirtschaftungstermin, d. h. der Beginn der Nachbeweidung der Kontrollflächen bzw. der zweite Schnitt auf den Versuchsgliedern mit zweischüriger Mahd, lag in der Regel um den 20. August, also etwa 10 Wochen später.

*¹ Erst, nachdem der Versuch bereits angelaufen war, wurde deutlich, dass die mittelhoch gelegenen Bestände zwei verschiedenen Pflanzengesellschaften angehörten. Diese wurden daraufhin voneinander getrennt bearbeitet und ausgewertet.

Der erste Schnitt geschah durch Scheibenmäherwerke mit einer Schnitthöhe von etwa 2-4 cm über dem Boden. Das Mähgut wurde in der Regel als Anweklsilage verarbeitet, d. h. gewendet, geschwadet und nach 24-48 Stunden mit Hilfe eines Häckslers geborgen und zerkleinert. Nur vereinzelt wurde das Mähgut geheut. Die reinen Mahdflächen wurden anschließend mit mobilen Elektrozäunen eingefriedet, um sie gegen Beweidung zu schützen.

Der zweite Schnitt wurde mit einem Einachs-Balkenmäher mit einer Schnitthöhe von ca. 4-6 cm durchgeführt. Die Flächen wurden aus arbeitstechnischen Gründen anschließend sofort per Hand abgeräumt.

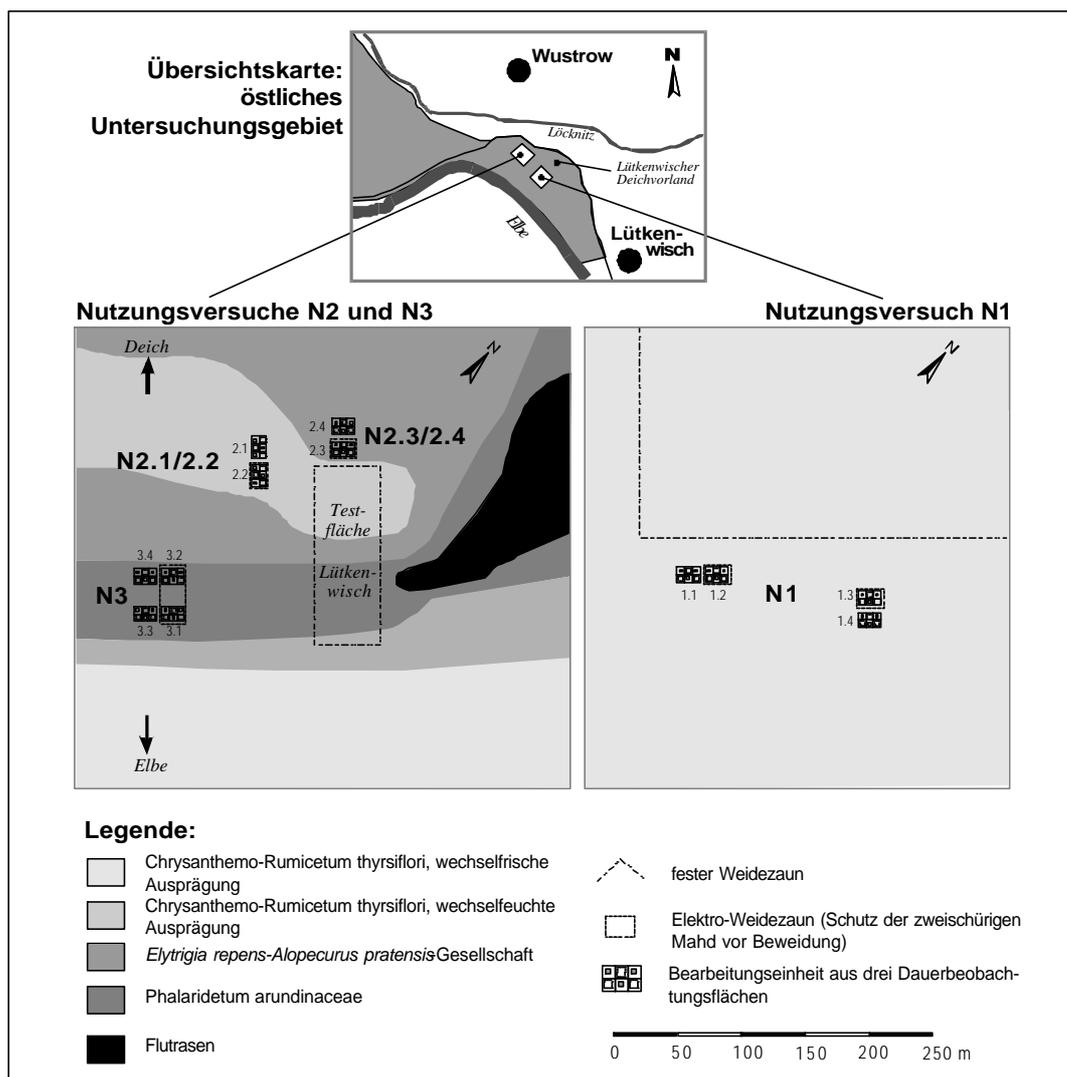


Abbildung 3: Lage der Versuchsflächen im Lütkenwischer Werder. – Die Versuchsglieder repräsentieren das gesamte Spektrum der flächenbezogenen bedeutsamen Grünlandgesellschaften des Deichvorlandes. Die Nähe zur Testfläche Lütkenwisch erlaubt es, die vorherrschenden Standortbedingungen für die Gesellschaften zu beschreiben. Je drei Dauerbeobachtungsflächen (DBF; vgl. Abb. 2) sind zu einer Bearbeitungseinheit zusammengedogen. Ein mobiler Elektrozaun mit festen Eckpfählen erlaubt es, die Versuchsglieder mit zweischüriger Mahdnutzung während der Beweidungsperioden zu schützen. Die Nachbeweidung der Kontrollglieder (Mähweidenutzung) ist in die Routine des Bewirtschafters integriert.

▪ Datenaufnahme

Alle Versuchsglieder wurden unmittelbar vor jeder Nutzung, d. h. jeweils (Anfang) Mitte Juni und Mitte August bearbeitet. Die Datenaufnahme umfasste

- die Vegetation (pflanzensoziologische Aufnahme, Bestandsstruktur, Höhe der Streueauflage;)
- den phänologischen Entwicklungszustand innerhalb der Aufnahmeflächen (s. u.) sowie
- die Erträge (Phytomasse).

Markierung und Wiederauffindung der Dauerflächen

Alle Dauerbeobachtungsflächen wurden an den Eckpunkten und alle Transekte am jeweiligen Anfangs- und Endpunkt mit Holzpflocken markiert, welche eine rasche Wiederauffindung für die Bearbeitung erlaubten. Um die Wiederauffindbarkeit der Probeflächen auch im Falle des Verlusts der Pflöcke durch Mahd oder Viehtritt sicherzustellen, wurden an den Pflöcken in einer Tiefe von 10 cm zusätzlich Eisenstücke und Dauermagneten vergraben. Die Eisenstücke konnten mit einem handelsüblichen Metalldetektor wiederaufgefunden werden. Allerdings standen den weitaus geringeren Anschaffungskosten gegenüber Magnetdetektoren eine geringe Reichweite (ca. 0,1-0,2 m Anzeigeradius gegenüber ca. 3 m) gegenüber, die den Suchaufwand mitunter stark vergrößerten.

Alle Flächen wurden von festen Geländepunkten (bes. Weidepfählen) aus mit Kompass und Maßband eingemessen und kartografisch erfasst.

2.2.2 Vegetationsaufnahmen

2.2.2.1 Benennung der Arten

Die vorgefundenen Pflanzensippen sind nach ROTHMALER (SCHUBERT et al. [Hrsg.] 1990) benannt; sie entstammen in der Hauptsache den angefertigten Vegetationsaufnahmen und sind, durch zusätzlich notierte Arten (Kartierung) ergänzt, im Anhang tabellarisch (s. Tab. A-2) zusammengefaßt.

2.2.2.2 Pflanzensoziologische Aufnahmen

Für die Erstellung der Vegetationskarte und die damit einhergehende Charakterisierung der Vegetation des Untersuchungsgebiets wurden pflanzensoziologische Aufnahmen in der Skala von Wilmanns (1989) angefertigt. Deren zugehörige Skalierung zeigt Tabelle 4. Die Abundanzklasse „r“ wurde nach projektinterner Absprache nicht vergeben, da sie zum einen nicht wesentlich zum Erkenntnisgewinn in Bezug auf die behandelten Fragestellungen beiträgt (vgl. PFADENHAUER et al. 1986), zum anderen weil sie keine Entsprechung in der LONDO-Skalierung hat. Die Transponierung der Aufnahmedaten würde dadurch erschwert.

Tabelle 4: Verwendete Artmächtigkeitsskalen (grau unterlegt). – Für die Erfassung der Pflanzengesellschaften des Untersuchungsgebiets wurden die Artmächtigkeiten und Abundanzen nach WILMANN'S (1989) geschätzt, bei der Bearbeitung der Dauerbeobachtungsflächen und Transekte in einer modifizierten Skala nach LONDO (1975, 1984).

Bedeckungsanteil-Klasse LONDO [%]	mittl. Bedeck. [%]	LONDO*, mod.	WILMANN'S	BRAUN-BLANQUET	Anmerkungen zu WILMANN'S und BRAUN-BLANQUET (in Klammern)
0-1	0,5	.1	(r)	r	1 Exemplar, spärlich
0-1	0,5	.1	+	+	1-5 Exemplare, Bedeckung < 1%
1-3	2	.2	1	1	>5 - 50 Exemplare, Bedeckung < 5%
3-5	4	.3	1	1	>5- 50 Exemplare, Bedeckung < 5%
			2m	2m	>50 Exemplare, aber Bedeckung < 5%
5-15	10	1	2a	2a	5-15% (5-12,5 %) Bedeckung
15-25	20	2	2b	2b	15-25% (12,5-25%)
25-35	30	3	3	3	
35-45	40	4	3	3	25-50% Bedeckung
45-50	47,5	5	3	3	
50-55	52,5	6	4	4	
55-65	60	7	4	4	50-75% Bedeckung.
65-75	70	8	4	4	
75-85	80	9	5	5	
85-95	90	10	5	5	75-100% Bedeckung
95-100	97,5	11	5	5	

* bei LONDO keine Vergabe von Abundanzwerten, nur Bedeckungsgrade!

Die für die Dauerbeobachtungsflächen verwendete Skala (nach LONDO 1975, 1984) ist in 10%-Schritte eingeteilt, um auch geringere Artmächtigkeitsverschiebungen nachweisen zu können. Die Skala wurde zusätzlich modifiziert, um sie für tabellarische Vergleiche problemlos in die BRAUN-BLANQUET-Skala überführen zu können. (DIERSCHKE [1994] schlägt vor, die Bedeckungsanteilsklasse 5 [45-55%] der LONDO-Skala in 5- [45-50%] und 5+ [50-55%] aufzuteilen. Hiervon wurde jedoch nicht Gebrauch gemacht, da die Zusatzzeichen „-“ und „+“ in herkömmlichen computergestützten Tabellenkalkulationsprogrammen zu Rechenfehlern führen können.)

Die Größe der Aufnahmeflächen betrug bei der Kartierung für Grünland und Röhrichte jeweils 16 m², in den Transekt- und Dauerflächenuntersuchungen wurden 2 x 2 m große Flächen untersucht (vgl. Kap. 3.1.2).

2.2.2.3 Schätzmethode für die Vegetationsbedeckung

Neben den vegetationskundlichen Aufnahmen wurden im Rahmen des Forschungsprojektes ebenfalls Ertragsanteilsschätzungen mit Hilfe einer Punktmethode (point intercept-Methode – sog. Zehn-Punkte-Rahmen) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Methode sind ausführlich in HEINKEN et al. (2001) dargestellt.

Um vergleichen zu können, wie genau die Punktmethode die Dominanzverhältnisse bzw. die Anteile der Hauptbestandbildner der untersuchten Grünlandbestände zu erfassen vermag, ist es nötig, die Schätzmethodik für die pflanzensoziologischen Aufnahmen auf den Dauerbeobachtungsflächen mit dem methodischen Vorgehen beim Einsatz des Zehn-Punkte-Rahmens abzugleichen. Deshalb wurden

die Pflanzenbestände in den Aufnahmen so aufgenommen, dass die Gesamtsumme der einzelnen Schichten bzw. der Bedeckungsgrade der Arten zusammen mit den von Vegetation unbedeckten Flächenanteilen genau 100 % ausmacht. Die Schätzung der einzelnen Schichten erfolgte dabei, analog zum Prinzip „erster Treffer zählt“ (vgl. HEINKEN et al. 2001b), von oben nach unten, d. h. tiefere Bestandsschichten konnten grundsätzlich nur die Fläche bedecken, die von den jeweils höheren Bestandsschichten nicht in Anspruch genommen wurden.

Jede Aufnahme beinhaltet neben der Schätzung der Artmächtigkeit der Arten auch die Beschreibung des Bestandsaufbaus (maximale Höhe und Bedeckung der einzelnen Schichten, Flächenanteile von Streue, offenem Boden und offener Wasserfläche).

2.2.2.4 Syntaxonomische Gliederung der Vegetation

Die im Untersuchungsgebiet erstellten pflanzensoziologischen Aufnahmen wurden tabellarisch geordnet und synsystematisch bearbeitet. Die syntaxonomische Einordnung und Benennung richtet sich nach POTT (1995). Dort, wo synsystematischen Einheiten Assoziationskennarten fehlten und auch keine lokale Kennarten identifiziert werden konnten, wurden diese nach der/den dominierenden Art(en) benannt und mit dem Suffix „-Gesellschaft“ versehen; dies erfolgte zum Beispiel bei artenarmen Beständen mit Gemeiner Quecke und Wiesen-Fuchsschwanz, die folglich mit *Elytrigia repens-Alopecurus pratensis*-Gesellschaft bezeichnet wurden. Manche der Pflanzengesellschaften konnten weiter in Subassoziationen bzw. Untereinheiten und Varianten untergliedert werden.

Zum Vergleich wurden Grünlandgesellschaften z.T. Vegetationsformen des Graslandes nach HUNDT & SUCCOW (1984) gegenübergestellt, da diese bereits die fortgeschrittene Artenverarmung bzw. das mit der Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung einhergehende Entstehen neuartiger Vegetationsbestände berücksichtigen.

2.2.2.5 Phänologische Entwicklung

In Dauerflächenuntersuchungen, die dem Nachweis von äußeren Einflüssen auf Pflanzenbestände dienen, ist erst nach relativ langen Zeiträumen mit schlüssigen Ergebnissen zu rechnen. Im Allgemeinen gelten in der Grünlandforschung Zeiträume von drei Jahren seit einer Nutzungsumstellung als notwendig, um sichere Trends bezüglich der Sukzessionsrichtung erkennen zu können. Vielfach jedoch gehen in der Sukzession deutlicheren Artmächtigkeitsverschiebungen und Änderungen in der floristischen Zusammensetzung Veränderungen in der jahreszeitlichen Entwicklung von Pflanzenarten und -beständen voraus (vgl. KRÜSI 1981). Um trotz des begrenzten Untersuchungszeitraums Trendprognosen für die Entwicklung der untersuchten Grünlandbestände unter veränderten Bewirtschaftungsbedingungen stellen zu können, liegt es deshalb nahe, zusätzlich zu den pflanzensoziologischen Aufnahmen phänologische Methoden anzuwenden.

Für die Aufnahme der phänologischen Phasen der Pflanzen auf den Untersuchungsflächen wurde die Skala von KRÜSI (1981; vgl. Tab. 5) angewandt. Im Gegensatz zu anderen Skalen, die den mittleren phänologischen Zustand von Beständen erfassen (vgl. z.B. DIERSCHKE 1972) bewertet sie nur die Anteile bestimmter phänologischer Zustände der generativen Wachstumsphase innerhalb von Populationen.

Die phänologische Aufnahme findet auf der dafür vorgesehenen Vegetationsaufnahmefläche innerhalb der DBF statt. Nachdem alle in der generativen Phase befindlichen Arten aufgenommen worden sind, werden mit der nachfolgenden Skala die Anteile der Individuen an der jeweiligen phänologischen Phase bestimmt. Bei vielblütigen und über einen langen Zeitraum blühenden Pflanzen, z. B. *Leontodon autumnalis* oder *Rumex thyrsiflorus*, wurde der Anteil der Infloreszenzen an den phänologischen Phasen geschätzt. Abweichend von KRÜSI (ebd.) wurden auch solche Individuen in die gesamte Anzahl der bewerteten Individuen/Blütentrieben miteinbezogen, die kurz vor dem Austrieb der Blütenknospen standen, also gerade in die generative Phase eintraten.

Tabelle 5: Schätzskala zur Bestimmung des phänologischen Zustands von Pflanzenpopulationen nach KRÜSI (1981).

Phänologische Phase (generativ)		Anteil einer phänologischen Phase an der Gesamtheit fertiler Individuen	
Blütenknospen	1	0-5 %	+
Blüte	2	5-20 %	1
abblühend	3	20-40 %	2
fruchtend	4	40-60 %	3
Ausstreuen der Früchte	5	60-80 %	4
		80-100 %	5

Anders als bei der üblichen Vorgehensweise, den phänologischen Wandel von Beständen in regelmäßigen Abständen über die gesamte Vegetationsperiode zu begleiten (vgl. DIERSCHKE 1994, ROSENTHAL 1992), wurden die Bestände der Aufnahmeflächen in den Versuchsjahren 1997-1999 nur jeweils vor den Bewirtschaftungszeitpunkten bzw. -zeiträumen aufgenommen. Da es nur darum ging, die Frage zu beantworten, ob die zweischürige Mahd im Gegensatz zur Kontrolle (Mähweide) zu phänologischen Veränderungen führt, wurde die Methodik, wie in Abb. 4 beschrieben, reduziert. Es wurde davon ausgegangen, dass die Schätzung an jeweils demselben Zeitpunkt in der Lage ist, solche Unterschiede zu erfassen.

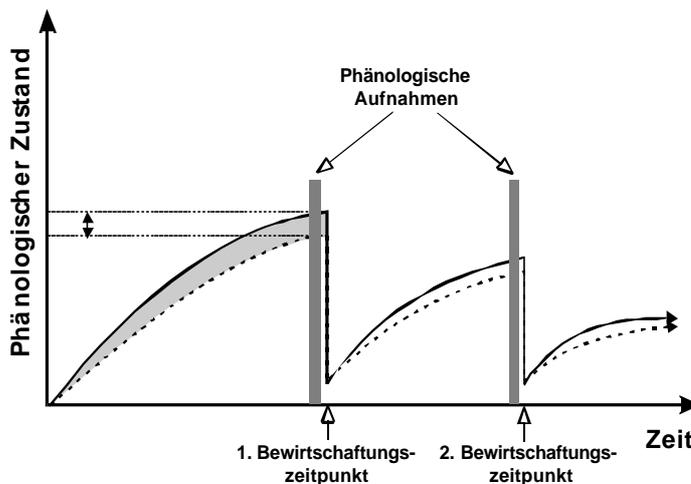


Abbildung 4: Phänologischer Entwicklungszustand und Datenaufnahme in den Nutzungsexperimenten. – Abweichend von der sonst üblichen Methode, den phänologischen Zustand von Beständen im Abstand von 7-14 Tagen über die gesamte Vegetationsperiode zu erfassen, wurden phänologische Aufnahmen nur vor dem jeweiligen Bewirtschaftungstermin bzw. dem Beginn eines Bewirtschaftungszeitraumes angefertigt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Aufnahme beider Versuchsglieder an demselben Zeitpunkt deren mögliche Differenz in der phänologischen Entwicklung (gestrichelte und durchgezogene Kurve) hinreichend zu dokumentieren vermag.

2.2.3 Transektuntersuchungen

Mit der Methode der Transektkartierung lassen sich fließende Übergänge zwischen Pflanzenbeständen, die durch sich allmählich verändernde Standortbedingungen verursacht werden, zeitlich und räumlich am besten herausarbeiten (ZELESNY 1994, PFADENHAUER et al. 1986). Weder die übliche Methodik der Vegetationskunde mit ihren Grundforderungen nach Homogenität und Mindestarealen, noch speziell die Pflanzensoziologie mit ihren hierarchischen Ordnungsprinzipien sind in der Lage, solche „weichen“ Übergänge hinreichend nachzuzeichnen (KANOLD & KOHLER 1986).

In der vorliegenden Arbeit wurden Transekte dazu verwendet, floristische und strukturelle Veränderungen (vgl. DIERSCHKE 1994 und GLAVAC 1996) der Grünlandvegetation entlang von Geländegradienten (Geländehöhe, Bodenarten, Bodenwasserhaushalt, Überflutung/Überstauung) zu charakterisieren. Hierzu wurden 1998 insgesamt acht Transekte in den drei standörtlichen Hauptzonen des Untersuchungsgebiets angelegt und an Anfangs- und Endpunkten markiert (vgl. Kap. 3.1.1 und 3.1.2). Von diesen wurden fünf für die standörtlichen Analysen ausgewählt. Die vordeichs eingerichteten Transekte wurden in den Jahren 1998 und 1999 jeweils vor dem ersten Schnitt (Mitte Juni) aufgesucht, um eventuelle Vegetationsveränderungen nach dem langanhaltenden, 10-jährlichen Hochwasser im Winter und Frühjahr 1998/99 nachweisen zu können.

Abbildung 5 zeigt schematisch die Anlage der Transekte.

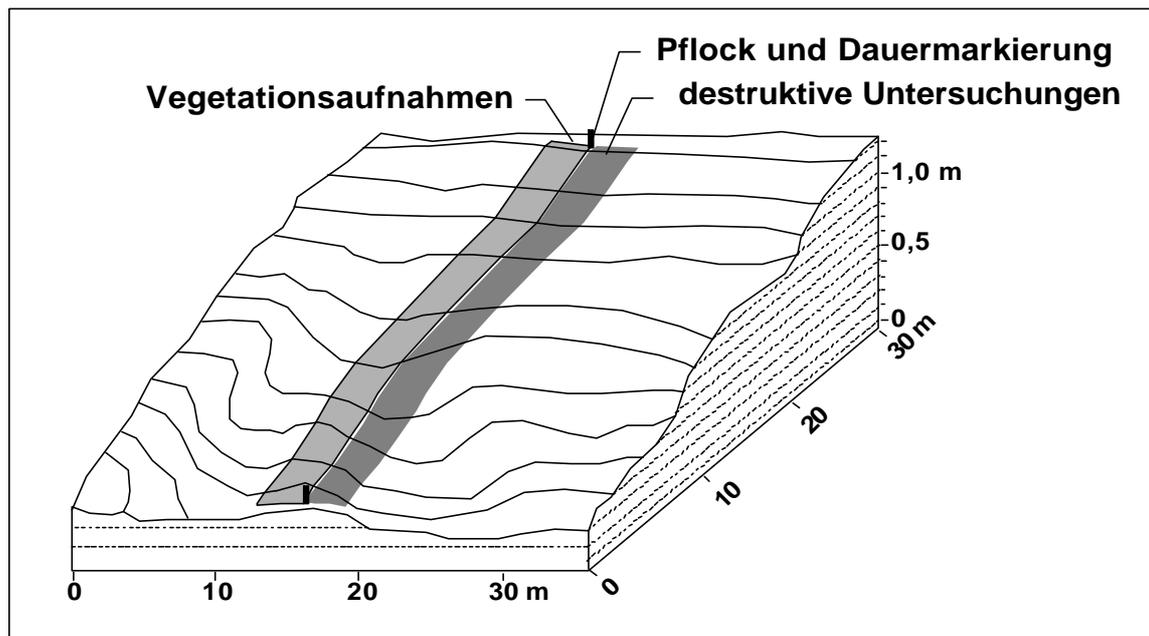


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Anlage von Transekten. – Die vegetationskundlichen Aufnahmen erfolgen fortlaufend auf 2 x 2 m großen Teilflächen durch Weiterverschiebung eines klappbaren Holzrahmens entlang eines aufgespannten Maßbandes. Destruktive Untersuchungen werden auf der gegenüberliegenden Seite der Transektenlinie durchgeführt. Die Anfangs- und Endpunkte der Transekte sind mit Holzpflocken markiert; eingegrabene Eisenstücke und Dauermagneten erlauben die langfristige Wiederauffindung der Untersuchungsflächen.

Alle Transekte beginnen in einem homogenen Pflanzenbestand an einem möglichst hochgelegenen Punkt im Gelände und enden in der Regel oder -rinnen. Es wurde darauf geachtet, dass die Neigung des Geländes zwischen Anfangs- und Endpunkt keine Sprünge aufweist, die standörtlichen Veränderungen also kontinuierlich sind.

Das Relief der Transekte wurde mit Hilfe einer Schlauchwaage aufgenommen (vgl. Kap. 3.2.1). Diese Messungen wurden für die vordeichs gelegenen Transekte ebenfalls 1998 und 1999 durchgeführt, um mögliche hochwasserbedingte Veränderungen im Relief nachvollziehen zu können.

2.3 Standortkundliche Untersuchungen

2.3.1 Topografische Höhen

Aufgrund des prägenden Einflusses von Flut- und Qualmwasser in den Flussauen können schon geringe Reliefunterschiede dichte Abfolgen verschiedener Pflanzenbestände bedingen. Die genaue Kenntnis der Topografie ist deshalb eine notwendige Voraussetzung, um Zusammenhänge zwischen Geländehöhen und Vegetationstypen zu erschließen und darüberhinaus Prognosen zur Entwicklung der Vegetation nach einer Deichrückverlegung treffen zu können.

Datenquellen

Das innerhalb des Verbundprojektes verwendete digitale Geländemodell (DGM) basiert auf einer Luftbildbefliegung des Untersuchungsgebiets (Aerofotogrammetrie; KIRCHNER & WOLF 1996). In der Nachbearbeitung durch das Landesvermessungsamt Brandenburg wurden die Daten aerotrianguliert, d. h. mit einer speziellen Software (SCOP) und an Hand bekannter topografischer Höhenwerte (z -Werte) im Gelände wurden Höhenwerte stereografisch auf die betrachtete Fläche extrapoliert (HAPE & PURPS 1999a,b). Das durch das GIS-Programmpaket ArcInfo/ArcView (Ver. 3.1) gestützte DGM bildet ebenfalls die Grundlage für die von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) angestellten Modellierungen zur Hydraulik im gegenwärtigen Elbverlauf sowie nach der Deichrückverlegung (BAW 1997, BLEYEL 1999a).

Die Abfragung von Daten und deren Visualisierungen (Profilschnitte, Höhenverteilungen etc.) bzw. die Verknüpfung von Untersuchungsergebnissen aus den Untersuchungen zu Vegetation und Standort mit dem DGM erfolgten in enger Zusammenarbeit mit der Koordinationsstelle des Verbundprojekts, wo die Anwendungen und die zentrale Datenhaltung installiert sind (vgl. folgendes Kapitel).

Höhenmessungen im Gelände

Um genauere mikrotopografische Untersuchungen durchführen zu können, wurden von bekannten topografischen Messpunkten aus Höhenmessungen ausgeführt. Neben trigonometrischen Festpunkten standen 20 weitere, während des Projektzeitraums vermessene Geländepunkte in oder nahe von Testflächen bzw. Grundwasserpegeln zur Verfügung.

Die mikrotopografischen Messungen wurden mit einer Schlauchwaage (s. Abb. 6) ausgeführt. Diese besteht aus einem 30-50 m langen transparenten, im Baufachhandel erhältlichen Schlauch (Innendurchmesser 0,8 cm), der mit eingefärbtem Wasser gefüllt ist. An jeder Seite ist der Schlauch an einem Ständer befestigt, der jeweils aus einem Metallstandfuß mit Erddorn und einer Vierkanteleiste (200 x 2 x 2 cm) mit Messskala (Bandmaß) besteht.

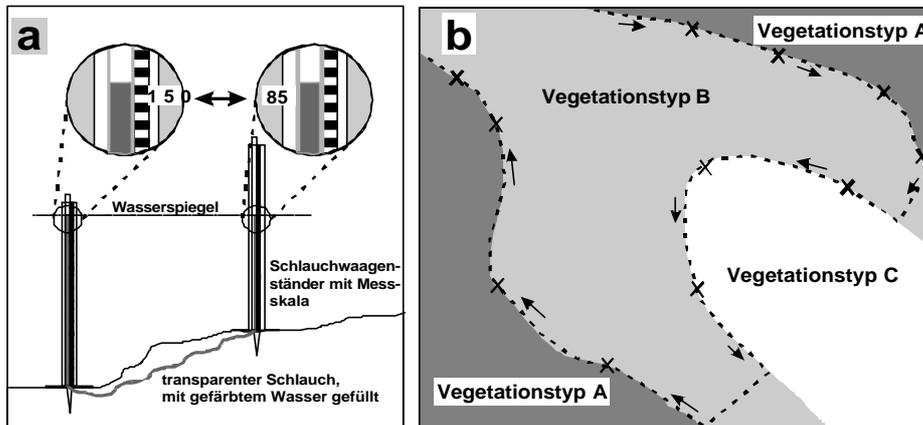


Abbildung 6: Messung von Reliefunterschieden im Gelände mit Hilfe einer Schlauchwaage. – a) Nach dem Prinzip kommunizierender Röhren stellt sich auf beiden Seiten der Waage der gleiche Wasserspiegel ein; an den Ständern angebrachte Messskalen erlauben es, den Höhenunterschied direkt abzulesen. b) Die Vermessung der Übergangshöhen zwischen verschiedenen Grünlandbeständen im Deichvorland erfolgte in Messketten; etwa alle 10 m wurde ein Höhenwert abgelesen.

Schlauchwaagenmessungen wurden für die Vermessung der Transekte und Dauerflächen sowie zur Bestimmung von Übergangshöhen von Pflanzengesellschaften des Grünlands eingesetzt. Kontrollmessungen ergaben nach Messketten von 30-40 Werten und einer Ablesegenauigkeit von 0,5 cm (bei Rückkehr zum Ausgangspunkt) Abweichungen von maximal 5 cm, bei Messketten von 100-150 Werten von 10-20 cm. Deshalb wurden in der Regel nicht mehr als 40 Messungen pro Messkette durchgeführt.

2.3.2 Überflutungsparameter

Zusammenhang von Geländehöhe und Überflutung im Vordeichland

Die Größe des Einflusses bzw. die Dauer von Überflutungen ist von der topografischen Höhe eines Punktes im Gelände und dessen Beziehung zu Wasserspiegelveränderungen des Flusses (Gefälle) abhängig. Relativ hochgelegene Punkte werden deshalb weniger häufig und andauernd von Hochwässern erreicht als tiefergelegene. Der Querschnittsprofil des Flusses modifiziert diese Beziehung in entscheidender Weise: hat die durchfließende Wassermenge, der sog. Abfluss [in m^3/s], ein breites Flussbett zur Verfügung, so kann das Wasser sich auf breiterem Raum verteilen. Der Wasserspiegel steigt in diesem Fall bei zunehmendem Abfluss langsam an. Ist das Flussbett schmal, steigt der Wasserspiegel bei sich erhöhender Abflussmenge vergleichsweise viel stärker an. Dieselbe Abflussmenge kann also abhängig vom Querprofil des Flusses zu ganz verschiedenen Wasserspiegellagen im Vordeichgelände

führen. Allein auf der Messung der Geländehöhe geknüpfte Beziehungen zwischen Vegetation und Überflutung können demnach nur Geltung für sehr eng begrenzte Flussabschnitte mit homogenem Querschnitt besitzen (vgl. HENRICHFREISE 1996). Umgekehrt können nur aufgrund der Kenntnis der genauen Topografie entlang eines betrachteten Flussabschnitts die Beziehungen zwischen Geländehöhe, Durchflussmengen und Wasserspiegellagen ermittelt werden. Dies gilt besonders dann, wenn der Fluss bei Hochwässern aus dem relativ gleichförmigen, durch Buhnen eingeengten Flußbett ins unterschiedlich breite Deichvorland tritt.

Die Abbildung 7 zeigt das auf einem morphologischen Modell beruhende tatsächliche Gefälle der Elbe zwischen Strom-km 475 und 485. Gegenüber einem in anfänglichen Analysen angenommenen linearen Gefälle (vgl. GRÖNGRÖFT 1999) zeigt sich der Wasserspiegel bei den beiden betrachteten Hochwasserdurchflüssen im rezenten Zustand deutlich erhöht. Besonders deutlich zu sehen ist dies an der Engstelle bei km 477,5, dem sog. „Bösen Ort“, vor der sich der Wasserspiegel bei einem Abfluss von $2300 \text{ m}^3/\text{s}$ um über 10 cm anstaut (s. Pfeil). Durch die Deichrückverlegung erhält die Elbe regional weitaus mehr Überflutungsraum als bisher. Die resultierende Wasserspiegellagenabsenkung kann nach Berechnungen der BAW in Teilen des Rückdeichungsgebiets bei der großen Rückdeichungsvariante zeitweise bis zu 46 cm betragen (BLEYEL 1999a).

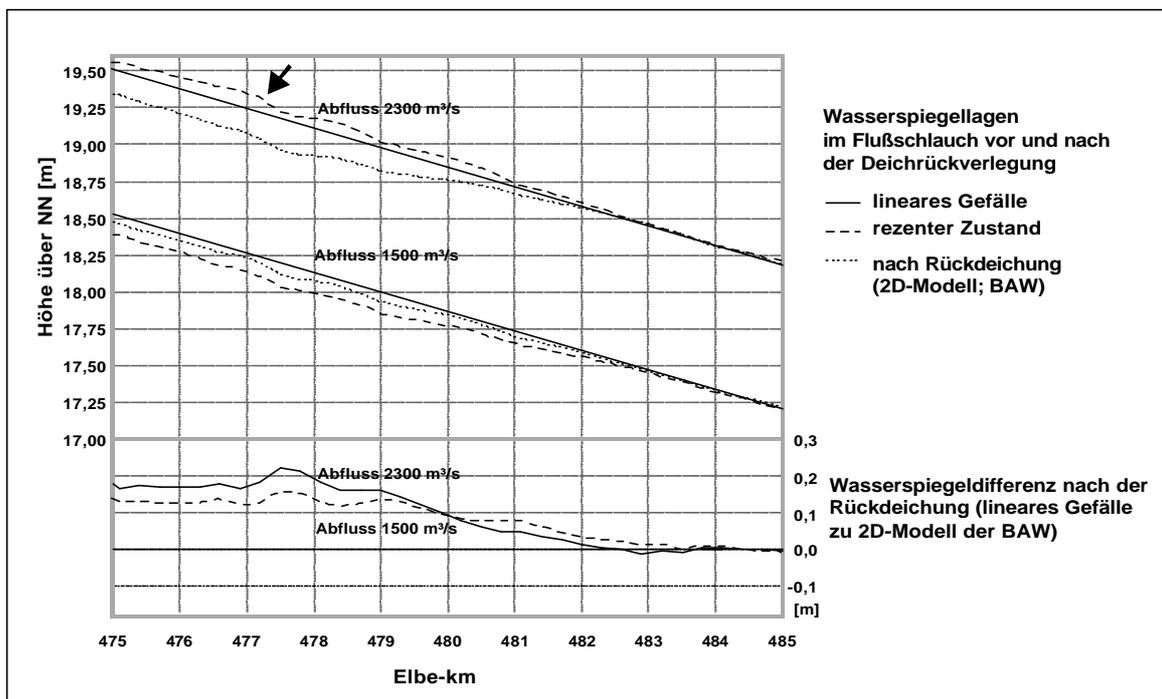


Abbildung 7: Vergleich der Wasserspiegellagen im Flußschlauch vor und nach der Deichrückverlegung (aus: BLEYEL 1999b, verändert)

Statistische Daten

Allein die bei verschiedenen Durchflüssen zu verzeichnenden derzeitigen und zukünftigen Wasserspiegellagen erlauben keine Voraussagen zur Entwicklung der Grünlandvegetation. Wichtige ökologische Einflussgrößen sind v. a. die Häufigkeit, der Zeitraum und die Andauer der Überstauung.

Für die Analyse des Einflusses der Überflutung auf die Vegetation standen im Verbundprojekt langfristige statistische Auswertungen der Elbwasserstände zwischen 1964 und 1998 des Instituts für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe zur Verfügung (vgl. BÜCHELE & NESTMANN 1998 und HELMS & IHRINGER 1998). Vor 1964 wurde das Abflussverhalten der Elbe durch die Errichtung zahlreicher Staustufen in der Tschechoslowakei nach und nach verändert. Die Maßnahmen hatten zum Ziel, den Oberlauf der Elbe durch gezielten Wasserzulauf auch in extremen Trockenperioden schiffbar zu halten. So sind extreme Niedrigwässer (Abfluss $< 150 \text{ m}^3/\text{s}$) deshalb seitdem nicht mehr aufgetreten.

Die statistischen Auswertungen wurden zusammen mit den o. g. morphologischen Daten der BAW durch das Teilprojekt Hydrologie in Schlüsselkurven, Ganglinien und Dauerlinien umgesetzt (MONTENEGRO et al. 1999d).

Schlüsselkurven (s. Abb. 8) zeigen für einen bestimmten Punkt entlang der betrachteten Fließstrecke, abhängig von der Morphologie des Fließquerschnitts, den Zusammenhang zwischen Abflussmenge und Wasserspiegel an, d. h. an ihnen lässt sich ablesen, welche Wasserspiegellage welcher Abflussmenge entspricht. Auf diese Weise werden den gemessenen vegetations- bzw. flächenbezogenen Daten Abflussmengen zugeordnet. Schlüsselkurven liegen für den rezenten Zustand in Abständen von 100 m vor.

Ganglinien (s. Abb. 9) beschreiben den tatsächlichen Verlauf der Abflussmengen während eines jeweils betrachteten Zeitraums. Sie sind zum einen für die Identifizierung von Extremereignissen (Hochwasser- oder Niedrigwasserperioden) zum anderen für die Beschreibung der langjährigen Abflusscharakteristik eines Flusses von Bedeutung. Ganglinien können sowohl sich sowohl auf Wasserspiegellagen an einen bestimmten Punkt entlang der Fließstrecke beziehen als auch auf Abflussmengen, die dann für den gesamten Flussabschnitt gültig sind, sofern keine Nebenflüsse dorthin einmünden und die Wassermenge erhöhen. Letzterer Fall trifft auf vorliegende Untersuchungen zu.

Dauerlinien (s. Abb. 9) reihen die Abflusswerte nach ihrer Größe auf. Sie stellen dar, an wievielen Tagen innerhalb eines betrachteten Zeitraums, z. B. einem Jahr oder der Vegetationsperiode (15.04.-15.10.), eine bestimmte Abflussrate erreicht wird. Der zeitliche Zusammenhang im Abflussverhalten geht dabei verloren. Durch die Betrachtung verschieden langer Messzeiträume (gemittelte Werte) oder durch die Berücksichtigung zusammenhängender Überflutungsphasen einer bestimmter Mindestdauer lassen sich weitere Betrachtungen zum Einfluss der Überflutung auf die Vegetation anstellen.

Um Beziehungen zwischen der Grünlandvegetation und dem Abflussverhalten der Elbe herstellen zu können, wurden jedem Messpunkt entlang des Deichvorlandes anhand seiner Höhenlage und mit Hilfe der zugehörigen Schlüsselkurve ein Abflusswert zugeordnet. Aus den Dauerlinien wurde anschließend ermittelt, an wievielen Tagen im Jahr, in der Vegetationsperiode etc. dieser Abfluss bezogen auf verschiedene Zeiträume erreicht wird. Abschließend wurden die Werte weiteren statistischen Analysen unterzogen (vgl. Kap. 3.3).

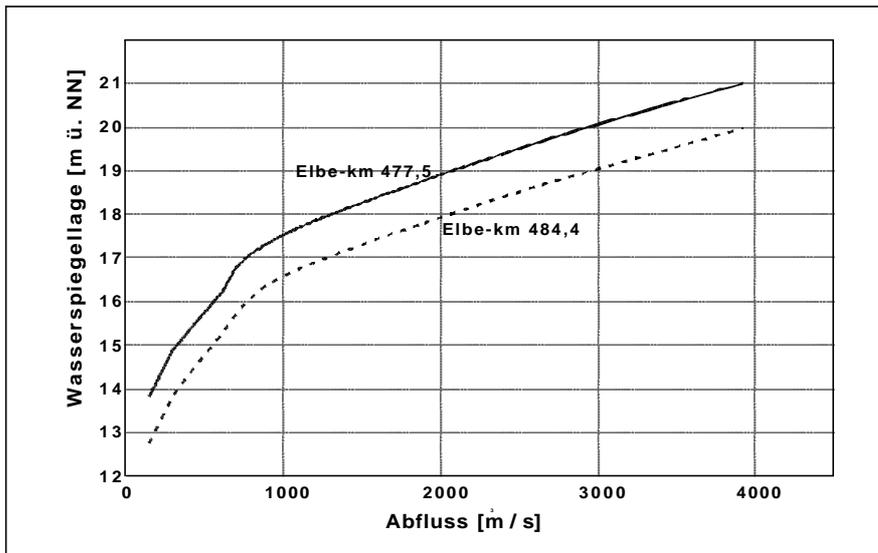


Abbildung 8: Rezente Schlüsselkurven am Elbe-km 477,5 („Böser Ort“) und 484,4 (Fähranleger Lenzen). – Der für steigende Abflussmengen zunächst steile Kurvenverlauf bis auf 700-800 m³/s, der beiden Orten gemeinsam ist, repräsentiert den Wasserspiegelanstieg im Flussschlauch. Sobald der Fluss über die Ufer, d. h. in das Deichvorland, tritt und auf breiterem Raum fließt, flacht sich der Anstieg ab.

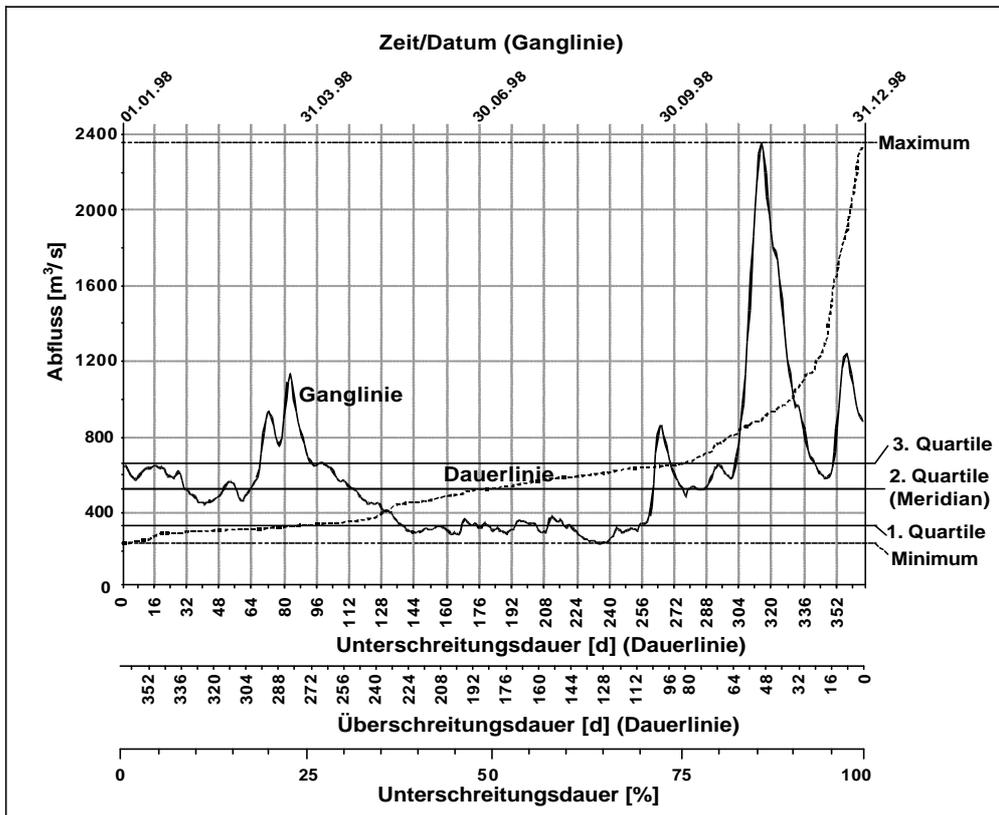


Abbildung 9: Ganglinie und Dauerlinie des Abflusses im untersuchten Elbabschnitt für das Jahr 1998. – Ganglinie: Nach einem schwachen Hochwasser im März und langandauernden niedrigen Wasserständen zwischen Mai und September trat im Spätherbst ein 10-jährliches Hochwasser mit einem maximalen Abfluss von 2356 m³/s auf. Dauerlinie: Die Reihung aller Wasserstände des Jahres 1998 zeigt, dass über den größten Teil des Jahres niedrige Wasserstände vorherrschten; 75 % der Abflüsse überstiegen die Marke von 650 m³/s nicht (zum Vergleich: der langjährige mittlere Abfluss [Mittelwasser MQ] beträgt 695 m³/s).

2.3.3 Bodenkundliche Parameter

Die bodenkundlichen Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg durchgeführt.

Profilbohrungen

Alle Profilbohrungen geschahen nach dem gleichen Modus: Um die Oberbodenmerkmale anzusprechen wurde zunächst mittels eines Spatens ein Quader von 30 cm Kantenlänge entnommen. Anschließend wurde das Profil mit einem Edelman-Bohrer (Durchmesser 6 cm) bis zum Gr-Horizont, jedoch höchstens bis in eine Tiefe von 2,2 m erschlossen.

Es wurden folgende Bodenmerkmale per Feldansprache (vgl. AG BODEN 1994 und GRÖNGRÖFT & SCHWARTZ 1999) erfasst: Bodenart, Bodentyp, Substrat, Gefüge, Durchwurzelung, Gehalt an organischer Substanz, Bodenfarbe, hydromorphe Merkmale (getrennt nach Eisen und Mangan), Lagerungsdichte und Bodenfeuchte.

Insgesamt wurden 29 Profile erbohrt, davon 10 im Deichvorland.

Oberbodenproben

Um die Wuchsbedingungen für die Grünland- und Röhrichtvegetation zu charakterisieren, wurden im Deichvorland 140 Oberbodenproben genommen (Mischproben aus je drei Spatenstichen [0-30 cm]). Davon entfallen 22 auf verschiedenen Dauerbeobachtungsflächen – diese Proben wurden anschließend bodenchmisch und -physikalisch analysiert – und 108 auf Kartierungspunkte für multivariate Auswertungen. Bei letzteren Proben wurde lediglich die Korngrößenzusammensetzung, der Gehalt an organischer Substanz und der Wassergehalt (Methodik nach AG BODEN 1994) angesprochen.

Analyseverfahren

Die bodenphysikalischen und -chemischen Parameter der Oberbodenproben wurden im Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg nach Standardverfahren analysiert (zu Analyseverfahren und verwendeten Geräten s. SCHWARTZ 2001). Es wurden folgende Parameter untersucht:

- pH (CaCl₂ bzw. H₂O)
- Leitfähigkeit [μ S]
- Gesamtkohlenstoff, org. und anorg. Kohlenstoff [%]
- Gesamtstickstoff [%]
- doppellactatlösliches Phosphor und Kalium [g/kg Boden]

2.4 Landwirtschaftliche Untersuchungen

Durch die Ausdeichung wird es zu Veränderungen der Artenzusammensetzung und der Flächenanteile der bestehenden Vegetation kommen, die sich sowohl auf die nutzbare Phytomasse als auch auf deren Futterqualität auswirken werden.

Die allgemein übliche Form der Bewertung von Grünlandaufwüchsen ist in Abbildung 10 schematisch dargestellt. Die quantitative Betrachtung orientiert sich primär an geschätzten Phytomasse-Erträgen. Im Gegensatz dazu erfolgt die qualitative Einordnung durch die Gegenüberstellung von analysierten Nährstoffkonzentrationen in der Vegetation und Bedarfswerten von Nutztieren in unterschiedlichen Produktionsrichtungen.

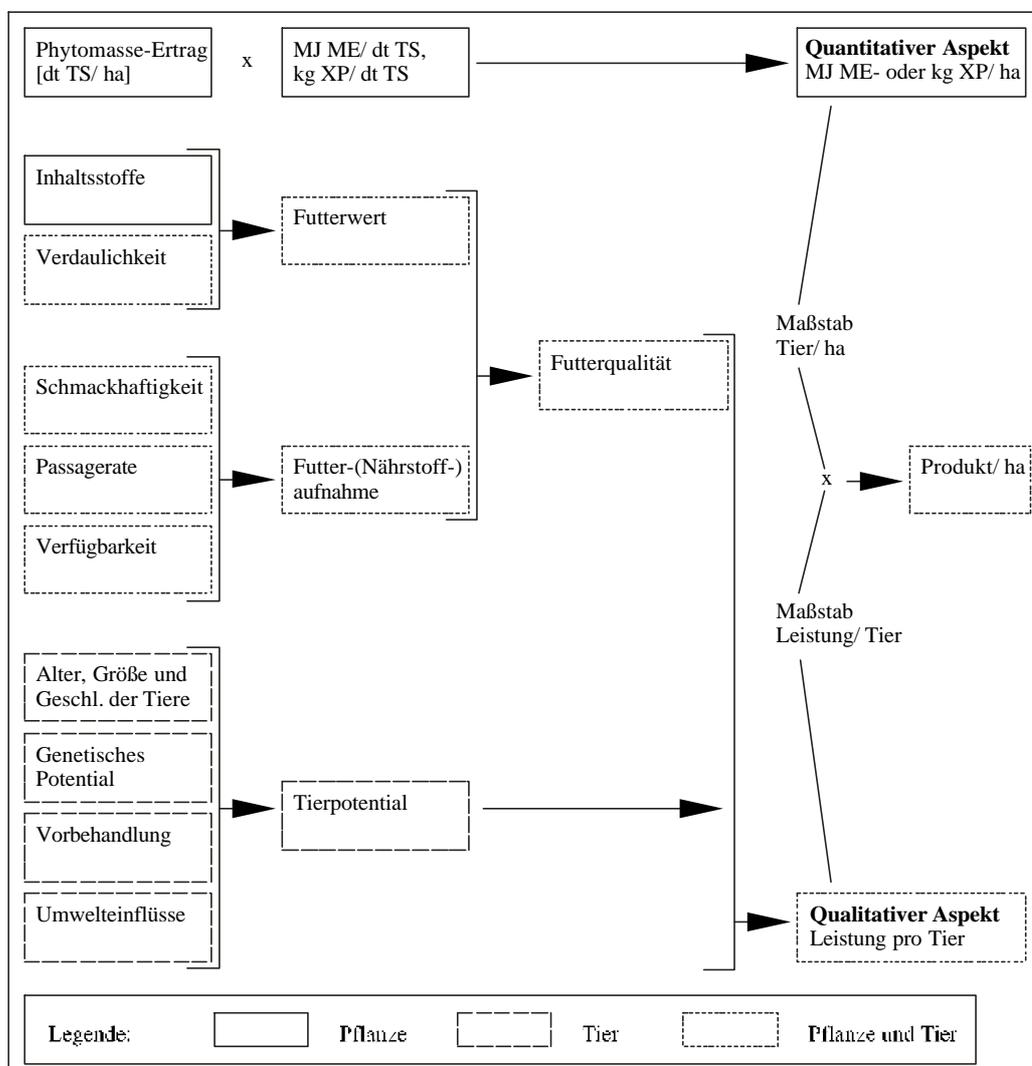


Abbildung 10: Bewertungsmöglichkeiten für Pflanzenaufwüchse und Einflußfaktoren auf die flächenbezogene Tierleistung in der Grünlandbewirtschaftung (nach VOIGTLÄNDER 1979, verändert)

2.4.1 Futterangebot

Um den vegetationsbedingten Effekt einer Deichverlegung auf den Ertrag betroffener Flächen beurteilen zu können, wurde die stehende Phytomasse von Pflanzengesellschaften im Deichvor- und im Deichhinterland gemessen. Die Beprobung orientierte sich dabei generell am extensiven Nutzungsregime der Flächen. Zur Ermittlung der Erträge sind 1997-99 in der Vegetationsperiode (15.04.-15.10.) insgesamt 457 Futterproben, die sich jeweils aus 15 Einzelproben zusammensetzen, auf den Untersuchungsflächen gewonnen worden. Auf den Versuchspartellen wurde pro Futterprobe 15mal ein Quadratmeter Vegetation auf einer Diagonalen in regelmäßigen Abständen (ca. 6 m) mit Hilfe einer handelsüblichen Akkuschere (Fa. Gardena; Schnittbreite 10 cm; Schnitthöhe 2-4 cm) abgeerntet. Die Art der Beprobung und die Zusammenstellung von Misch- und Sammelproben soll in Abbildung 11 verdeutlicht werden.

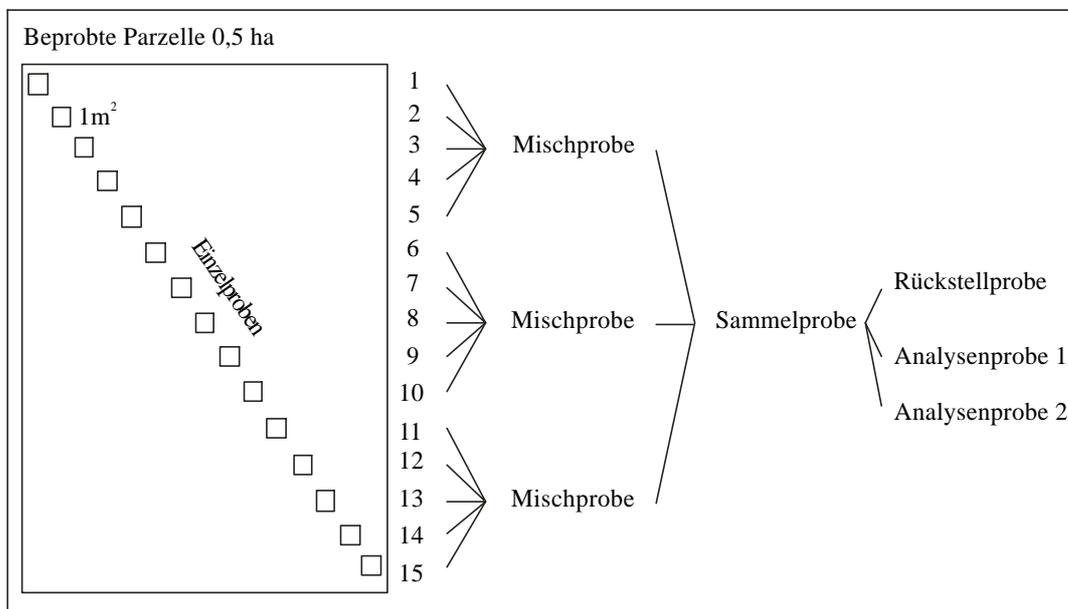


Abbildung 11: Ermittlung der Phytomasse und Zusammenstellung des Probenmaterials

Die Einzelproben wurden differenziert gewogen und lieferten 15 Frischmassegewichte. Unmittelbar nach der Wägung wurden aus jeweils gleich großen Anteilen der Einzelproben 3 Mischproben gebildet. Die Mischproben wurden in einen Trockenbeutel (hitzebeständiger, perforierter Kunststoff) überführt und abermals gewogen.

Die Trocknung der Futterproben am Ort dient deren Konservierung für die später stattfindende Futtermittelanalyse. Nach dem Transport in das Futtermittellabor werden die Beutel bei 60°C getrocknet. Dem Mahlen folgte an Hand der Sammelproben die Bestimmung der 105°C-Trockenmasse. Aus den Werten für die Trockenmassen bei 60°C und bei 105°C können nunmehr die absolute Trockenmasse der Mischproben sowie der Einzelproben (Umrechnung in [dt TM/ha]) berechnet werden.

Untersuchte Pflanzengesellschaften

Ausgehend von der Zielstellung, Flächenerträge zu kartieren, wurden im Untersuchungsgebiet sieben verschiedene Pflanzengesellschaften unter extensiven Nutzungsverhältnissen beprobt (vgl. Tab. 6).

Tabelle 6: Beprobte Pflanzengesellschaften

Wissenschaftlicher Name	Trivialname	Abkürzung
<u>Deichvorland (hochwasserbeeinflusst)</u>		
Chrysanthemo-Rumicetum thrysiflori, Subassoziation von <i>Agrostis capillaris</i>	Gesellschaft des Straußblütigen Ampfers, Subassoziation von Rot-Straußgras	DV 1
Chrysanthemo-Rumicetum thrysiflori, Subassoziation von <i>Glechoma hederacea</i>	Gesellschaft des Straußblütigen Ampfers, Subassoziation von Gundermann	DV 2
Phalaridetum arundinaceae	Rohrglanzgras-Röhricht	DV 3
<i>Elymus repens</i> - <i>Alopecurus pratensis</i> -Gesellschaft	Quecken-Wiesenfuchsschwanz-Gesellschaft	DV 4
Ranunculo-Alopecuretum geniculati	Knickfuchsschwanz-Flutrasen	DV 5
<u>Deichhinterland (melioriert, teilweise qualmwasserbeeinflusst)</u>		
Dauco-Arrhenatheretum elatioris	Tiefland-Glatthaferwiese	DH 1
<i>Elymus repens</i> - <i>Alopecurus pratensis</i> -Gesellschaft	Quecken-Wiesenfuchsschwanz-Gesellschaft	DH 2
Phalaridetum arundinaceae	Rohrglanzgras-Röhricht	DH 3
Ranunculo-Alopecuretum geniculati	Knickfuchsschwanz-Flutrasen	DH 4
Ranunculo-Alopecuretum geniculati, typ. Subassoziation, Fazies von <i>Glyceria fluitans</i>	Knickfuchsschwanz-Flutrasen, typ. Subass., Fazies von Flutendem Schwaden	DH 5

Die Auswahl dieser Pflanzengesellschaften erfolgte nach ihren Flächenanteilen (Tab. 7) im Untersuchungsgebiet, die aus der landwirtschaftlichen Vegetationskartierung hervorgehen.

Tabelle 7: Flächenanteil und Beprobungsjahre

Pflanzengesellschaft (Kürzel)	Flächenanteil [%]	Beprobte Vegetationsperiode		
		1997	1998	1999
<u>Deichvorland, 247 ha kartierte Fläche = 100 %</u>				
DV 1	21,2		+	+
DV 2	17,7	+	+	+
DV 3	12,4		+	+
DV 4	17,7	+	+	+
DV 5	12,0		+	+
<u>Deichhinterland, 1218 ha kartierte Fläche = 100 %</u>				
DH 1	10,5	+	+	+
DH 2	63,5		+	+
DH 3	3,0		+	+
DH 4	4,5		+	+
DH 5	0,2		+	+

2.4.2 Futterqualität

Anschließend wurde die gewonnene Phytomasse für zwei Weidetierarten, in fünf Nutzungsrichtungen auf 76 verschiedenen Leistungsebenen (vgl. Tab. 8) für die jeweils die spezifischen Futteraufnahme- und Nährstoffbedarfswerte ermittelt worden sind, qualitativ bewertet.

Tabelle 8: Einbezogene Tierart, Nutzungsrichtung und Tierleistung zur Bewertung von Weideaufwüchsen

Tierart	Nutzungsrichtung	Leistungsniveau
Rinder	<u>Milchvieh</u>	
	Milchkuh 600 kg LM,	10, 15, 20, 25, 30, 35 und 40 kg Milch pro Tag
	<u>Jungvieh</u> (Aufzucht)	150 - 550 kg Lebendmasse und 600, 700 g Zunahme pro Tag
	<u>Fleischrinder</u>	
	Bullen	175 - 625 kg Lebendmasse und 1000, 1200 g Zunahme pro Tag
	Färsen	175 - 525 kg Lebendmasse und 800, 1000 g Zunahme pro Tag
Schafe	Lämmer	15, 25, 35, 45, 55 kg Lebendmasse und 100, 200, 300 g Zunahme pro Tag

Dieses weite Betrachtungsspektrum bietet die Möglichkeit, Nutzungsrichtungen, die nicht im Untersuchungsgebiet vorkommen aber dennoch weit verbreitet sind, den Futterwert der beprobten Pflanzengesellschaften gegenüberzustellen. Die Futterqualität für die betrachteten Nutzungsrichtungen wurde daran gemessen, ob der Gehalt an Energie und Eiweiß im Futter bei angenommener Futteraufnahme den Bedarf der Tiere deckt oder nicht. Liegt beispielsweise die Energiedichte im Weideaufwuchs unter der bedarfsdeckenden Energiekonzentration sind die angestrebten Tierleistungen ohne Zufütterung nicht zu verwirklichen (vgl. Abb. 12).

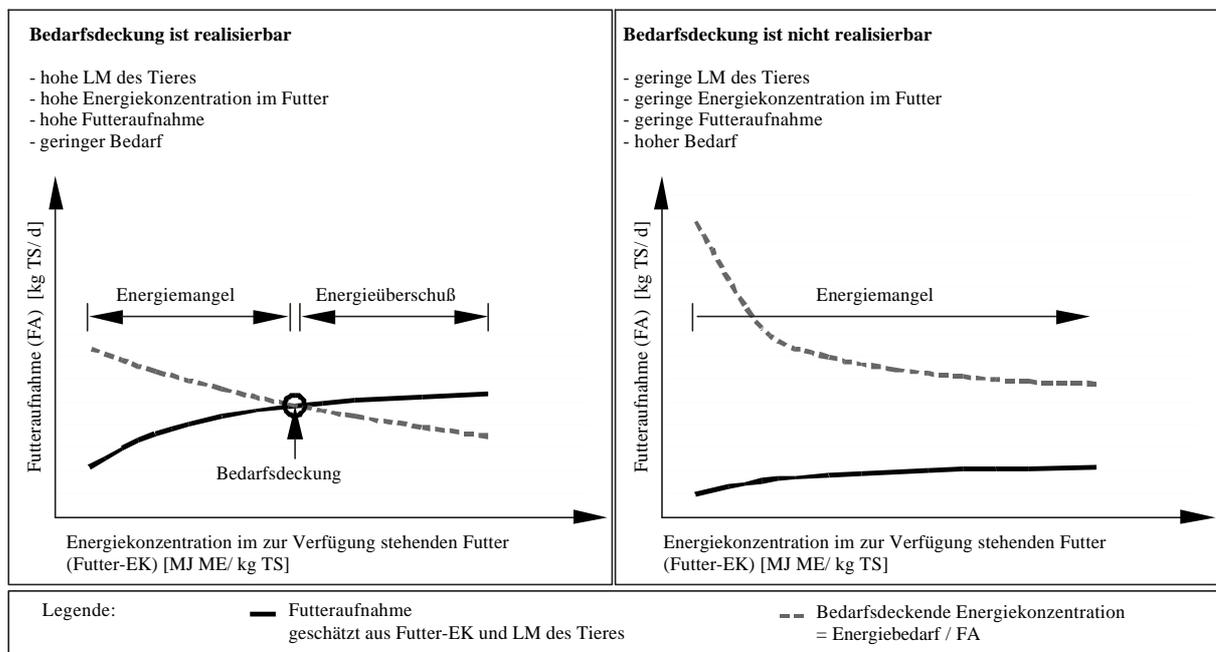


Abbildung 12: Energie-Bedarfsdeckung in Abhängigkeit von der Futteraufnahme des Tieres und der Energiekonzentration im zur Verfügung stehenden Weidefutter

Prinzip der Vorgehensweise zur qualitativen Bewertung von Phytomasse-Aufwüchsen:

1. Schritt Erfassung von Ausgangsinformationen
 - Körpermasse der Tiere (Wägung, Schätzung)
 - angestrebte Tierleistung (Management, Vermarktung)
 - Energie-, Proteinkonzentration im vorhandenen Futter (Analyse, Schätzung, DLG-Futterwerttabellen)
 - tägl. Energie- und Proteinbedarf der Tiere (GfE-Empfehlungen, DLG-Futterwerttabellen)
2. Schritt Schätzung der Futteraufnahme (vgl. Tabellen 9 und 10)
3. Schritt Schätzung der bedarfsdeckenden Energie-/ Proteinkonzentration im Futter wie folgt:

$$= (\text{Energie-/ Proteinbedarf [MJ ME, g XP]} / (\text{Futteraufnahme [kg TS]}))$$
4. Schritt Vergleich der bedarfsdeckenden Energie-/ Proteinkonzentration und der Energie-/ Proteinkonzentration im vorhanden Futter

Der Vergleich von bedarfsdeckender Energie- bzw. Proteinkonzentration mit dem im Pflanzenaufwuchs ermittelten Energie- bzw. Proteingehalt liefert die Information über die zu erwartende Bedarfsdeckung der Tiere in den unterschiedlichen Nutzungsrichtungen.

Für Rinder der Nutzungsrichtungen Milch und Fleisch wurden die Bedarfsangaben aus den DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (DLG 1997) entnommen. Die verwendeten Werte für Schafklämmer sind von JEROCH 1999 veröffentlicht worden. Eine ausführliche Zusammenstellung aller Bedarfswerte befindet sich in den Tabellen B1, B4, B8, B12 und B16 im Anhang B.

Die bedarfsdeckende Energie- und Proteinkonzentration für Milchkühe, Aufzuchtsrinder und Schafklämmer (vgl. Tab. B2, B5, B17 im Anhang B) wurde aus der Futteraufnahme und den entsprechenden Bedarfswerten errechnet.

Für die Ermittlung der Futteraufnahme von Fleischrindern wurden Mittelwerte aus zwei Schätzmethoden (vgl. Tab. 10) gebildet und für die Berechnung von bedarfsdeckenden Nährstoffkonzentrationen verwendet (Tabelle B9, B10, B13, B14 im Anhang B).

Futtermittelanalyse

Die Ermittlung der Parameter Trockensubstanz, NDF, ADF, ADL, Rohprotein (XP), Rohasche (XA) und Rohfett (XL) erfolgte nach ANONYMUS (1997). Die Energiekonzentration wurde mit der von MENKE & STEINGASS (1987) vorgeschlagenen Regressionsgleichung (16e) für Rauhfuttermittel aus der *in vitro* ermittelten Gasbildung geschätzt. Die Berechnung des Gehaltes an nutzbarem Rohprotein (nXP) für Rinder erfolgte nach DLG (1997) unter der Annahme einer 80 %igen Abbaubarkeit des auf der Weide aufgenommenen Futterproteins.

Futteraufnahme (FA)

Die Höhe der Tierleistung auf der Weide wird in erster Linie durch die Energieaufnahme bestimmt und bei hohem Leistungsniveau begrenzt. Die Energieaufnahme errechnet sich aus dem Energiegehalt und der Menge des aufgenommenen Futters: Während der Energiegehalt des Futters heute mit großer Genauigkeit geschätzt werden kann, ist es methodisch nach wie vor schwierig, die Futteraufnahme exakt vorauszusagen. Sie wird deshalb an Hand von FA-Kapazitäten geschätzt, die für Milchkühe, Aufzuchtrinder und Schaflämmer differenziert nach deren Lebendmasse und Leistung vorliegen (vgl. Tab. 9).

Tabelle 9: Futteraufnahme von Milchkühen, Aufzuchtrindern (DLG 1997) und Schaflämmern (Jeroch 1999)

Nutzungs- richtung	FA [kg TS/ d]	Nutzungs- richtung	FA [kg TS/ d]	Nutzungs- richtung	FA [kg TS/ d]		
Milchkuh 600 kg, Milch 4 % Fett, 3,4 % Protein		Aufzuchtrinder, LM 150 – 550 kg		Lämmer Lebendmasse	Tageszunahme [g/ d] 100 200 300		
10 kg Milch	12,0	150 kg	3 - 4	15 kg	0,6	0,7	0,8
15 kg Milch	14,0	200 kg	4 - 5	25 kg	0,9	1,0	1,1
20 kg Milch	15,5	250 kg	5 - 6	35 kg	1,1	1,2	1,3
25 kg Milch	17,5	300 kg	6 - 6,5	45 kg	1,3	1,4	1,5
30 kg Milch	19,5	350 kg	6,5 - 7	55 kg	1,5	1,6	
35 kg Milch	21,0	400 kg	7 - 8				
40 kg Milch	22,0	450 kg	7,5 - 9				
		500 kg	8 - 9,5				
		550 kg	9 - 10,5				

Die Futteraufnahme von Fleischrindern ist mit einer Regression, die auf der Grundlage eines Datensatzes des Institute National de la Recherche Agronomique (INRA) entwickelt wurde, und einer Gleichung vom National Research Council (NRC) berechnet worden. In beiden Fällen erfolgt die Schätzung der Futteraufnahme ausgehend von der Lebendmasse der Tiere und der Energiedichte im Futter. Die Futteraufnahme von Fleischrindern in zehn Gewichtsklassen (175 – 625 kg) und für sieben verschiedene Futterqualitäten ist in Tabelle 10 zusammengestellt.

Tabelle 10: Schätzung der täglichen FA von Fleischrindern in Abhängigkeit von ihrer Lebendmasse und der Energiedichte im Futter

Lebend- masse [kg]	Energiekonzentration [MJ ME/ kg TS]						
	12	11	10	9	8	7	6
	Futtermenge [kg TS/ Tag]						
175	4,2° - 4,4**	4,2** - 4,3°	3,9** - 4,4°	3,6** - 4,2°	3,3** - 3,9°	3,1** - 3,1°	1,1° - 2,8**
225	5,1° - 5,5**	5,1** - 5,2°	4,8** - 5,3°	4,5** - 5,1°	4,1** - 4,7°	3,7° - 3,8**	1,4° - 3,5**
275	5,9° - 6,4**	6,0** - 6,1°	5,6** - 6,1°	5,2** - 6,0°	4,8** - 5,5°	4,3° - 4,5**	1,6° - 4,1**
325	6,7° - 7,2**	6,8** - 6,9°	6,3** - 6,9°	5,9** - 6,8°	5,5** - 6,2°	4,9° - 5,0**	1,8° - 4,6**
375	7,5° - 8,0**	7,5** - 7,7°	7,0** - 7,7°	6,5** - 7,5°	6,0** - 6,9°	5,4° - 5,5**	2,0° - 5,0**
425	8,2° - 8,6**	8,1** - 8,4°	7,5** - 8,5°	7,0** - 8,3°	6,4** - 7,6°	5,9° - 6,0°	2,2° - 5,3**
475	8,9° - 9,2**	8,6** - 9,2°	8,0** - 9,2°	7,4** - 9,0°	6,8** - 8,2°	6,2** - 6,5°	2,4° - 5,6**
525	9,6° - 9,7**	9,0** - 9,9°	8,4** - 9,9°	7,7** - 9,7°	7,0** - 8,9°	6,4** - 7,0°	2,6° - 5,7**
575	10,1** - 10,3°	9,4** - 10,6°	8,6** - 10,6°	7,9** - 10,4°	7,2** - 9,5°	6,5** - 7,5°	2,7° - 5,8**
625	10,4** - 11,0°	9,6** - 11,2°	8,8** - 11,3°	8,1** - 11,0°	7,3** - 10,1°	6,5** - 8,0°	2,9° - 5,7**

* Schätzung der Futtermenge mit Gleichung vom NRC (2000)

** Regression aus Datenmaterial des INRA von JARRIGE (1978) in MENKE & HUSS (1987)

2.4.3 Bewirtschaftungsrisiko

Der Hochwassereinfluß nach erfolgter Rückdeichung auf landwirtschaftlich genutzte Flächen wird die massivste natürliche Nutzungsbeeinträchtigung im Untersuchungsraum darstellen. Die zeitliche Einordnung der Hochwässer im Jahresverlauf bestimmt maßgeblich den Einfluß auf die Vegetation und die Nutzung der betroffenen Flächen. Während in den vegetationskundlichen Untersuchungen vordeichs die Nivellierung von spezifischen Höhenlagen für Pflanzengesellschaften durchgeführt wurde, sind im landwirtschaftlichen Teil Elbabflüsse auf ihre Eintrittswahrscheinlichkeit hin untersucht worden. Die Grundlage der Berechnungen und Auswertungen sind die Tageswerte der Abflüsse am Elbepegel Wittenberge (Elbe-km 454,6) für den Zeitraum von 1964 bis 1998. Sie wurden durch das Wasser- und Schifffahrtsamt Magdeburg zur Verfügung gestellt und ermöglichten es, die Gang- und Dauerlinien für den o.g. Elbepegel zu berechnen. Der Zeitraum vor 1964 eignete sich deshalb nicht, da zu dieser Zeit die Einrichtung von Talsperren mit bedeutender Speicherkapazität (z.B. Saale-Einzugsgebiet, Moldau-Einzugsgebiet) und Deichbaumaßnahmen in den Mündungsbereichen von Nebenflüssen der Elbe dämpfende und verschärfende Effekte auf das Abflußgeschehen hatten.

Die Messreihe des Pegels Wittenberge wurde verwendet, weil der Pegel Lenzen nur Wasserstände und keine Abflüsse aufzeichnet.

2.4.3.1 Ganglinien

Ganglinien stellen die zeitliche Abfolge von Abflußwerten dar. Sie beschreiben Abflußzeitreihen an den betrachteten Pegeln für beliebige Zeiträume innerhalb der Messreihe.

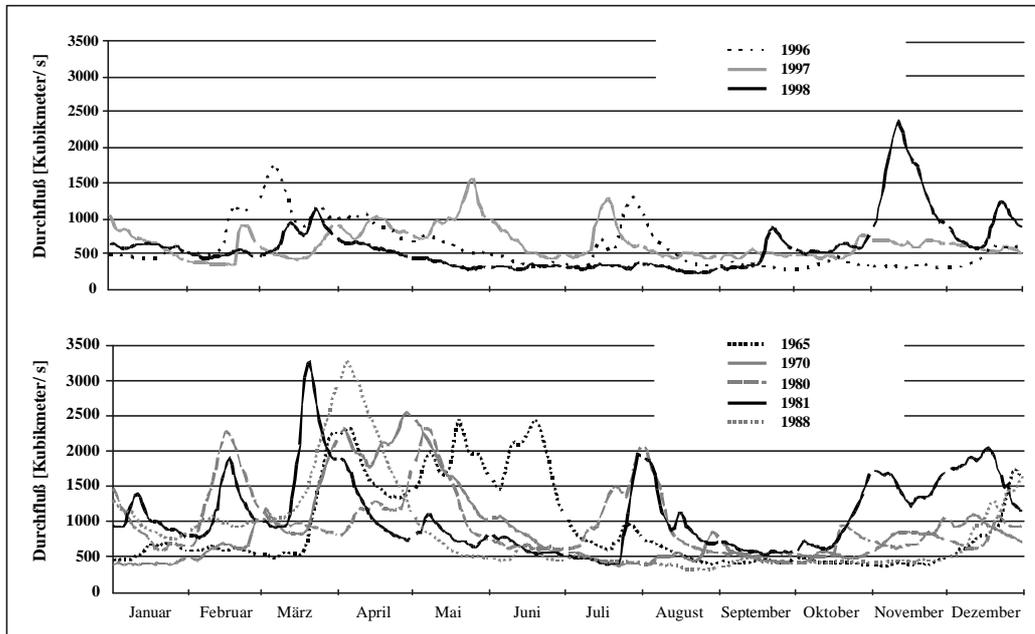


Abbildung 13: Abflußganglinien für die Jahre 1996-98 und Abflußganglinien für ausgewählte, für die Deichvorlandnutzung besonders kritische Jahre am Elbepegel Wittenberge (Stromkilometer 454,6).

2.4.3.2 Dauerlinien

Die Variabilität des Abflußgeschehens (Eintrittshäufigkeit kritischer Werte zu nutzungsrelevanten Zeitpunkten) wird durch Ganglinien nicht abgebildet. Alternativ dazu liefern Dauerlinien mehr Informationen (vgl. Abb. 14). In der vorliegenden Arbeit wurden zur Erstellung der Dauerlinien die mittleren täglichen Abflußwerte des Elbepegels Wittenberge der Größe nach sortiert und gegen ihre Überschreitungshäufigkeit aufgetragen.

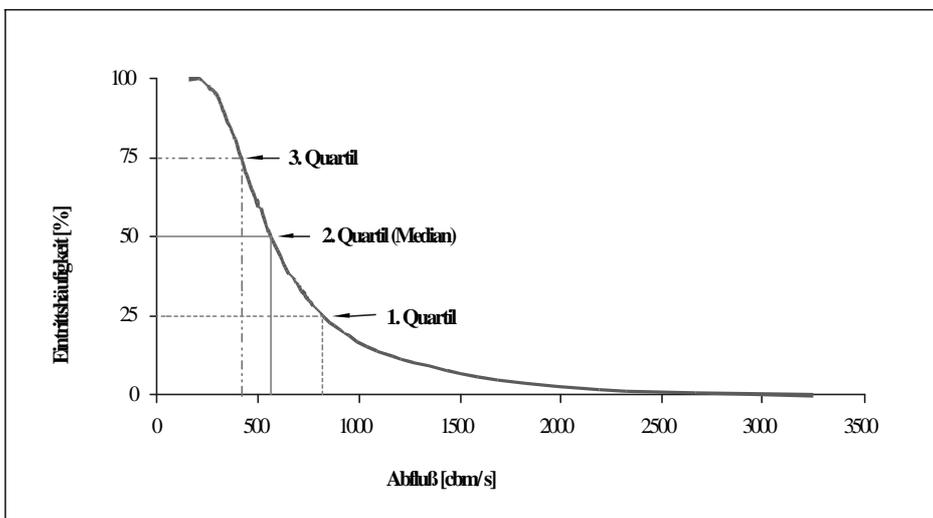


Abbildung 14: Dauerlinie aller mittleren täglichen Abflüsse am Pegel Wittenberge von 1964 bis 1998.

Dauerlinien können einerseits aus kompletten Messreihen ermittelt werden (vgl. Abb. 14). Andererseits lassen sich Dauerlinien auch für einzelne Jahre, Monate und Tage errechnen und bieten so die Möglichkeit, konkrete Fragestellungen (Vegetationszeit, Nutzungszeitpunkte, Laichzeiten, usw.) für den gesamten Meßzeitraum zu bearbeiten. In Abbildung 15 ist die Zuordnung der Abflußwerte zu ihrer relativen Eintrittshäufigkeit, bezogen auf den Jahresverlauf, dargestellt.

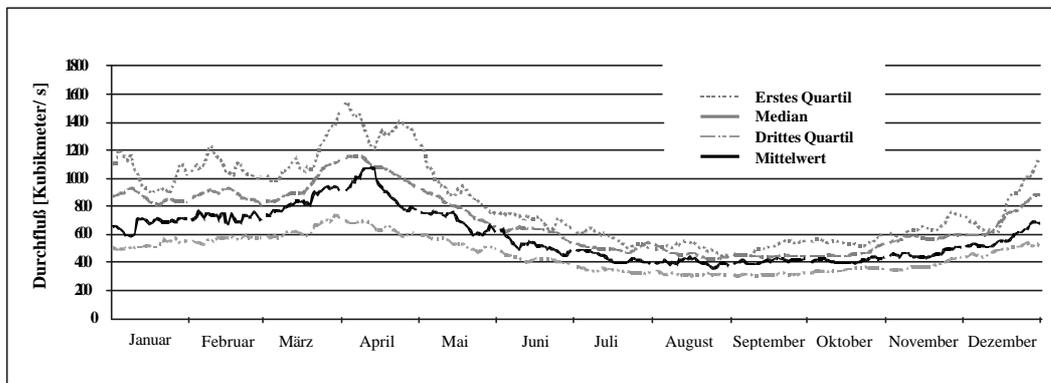


Abbildung 15: Erstes, zweites, drittes Quartil der Dauerlinien und der Mittelwert der Ganglinien am Elbepegel Wittenberge in den Jahren 1964 - 1998 (eigene Berechnungen).

2.4.3.3 Beschreibung des Bewirtschaftungsrisikos

Zur Beschreibung des hochwasserbedingten Nutzungsrisikos von vordeichs gelegenen Flächen werden die Eintrittshäufigkeit von Abflüssen zu nutzungsrelevanten Zeitpunkten und die Ergebnisse der pflanzengesellschaftsbezogenen, standortkundlichen Untersuchungen (vgl. Kapitel 2.3.2 und 3.1.2) verwendet. In Tabelle 11 sind einer exemplarischen Auswahl von nutzungsrelevanten Zeitpunkten die ermittelten Abflußkenngrößen gegenübergestellt. Die Auswahl orientiert sich an Terminen der konventionellen Grünlandbewirtschaftung und Vorgaben des Vertragsnaturschutzes.

Tabelle 21: Abflußmittelwerte und Kenngrößen aus den Dauerlinien für ausgewählte nutzungsrelevante Zeitpunkte 1964 - 1998 am Elbepegel Wittenberge (eigene Berechnungen).

Nutzungsrelevante Zeitpunkte	Mittlerer Abfluß [m ³ /s]	Eintrittshäufigkeit		
		3. Quartil (75 %) [m ³ /s]	Median (50 %) [m ³ /s]	1. Quartil (25 %) [m ³ /s]
15. April	1076,6	629,5	960,0	1296,5
15. Mai	801,0	526,0	730,0	887,0
15. Juni	641,0	427,0	544,0	717,0
15. Juli	533,0	355,0	419,0	584,5
15. August	469,9	311,5	436,0	542,5
15. September	439,8	317,0	413,0	512,5
15. Oktober	445,7	351,5	402,0	537,0

Ausgehend von o.g. vegetationskundlichen Untersuchungsergebnissen ist es möglich, eine Höhenklassifizierung des hochwasserbeeinflussten Deichvorlandes vorzunehmen, die den Grenzen der vertikalen Schichtung der Vegetation entspricht und für die vegetationspezifische Abflüsse (vgl. Kapitel 3.2.3) ermittelt worden sind. Diese Klassifizierung ist nicht nur aus vegetationskundlicher Sicht sehr sinnvoll, sie läßt sich auch leicht auf landwirtschaftliche Belange übertragen.

2.4.4 Flächenverlust

Die geplante Rückdeichung wird zu erheblichen Einbußen an landwirtschaftlicher Nutzfläche führen. Die Flächenverluste für die Landwirtschaft werden verursacht durch:

- lang anhaltende Überflutung,
- neue Deichtrassen,
- Gehölzpflanzungen/ Sukzessionsflächen und
- Entnahme von Deichbaumaterial (Modellierung von Flutrinnen).

Die Ermittlung des voraussichtlichen Flächenausfalls erfolgte im GIS durch die Abfrage der Flächenanteile von Höhenklassen, Deichtrassen, Pflanzungen und Flutrinnen bezogen auf verschiedene Rückdeichungsvarianten.

Flächenverlust durch lang anhaltende Überflutung

Die Größe des überfluteten Gebietes ist unmittelbar von der Höhe der tiefsten Schlitzungssohle im Altdeich abhängig. In den projektinternen Überflutungsszenarien wurde diese Höhe mit 15,70 müNN (Höhe des Mittelwasserspiegels) festgelegt. In dieser Höhe strömt Hochwasser der Elbe bei einem Pegelstand von über 3,27 m (Pegel Lenzen, Pegel-Null-Wert 12,43 müNN) ein. Gleichzeitig verhindert aber die Höhe der Schlitzungssohle den vollständigen Abfluß aus tiefergelegenen Geländeteilen, nachdem das Hochwasser zurückgegangen ist. Auf den überstauten Arealen wird sich keine dauerhafte Grünlandvegetation etablieren können.

Flächenverlust durch Deichtrassen

Durch einen neuen Deichkörper wird pro Kilometer Deichlänge ein Flächenentzug von etwa 4 ha verursacht.

Flächenverlust durch Gehölzpflanzungen und Sukzessionsflächen

Abgeschlossene Gehölzpflanzungen beanspruchen schon jetzt Teile der Rückdeichungsfläche. Weitere geplante Pflanzungen werden zu zusätzlichen Flächeneinbußen für die Landwirtschaft führen.

Flächenverlust durch Entnahme von Deichbaumaterial

Die Modellierung von Flutrinnen im Rückdeichungsgebiet unter der Berücksichtigung alter Flutrinnensysteme soll vor dem Hintergrund des Bedarfes an Deichbaumaterial und der gewünschten, autotypischen Durchströmung im UG erfolgen. Durch die Anlage der vorgeschlagenen Flutrinnen würde es zu zusätzlichen Flächenverlusten aus Sicht der Landwirtschaft kommen.

2.5 Statistische Analysen

2.5.1 Korrespondenzanalysen

Um die Beziehungen zwischen Vegetationsaufnahmen bzw. Arten und abiotischen Standortparametern (oder zeitlichen Gradienten) herauszuarbeiten, wurden verschiedene multivariate Analyseverfahren verwendet. Die Verfahren sind in der Lage, unabhängig vom Bearbeiter und in reproduzierbarer Weise Datensätzen innewohnende Beziehungsmuster zu identifizieren und eine relative Rangordnung bezüglich der Bedeutung der Standortparameter aufzustellen, mit denen sich die Datensätze (varianzanalytisch) trennen lassen. Sie „ordnen“ also Arten bzw. Vegetationsaufnahmen (Pflanzengemeinschaften) entlang von abstrakten oder konkreten Faktorengradienten. In sog. „Ordinationsdiagrammen“ lassen sich die Beziehungsstrukturen nach vorangegangener Reduktion der Analysedaten grafisch darstellen.

Für die ursprünglichen Verfahren und deren Weiterentwicklungen werden verschiedene Bezeichnungen wie „Komponentenanalysen“ oder „Korrespondenzanalysen“ verwendet. Da den folgend beschriebenen Analysen die gleiche Methodik zu Grunde liegt, sollen diese hier GLAVAC (1996) folgend summarisch als „Ordinationen“ bezeichnet werden.

Ordinationen liefern selbst keine quantitativen Ergebnisse und keine Kausalzusammenhänge, welche jedoch in weitergehenden Verfahren der beschreibenden und schließenden Statistik gewonnen werden können (RINK 1999). Insofern sind sie – wie auch die klassische „Tabellararbeit“ – nur ein Hilfsmittel zum Verständnis von Zusammenhängen innerhalb komplexer Datenstrukturen.

Grundprinzipien multivariater Analysemethoden

Allen Ordinationen geht die Erstellung einer Ähnlichkeitsmatrix voraus, in der die (Un-) Ähnlichkeiten oder Distanzen aller Aufnahmen eines Datensatzes in Bezug auf ihren Besatz mit Pflanzenarten untereinander dargestellt sind. Stellt man diese Matrix mathematisch-räumlich dar, so besitzt sie gerade so viele Dimensionen, wie Arten vorhanden sind; d. h. n Arten spannen als Achsen einen n -dimensionalen Raum auf. (Umgekehrt lassen sich auch Arten in einem durch n Aufnahmen - als Achsen - aufgepannten „Hyperraum“ darstellen.)

Im n -dimensionalen Artenraum sind die Vegetationsaufnahmen nicht gleichmäßig verteilt. Ähnliche Aufnahmen, also solche mit einem ähnlichen Pflanzenbesatz, bilden vielmehr Punkteschwärme, die sich zu Gruppen zusammenfassen lassen. Das Ziel der Ordination besteht darin, (Arten-) Achsen zu identifizieren, mit denen diese Punktwolken korrespondieren (korrelieren).

Um die Anzahl von Achsen auf ein dar- und vorstellbares Maß zu reduzieren, wird anschließend eine sog. Eigenvektoranalyse durchgeführt. Verfahrensspezifisch geht dabei ein Teil der ursprünglichen Information verloren. Es werden

- alle Arten (Achsen) eliminiert, die nicht zu einer hohen Unähnlichkeit zwischen den Vegetationsaufnahmen beitragen,
- alle Arten (Achsen) beseitigt, die nur überflüssige Information liefern (z. B. in mehreren Aufnahmen den selben Bedeckungswert besitzen) und
- hoch miteinander korrelierte Arten (Achsen) zusammengefasst.

Die neu berechneten Achsen, *Hauptachsen* genannt, ersetzen die ursprünglichen Achsen; sie stellen Linearkombinationen der ursprünglichen Pflanzenarten dar und spannen den Bezugsraum auf, in dem die Aufnahmen jetzt dargestellt werden. Die Hauptachsen werden nach ihrem Erklärungsanteil an der Gesamtvarianz des Datensatzes hierarchisch geordnet. D. h., die erste Hauptachse kann den relativ größten Anteil der Gesamtvarianz erklären; sie besitzt den höchsten *Eigenwert*. Die zweite Achse liefert den relativ zweitgrößten Anteil an der Varianz; sie hat den zweitgrößten Eigenwert und steht im Ordinationsdiagramm rechtwinklig auf der ersten Achse, so dass die ersten beiden Hauptachsen die Ordinationspunkte (Aufnahmen) maximal aufspannen (vgl. Abb. 10). Die tatsächlichen Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen den als Punkten dargestellten Objekten (Aufnahmen) werden in den Ordinationsdiagrammen möglichst genau wiedergegeben. D. h. je weiter zwei Punkte voneinander entfernt sind, desto unähnlicher sind die zugehörigen Aufnahmen. In Ordinationsdiagrammen sind also die bestehende Datenstruktur in vereinfachender Weise zusammengefasst wiedergegeben. Hierbei wird versucht, den auftretenden Datenverlust zu minimieren und die gegebenen Ähnlichkeitsbeziehungen möglichst genau abzubilden.

Zusätzlich zu den Aufnahmen („*site scores*“) können in den Diagrammen auch die Pflanzenarten („*species scores*“), dargestellt werden (vgl. SMILAUER 1992). Diese Option sogenannter „*biplots*“ entsteht daraus, dass die Hauptachsen als Linearkombinationen der Arten von diesen in Abhängigkeit von ihrer Bedeutung (Art und Ausmaß der Varianz, die sie im Datensatz hervorrufen) gleichermaßen „geladen“ werden (HAKES 1996). Dargestellt werden die Arten in Form von Vektoren vom Koordinatenursprung aus. Die Vektoren zeigen in Richtung der maximalen Variation der betreffenden Art im Datensatz, ihre Länge entspricht der Größe der Variation. So zeigt ein langer Artvektor, der in die Richtung eines Punkteschwarmes weist, darauf hin, dass diese Art für die betreffenden Aufnahmen bedeutsam ist bzw. sie von anderen Aufnahmen dadurch unterscheidet.

In Abbildung 16 ist schematisch die Vorgehensweise für indirekte multivariate Ordinationen veranschaulicht.

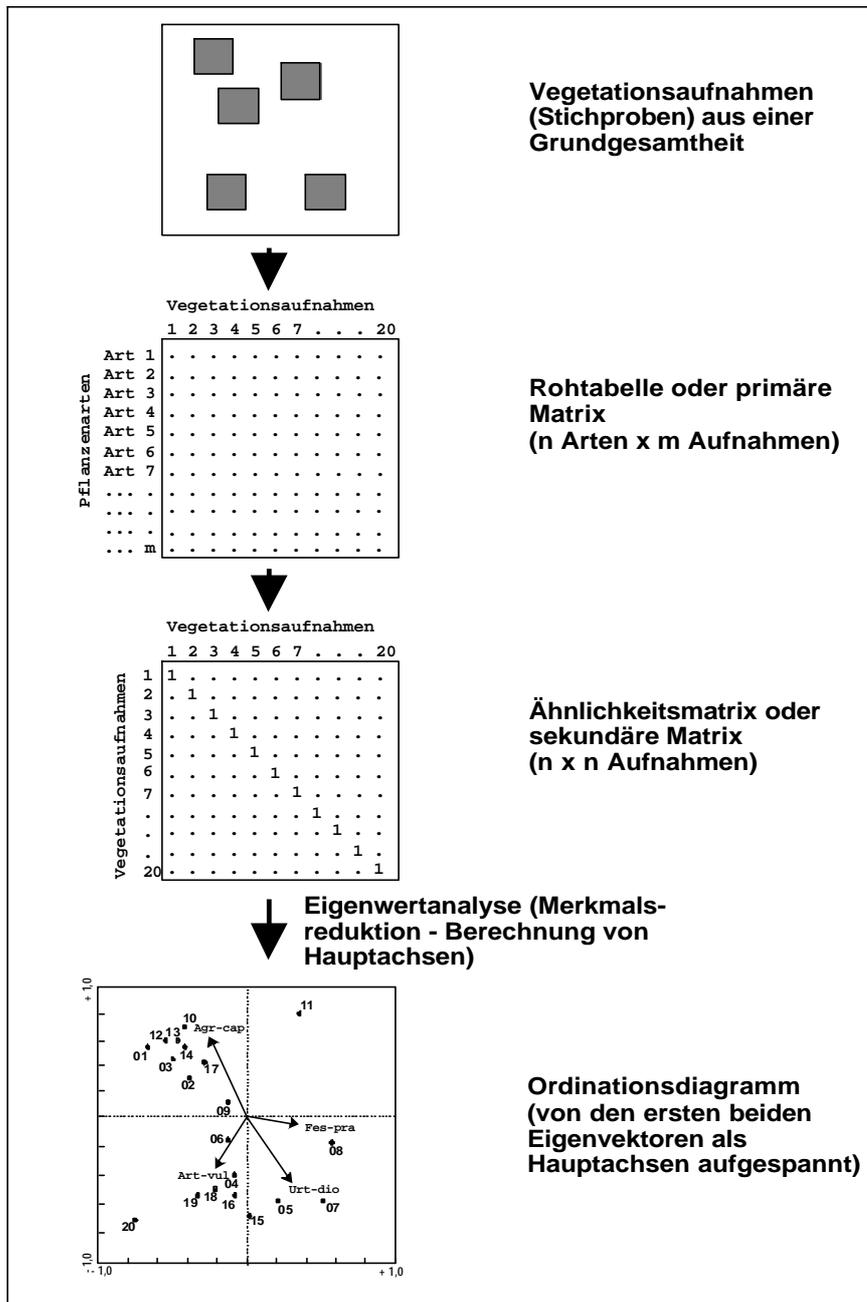


Abbildung 16: Schematisierter Ablauf einer indirekten multivariaten Ordination (nach HAKES 1996, verändert). – Die Aufnahmen oder „site scores“ (01 - 20) ordnen sich nach vorheriger Datenreduktion im zweidimensionalen Diagramm so an, dass sie umso näher zusammenliegen, je ähnlicher ihr Artenbesatz ist. Im gewählten Beispiel weisen die Artvektoren darauf hin, dass *Agrostis capillaris* (Agr-cap) in den oberen Aufnahmen hohe Bedeutung besitzt, während in den unteren Aufnahmen *Artemisia vulgaris* (Art-vul), *Festuca pratensis* (Fes-pra) und *Urtica dioica* (Urt-dio) einen bedeutsameren Einfluss an der Varianz haben. Interpretation: Innerhalb des Datensatzes besteht ein standörtlicher Gradient in Bezug auf das Nährstoffangebot (Stickstoff), der entlang der zweiten Hauptachse (y-Achse) verläuft. Entlang der 1. Hauptachse (x-Achse) trennen sich frische (rechts) von trockeneren (links) Standorten.

Direkte und indirekte Korrespondenzanalysen

Im Gegensatz zu den soeben beschriebenen Verfahren der indirekten Ordination, bei der der Betrachter ökologische Zusammenhänge allein auf Grund der Anordnung der Aufnahmen und Artvektoren herstellen muss, werden bei der direkten Ordination die zu den Vegetationsaufnahmen gehörigen Standortdaten als Variablen mit in die Analyse einbezogen. Sie erscheinen analog zu den Arten als Vektoren. Anhand der Richtung, der Länge und der Lage der Standortvektoren zu den Hauptachsen der Ordination lassen sich Tendenzen in Hinsicht auf die Pflanzenbestände ablesen und die Bedeutung der einzelnen Umweltfaktoren abschätzen.

In der vorliegenden Arbeit wurden indirekte Hauptkomponentenanalysen (Principal component analysis) bei der Auswertung der Nutzungssimulationen (Kap. 3.1.3) verwendet. Die einzige Variable ist in diesem Fall die Zeit unter verschiedenen Nutzungsbedingungen; die zeitliche Varianz wird dabei im Ordinationsdiagramm in der Regel durch die erste Achse aufgezeigt. Nagel und Beierkuhnlein (1999) weisen darauf hin, dass die PCA lineare Beziehungen bezüglich der Reaktion von Pflanzenarten auf Umweltparameter voraussetzt, diese jedoch meist nicht gegeben seien. Allerdings könne dieser Fehler vernachlässigt werden, wenn der untersuchte Umweltbereich eng begrenzt ist. Diese Situation war in den Nutzungsversuchen in besonderer Weise gegeben, da immer nur Vegetationsaufnahmen des gleichen Vegetationstyps unter verschiedenen Nutzungsregimes miteinander verglichen wurden.

Kanonische Korrespondenzanalysen (Canonical Correspondence Analysis) wurden als direkte Ordinationsverfahren zur Analyse der Beziehungen zwischen gemessenen Standortparametern und Pflanzenbeständen entlang von Gradienten verwendet (s. Kap. 3.1.2). Direkte und indirekte Analysen wurden mit den Computerprogrammen MULVA-5 (Wildi & Krüsi 1993, Wildi & Orlóci 1996) und CANOCO (Ver. 2.1 ter Braak 1988, 1990) / CANODRAW (Ver. 3.0, SMILAUER 1992) durchgeführt.

Einbezogene Daten

Die Auswahl der Parameter, die in die Ordinationen mit einbezogen wurden, erfolgte auf der Basis der standörtlichen Untersuchungsergebnisse (s. Kap. 3.1.2).

▪ Vegetation

Bei den Schätzwerten, die in der modifizierten Aufnahmeskala nach LONDO (1975; s.o.) aufgenommen wurden, handelt es sich um ordinalskalierte Daten. Für die Verwendung in multivariaten Analysen wurden die Bedeckungsklassen von .1, .2, .3, ... bis 11 in Ränge von 1-14 überführt. Um den Einfluss stark dominierender Arten im Bestand auf das Analyseergebnis abzuschwächen, fand z.T. eine Quadratwurzeltransformation der Daten statt.

▪ Standortparameter

Die Überflutungsdauern wurden mittels des Elbe-km, der NN-Höhe sowie Schlüsselkurven und langfristigen Abflussstatistiken berechnet (s.o.). In die Analysen wurden anstatt der jahresbezogenen Werte wegen ihrer ökologisch höheren Relevanz die Überflutungsdauern pro Vegetationsperiode (15.04.-15.10.) mit einbezogen.

Die Daten zur Bewirtschaftung sind nominalskaliert. Die drei realisierten Bewirtschaftungsformen „keine Nutzung“, „Mähweide“ und „reine Weide“ wurden als separate Merkmale jeweils mit dem Wert 0 oder 1 für die Zugehörigkeit der entsprechenden Vegetationsaufnahme versehen.

Inwieweit ein Standort direkt von den Wasserstandsbewegungen der Elbe betroffen wird, d.h. in welchem Maße Hochwässer unbehindert zu- und wieder abfließen können, beschreibt das Merkmal „Isolation vom Wasserstandsregime“. An Hand der spezifischen Lage der Aufnahmestandorte im Deichvorland wurden drei Ränge vergeben:

- 1 = nicht isoliert: Standorte direkt an der Elbe und an Flutrinnen, die ungehindert die volle Wasserstandsdynamik der Elbe nachzeichnen (direkt am Elbufer und an mit der Elbe verbundenen, perennierenden Flutrinnen gelegene Standorte, von denen das Wasser bei Zurückgehen eines Hochwassers sofort und ungehindert wieder abfließen kann; auch höhergelegene Flächen im DV)
- 2 = mäßig isoliert: Standorte abseits des Elbufers in schwacher Senkenlage, aus der das Wasser bei Zurückgehen eines Hochwassers verzögert, jedoch relativ rasch abfließt – keine dauerhafte Überstauung, Abfluss nur bei niedrigen Wasserständen zunehmend behindert
- 3 = stark isoliert: Standort in ausgesprochener Senkenlage mit schon bei höheren Wasserständen verzögertem Wasserabfluss und langanhaltender Überstauung.

Analog zur Isolation wurden auch für die Strömungsexposition der Standorte Ränge vergeben:

- 1 = schwache Exposition: Standorte abseits des Elbufers (Flächen, Geländehohlformen, Altwasser) ohne ausgesprochene Durch-/Überströmung
- 2 = mäßige Exposition: direkt am Elbufer gelegen, jedoch auf der strömungsabgewandten Seite der Buhnenköpfe und weitere Standorte mit baulichem Schutz; auch bei starken Hochwässern durchströmte deichnahe Flutrinnen
- 3 = starke Exposition: direkt am Elbufer gelegen, auf der strömungszugewandten Seite der Buhnenköpfe, und weitere Standorte ohne baulichen Schutz

Für die Beschreibung der Korngrößenzusammensetzung im Oberboden wurden der Ton-, Sand- und Schluffgehalt der Oberbodenproben herangezogen. Deren prozentualer Anteil entspricht dem Mittelwert ihrer Spannbreite im „Körnungsdreieck“ zur Klassifikation der Feinbodenanteile (vgl. ARBEITSKREIS BODENSYSTEMATIK 1998).

2.5.2 Multiple Regression

Im landwirtschaftlichen Untersuchungsteil wurden mit Hilfe multipler, schrittweiser Regression (Softwaresystem SAS, Version 6.12 von SAS Institute Inc.) Gleichungen entwickelt, die es ermöglichen fehlende Werte für die Parameter umsetzbare Energie (ME) und Netto-Energie-Laktation (NEL) aus vorhandenen Analysedaten zu schätzen. Zusätzlich zu den im Projekt durchgeführten Laboranalysen konnte auf Ergebnisse vorangegangener Untersuchungen im Rückdeichungsgebiet (Rotationsbrache-Versuch; vgl. SCHUBERT & SCHWARTZ 2000) aus den Jahren 1994 bis 1996 zurückgegriffen werden. Die Struktur des Datensatzes, der in die Berechnungen einbezogen wurde, ist in Tabelle 12 dargestellt. Die chemischen Analysewerte, die als Einflußvariable in das Regressionsmodell eingingen, sind unterstrichen; die fett gedruckten Probenzahlen wurden als Zielvariable definiert.

Tabelle 12: Struktur der zur Verfügung stehenden Analysedaten

Jahr	Proben-Anzahl (n)	Anzahl vorliegender Analyse-Ergebnisse für die genannten Parameter										
		TS	NDF	ADF	ADL	XP	XA	WL	XL	Gb	ME	NEL
1994	133	133	133	133	133	133	132					
1995	149	<u>149</u>	<u>149</u>	<u>149</u>	<u>149</u>	<u>149</u>	<u>149</u>	147	33	33	33	33
1996	213	<u>213</u>	<u>213</u>	<u>213</u>	<u>213</u>	<u>213</u>	<u>213</u>	213	57	57	57	57
1997	180	<u>179</u>	<u>180</u>	<u>180</u>	<u>180</u>	<u>180</u>	<u>180</u>	180	67	67	67	67
1998	197	<u>197</u>	<u>197</u>	<u>197</u>	<u>197</u>	<u>197</u>	<u>197</u>	197	70	70	70	70
1999	80	80	80	80	80	80	80	80				
S	952	951	952	952	952	952	951	817	227	227	227	227

Die Entwicklung der Regressionsgleichungen für ME und NEL erfolgte anschließend in zwei Stufen. Zuerst wurden schrittweise nacheinander diejenigen Variablen ausgewählt, die einen signifikanten Einfluß auf die Zielvariable (ME oder NEL) hatten. Sie führten bei Einbeziehung in das Rechenmodell zu einer Erhöhung der partiellen Korrelation zwischen Beobachtung und Schätzung.

Danach erfolgte die Schätzung der Regressionskoeffizienten (b) für die ausgewählten Einflußvariablen (TS, NDF, ADL, XA) und im Anschluß daran die Entwicklung von zwei separaten Gleichungen, mit denen aus dem Trockensubstanz-, dem NDF-, dem ADL- und dem Rohaschegehalt der energetische Futterwert geschätzt werden kann. Die Regressionskoeffizienten für beide Gleichungen, die dem Schema „ $y = a + bx$ “ folgen sind in der folgenden Übersicht dargestellt:

Zielvariable ME [MJ/ kg TS] (y)			Zielvariable NEL [MJ/ kg TS] (y)		
Einflußvariable (x)	b	s	Einflußvariable (x)	b	s
TS [g/ kg OS]	-0.00079782	0.00025664	TS [g/ kg OS]	-0.00054354	0.00018066
NDF [g/ kg TS]	-0.01009362	0.00054302	NDF [g/ kg TS]	-0.00704716	0.00038226
ADL [g/ kg TS]	-0.03217956	0.00263803	ADL [g/ kg TS]	-0.02267230	0.00185703
XA [g/ kg TS]	-0.01616985	0.00134320	XA [g/ kg TS]	-0.01139009	0.00094554
Konstante (a)	16.91327822	0.29575362	Konstante (a)	10.83760420	0.20819510

Unter s ist der Standardfehler der Regressionskoeffizienten bzw. der Konstanten aufgeführt.

Die Validierung der entwickelten Gleichungen wurde durch den Vergleich mit 224 Werten für ME und NEL durchgeführt, die mit der Originalgleichung von MENKE & STEINGASS (1987) berechnet worden sind, durchgeführt (vgl. Abb. 17).

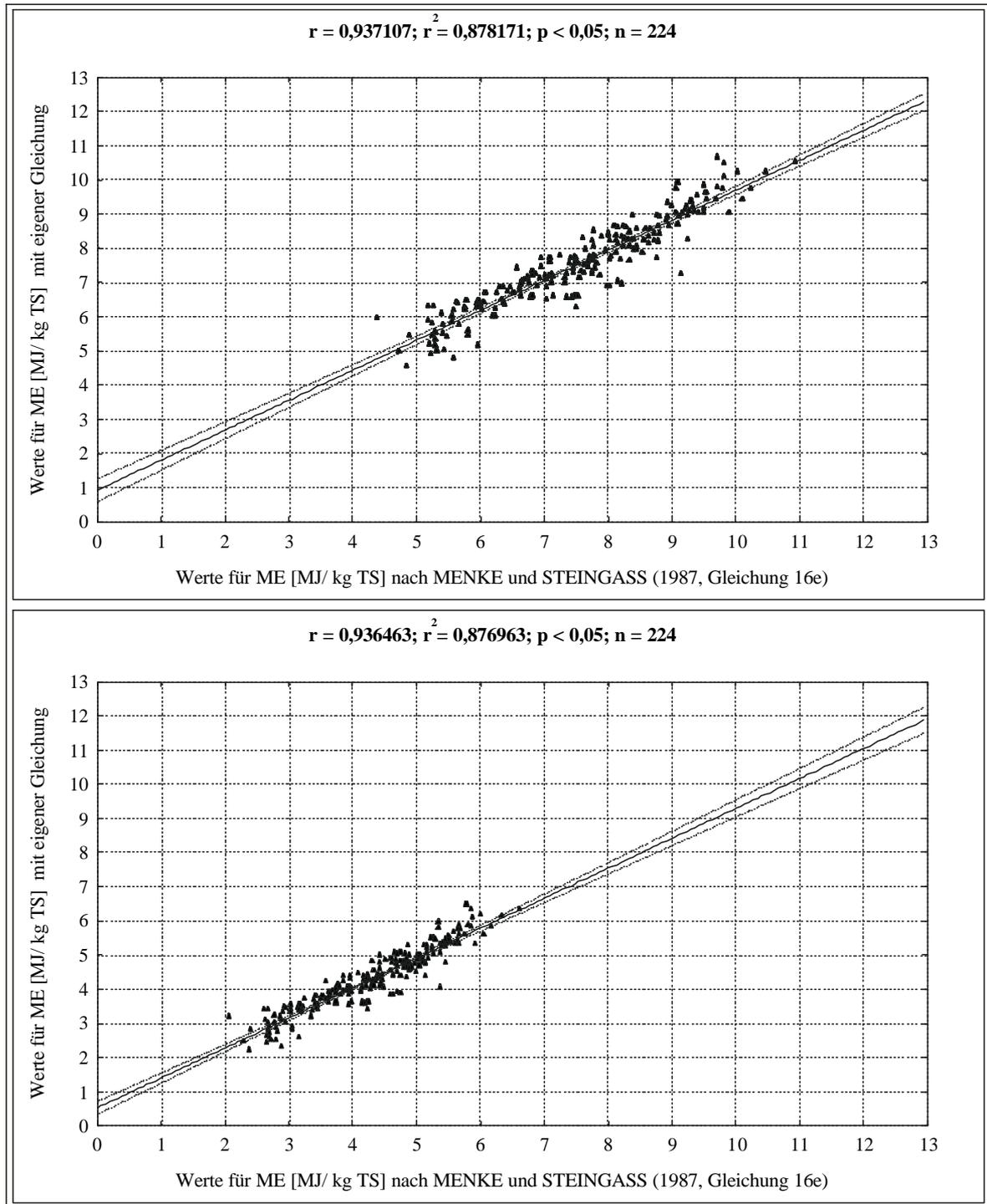


Abbildung 17: Überprüfung des eigenen Regressionsmodells für die Schätzung von Energiekonzentrationen (als ME bzw. NEL) an Hand der Gleichungen nach MENKE & STEINGASS (1987, Gleichung 16e). Die Ergebnisse beider Modelle sind hoch miteinander korreliert.

2.6 Geografisches Informationssystem (GIS)

Geografische Informationssysteme (GIS) werden heute in zahlreichen Anwendungsbereichen als Werkzeuge zur Integration von räumlichen (geometrischen) und thematischen Merkmalen von Naturräumen eingesetzt (z. B. PETERS & HECKER 1996, SCHALLER & DANGERMOND 1991, SCHOLLE 1996, STERN 1993, WERNICKE & WEBER 1996). Sie eignen sich dazu, flächenbezogene Daten zusammenzustellen, effizient zu verwalten und auszuwerten. Durch die komplexe Kombination von Daten auf unterschiedlichen Aggregationsebenen ist es möglich, die Funktionalität von Landschaften oder Ökosystemen interdisziplinär zu bewerten (BLASCHKE 1996).

Einsatz des Geografischen Informationssystems

Innerhalb der vorliegenden Arbeit wurde das bei der Projektkoordination installierte GIS*² insbesondere dazu verwendet,

- die Flächenanteile der rezenten Vegetationstypen des Untersuchungsgebiets darzustellen und auszuwerten,
- im Gelände aufgenommene standortbezogene Punktdaten mit verschiedenen Flächeninformationen (thematische Ebenen oder *layer*) zu einem Prognosemodell für die „Endgesellschaften“ der Grünlandsukzession im geplanten Rückdeichungsgebiet zu verknüpfen,
- die Güte des vegetationskundlichen Prognosemodells an Hand des Vergleichs der erwarteten und kartierten Vegetationsverteilung im rezenten Deichvorland zu prüfen,
- durch den Vergleich der Überflutungstoleranz der heutigen und der erwarteten Grünlandvegetation im Rückdeichungsgebiet die mögliche Intensität syndynamischer Veränderungen aufzuzeigen,
- eine georeferenzierte Schlagkarte für das Rückdeichungsgebiet zu erarbeiten,
- die Verluste an landwirtschaftlicher Nutzfläche, die durch neue Deichtrassen, Gehölzpflanzungen oder Sukzessionsflächen und die Entnahme von Deichbaumaterial (Modellierung von Flutrinnen) verursacht werden, abzufragen, sowie
- die ermittelten Aufwuchsmengen und Futterqualitäten rezenter Vegetationstypen im Deichvorland in das vegetationskundliche Prognosemodell einzubeziehen und ausgehend von den Flächenanteilen der zukünftigen Vegetationstypen das landwirtschaftliche Nutzungspotential der ausgedeichten Areale zu beschreiben.

Einen Überblick über die durchgeführten Datenverknüpfungen gibt Abbildung 18. (Weitergehende Flächenanalysen, beispielsweise zum rezenten und prognostischen Ertragspotential des Grünlandes,

*¹ verwendet wurde das Programmpaket ArcInfo/ArcView.

der Eignung landwirtschaftlicher Teilschläge für verschiedene Bewirtschaftungsformen und mögliche Landnutzungsverteilungen finden sich bei GAUßMANN [2001a] und GAUßMANN & HEINKEN [2001].)

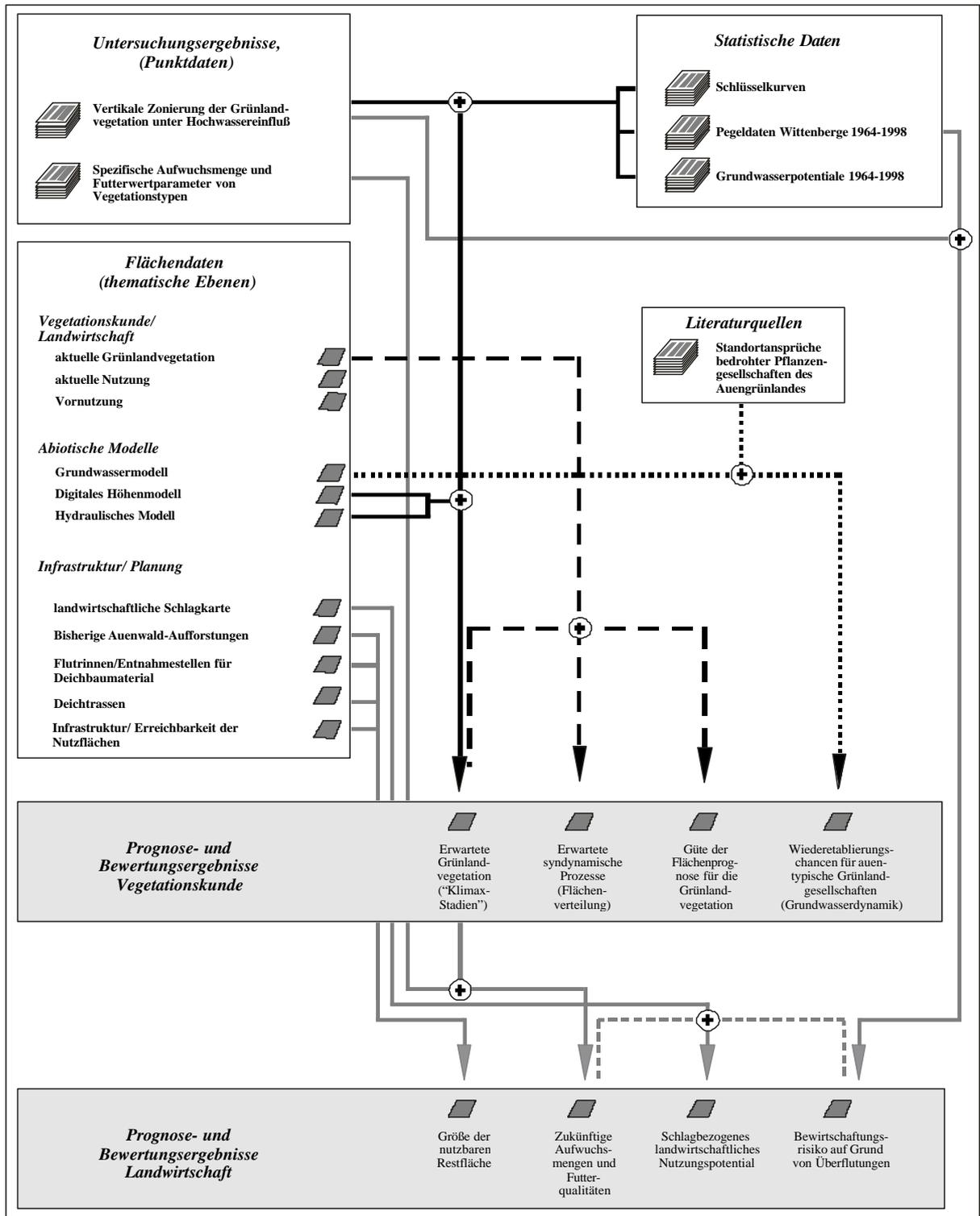


Abbildung 18: Datenverknüpfungen im Geografischen Informationssystem.