



ABSCHLUSSBERICHT

**Grundlagen für die Ableitung von
Anpassungsstrategien in Niederungsgebieten
an den Klimawandel**

**Arbeitsgruppe Niederungen 2050
unterstützt durch den
Marschenverband Schleswig-Holstein e.V.**



2. Juni 2014

Datum 2. Juni 2014
(Zwischenbericht vom 13. Februar 2012)
Marschenverband Schleswig-Holstein e.V.
Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft,
Umwelt und ländliche Räume
in Zusammenarbeit mit: Arbeitsgruppe Niederungen 2050



Auftrag vom: 16. August 2010
Ansprechpartner: Herr Reimers,
Herr Rohde

Auftraggeber: Landesverband der Wasser- und Bodenverbände
Schleswig-Holstein
Auftragnehmer: BWS GmbH
Aktenzeichen: AG2050 10.P.36
Projektleitung: Herr Dr.-Ing. K. Schröter
Projektbearbeitung: Herr Dr.-Ing. K. Schröter
Herr Dipl.-Ing. K. Lorenz
Ausfertigung Nr.:



Vorwort

Die Klimaszenarien für den norddeutschen Raum prognostizieren eine Zunahme der winterlichen Niederschläge um ca. 30 % sowie eine Abnahme der Niederschläge im Sommer um die gleiche Größenordnung. Dieses soll nach den einschlägigen Szenarien einhergehen mit dem Anstieg des Meeresspiegels; nach den letzten IPCC-Berichten aus den Jahren 2007 und 2013 wird er bis zum Jahre 2100 eine Größenordnung zwischen 20 und 60 cm erreichen. Andere Naturwissenschaftler gehen auch von einer Größenordnung bis zu einem Meter aus.

Diese klimatischen Veränderungen werden insbesondere die rund 315.000 ha Niederungen im Lande Schleswig-Holstein treffen, da deren Entwässerung heute schon nur in Abhängigkeit der Gezeiten oder aber künstlich durch Schöpfwerke erfolgen kann. Verstärkte winterliche Niederschlagswasserabflüsse aus den Geestbereichen, einhergehend mit veränderten Hochwasserwellen durch Starkregenereignisse oder zunehmende Versiegelung von Flächen treffen auf schlechtere Entwässerungsverhältnisse durch reduzierte Sielleistungen. In den Schöpfgebieten werden zunehmende Wassermengen und zunehmende Energiekosten zu erheblichen zusätzlichen Belastungen der Verbandsmitglieder führen.

Die Arbeit der Verbände wird parallel zu dieser Entwicklung auch sehr stark durch eine Veränderung der Ziele der Wasserwirtschaft geprägt. Das europäische Naturschutz- und Wasserrecht führt dazu, dass neben den Zielen der Optimierung der Wasserstände für die kommunale Siedlungsstruktur und die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen vermehrt auf Naturschutz und gewässerökologische Zielsetzungen Rücksicht genommen werden muss.

Für Schleswig-Holstein ist es erforderlich, dass sich die Wasserwirtschaft in den Niederungen auf die Herausforderungen der Zukunft einstellt. Dabei kann die veränderte Nutzung in den Niederungen und die Ausrichtung an den ökologischen Zielen eine Chance sein, die Wasserwirtschaft unter ökonomischen Gesichtspunkten zukunftsfähig zu machen, indem möglichst lange der Bau von Schöpfwerken vermieden wird oder durch geeignete Maßnahmen Schöpfwerkskosten reduziert werden.

Als Lösung für diese Herausforderung wurde die Arbeitsgruppe „Niederungen 2050“ eingerichtet, deren Aufgabe es ist, nachhaltige Strategien zum Wassermanagement in Niederungsgebieten zu entwickeln. Diese Arbeitsgruppe wurde im Juli 2009 gegründet.

Dieser Abschlussbericht dokumentiert den aktuellen Stand der Arbeiten der Arbeitsgruppe Niederungen 2050. Der Bearbeitungsschwerpunkt lag auf der Analyse wasserwirtschaftlicher und ökonomischer Aspekte und der Ableitung von Anpassungsstrategien für die Wasserwirtschaft in Niederungsgebieten an die Folgen des Klimawandels.

Grundlage dieses Abschlussberichtes ist für die hier genannten Kosten das Jahr 2010. Die im Bericht dargestellte Entwicklung wird durch die tatsächliche bestätigt.

Ziel ist eine Evaluierung der Ergebnisse des Abschlussberichtes nach 10 Jahren durchzuführen. Eingang werden dann auch u.a. die Ergebnisse der innerhalb dieses Berichtes mit aufgeführten Pilotprojekte finden.

In der Arbeitsgruppe sind vertreten:

Vorsitz:	Herr Heinsohn	Marschenverband Schleswig-Holstein e.V.
Teilnehmer:	Herr Horn Herr Wollesen Herr Rohde Herr Andresen Herr Friedrichsen Herr Dr. Eilers für den Landkreistag Herr PD Dr. Hötker Herr Petersen Herr Rohwedder Herr Reimers Herr Blohm Herr Paysen (zeitweise) seit 25.02.2010: Herr Langbehn Frau Kirschnick-Schmidt Herr Matzdorf für den Landkreistag seit 26.01.2011: Herr PD Dr. Trepel	DHSV Südwesthörn-Bongsiel Eider-Treene-Verband Landesverband der Wasser- und Bodenverbände SH Landesverband der Wasser- und Bodenverbände SH Kreisvorsitzender des Kreis- bauernverbandes Husum- Eiderstedt Kreis Dithmarschen Michael-Otto-Institut im NABU Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume DHSV Dithmarschen DHSV Wilstermarsch Kreis Steinburg GuLV Wagrien-Fehmarn WBV Ostholstein Kreis Nordfriesland Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume
Gäste:	Herr Dr. Schröter	BWS GmbH

I N H A L T	S E I T E
Vorwort	II
Tabellen	VIII
Abbildungen	VIII
1 Anlass und Zielsetzung	12
2 Untersuchungsgebiet	14
3 Methodik und Datengrundlage	16
3.1 Datengrundlage	18
4 Aktuelle Situation Niederungsgebiete	19
4.1 Wasserwirtschaft/ Entwässerungsstruktur	19
4.1.1 Typisierung Entwässerungsstruktur	21
4.2 Vulnerabilität der Wasserwirtschaft in Niederungsgebieten	26
4.2.1 Höhenlage	30
4.2.2 Landnutzung	32
4.2.3 Böden	33
4.3 Einstufung der Vulnerabilität in Niederungsgebieten	36
4.4 Ermittlung der aktuellen Unterhaltungsaufwendungen	42
4.4.1 Gewässerunterhaltung	44
4.4.2 Deichunterhaltung	45
4.4.3 Betrieb und Instandhaltung/Abschreibung von Schöpfwerken	47
4.4.4 Aktuelle Unterhaltungsaufwendungen in Niederungsgebieten	51
4.5 Landwirtschaftliche Wertschöpfung in den Niederungsgebieten	52
4.5.1 Ermittlung des Umfangs der betroffenen landwirtschaftlichen Nutzflächen	53
4.5.2 Ermittlung der Deckungsbeiträge aus der Flächennutzung	57
4.5.3 Ermittlung der Deckungsbeiträge aus der Tierhaltung	58
4.5.4 Darstellung und Bewertung der ermittelten Ergebnisse	60

4.5.5	Effekte für die gesamte Region	61
4.6	Naturschutz	65
5	Prognose Auswirkungen Klimawandel auf Niederungsgebiete	68
5.1	Abschätzung Auswirkung Klimawandel (Szenarien für Einflussfaktoren)	69
5.1.1	Niederschlag	69
5.1.2	Binnenabfluss, Binnenwasserstand	71
5.1.3	Meereswasserspiegel, Tidedynamik, Sturmfluten	72
5.1.4	Morphologie	74
5.2	Analyse von Klimaszenarien und Ermittlung des Anpassungsbedarfs	75
5.2.1	Szenario Meereswasserspiegelanstieg	76
6	Entwicklungsoptionen	92
6.1	Wasserwirtschaft – mögliche Maßnahmen an Gewässern	92
6.2	Wasserwirtschaft / Naturschutz – Durchgängigkeit an Schöpfwerken	95
6.3	Naturschutz	98
6.4	Moorböden – ein nasser Schatz mit großer Bedeutung	105
6.5	Infrastruktur – Konsequenzen für Regional- und Flächenplanung, Verkehrswege, Ver- und Entsorgung	118
7	Anpassungsstrategie und Handlungsempfehlungen	120
7.1	Vorliegende Untersuchungen	124
7.2	Pilotprojekte	124
7.2.1	Pilotprojekt „Bongsieler Kanal“	125
7.2.2	Pilotprojekt „Miele“	127
7.3	Sachstand Umlage Vorteilsgebiet / Einzugsgebiet	132
8	Zusammenfassung und Ausblick	133

Tabellen

Tab. 1: Übersicht Datengrundlage Geofach- und Geobasisdaten	18
Tab. 2: Berechnungsgrundlagen Deichunterhaltungskosten	47
Tab. 3: Berechnungsgrundlagen Schöpfwerkskosten Bezugsjahr 2010	51
Tab. 4 Aufteilung von Acker- und Dauergrünlandflächen in den Niederungs- gebieten sowie die Hauptnutzungsarten der Flächen	57
Tab. 5 Anteile der Tiere bestimmter Tierarten, die in den Niederungsgebieten in Schleswig-Holstein laut der Berechnungen auf Basis der Landwirtschaftszählung 2010 gehalten werden	59
Tab. 6 Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Berechnungen der Deckungsbeiträge	60
Tab. 7 Schema der Deckungsbeitragsberechnung anhand des Beispiels Raps	63
Tab. 8 Deckungsbeitrag für die Schweinemast	64
Tab. 9: Grenzen für erforderliche Höhendifferenzen für die Entwässerung mit verschiedenen Verfahren mit einer Unterschreitungswahrscheinlichkeit von 10 Prozent	79
Tab. 10: Szenario Meereswasserspiegelanstieg: Prognose Schöpfwerksbetriebskosten und Investitionsbedarf	87
Tab. 11: Szenario Meereswasserspiegelanstieg: Prognose Schöpfwerksbetriebskosten und Investitionsbedarf Großmaßnahmen	89
Tab. 12: Kostenprognose Gutachtenerstellung	91
Tab. 13: Zusammenfassung der Tabelle in Dok. 6: Anzahl der Arten in den Gefährdungskategorien der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands (SÜDBECK <i>et al.</i> 2007).	102
Tab. 14: Messergebnisse der Klimawirksamkeit ($t\ CO_2\text{-Äquivalente}\ ha^{-1}\ a^{-1}$) von Hoch- und Niedermoorböden aus Deutschland. Angegeben sind Mittelwert sowie in Klammern (Minimum – Maximum) und [Anzahl der untersuchten Standorte] (Quelle: Drösler <i>et al.</i> 2012).	111
Tab. 15: Mittlere Sackungsraten der Geländeoberfläche in cm nach 50 Jahren bei unterschiedlicher aktuellen mittleren Sommerwasserständen	115

Abbildungen

Abb. 1: Untersuchungsgebiet (Niederungsflächen mit einer Höhenlage < 2,5 mNN), Betrachtungsraum (Einzugsgebiete der Niederungsflächen) und reduziertes Gewässernetz im Land Schleswig- Holstein	14
Abb. 2: Prinzipskizzen Typisierung Entwässerungssysteme	21
Abb. 3: Entwässerungsstruktur der Teilgebiete in den Niederungsbereichen und der zugehörigen Gewässereinzugsgebiete in Schleswig-Holstein	22

Abb. 4: Entwässerungsstruktur der Teilgebiete in den Niederungsgebieten von Schleswig-Holstein	23
Abb. 5: Flächenanteile Grundtypen der Entwässerungsverfahren in den Niederungsgebieten in Schleswig-Holstein	25
Abb. 6: Mittlere Geländehöhen in Teilgebieten	31
Abb. 7: Landwirtschaftliche Nutzungen Ackerland und Grünland, Siedlungsflächen und Industrie- und Gewerbeflächen (ALK)	32
Abb. 8: Bodenverbreitung in den Niederungsgebieten auf Grundlage der BGK200	34
Abb. 9: Mittlere Exposition der Teilgebiete	36
Abb. 10: Sensibilität der Teilgebiete	38
Abb. 11: Einordnung Vulnerabilität der Teilgebiete	39
Abb. 12: Bewertung Vulnerabilität der Teilgebiete	40
Abb. 13: Rücklauf Erhebungsbögen aus den Deich- und Hauptsielverbänden mit Anteilen an Niederungsgebieten	43
Abb. 14: Auswertung Kosten Gewässerunterhaltung in Hauptsielverbänden	45
Abb. 15: Auswertung Kosten Deichunterhaltung in Hauptsielverbänden	46
Abb. 16: Auswertung Schöpfwerkskosten in Hauptsielverbänden	48
Abb. 17: Gegenüberstellung Stromkosten und Einzugsgebietsgröße (nicht Vorteilsgebiete). Grün: Schöpfwerksgebiete. Blau: Kombinierte Entwässerung mit Schöpfwerk und Siel	50
Abb. 18: Aktuelle Unterhaltungsaufwendungen Niederungsgebiete (Bezugsjahr 2010)	52
Abb. 19: Verteilung der Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein	54
Abb. 20: Naturräumliche Gliederung Schleswig-Holsteins	55
Abb. 21: Naturschutz-, Vogelschutz- und Wiesenvogelgebiete in Schleswig-Holstein	66
Abb. 22: Erwartete prozentuale Veränderung der Niederschlagsmengen in den Jahren 2030, 2050 und 2070 im Vergleich zum Zeitraum 1961 bis 1990, als Jahresmittel (JAHR), im Frühjahr (Monate März, April, Mai), Sommer (Monate Juni, Juli, August), Herbst (Monate September, Oktober, November) und Winter (Monate Dezember, Januar, Februar)	70
Abb. 23: Szenarien für mittleren Meereswasserspiegel (MTW) und Tidekennwerte (MThw und MTnw) an der Nordseeküste für den Zeitraum 2010 bis 2100 (Hofstede 2009)	73
Abb. 24: Bezugspegel Nord- und Ostsee und zugeordnete Niederungsbereiche	76
Abb. 25: Kumulative Unterschreitungswahrscheinlichkeiten ($P(X < dh)$) von Höhenunterschieden (dh) für verschiedene Entwässerungsstrukturen (Teilgebiete Westküste oben, Teilgebiete Ostküste unten)	78
Abb. 26: Szenario Meereswasserspiegelanstieg: Prognose der Entwässerungsstrukturen in Niederungsgebieten für das Jahr 2030	80
Abb. 27: Szenario Meereswasserspiegelanstieg: Prognose der Entwässerungsstrukturen in Niederungsgebieten für das Jahr 2050	81

Abb. 28: Szenario Meereswasserspiegelanstieg: Prognose der Entwässerungsstrukturen in Niederungsgebieten für das Jahr 2070	82
Abb. 29: Szenario Meereswasserspiegelanstieg: Entwicklung der prozentualen Flächenanteile verschiedener Entwässerungsstrukturen in den Niederungsgebieten ausgehend vom Jahr 2010 über die Jahre 2030, 2050 und 2070	83
Abb. 30: Szenario Meereswasserspiegelanstieg: Entwicklung Unterhaltungsaufwendungen in den Niederungsgebieten für Gewässer- und Deichunterhaltung sowie Schöpfwerksbetrieb	88
Abb. 31: Szenario Meereswasserspiegelanstieg: Entwicklung Unterhaltungsaufwendungen für Gewässer- und Deichunterhaltung sowie Schöpfwerksbetrieb in Niederungsgebieten sowie für Großschöpfwerke	90
Abb. 32: Szenario Meereswasserspiegelanstieg: Abschätzung Investitionskosten Neubau Schöpfwerke und Großschöpfwerke	90
Abb. 33: In wachsenden Mooren, wie hier im Hochmoor Großes Moosbruch in Kaliningrad, wird aufgrund ganzjährig wassergesättigter Bedingungen jährlich mehr Biomasse produziert als abgebaut wird; es bildet sich Torf. In Deutschland sind wachsende Moore sehr selten geworden. Der Schutz ihrer wenig beeinflussten Bodenprofile hat für den Bodenschutz hohe Priorität	106
Abb. 34: Entwässerung initiiert eine sekundäre Bodenbildung in Moorböden. Dabei wird der Oberboden verdichtet und eutrophiert. Die Wasserhaltefähigkeit verringert sich.	108
Abb. 35: Etwa die Hälfte der Moorböden Deutschlands wird als Grünland genutzt. Bei geringer Entwässerungstiefe und extensiver Nutzung haben diese Standorte eine hohe Bedeutung für den Erhalt der Artenvielfalt in der Kulturlandschaft. Ihre Klimawirksamkeit ist um die Hälfte geringer als bei tiefer Entwässerung und intensiver Nutzung.	109
Abb. 36: Teufelskreis der Moorentwässerung und Nutzung nach <i>Kuntze</i> (1983) vereinfacht	114
Abb. 37: In dieser Niederung wurde in den 1950er Jahren ein Schöpfwerk installiert, in der Folge sanken die Moorböden um 1,5 – 2 m ab. Mitte der 1990er Jahren wurde aufgrund der sackungsbedingten Vernässung die landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben und das Schöpfwerk abgestellt. Heute befindet sich hier ein Flachwassersee, der langsam verlandet.	116
Abb. 38: Handlungsschema zur Ableitung von Anpassungsstrategien der Wasserwirtschaft in Niederungsgebieten an den Klimawandel	121
Abb. 39: Einzugsgebiet Bongsieler Kanal	125
Abb. 40: Projektgebiet „Dehringstrom“ – Fiel im Sielverband Mieltal	130

Anlagen

- Anl. 1: Entwässerungsstruktur der Teilgebiete in den Niederungsgebieten von Schleswig-Holstein
- Anl. 2: Erhebungsbogen Unterhaltungsaufwendungen Definitionen
- Anl. 3: Auswertung Rücklauf Erhebungsbögen
- Anl. 4: Ergebnisse Expositionsanalyse bzgl. Klimafaktoren
- Anl. 5: Übersicht von Anpassungsmaßnahmen der Wasserwirtschaft in Niederungsgebieten an die Folgen des Klimawandels
- Anl. 6: Szenario Meereswasserspiegelanstieg: Prognose der Niederungsgebietenentwässerung für die Jahre 2030, 2050 und 2070
- Anl. 7: Vulnerabilität der Teilgebiete in den Niederungsgebieten von Schleswig-Holstein
- Anl. 8: Deckungsbeitrag aus den Niederungsgebieten

Dokumentation

- Dok. 1: Rücklauf Erhebungsbögen
- Dok. 2: Bewertungsschlüssel Sensibilität
- Dok. 3: Expositionsmatrix und relative Bewertung der Entwässerungsstrukturen für durch Klimawandel veränderte Faktoren
- Dok. 4: Prognose Wasserstandskennwerte für Bezugspegel
- Dok. 5: Auswertung Ertragsstatistiken für landwirtschaftliche Nutzflächen im Naturraum Marsch
- Dok. 6: Potenzielle Beeinflussung von Vogelbrutbeständen durch die Aufgabe der Entwässerung und der Landwirtschaft in Niederungen in Schleswig-Holstein

1 Anlass und Zielsetzung

Die Entwässerung tief liegender Küstengebiete wird entscheidend durch die topografischen und hydrologischen Verhältnisse sowie den Meereswasserstand geprägt. Im Rahmen der aktuellen Diskussion um die Folgen des Klimawandels werden insbesondere die Fragen nach der zukünftigen Entwicklung des Meeresspiegelanstiegs und von Sturmfluten sowie der Veränderung des Niederschlag-Abflussregimes angesprochen. Mit einem Anstieg des Meeresspiegels sind zudem Veränderungen der Tidedynamik und der Morphologie in den Mündungsbereichen eng verbunden.

Die zukünftigen Entwicklungen der genannten Randbedingungen werden unter anderem von der globalen Klimaentwicklung und somit letztlich auch von der zukünftigen gesellschaftlichen Handlungsweise beeinflusst. Vorhersagen über diese Entwicklungen sind nur begrenzt möglich und mit Unsicherheiten behaftet. Im Rahmen der Klimafolgenforschung werden daher eine Vielzahl unterschiedlicher Szenarien zukünftiger Entwicklungen untersucht, um die Bandbreiten möglicher Entwicklungen und deren Folgen abschätzen zu können. Klimaprojektionen auf Grundlage solcher Szenarien deuten für den norddeutschen Raum eine Zunahme der winterlichen Niederschläge sowie eine Abnahme der Niederschläge im Sommer bei einer Tendenz zu extremeren Niederschlagsereignissen an. Zudem lassen Simulationsrechnungen einen globalen Anstieg des Meeresspiegels erwarten. Als Folge werden auch höhere Sturmflutwasserstände erwartet. Demgegenüber werden keine Tendenzen hinsichtlich einer Zunahme der Häufigkeit, Intensität und Dauer von Sturmfluten verzeichnet.

In der Folge muss sich die Wasserwirtschaft auf veränderte Randbedingungen einstellen, wobei in Schleswig-Holstein insbesondere die Niederungsgebiete betroffen sein werden. Die Möglichkeit einer Entwässerung durch Sielbetrieb in Abhängigkeit des Meeresspiegels wird in Zukunft wahrscheinlich abnehmen. Verstärkte winterliche Niederschlagswasserabflüsse aus den Geestbereichen, einhergehend mit durch Starkregenereignisse und durch zunehmende Versiegelung veränderte Hochwasserwellen stehen somit zunehmend eingeschränkten Entwässerungsmöglichkeiten durch reduzierte Sielzugzeiten gegenüber. Gleichzeitig werden der Bedarf und der Umfang der Entwässerung durch Schöpfwerksbetrieb sowie die Beanspruchung von Speicherräumen zunehmen. In Schöpfwerksgebieten werden mit zunehmenden Wassermengen steigende Energiekosten zu zusätzlichen Belastungen für die Wasser- und Bodenverbände und letztlich für die Verbandsmitglieder führen.

Ein weiterer für die zukünftige Erfüllung wasserwirtschaftlicher Aufgaben wichtiger Aspekt besteht hinsichtlich topografischer Veränderungen der Geländehöhen in Folge von Setzungen und Sackungen organisch geprägter Böden, z.B. Mineralisation von Torfböden. Diese Entwicklungen finden unabhängig von den möglichen zukünftigen Folgen des Klimawandels statt und bedeuten eine zusätzliche Erschwernis für die Entwässerung von Niederungsgebieten.

In Anbetracht dieser Herausforderungen hat die Arbeitsgruppe Niederungen 2050 das Ziel, Konzepte für eine zukunftsfähige Wasserbewirtschaftung unter ökonomischen Gesichtspunkten zu erarbeiten. In diesem Zusammenhang sind neben dem Ziel, für die Siedlungsstrukturen und die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen auch in Zukunft vertretbare Wasserstände einzuhalten, gleichermaßen gewässerökologische und naturschutzfachliche Zielsetzungen zu berücksichtigen. Dabei gilt es, die Zielsetzungen des europäischen Natur- und Wasserschutzrechtes einzubeziehen und die vorhandenen Gestaltungsmöglichkeiten in geeigneter Weise zu nutzen.

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht steht dabei die Optimierung der Wasserstände durch eine Anpassung der Flächennutzung, der Leistungs- und Speicherfähigkeit der Entwässerungssysteme sowie des Siel- und Schöpfwerksbetriebs im Fokus.

Die BWS GmbH wurde im Juli 2010 von der Arbeitsgruppe Niederungen 2050 beauftragt, die aktuelle und zukünftig zu erwartende Situation in den Niederungsgebieten im Land Schleswig-Holstein auf kleinmaßstäbiger Ebene zu beschreiben und hinsichtlich der möglichen Folgen des Klimawandels zu bewerten. Diese Untersuchung umfasst eine Analyse sowohl wasserwirtschaftlicher als auch ökonomischer Aspekte. Auf dieser Grundlage werden Anpassungsstrategien der Wasserwirtschaft in den Niederungsgebieten an die Folgen des Klimawandels abgeleitet. Als zentrale Fragestellungen stehen dabei die Bedeutung des Klimawandels für Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein, die Anpassungserfordernisse der Wasserwirtschaft, die zu erwartenden Kosten und die bestehenden Handlungsoptionen im Blickpunkt.

Diese Ergebnisse sind innerhalb des Zwischenberichtes vom Februar 2012 mit der Darstellung der Vorgehensweise und methodischen Grundlagen sowie die Dokumentation der erarbeiteten Ergebnisse für die Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein erarbeitet worden.

Durch die Mitglieder der Arbeitsgruppe Niederungen 2050 werden in einem nächsten Schritt Entwicklungsoptionen für die unterschiedlichen Nutzer aufgezeigt. Mit der Benennung einzelner Pilotprojekte werden die Notwendigkeiten zur Erarbeitung von Anpassungsstrategien der Wasserwirtschaft in den Niederungsgebieten verdeutlicht und gleichzeitig sollen damit zukünftige Praxisbeispiele für Lösungsstrategien entwickelt werden.

2 Untersuchungsgebiet

Als Niederungsgebiete werden, nach Definition der Arbeitsgruppe Niederungen 2050, Flächen mit einer geodätischen Höhe unter 2,5 mNN betrachtet. Die zugehörigen Bereiche wurden anhand der landesweit verfügbaren digitalen Laserscandaten mit einer Auflösung von 1 x 1 m bestimmt. In Abb. 1 ist das Untersuchungsgebiet der Niederungsflächen im Land Schleswig-Holstein dargestellt.

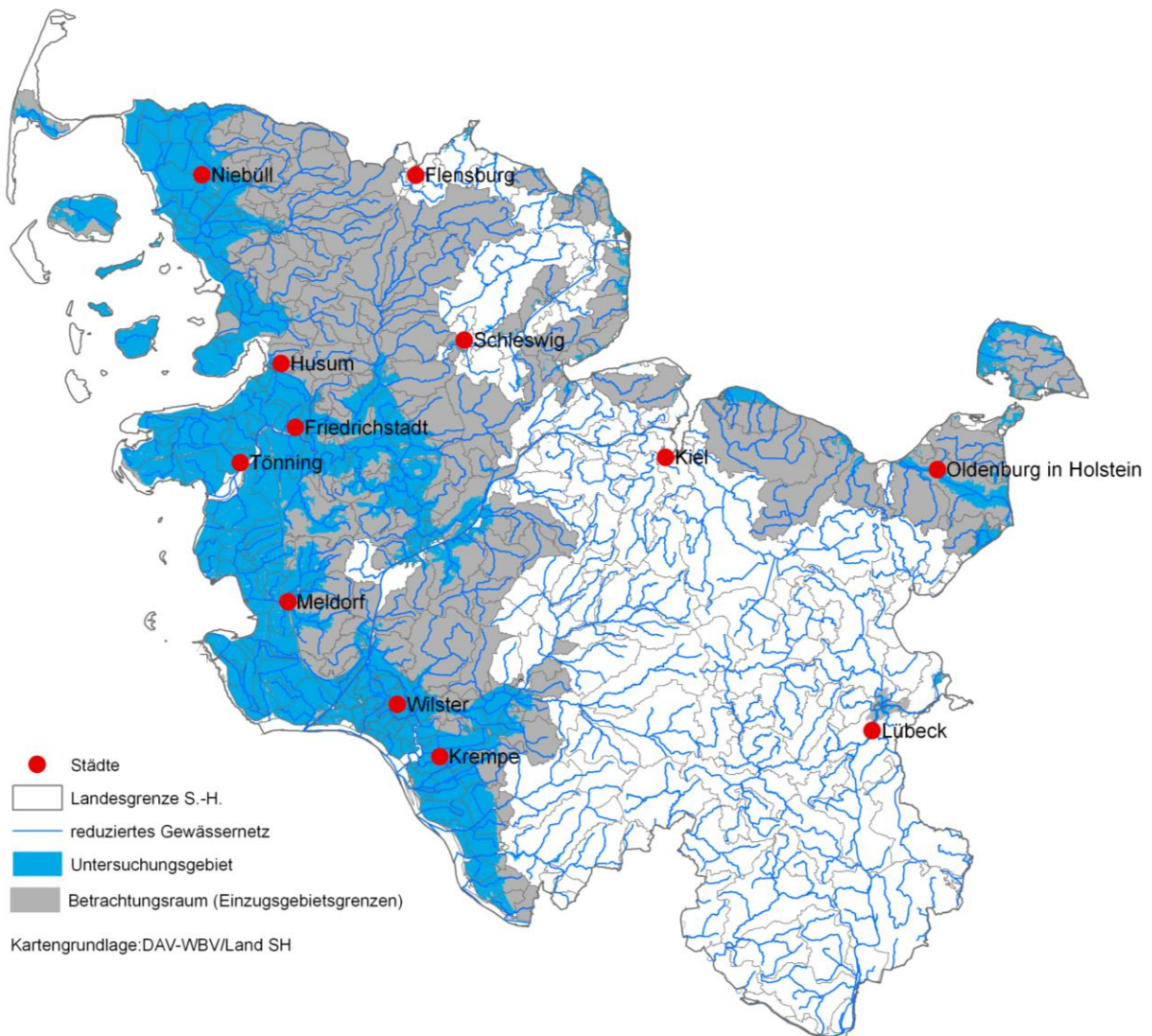


Abb. 1: Untersuchungsgebiet (Niederungsflächen mit einer Höhenlage < 2,5 mNN), Betrachtungsraum (Einzugsgebiete der Niederungsflächen) und reduziertes Gewässernetz im Land Schleswig-Holstein

Insgesamt zählen in Schleswig-Holstein rd. 315.000 ha, ca. 20% der Landesfläche, zu Niederungsgebieten. Ausgedehnte Flächen liegen insbesondere an der Westküste (rd. 293.000 ha) in den Bereichen der Elbmarschen, Dithmarschen, Eiderstedt und Nordfriesland sowie im Gebiet von Eider, Treene und Sorge.

An der Ostküste bestehen rd. 22.900 ha Niederungsgebiete. Flächenschwerpunkte sind die Nordwestküste Fehmarns und der Oldenburger Graben.

Für eine umfassende Beurteilung der Auswirkungen des Klimawandels auf die wasserwirtschaftlichen Wirkungszusammenhänge sowie die Planung von Anpassungsmaßnahmen ist eine Betrachtung auf Ebene der Gewässereinzugsgebiete sinnvoll. In Abb. 1 sind als Betrachtungsraum die Einzugsgebietsgrenzen der Gewässer dargestellt (ca. 734.000 ha), die durch Niederungsgebiete entwässern und somit die bestehenden Entwässerungsstrukturen beanspruchen bzw. die Entwässerungsrandbedingungen beeinflussen.

3 Methodik und Datengrundlage

Die Erfassung und Beschreibung der aktuellen Situation in den Niederungsgebieten bildet den Ausgangspunkt für

- die Untersuchung der Bedeutung des Klimawandels für die Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein,
- die Analyse zukünftiger Anpassungserfordernisse für die Wasserwirtschaft sowie
- die Einschätzung der zu erwartenden Kosten für den wasserwirtschaftlichen Betrieb und ggf. erforderliche Maßnahmen.

Das Vorgehen zur Beschreibung der aktuellen Situation in den Niederungsgebieten beginnt mit der Zusammenstellung von Grundlageninformationen u.a. zum Gewässernetz und relevanten Bauwerken sowie Flächendaten wie z.B. Geländehöhen, Landnutzungen, Bodentypen, Schutzgebiete etc. für den Untersuchungsraum (vgl. Kapitel 2).

Als grundlegende Betrachtungseinheit werden die Niederungsflächen in Schleswig-Holstein entsprechend der Entwässerungsstruktur in Teilgebiete untergliedert. Diese Betrachtungsebene bildet den räumlichen Bezug für die Typisierung der bestehenden Entwässerungsstruktur und die Charakterisierung der Gebietseigenschaften.

Ziel der Beschreibung und Analyse auf Ebene der Teilgebiete ist die Einordnung und Bewertung der Vulnerabilität hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels. Zu diesem Zweck wird anhand der erarbeiteten Informationsbasis zum einen die ‚Exposition‘ der Teilgebiete aufgrund der bestehenden Entwässerungsstruktur eingeordnet. Zum anderen wird die ‚Empfindlichkeit‘ der einzelnen Teilgebiete bezüglich veränderter Entwässerungsrandbedingungen beschrieben. Die Bewertung beider Faktoren und deren Kombination ermöglicht eine nachvollziehbare Beurteilung der Vulnerabilität für die einzelnen Teilgebiete.

In einem weiteren Schritt werden anhand von Erhebungsbögen die aktuellen Unterhaltungsaufwendungen für den wasserwirtschaftlichen Betrieb in den Niederungsgebieten erfasst. Die zusammengestellte Datengrundlage bildet den Ausgangspunkt für die Einschätzung der zukünftigen Entwicklung der Unterhaltungsaufwendungen angesichts zu erwartender Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwässerungsstruktur in den Niederungsgebieten.

Des Weiteren wird der aktuelle Kenntnisstand der Wissenschaft bezüglich der Projektion von Klimafolgen auf die für die Wasserwirtschaft in den Niederungsgebieten relevanten Randbedingungen zusammenfassend dargestellt. Die Zusammenstellung der Bandbreite der möglichen zukünftigen Entwicklungen einzelner Randbedingungen mit verschiedenen Prognosehorizonten (2030, 2050 und 2070) bildet die Grundlage für die Definition von wasserwirtschaftlichen Klimafolgeszenarien für die Niederungsgebiete.

Am Beispiel eines Klimafolgeszenarios für den Meeresspiegelanstieg werden die Auswirkungen auf die Entwässerung der Niederungsgebiete in den Jahren 2030, 2050 und 2070 untersucht. Die Vulnerabilität der Teilgebiete wird exemplarisch bewertet und anhand einer Übersichtskarte für die Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein dargestellt. Im Ergebnis werden die Anpassungserfordernisse in den Teilgebieten benannt und deren zeitliche Dringlichkeit eingeordnet. Darüber hinaus werden die resultierenden Unterhaltungsaufwendungen abgeschätzt.

Weiterführend werden Handlungsempfehlungen zur Ableitung konkreter Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel auf Ebene der Teilgebietseinheiten bzw. der Wasser- und Bodenverbände gegeben. Im Rahmen eines Maßnahmenkatalogs werden potenzielle Maßnahmen aufgeführt, deren Wirkprinzip erläutert und mögliche Anwendungsbereiche benannt. Darüber hinaus wird ein Bestandsverzeichnis von im Land Schleswig-Holstein bereits durchgeführten Untersuchungen und Planungen zum Binnenhochwasserschutz unter Berücksichtigung des Klimawandels aufgebaut. Auf diese Weise werden die in Abhängigkeit der vorhandenen Entwässerungsstrukturen bestehenden unterschiedlichen Problemlagen für die Entwässerung von Niederungsgebieten zusammengetragen.

3.1 Datengrundlage

Grundlage für die durchgeführten Untersuchungen bilden die in der nachfolgenden Tab. 1 aufgeführten Daten.

Tab. 1: Übersicht Datengrundlage Geofach- und Geobasisdaten

Inhalt	Quelle	Stand
Gewässernetz, Deiche, Bauwerke	Digitales Anlagenverzeichnis Schleswig-Holstein, Wasser- und Bodenverbände des Landes Schleswig-Holstein und Land Schleswig-Holstein	2010
Gewässereinzugsgebiete	Gewässerkundliches Flächenverzeichnis (GFV5)	2009
Wasser- und Bodenverbandsgrenzen	.shp der Wasser- und Bodenverbände in S.-H.	2011
Topografie	Digitale Topografische Karte 1:100.000 und Topografische Karte 1:250.000 Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein	aktuelle Lieferung LV-SH
Geländehöhen	Digitale Laserscandaten 1x1 m (DGM1) Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein	2005 bis 2007
Landnutzungen	Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) Folie 21 Vermessung und Katasterverwaltung Schleswig-Holstein	2004
Leitbodentypen	Bodengesellschaftskarte (BGK 200) des Landes Schleswig-Holstein	2010
Moore	Moorbodenerwartungskarte	1997
FFH-, Vogelschutzgebiete	FFH, NATURA2000, Wiesenvogelgebiete (NABU)	2009

Informationen zu den Unterhaltungsaufwendungen wurden anhand von Erhebungsbögen von den Deich- und Hauptsielverbänden abgefragt, Angaben zu den Entwässerungsstrukturen wurden durch Daten und/oder Aussagen von ortskundigen Verbandsgeschäftsführern oder -ingenieuren ergänzt.

4 Aktuelle Situation Niederungsgebiete

Die Beschreibung der aktuellen Situation in den Niederungsgebieten bildet den Ausgangspunkt für die Analyse und die Bewertung der Auswirkungen der Klimafolgen. In diesem Zusammenhang werden die Niederungsflächen entsprechend der Entwässerungsstruktur in Teilgebiete untergliedert, die die Betrachtungseinheiten für die weitere Analyse darstellen. Die bestehende Entwässerungsstruktur bestimmt wesentlich die Exposition eines Teilgebiets gegenüber veränderten Entwässerungsrandbedingungen.

Die Teilgebiete werden anhand verschiedener Merkmale charakterisiert. Die unterschiedliche Ausprägung dieser Merkmale in den Teilgebieten dient der Einordnung der Empfindlichkeit gegenüber veränderten Randbedingungen als Folge des Klimawandels.

Die Empfindlichkeit und die Exposition geben gemeinsam Aufschluss über die Vulnerabilität der Wasserwirtschaft und der vorhandenen Nutzungen gegenüber den möglichen Folgen des Klimawandels.

4.1 Wasserwirtschaft/ Entwässerungsstruktur

Die Wasserwirtschaft in Niederungsgebieten ist aufgrund des geringen Gefälles und der niedrigen Höhenlage bezogen auf den mittleren Meeresspiegel durch eine künstliche Entwässerung mit Sielbauwerken, Speicherbecken und Schöpfwerken sowie ein dichtes Gewässernetz geprägt.

Die Ausgestaltung der bestehenden Entwässerungssysteme geht in weiten Teilen auf die Anstrengungen des „Programms Nord“ zwischen 1953 und 1980 zurück (Programm Nord GmbH 1979). Ziel des Gewässerausbaus war die Verbesserung der landwirtschaftlichen Flächennutzung. Weiterhin wurde der Ausbaugrad der Gewässer und Gräben im Verlauf der folgenden Jahrzehnte aufgrund der Zunahme von Siedlungsflächen und des als Folge der Ausbaumaßnahmen beschleunigten Abflussgeschehens teilweise angepasst.

Angesichts unterschiedlicher topografischer und hydraulischer Randbedingungen haben sich in den einzelnen Regionen der Niederungsgebiete verschiedene Verfahren zur Entwässerung durchgesetzt.

In den tidebeeinflussten Niederungsgebieten an der Westküste (Nordfriesland, Eiderstedt, Dithmarschen) kann keine kontinuierliche Entwässerung im freien Gefälle in die Nordsee erfolgen. Die Entwässerungssysteme verfügen daher entweder über Schöpfwerke oder Sielbauwerke mit Speicherbecken bzw. Kombinationen aus Sielen und Schöpfwerken. Die Speicherbecken sind zumeist in den Kögen unmittelbar hinter der ersten Deichlinie angeordnet. Mitteldeichsiele trennen die Speicherbecken von den entwässerten Flächen.

Die Niederungsgebiete in den Elbmarschen entwässern aufgrund der topografischen Situation überwiegend durch Schöpfwerke oder in Kombinationen aus Schöpfwerk und Siel in die Elbe oder deren Nebenflüsse (Stör, Krückau, Pinnau). Die Abflüsse aus den höher gelegenen Geestbereichen werden soweit möglich in hoch liegenden Gräben durch die Niederungsgebiete durchgeleitet und entwässern schließlich frei oder durch Siele in die Elbe oder deren Nebengewässer. Große Speicherbecken sind in den Elbmarschen auch aufgrund des bestehenden Flächendrucks nicht vorhanden.

Die Entwässerung der Eider-Treene-Sorge Niederungen wird maßgeblich durch das Eidersperrwerk, das Wehr sowie die Schleuse Nordfeld und die Schleuse Friedrichstadt bestimmt. Das Eidersperrwerk wird zum Schutz vor Sturmfluten geschlossen. Im Normalbetrieb steht die Eider bis zum Wehr Nordfeld unter dem Tideeinfluss der Nordsee. Bei Sielbetrieb am Eidersperrwerk wird der Abschnitt der unteren Eider als Speicherraum für die Zuflüsse aus Treene und Eider genutzt. Eider, Treene und Sorge sind in ihrem Verlauf eingedeicht und stehen als weiterer wichtiger Speicherraum für Binnenhochwasser zur Verfügung. Die angrenzenden Niederungsflächen werden größtenteils durch Schöpfwerksbetrieb entwässert.

Im Unterschied zu den Verhältnissen an der Westküste steht die Entwässerung der Niederungsgebiete an der Ostseeküste nicht unter dem Einfluss eines ausgeprägten Tidegeschehens. Die gezeitenabhängigen Meeresspiegelschwankungen sind in der Ostsee deutlich geringer. Gleichwohl können Ostseesturmfluten und über einen längeren Zeitraum anhaltende erhöhte Wasserstände zu erheblichen Erschwernissen der Binnenentwässerung führen. In Abhängigkeit der Höhenlage der Niederungsgebiete kommen in den Entwässerungssystemen daher Schöpfwerke, Siele sowie deren Kombination zur Anwendung. In einigen Bereichen ist eine freie Entwässerung möglich.

Das bestehende Entwässerungssystem ist ein entscheidendes Merkmal für die Einschätzung der Auswirkung von Klimafolgen auf die jeweiligen Niederungsflächen. Die Niederungsgebiete werden daher entsprechend dem Entwässerungsverfahren in einzelne Teilgebiete unterteilt. Diese Teilgebiete bilden die grundlegende Betrachtungseinheit für die Analyse und Beschreibung der Gebietsmerkmale und somit für die räumlich differenzierte Abschätzung und Bewertung der Vulnerabilität der Niederungsgebiete hinsichtlich der betrachteten Klimafolgen.

In Schleswig-Holstein wird die wichtige Aufgabe der Unterhaltung und des Ausbaus der Gewässer sowie der Entwässerungsanlagen flächendeckend von Siel- bzw. Wasser- und Bodenverbänden übernommen. Die räumliche Abgrenzung der Verbände orientiert sich prinzipiell an den Gewässereinzugsgebieten. Darüber hinaus wird aber auch deren Verknüpfung durch die bestehenden Entwässerungsstrukturen berücksichtigt. Somit sind die Wasser- und Bodenverbandsgrenzen als Ausgangspunkt für eine Untergliederung der Niederungsgebiete in einzelne Teilgebiete gut geeignet. Die Verbände werden entsprechend der bestehenden Entwässerungsstruktur in weitere Teilgebiete aufgeschlüsselt.

4.1.1 Typisierung Entwässerungsstruktur

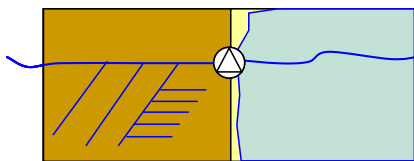
Aus der vorangehenden Beschreibung der vorherrschenden Entwässerungssysteme können verschiedene Grundtypen für die Entwässerung von Niederungsgebieten definiert werden.

Grundsätzlich werden die folgenden Grundtypen der Gebietsentwässerung unterschieden (siehe Abb. 2 links):

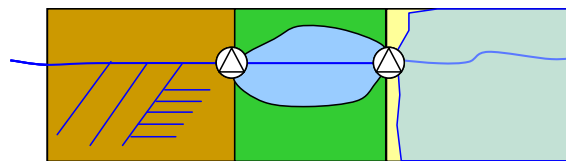
- freie Entwässerung
- Sielentwässerung
- Schöpfwerksentwässerung
- Kombination aus Siel- und Schöpfwerksentwässerung

Aufbauend auf diesen Grundtypen werden in der weiteren Untergliederung Gebiete mit mehrstufiger Entwässerung eingeordnet. Auf diese Weise können, wie in Abb. 2 rechts anhand von drei Beispielen dargestellt, komplexere mehrstufige Entwässerungssysteme strukturiert unterschieden werden.

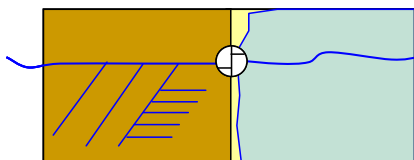
Sielentwässerung



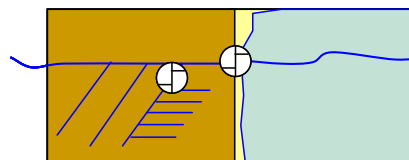
Sielentwässerung mit Speicherbecken



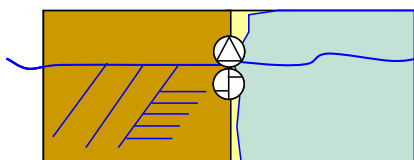
Schöpfwerksentwässerung



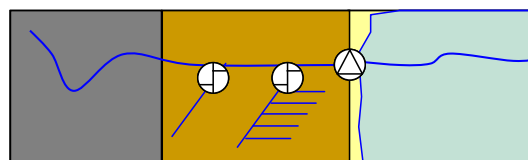
Unterschöpfwerksgebiet (zweistufiges Schöpfwerk)



Siel und Hochwasserschöpfwerk



Geestdurchleiter mit Sielentwässerung und Unterschöpfwerken



⊲ Sielbauwerk

■ Geestflächen

■ Koog

⊕ Schöpfwerk

■ Niederungsgebiet

■ Meer/Tidegewässer

Abb. 2: Prinzipskizzen Typisierung Entwässerungssysteme

Unter Verwendung dieses Schemas werden die Teilgebiete als Betrachtungseinheiten der Niederungsbereiche definiert und entsprechend dem Entwässerungsverfahren typisiert. In gleicher Weise werden die Einzugsgebiete der Gewässer, die durch die Niederungsgebiete abfließen und die Entwässerungsstrukturen beanspruchen, eingeordnet.

Die auf diese Weise herausgearbeitete Entwässerungsstruktur der Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein ist detailliert in Anl. 1 dargestellt. Die Karten in Abb. 3 und Abb. 4 zeigen die Zuordnung der vorhandenen Entwässerungsstruktur für die Einzugsgebiete und für die Teilgebiete der Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein in vereinfachter Form.

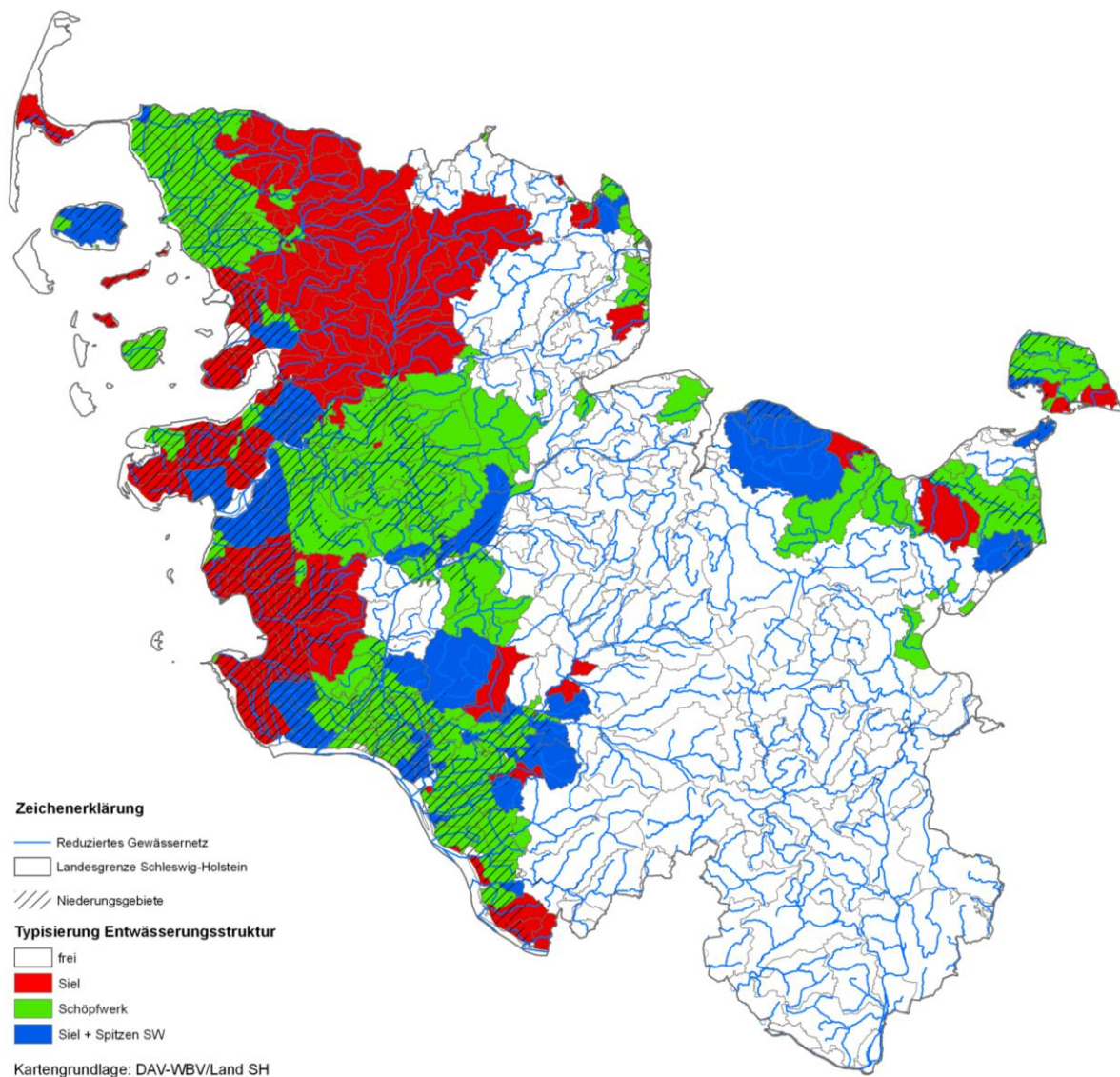


Abb. 3: Entwässerungsstruktur der Teilgebiete in den Niederungsbereichen und der zugehörigen Gewässereinzugsgebiete in Schleswig-Holstein

In dieser Darstellung wurden die Teilgebiete den vier genannten Grundtypen

- freie Entwässerung,
- Sielentwässerung,
- Schöpfwerksentwässerung und
- Entwässerung durch Siel und Spitzenlastschöpfwerk zugeordnet.

Mehrstufige Entwässerungsstrukturen werden somit nicht wiedergegeben.

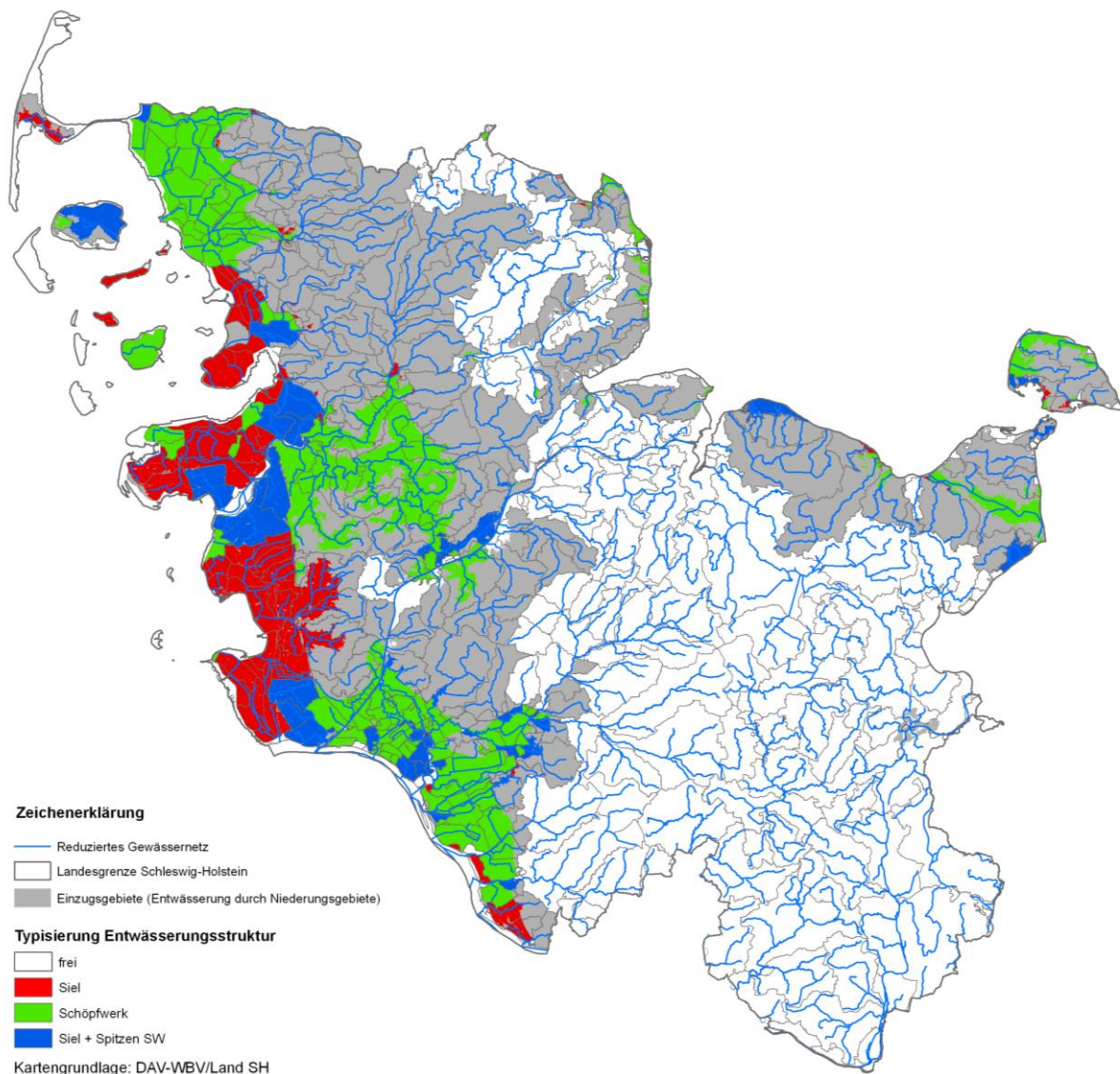


Abb. 4: Entwässerungsstruktur der Teilgebiete in den Niederungsgebieten von Schleswig-Holstein

Gegenwärtig ist eine Sielentwässerung auf der Insel Sylt, den Halligen Hooge und Langeß, in den Bereichen der Deich- und Hauptsielverbände Sönke Nissen Koog, Arlau, Nordstrand, Eiderstedt, Dithmarschen, Haseldorfer Marsch und in den Gebieten des Sielverbands Wedeler Außendeich sowie der Wasser- und Bodenverbände Fehmarn Nord-Ost (südöstlicher Bereich), Teschendorf und Avendorf auf Fehmarn in weiten Teilen möglich.

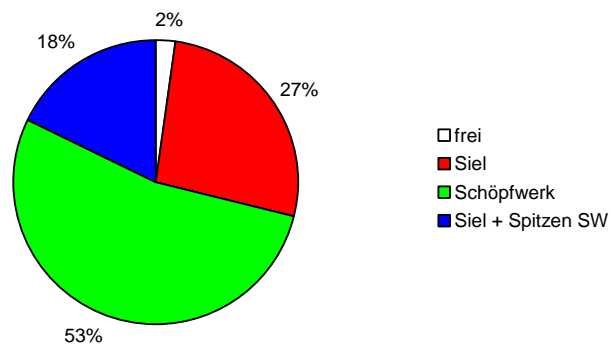
Eine kombinierte Entwässerung durch Siele und Schöpfwerke erfolgt zurzeit auf der Insel Föhr sowie in den Gebieten der Deich- und Hauptsielverbände Eiderstedt, Dithmarschen, Wilstermarsch und Krempermarsch. Weiterhin werden die Sielverbände im Südosten des Eider-Treene-Verbandes sowie die Wasser- und Bodenverbände Probstei, Schönberger Au, Sulsdorf auf Fehmarn und die Wasser- und Bodenverbände Aalbek Ostsee, Großenbrode und Klostersee auf diese Weise entwässert.

Schöpfwerksgebiete bestehen insbesondere im Bereich der Deich- und Hauptsielverbände Südwesthörn-Bongsiel, Dithmarschen, Wilstermarsch, Krempermarsch, Seestermüher Marsch, Haseldorfer Marsch und des Eider-Treene-Verbands. Weitere Sielverbände mit Schöpfwerksentwässerung liegen entlang der Stör (Breitenberg-Breitenburg, Überstör, Grönhude) sowie an der Ostküste (Wasser- und Bodenverbände Oldenburg, Ostsee und Heringsdorf, Petersdorf auf Fehmarn und Fehmarn Nord-Ost (nordöstlicher Bereich)).

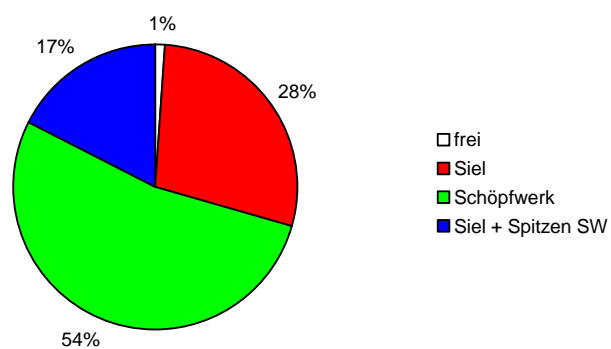
Die Grafik in Abb. 5 zeigt die derzeitigen prozentualen Flächenanteile der verschiedenen Entwässerungsverfahren in den Niederungsgebieten insgesamt (Abb. 5a) sowie getrennt für die Gebiete an der West- und Ostküste (Abb. 5 b und c). Für diese Auswertung wurden die mehrstufigen Entwässerungstypen zusammengefasst und den übergeordneten Gruppen zugewiesen. Demzufolge beinhaltet beispielsweise der Typ Sielentwässerung auch alle Flächen, die in einem mehrstufigen System durch Siele entwässert werden.

Insgesamt werden bereits rd. 53 % der Niederungsflächen durch Schöpfwerksbetrieb entwässert. Eine Entwässerung durch ein Siel erfolgt derzeit für rd. 27 % der Flächen, wobei der Anteil an der Ostküste deutlich geringer ist.

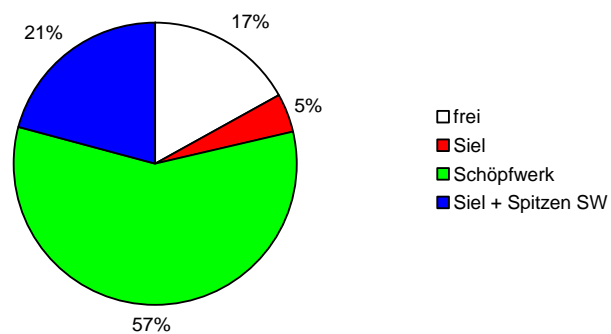
Weitere rd. 18 % der Niederungsflächen werden in Kombination aus Sielbetrieb und Spitzenlastschöpfwerk entwässert. Nur der Abfluss eines sehr geringen Flächenanteils (ca. 3 %) kann frei in das Meer oder die tideoffenen Gewässer abfließen, wobei diese Gebiete größtenteils an der Ostküste liegen.



a) Niederungsgebiete insgesamt



b) Niederungsgebiete Westküste und Elbmarschen



c) Niederungsgebiete Ostküste

Abb. 5: Flächenanteile Grundtypen der Entwässerungsverfahren in den Niederungsgebieten in Schleswig-Holstein

Die Entwässerungsstrukturen der Niederungsgebiete werden zusätzlich durch Abflüsse aus den Gewässereinzugsgebieten beansprucht. Der Blick auf die Einzugsgebiete der Gewässer, die durch die Niederungsgebiete abfließen (in Abb. 3) stellt die Bedeutung dieser Flächen deutlich heraus.

Insgesamt wird der Abfluss von rd.

- 294.000 ha durch Siele
- 312.000 ha durch Schöpfwerke und
- 128.000 ha durch Siele in Kombination mit Spitzenlastschöpfwerken

entwässert.

Als in besonderem Maße ausgedehnte Einzugsgebietsflächen sind die Treene, die Lecker Au und die Soholmer Au zu nennen. Die Relation von Niederungsgebieten zu Gewässereinzugsgebieten ist an der Ostseeküste besonders klein.

Demzufolge sind mit den Entwässerungsstrukturen neben den Niederungsflächen verhältnismäßig große Einzugsgebietsflächen und deren Abflüsse mit zu entwässern. Dieser Zusammenhang ist bei der Erarbeitung von möglichen Anpassungsmaßnahmen in den Niederungsgebieten zu berücksichtigen.

4.2 Vulnerabilität der Wasserwirtschaft in Niederungsgebieten

Mit Vulnerabilität wird nach Definition des IPCC (2008) beschrieben, inwieweit eine Region, ein System, eine Struktur oder eine Institution anfällig ist für nachteilige Auswirkungen des Klimawandels bzw. diese zu bewältigen vermag. Allgemein bestimmt sich die Vulnerabilität durch Faktoren, mit denen klimatische Belastungen, damit verbundene potenzielle Auswirkungen sowie deren Verminderung durch das nutzbare Anpassungspotenzial beschrieben werden.

Demnach können die räumliche Ausprägung, das Ausmaß und die Art der Folgen des Klimawandels in einer Region durch die Analyse der Vulnerabilität ermittelt werden. Die Kenntnis über die Vulnerabilität bildet somit eine wesentliche Informationsgrundlage für die Einschätzung des Bedarfs, der Art und des Umfangs sowie der Dringlichkeit von erforderlichen Anpassungsmaßnahmen.

Als grundsätzliche Faktoren werden für die Ermittlung der Vulnerabilität die Exposition, die Sensibilität und die Anpassungskapazität betrachtet (IPCC 2008).

Die Exposition erfasst das Ausmaß mit dem ein System veränderten Klimarandbedingungen d.h. klimatischen Belastungen, ausgesetzt ist und berücksichtigt die Anfälligkeit des Systems gegenüber diesen Entwicklungen, z.B. Anstieg des Meeresspiegels, Veränderung der zeitlichen und räumlichen Verteilung des Niederschlags und des Abflusses.

Die Sensibilität beschreibt die Empfindlichkeit des Systems, d.h. das Ausmaß der potenziellen nachteiligen Auswirkungen aufgrund der bestehenden Eigenschaften (z.B. Nutzungsarten und -intensität).

Die Anpassungskapazität beschreibt die Fähigkeit des Systems sich durch Planung und Umsetzung von geeigneten Maßnahmen an die veränderten Randbedingungen anzupassen (z.B. ökonomische Ressourcen, politischer Wille).

Ziel dieser Studie ist die Ermittlung von Anpassungserfordernissen für die Wasserwirtschaft der Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein. Somit werden mit dieser Untersuchung zunächst Grundlagen für eine Abschätzung der Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen erarbeitet. Vor diesem Hintergrund wird bei der Ermittlung der Vulnerabilität eine Betrachtung der Anpassungskapazität außen vor gelassen und die Vulnerabilität ohne weitere Maßnahmen (UBA 2005) bestimmt.

Die Analyse der Vulnerabilität erfolgt auf Ebene der Teilgebiete (vgl. Kapitel 4.1) durch eine Bewertung der Exposition und der Sensibilität.

Die Exposition der Teilgebiete hinsichtlich veränderter Randbedingungen wird auf Grundlage der bestehenden Entwässerungsstruktur eingeordnet. Zusätzlich werden die mittlere Geländehöhe und das Verhältnis zwischen Einzugsgebiet und Niederungsflächen berücksichtigt.

Anhand einer Expositionsmatrix werden die verschiedenen Entwässerungsstrukturen in Hinblick auf verschiedene Klimafaktoren bewertet, die die Entwässerungsrandbedingungen für die Teilgebiete prägen, siehe Dok. 3. Zunächst wird ein kausaler Zusammenhang zwischen einer Veränderung der Klimafaktoren Niederschlag- Abflussverteilung, Meeresspiegel und Tidedynamik und Sturmfluten und den verschiedenen Entwässerungsstrukturtypen (siehe Kapitel 4.1.1) hergestellt, siehe Dok. 3.1. In einem weiteren Schritt wird der zu erwartenden Einfluss der einzelnen Klimafaktoren auf die verschiedenen Entwässerungsstrukturen anhand der Kategorien neutral, gering, mittel und stark eingeordnet, siehe Dok. 3.2. Diese Bewertungsskala wird schließlich anhand eines Bewertungspunkteschemas (neutral: 0 Punkte, gering: 0,33 Punkte, mittel: 0,66 Punkte, stark: 1 Punkt) in eine quantitative Aussage überführt, siehe Dok. 3.3.

Als weitere Eigenschaft fließt die mittlere Geländehöhe der Teilgebiete in die Bewertung der Exposition ein. Unter der Annahme, dass tiefer liegende Flächen in einem stärkeren Maße von den veränderten Klimafaktoren betroffen sind als höher liegende Flächen werden die mittleren Geländehöhen durch lineare Skalierung der bestehenden Variation in einen Wertebereich zwischen 0 (geringe Anfälligkeit bei großen Höhen) und 1 (sehr hohe Anfälligkeit bei sehr geringen Höhen) überführt.

Als weiterer Aspekt wird das Verhältnis zwischen Gesamteinzugsgebietsgröße und Niederungsgebietsfläche einbezogen. Dadurch wird dem Zusammenhang Rechnung getragen, dass einige Niederungsgebiete durch den Abfluss aus vergleichsweise großen (Geest-) Einzugsgebieten belastet werden bzw. die Entwässerungsrandbedingungen für diese Gebiete in starkem Maße durch die Oberliegergebiete beeinflusst werden. Die Exposition der Niederungsteilgebiete wird als stärker eingestuft, wenn Abflüsse aus im Verhältnis großen Einzugsgebietsflächen die Entwässerung der Niederungsgebiete erschweren. Der Variationsbereich der ermittelten Verhältniszahlen wird auf Werte zwischen 0 (Einzugsgebietsfläche entspricht den Niederungsflächen) und 1 (kleine Niederungsgebiete haben sehr große Einzugsgebietsflächen als Oberlieger) skaliert.

Die Exposition der Teilgebiete berechnet sich gemäß Gleichung (1) als gleich gewichtete Linearkombination der beschriebenen Faktoren, d.h. der bewerteten strukturellen Anfälligkeit, der mittleren Geländehöhe und dem Verhältnis des Einzugsgebiets zu den Niederungsflächen. Dabei wird die Exposition der Teilgebiete bezüglich der verschiedenen Klimafaktoren aufgrund der bestehenden Entwässerungsstruktur zunächst gemittelt, um ein ausgeglichenes Verhältnis mit den anderen Eigenschaften (mittlere Geländehöhe, Verhältnis Einzugsgebietsfläche zu Niederungsfläche) herzustellen.

$$Exposition = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n TypES_i \right) + \frac{1}{3} mH + \frac{1}{3} RAe \quad (1)$$

Mit

TypES_i Bewertungspunkte entsprechend dem Typ der Entwässerungsstruktur bezüglich der Klimafaktoren:

1. Zunahme Niederschlag-Abflussmengen
2. Anstieg mittlerer Meeresspiegels
3. Anstieg Tideniedrigwasser
4. Anstieg Tidehochwasser
5. Zunahme Höhe und Dauer von Sturmfluten

mH Mittlere Geländehöhe

RAe Flächenverhältnis zwischen Einzugsgebiet und Niederungsgebiet

Gemäß dieser Berechnungsvorschrift wird z.B. für ein Teilgebiet mit einem insgesamt starken Einfluss der Klimafaktoren auf die bestehende Entwässerungsstruktur, einer sehr niedrigen mittleren Geländehöhe und einem im Verhältnis zu den Niederungsflächen sehr großen Einzugsgebiet eine starke Exposition ermittelt.

Weitere Eigenschaften, wie beispielsweise die relative Lage des Teilgebiets innerhalb des Untersuchungsraums, können bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt in das Bewertungsschema aufgenommen werden. In diesem Zusammenhang können lokale Besonderheiten der Vorflutsituation wie beispielsweise an Eider und Treene Berücksichtigung finden. Gleichermassen könnte die Ausprägung der Abflussbildung und -leistung in den Teilgebieten als weitere Eigenschaften einbezogen werden.

Die Sensibilität der Teilgebiete gegenüber den veränderten Entwässerungsrandbedingungen wird anhand einer Auswahl von Gebietseigenschaften beschrieben, die eine Aussage bezüglich der wasserwirtschaftlichen und nutzungsrelevanten Rahmenbedingungen zulassen. Ein weiterer Aspekt, der bei der Auswahl der betrachteten Gebietseigenschaften berücksichtigt wurde, ist die flächendeckende Verfügbarkeit aktueller und qualitativ geeigneter Datengrundlagen im Untersuchungsgebiet.

Im Einzelnen werden die Intensität der Nutzung und die Beschaffenheit des Bodens in den Teilgebieten analysiert und bewertet. Die Nutzungsintensität wird auf Grundlage der Flächenanteile von landwirtschaftlichen Nutzungen, Siedlungen sowie Gewerbe und Industrie ermittelt. Die Beschaffenheit der vorherrschenden Bodentypen wird hinsichtlich der Eignung für landwirtschaftliche Nutzungen, der Gefährdung einer Bodenverdichtung bei zunehmender Vernässung und der Setzungsempfindlichkeit eingeordnet.

Die Bewertung der Sensibilität eines Teilgebiets erfolgt entsprechend dem prozentualen Flächenanteil der betrachteten Gebietseigenschaft. In Dok. 2 sind die Bewertungskriterien, die Datengrundlagen und die Bewertungsansätze dokumentiert.

Die Berechnung der Sensibilität eines Teilgebiets erfolgt durch Auswertung von Gleichung (2). Die Sensibilität eines Teilgebiets berechnet sich als gewichtete Summe der prozentualen Flächenanteile der einzelnen betrachteten Gebietseigenschaften. Mit dem Ziel ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Faktoren, die den Bereich der landwirtschaftlichen Nutzung und Eignung beschreiben und den übrigen Faktoren (Siedlungsflächenanteil und Industrie- und Gewerbeflächenanteil) zu erreichen, werden die Kriterien Landwirtschaftlicher Flächenanteil, Bodeneignung für ackerbauliche Nutzungen, Verdichtungsgefahr des Bodens und Setzungsempfindlichkeit des Bodens zusammengefasst.

Für die weitergehende Auswertung werden die für die Teilgebiete berechneten Sensibilitätswerte mit dem niedrigsten und höchsten Wert linear zwischen 0 (geringe Sensibilität) und 1 (hohe Sensibilität) skaliert.

$$\text{Sensibilität} = \frac{1}{3}S_{SF} + \frac{1}{3}S_{IG} + \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{1}{4}S_{LW} + \frac{1}{4}S_{BodLW} + \frac{1}{4}S_{BodVD} + \frac{1}{4}S_{BodSZ} \right) \quad (2)$$

Mit

S_{LW}	Sensibilität Landwirtschaft
S_{SF}	Sensibilität Siedlungsflächen
S_{IG}	Sensibilität Industrie und Gewerbe
S_{BodLW}	Sensibilität Boden Eignung für ackerbauliche Nutzungen
S_{BodVD}	Sensibilität Boden Verdichtungsgefahr
S_{BodSZ}	Sensibilität Boden Setzungsempfindlichkeit bei Änderung Wasserstand

Entsprechend Gleichung (2) werden die verschiedenen Nutzungsbereiche im momentanen Bearbeitungsstand gleich gewichtet. Im Rahmen weiterführender Untersuchungen wäre eine Gewichtung der Sensibilitätsfaktoren Landwirtschaft, Siedlung sowie Industrie und Gewerbe z.B. in Anlehnung an spezifische Schadensrisikowerte für Schleswig-Holstein (MLUR 2007), (LLUR 2009) denkbar.

In den folgenden Kapiteln wird ein Überblick über die Ausprägung der genannten Gebietseigenschaften im Untersuchungsgebiet gegeben.

4.2.1 Höhenlage

Das Untersuchungsgebiet wurde auf Grundlage der Definition ‚Flächen mit einer geodätischen Höhe unter 2,5 mNN‘ abgegrenzt. In Abb. 6 sind die mittleren Geländehöhen in den Teilgebieten der Niederungsbereiche in verschiedenen Höhenstufenklassen dargestellt.

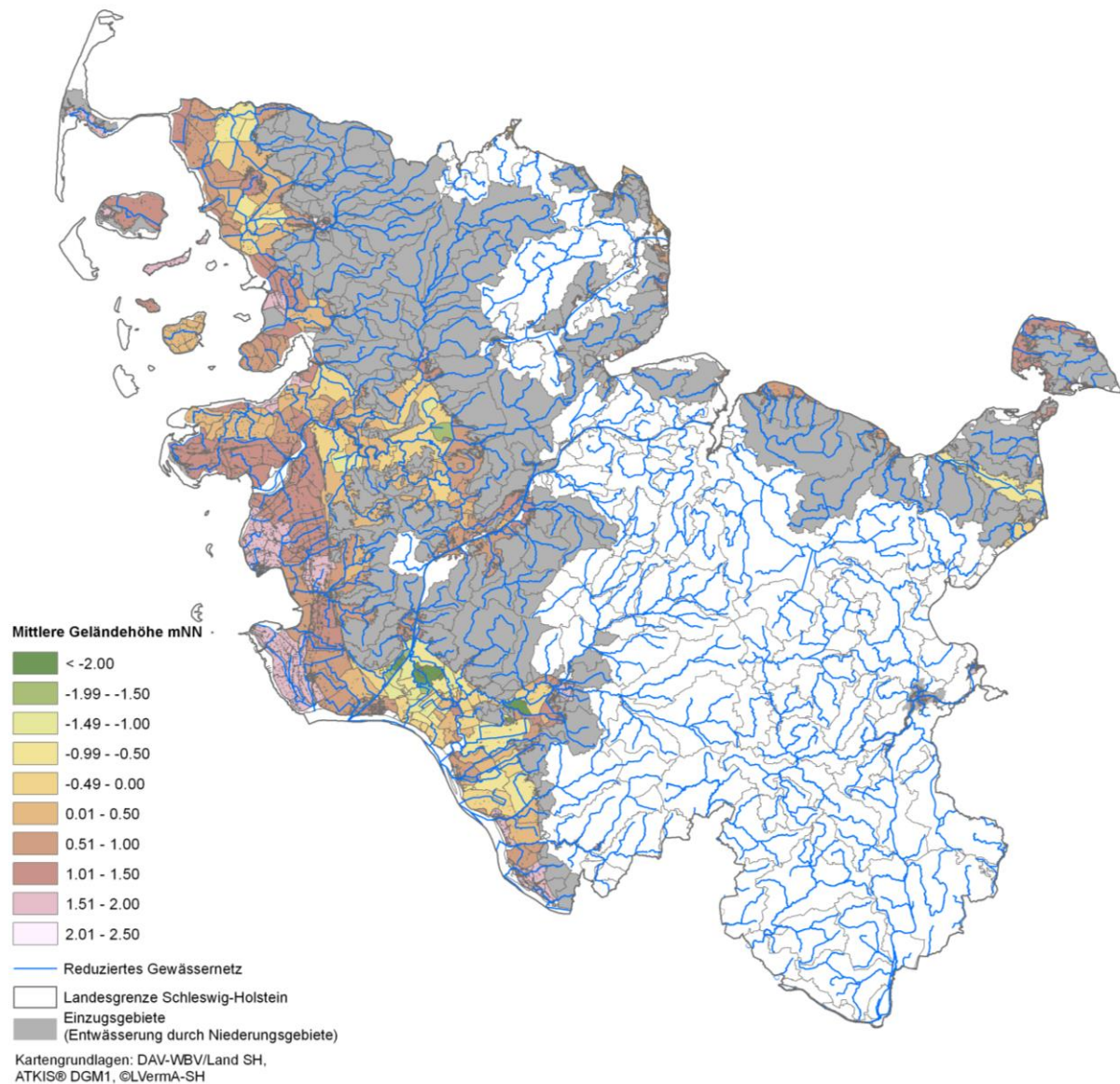


Abb. 6: Mittlere Geländehöhen in Teilgebieten

Sehr geringe mittlere Geländehöhen sind in Teilgebieten im Bereich der Elbmarschen (Wilttermarsch und Krempermarsch), in Dithmarschen entlang des Nord-Ostsee-Kanals und in der Eider-Treene-Sorge-Niederung zu erkennen. An der Westküste und in den Elbmarschen liegen die Teilgebiete unmittelbar an der Küstenlinie im Mittel zumeist höher als die Flächen landeinwärts. An der Ostküste weist das Teilgebiet im Oldenburger Graben die geringste mittlere Geländehöhe auf.

Die mittlere Geländehöhe wird bei der Ermittlung der Exposition der Teilgebiete berücksichtigt, vgl. Gleichung (1). Darüber hinaus stellt sie eine wichtige Bezugshöhe dar für die Einschätzung der zukünftigen Entwässerungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels z.B. Anstieg des Meeresspiegels (siehe Kapitel 5.2.1).

4.2.2 Landnutzung

Die Analyse der Nutzungsstruktur in den Teilgebieten erfolgt auf der Grundlage der ALK-Daten aus dem Jahr 2004. Abb. 7 zeigt die landwirtschaftlichen Nutzflächen, die Siedlungsflächen sowie die Industrie- und Gewerbeflächen im Untersuchungsgebiet.

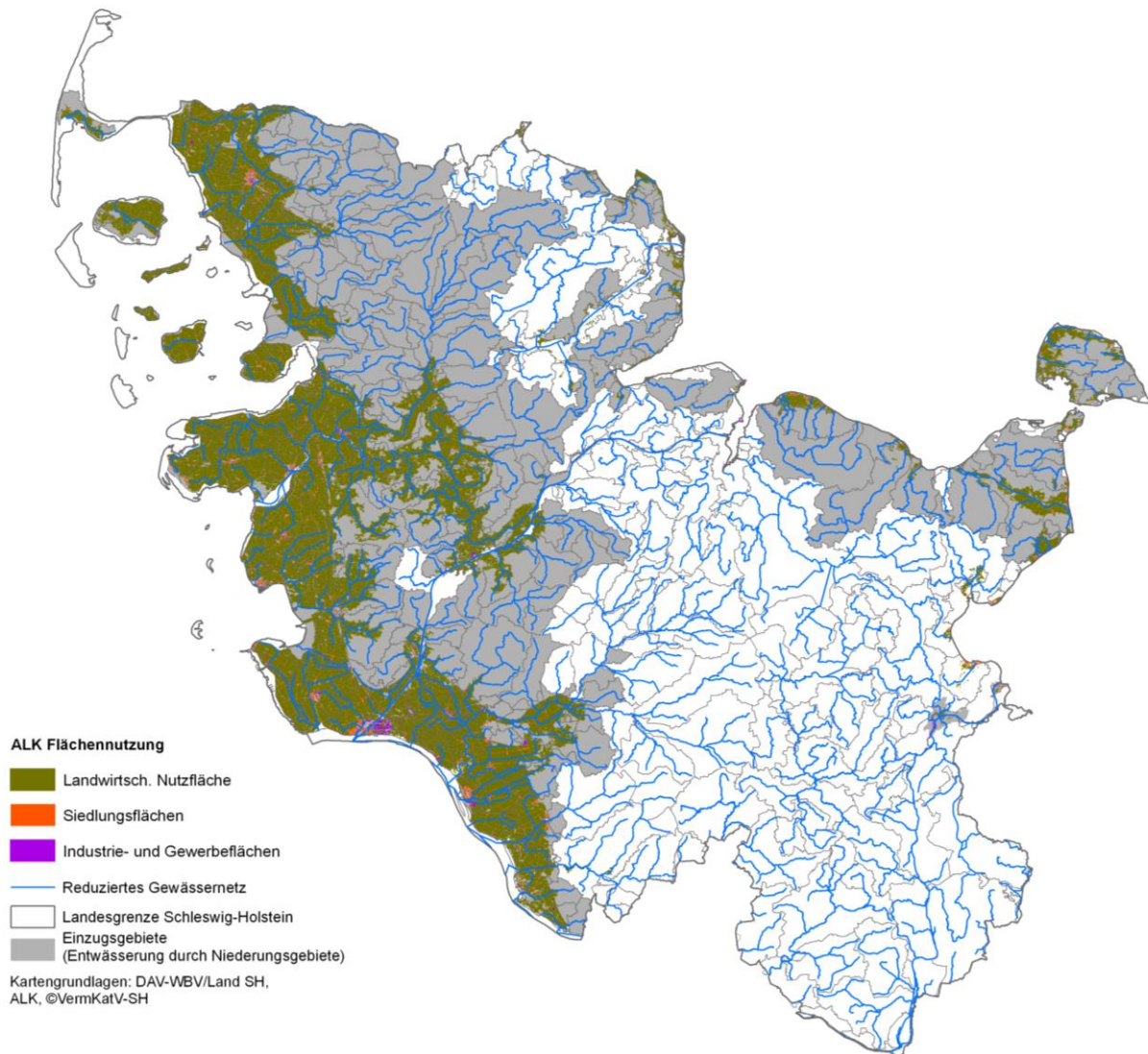


Abb. 7: Landwirtschaftliche Nutzungen Ackerland und Grünland, Siedlungsflächen und Industrie- und Gewerbeflächen (ALK)

Landwirtschaft

Die Niederungsgebiete werden vornehmlich landwirtschaftlich genutzt. Dabei überwiegt die Grünlandnutzung. Bei günstigeren Standorten mit Kleiauflage und/oder geringeren Moormächtigkeiten, wie z. B. in der Treenemarsch, wird Ackerbau betrieben. Vielerorts wird mittlerweile auch auf tiefgründigen Moorflächen versucht, Biomasse für Biogasanlagen bzw. Futtermais anzubauen. Die Dränung der Böden ist Voraussetzung für eine optimale Ausnutzung der vom Boden her in der Marsch vorhandenen guten landwirtschaftlichen Möglichkeiten. Die Torfgewinnung spielt nur noch eine untergeordnete Rolle. Lediglich auf vereinzelt Flächen wird Torf abgebaut, wie z.B. bei Dellstedt in Dithmarschen.

Siedlungen

Siedlungsflächen treten vereinzelt auf. Zusammenhängende Siedlungsbereiche liegen in den Elbmarschen bei Glückstadt und Wilster, in Dithmarschen bei Brunsbüttel, Marne, Büsum und Heide sowie an der Eider bei Friedrichstadt und Tönning. Weiter nördlich, im Einzugsgebiet des Bongsieler Kanals, liegt ein Schwerpunkt von Siedlungsflächen bei Niebüll. An der Ostküste gibt es nur vereinzelt Siedlungsflächen in den Niederungsbereichen, z.B. Timmendorfer Strand, Neustadt oder Grömitz.

Industrie und Gewerbe

Der Flächenanteil an Industrie- und Gewerbeflächen in den Teilgebieten ist zumeist sehr gering. Als Teilgebiete mit vergleichsweise hohem Anteil an Industrie- und Gewerbeflächen sind der SV Eddelaker Koog und SV Buetteler Kanal bei Brunsbüttel am westlichen Ende des Nord-Ostseekanals, Friedrichstadt, Tackesdorf im SV Gieselau und Glückstadt zu erkennen. Weitere Industrie- und Gewerbeflächen bestehen beispielsweise bei Marne und Niebüll.

4.2.3 Böden

Die Niederungsflächen an der Westküste sind überwiegend geprägt durch Marschen und Moore (siehe Abb. 8). Lediglich in den Übergangsbereichen zwischen Geest und Niederung und den Geestinseln wie die Holme in der Eider-Treene-Sorge Niederung oder auch die Insel Föhr, sind sandige Böden zu finden. An der Ostküste stehen zumeist Braunerden, Parabraunerden, Gley, Pseudogley sowie Niedermoor und Anmoorgley (insbesondere Oldenburger Graben) an.

Sowohl die Marsch- als auch die Moorböden werden in diverse Bodentypen unterschieden. Allein bei den Marschböden unterscheidet man mindestens sieben Typen zzgl. weiterer Subtypen.

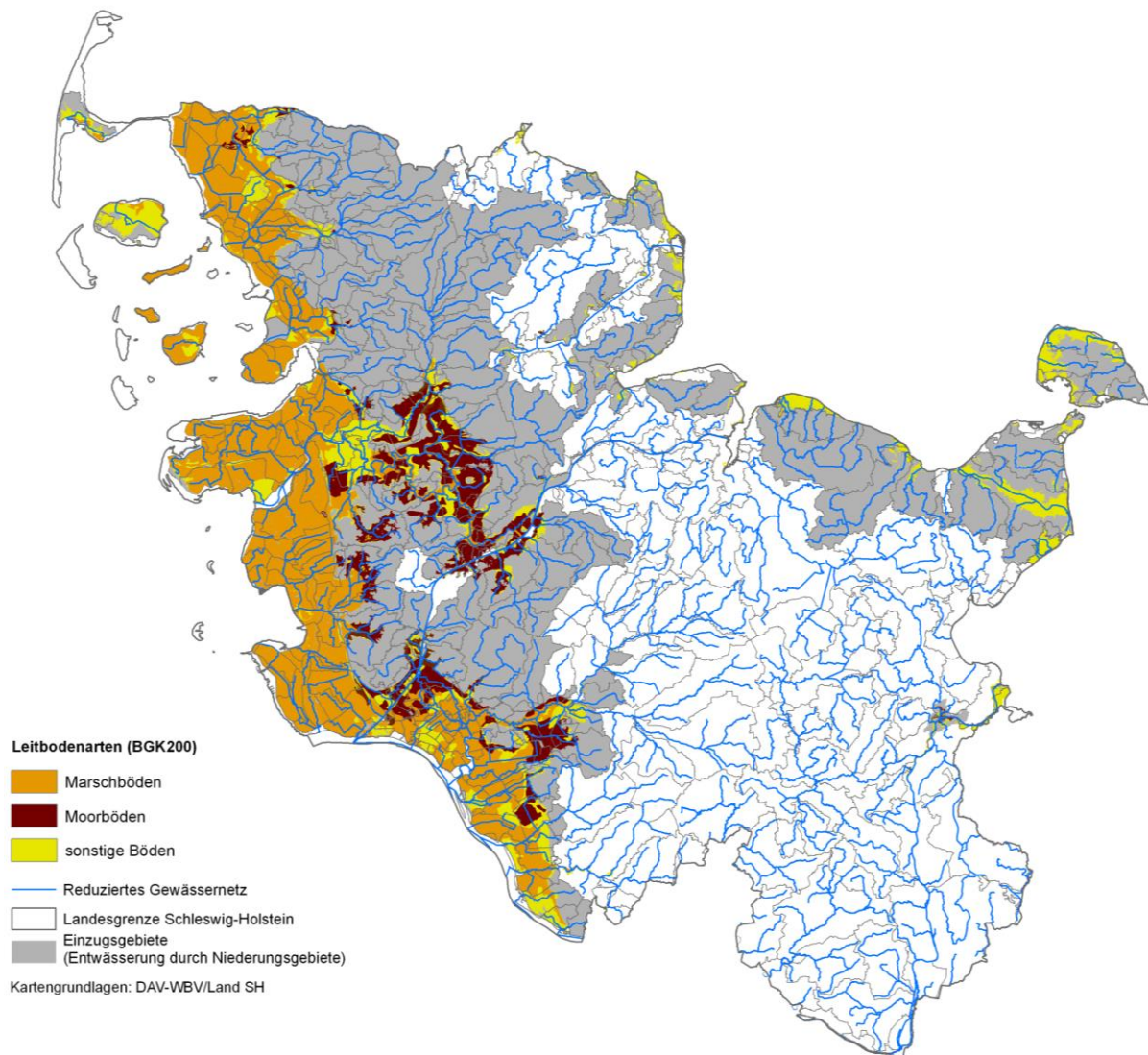


Abb. 8: Bodenverbreitung in den Niederungsgebieten auf Grundlage der BGK200

Marsch

Marschen sind generell flache Landstriche ohne natürliche Erhebungen. Sie liegen in etwa auf Höhe des Meeresspiegels landeinwärts des Watts und der Salzwiesen und reichen bis zur Geest, die pleistozänen Ursprungs ist. Entstehungsgeschichtlich gehören sie zu den jüngsten geologischen Formationen: Sie sind holozänen Ursprungs, also nacheiszeitlich. Neben den Marschen an der Küste sind auch an den Flüssen wie Elbe und Eider sog. Flussmarschen vorhanden. Je nach Bodentyp und den wasserwirtschaftlichen Verhältnissen werden diese fruchtbaren Böden als Grün- oder Ackerland bewirtschaftet. Aufgrund der natürlicherweise geringen Höhenlage sind die Marschen in der Regel eingedeicht und werden über ein Netz von Gräben entwässert, die entweder in freier Vorflut über Deichsiele in die Nordsee/Flüsse entwässern können oder wegen geringer Geländehöhen bereits über Schöpfwerke entwässert werden müssen.

Kalk- und Kleimarschen werden aufgrund der hohen natürlichen Nährstoffvorräte und guten Wasserversorgung für ackerbauliche Zwecke genutzt. Marschböden sind jedoch im feuchten Zustand beim Befahren mit schwerem Gerät oftmals verdichtungsgefährdet und daher sensibel bezüglich der Wasserstandshaltung. Organomarschen sind darüber hinaus bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels durch Sackungen gefährdet. (LANU 2006)

Moore

Die Verteilung der tiefgründigen Moore in Schleswig-Holstein ist landschaftsspezifisch. Das Hauptverbreitungsgebiet der Moore liegt in der Mitte und im Westen des Landes. In den vorwiegend weichseleiszeitlichen Sanderflächen der Vorgeest haben sich als Folge des nach-eiszeitlichen Meeresspiegelanstiegs der Nordsee weitläufige Mooregebiete entwickelt. Entlang der westwärts ziehenden Schmelzwasserströme etwa im Verlauf von Eider, Treene und Sorge haben sich entlang der Flüsse flächenhaft Moore entwickelt. In der Marsch entlang der Nordsee schließlich wechseln vielfach feinsandig-schluffige und tonige Ablagerungen mit Niedermoortorfen, auf denen bisweilen Hochmoore stocken. Im Bereich der Ostseeküste sind tiefgründige Moore in den Flußauen, in verlandeten Seen sowie in abgeschnittenen Buchten der Ostsee verbreitet. Das ist durch die Morphologie des Hügellandes zu erklären, welche einer weiteren Ausbreitung der Moore entgegenwirkt.

Moorgebiete werden, soweit sie nicht für naturschutzfachliche Zwecke verwendet werden, da die Tragfähigkeit eingeschränkt ist, überwiegend als Grünland genutzt. Für diese Böden besteht eine große Verdichtungsgefahr beim Befahren mit schwerem Gerät. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht liegt ein wesentliches Problem in der Setzungsempfindlichkeit von Moorböden, die durch eine Absenkung bzw. starke Schwankung des Grundwasserspiegels hervorgerufen wird (LANU 2006).

Sonstige Böden

Von den weiterhin in den Niederungsgebieten vorkommenden Bodentypen sind insbesondere Braunerden und Parabraunerden sowie Pseudogleye für ackerbauliche Zwecke gut geeignet. Bei Gleyböden besteht die Gefahr einer Verdichtung bei zunehmender Vernässung. Sie sind zudem, in geringerem Maße als Anmoorgleye, setzungsempfindlich bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels (LANU 2006).

4.3 Einstufung der Vulnerabilität in Niederungsgebieten

Die Einstufung der Vulnerabilität der Teilgebiete in den Niederungsflächen ergibt sich aus der Bewertung der Exposition und Sensibilität auf Grundlage der Gleichungen (1) und (2).

Die Ergebnisse der Expositionsanalyse der Teilgebiete sind in Abb. 9 dargestellt. Die relativen Unterschiede der Exposition der Teilgebiete werden durch eine farblich abgestufte Darstellung zwischen grün (geringe Exposition) und rot (große Exposition) aufgezeigt.

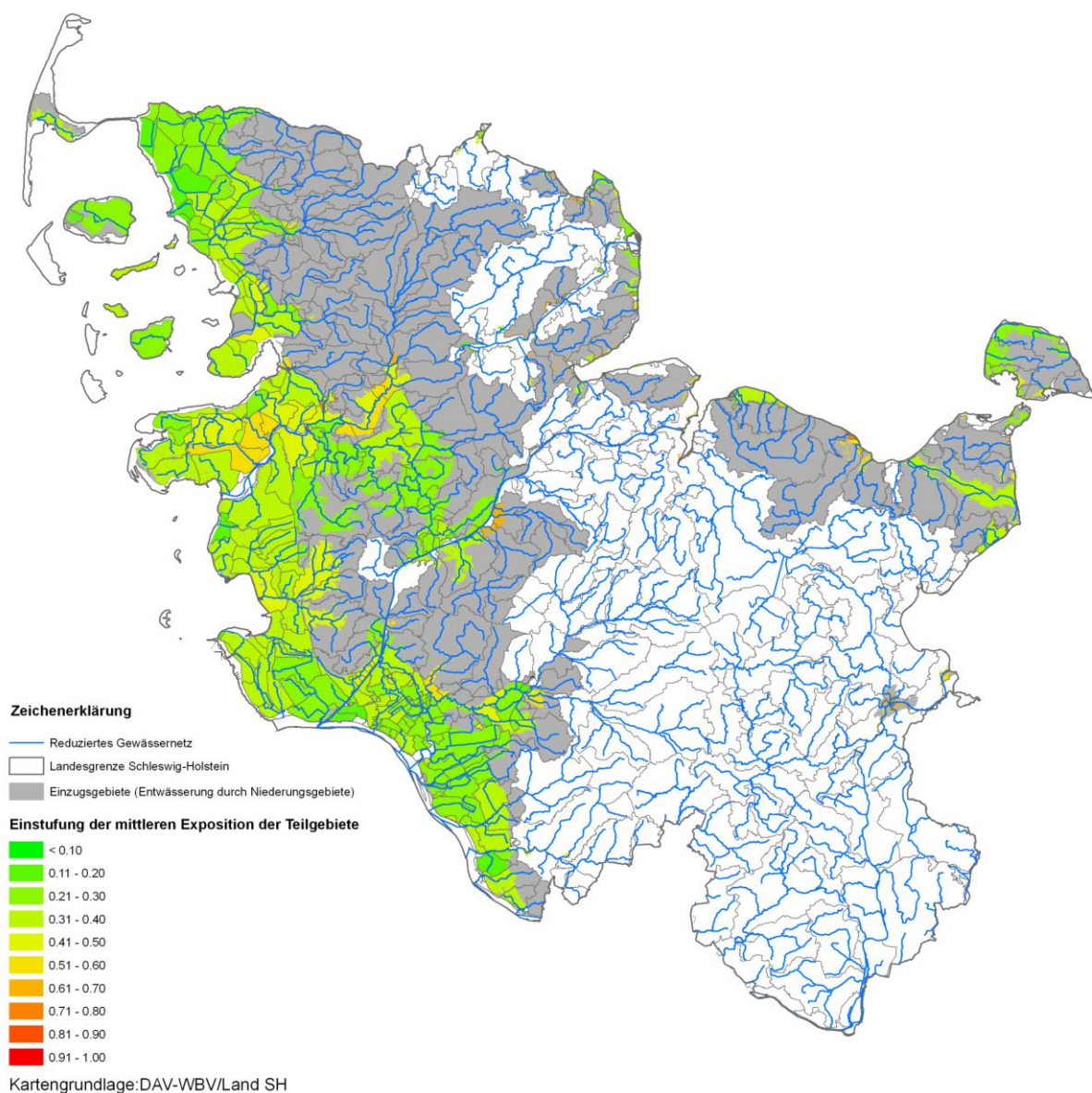


Abb. 9: Mittlere Exposition der Teilgebiete

Die Größe der Exposition der einzelnen Teilgebiete liegt überwiegend im mittleren bis geringen Bereich. Grundsätzlich bildet die Exposition die Unterschiede der Teilgebiete in Bezug auf die bestehende Entwässerungsstruktur ab (vergleiche Abb. 4 auf Seite 23). Dabei weisen Teilgebiete, die durch Siele entwässert werden (z.B. Dithmarschen, Eiderstedt, Nordstrand, Wedeler Außendeich und Hetlingen) tendenziell eine höhere Exposition auf als Teilgebiete, die durch Schöpfwerksbetrieb entwässert werden. Relative Unterschiede zwischen in gleicher Art entwässerten Teilgebieten resultieren aus der Berücksichtigung der mittleren Geländehöhen in den Teilgebieten (siehe Abb. 6, Seite 31). Beispielsweise wird die Exposition der durch Siele entwässerten Flächen auf Eiderstedt im Gebiet des SV Tetenbüllspieker größer eingestuft als in den höher gelegenen süd-westlichen Gebieten (SV Tümlauer Koog, SV Esthensiel).

Des Weiteren führt die Einbeziehung des Flächenverhältnisses zwischen angeschlossenem Einzugsgebiet und Niederungsgebiet zu einer zusätzlichen Differenzierung der Ergebnisse. Die Exposition vornehmlich kleiner Niederungsflächen mit großen angeschlossenen Einzugsgebieten wird vergleichsweise groß eingestuft. Dieser Zusammenhang zeigt sich u.a. am Beispiel der Niederungsteilgebiete SV Norderwasserlösung und SV Rothenspieker auf Eiderstedt. Die Entwässerungsrandbedingungen dieser Gebiete werden durch den Abfluss aus dem im Vergleich sehr großen Einzugsgebiet der Eider beeinflusst. In gleicher Weise wird die Exposition der Schöpfwerksgebiete entlang der Treene als relativ groß eingestuft, da die Ausdehnung dieser Niederungsflächen im Verhältnis zum Treene-Einzugsgebiet klein ist.

Die Ergebnisse der Expositionsanalyse bezüglich einzelner Klimafaktoren

- Zunahme Niederschlag-Abflussmengen
- Anstieg mittlerer Meereswasserspiegel
- Anstieg mittleres Tideniedrigwasser
- Anstieg mittleres Tidehochwasser
- Zunahme der Höhe und Dauer von Sturmfluten

sind in den Anl. 4.1 bis 4.5 dargestellt.

Das Ergebnis der Sensibilitätsanalyse der Teilgebiete ist in Abb. 10 dargestellt. Die relativen Unterschiede der Sensibilität der Teilgebiete werden durch eine farblich abgestufte Darstellung zwischen grün (niedrige Sensibilität) und rot (hohe Sensibilität) aufgezeigt.

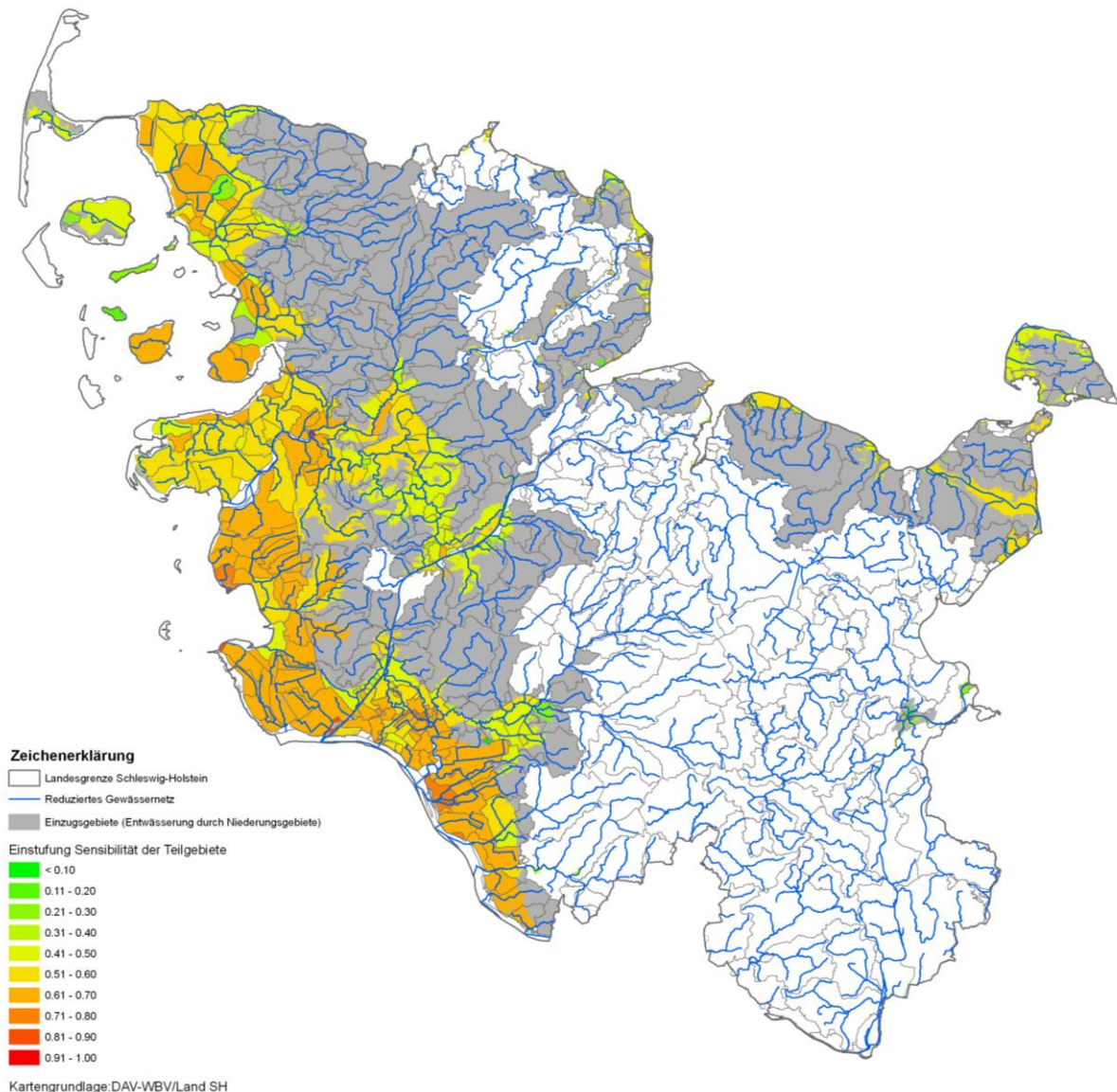


Abb. 10: Sensibilität der Teilgebiete

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere kleinere Teilgebiete mit einem großen Anteil an Siedlungs- bzw. Industrie- und Gewerbeflächen eine hohe Sensibilität gegenüber veränderten Entwässerungsrandbedingungen haben. Dazu zählen in erster Linie die Siedlungsschwerpunkte Friedrichstadt, Büsum, Friedrichskoog, Brunsbüttel und Glückstadt.

Weiterhin ist die Sensibilität in den Teilgebieten hoch, die ausgedehnte landwirtschaftliche Nutzflächen auf Marschbodentypen aufweisen, die sich wiederum gut für ackerbauliche Nutzungen eignen und gleichzeitig einer hohen Verdichtungsgefahr unterliegen. Dies trifft in besonderem Maße auf Kalkmarschen und Kleimarschen zu (vergleiche Abb. 8). Dazu zählen ausgedehnte Bereiche in Dithmarschen, in den Elbmarschen sowie Teile des Einzugsgebiets Bongsieler Kanal. Die Teilgebiete auf Eiderstedt haben im Vergleich einen höheren Anteil an Dwogmarschböden, die sich weniger für Ackerbau als für eine Grünlandnutzung eignen.

Demgegenüber wird die Sensibilität von Teilgebieten mit großen Anteilen an Moorflächen (z.B. Eider-Sorge Niederung, Mittellauf der Stör und entlang des Nord-Ostseekanals, siehe Abb. 8 auf Seite 34) im Rahmen der Annahmen des angewendeten Bewertungsschemas als geringer eingestuft. Dies ist in erster Linie darin begründet, dass Moorböden zwar als setzungsempfindlich eingestuft werden, für diese Flächen aber keine guten ackerbaulichen Nutzungsmöglichkeiten und keine Verdichtungsgefahr bestehen.

Für die Einstufung der Vulnerabilität der Teilgebiete werden die Ergebnisse der Expositions- und Sensibilitätsanalyse verknüpft. In Abb. 11 sind beide Größen in einem Punktediagramm gegenübergestellt. Jedes Teilgebiet des Untersuchungsgebiets wird durch einen Punkt abgebildet. Zur Unterscheidung verschiedener Stufen der Vulnerabilität wurde die Gesamtfläche des Diagramms in fünf flächengleiche Bereiche unterteilt. Die definierten Teilbereiche kennzeichnen die Stufen geringe, mittlere, erhöhte, hohe und sehr hohe Vulnerabilität. Diese zunächst subjektive Festlegung der Bereiche und Benennung der Stufen ermöglicht dennoch einen im Rahmen der verwendeten Faktoren, Eigenschaften und Kriterien nachvollziehbaren relativen Vergleich der Anfälligkeit der Niederungsgebiete für die zu erwartenden nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels.

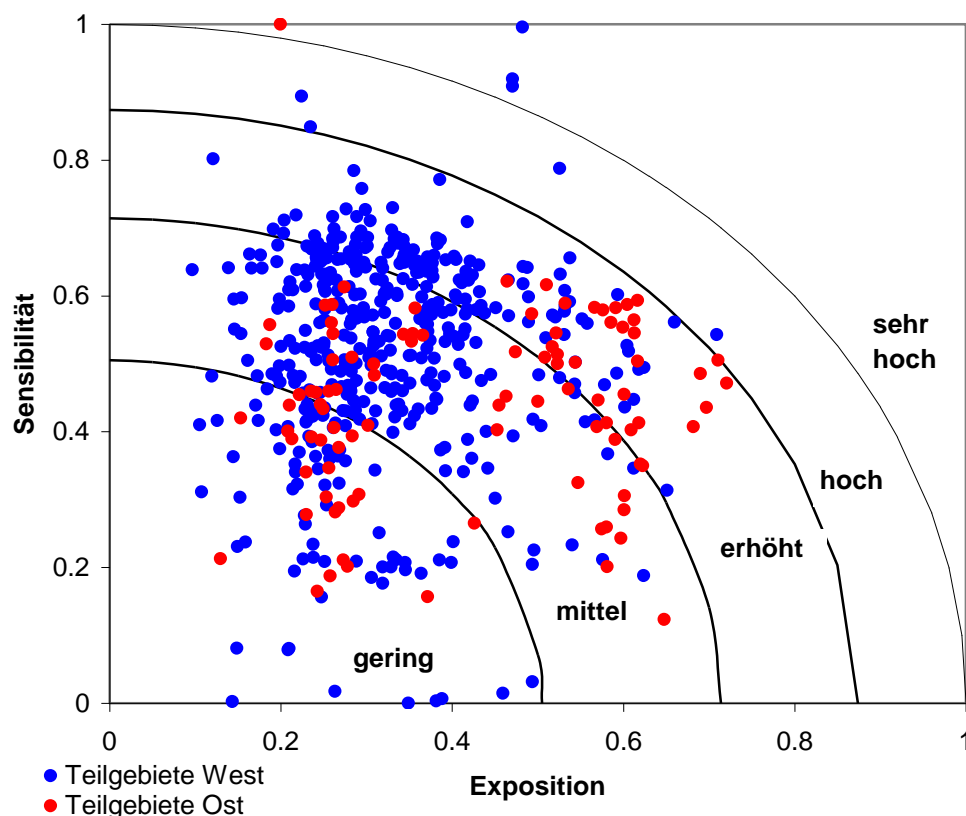


Abb. 11: Einordnung Vulnerabilität der Teilgebiete

Je nach Lage der Punkte in den genannten Bereichen des Diagramms wird die Vulnerabilität des zugehörigen Teilgebiets eingestuft. Demnach werden beispielsweise sowohl Teilgebiete mit einer hohen Exposition und geringen Sensibilität als auch Teilgebiete mit einer niedrigen Exposition und hohen Sensibilität mit einer hohen Vulnerabilität eingestuft.

Im Ergebnis führt diese Einstufung der Vulnerabilität der einzelnen Teilgebiete zu der in Abb. 12 anhand einer Karte dargestellten räumlichen Ausprägung (siehe auch Anlage 7). Im Zusammenhang mit den der Vulnerabilitätsanalyse zu Grunde liegenden Informationen über die Gebietseigenschaften liegen somit die räumlichen Strukturen der Gebiete vor, die vermutlich in mehr oder weniger starkem Maße den zu erwartenden Veränderungen ausgesetzt sind.

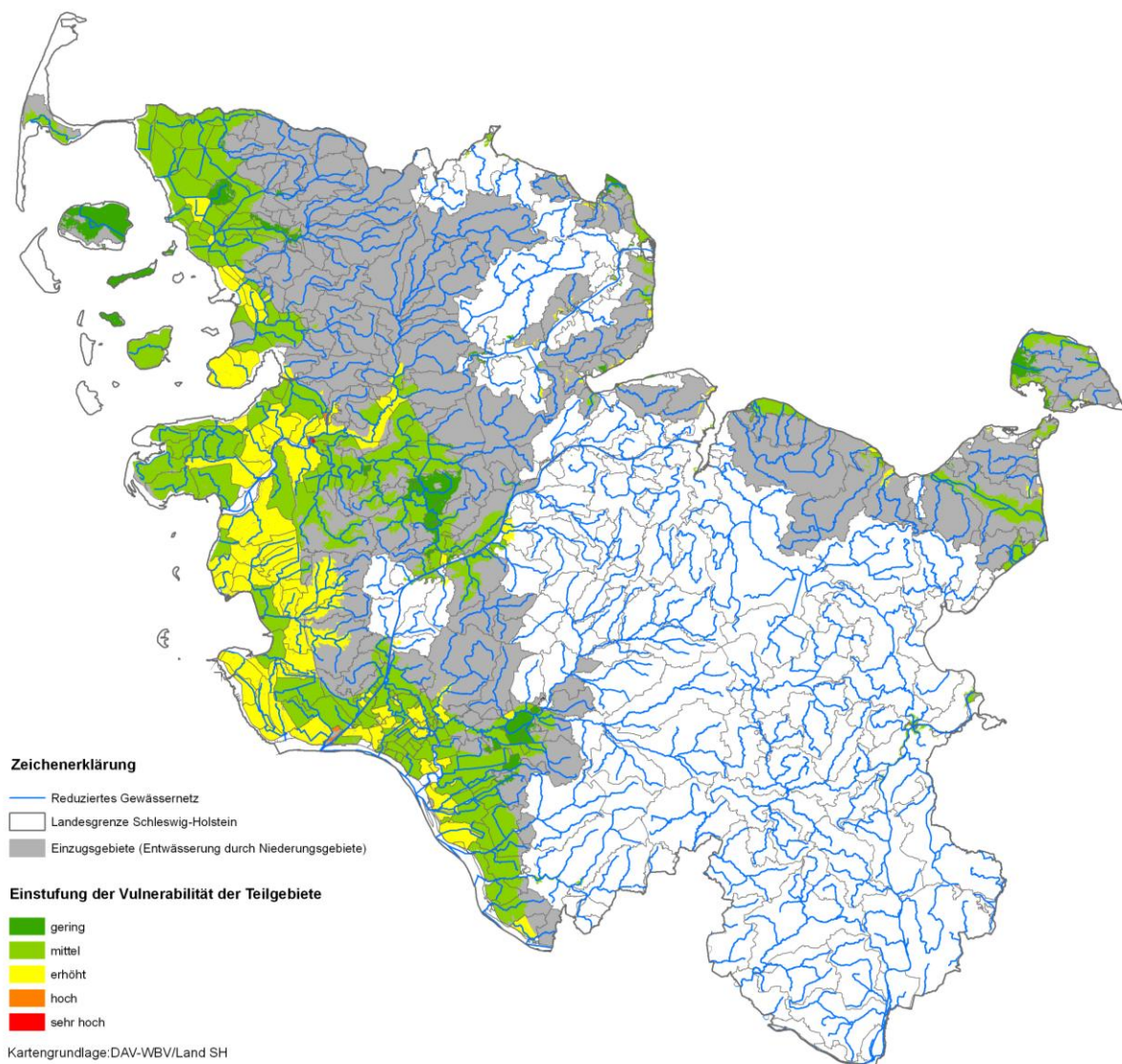


Abb. 12: Bewertung Vulnerabilität der Teilgebiete

Eine geringe bis mittlere Vulnerabilität resultiert vor allem für Schöpfwerksgebiete im Eider-Treene-Verband, auf Eiderstedt, in Dithmarschen, den Elbmarschen sowie im Oldenburger Graben und auf Fehmarn. Darüber hinaus werden beispielsweise auch die Speicherköge in Dithmarschen und im Einzugsgebiet der Arlau ebenfalls mit einer mittleren Vulnerabilität eingestuft.

Für einen großen Anteil der Niederungsflächen besteht eine erhöhte Vulnerabilität. Dazu zählen vor allem die Sielgebiete sowie die in Kombination mit Siel und Schöpfwerk entwässerten Gebiete im Süd-Osten des DHSV Eiderstedt, in Dithmarschen sowie in Nordstrand. Weiterhin wird einigen der Schöpfwerksgebiete und der in Kombination mit Siel und Schöpfwerk entwässerten Teilgebiete in den Elbmarschen, entlang der Treene und im Niederungsbereich des Einzugsgebiets Bongsieler Kanal eine erhöhte Vulnerabilität zugewiesen. An der Ostküste fallen einige kleine Teilgebiete in diesen Bereich, z.B. im WBV Heringsdorf und im Süd-Osten der Insel Fehmarn.

Niederungsgebiete mit einer hohen bzw. sehr hohen Vulnerabilität bestehen nur vereinzelt. Dazu zählen in erster Linie Teilgebiete mit Siedlungsflächen in den Niederungsgebieten u.a. in Friedrichstadt, Brunsbüttel und Glückstadt.

In Anbetracht dieser Situation ist die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen für den wasserwirtschaftlichen Betrieb in den Niederungsgebieten deutlich zu erkennen. Vorrangig besteht ein Bedarf für Anpassungsmaßnahmen in Teilgebieten mit einem bedeutsamen Anteil an Siedlungs-, Industrie und Gewerbeflächen sowie in Teilgebieten mit günstigen landwirtschaftlichen Bedingungen, die momentan durch Sielbetrieb entwässert werden.

Teilgebiete, die durch Schöpfwerksbetrieb entwässert werden, weisen, eine vergleichsweise geringere Vulnerabilität auf. Gleichwohl haben die Folgen des Klimawandels auch für diese Gebiete nachteilige Folgen. Einerseits sind Steigerungen der Betriebskosten für den Schöpfwerksbetrieb zu erwarten. Andererseits kann die Funktionsfähigkeit der bestehenden Entwässerungsinfrastruktur durch veränderte Randbedingungen eingeschränkt werden. Diese und weitere lokale Besonderheiten können im Rahmen dieser überblicksweisen Analyse jedoch nicht im Detail untersucht und berücksichtigt werden.

4.4 Ermittlung der aktuellen Unterhaltungsaufwendungen

Der Sicherung des ordnungsgemäßen Abflusses kommt in Niederungsgewässern eine besondere Bedeutung zu. Angesichts des flachen Geländereiefs hat die Einhaltung der für die verschiedenen Flächennutzungsansprüche festgelegten Wasserstände einen hohen Stellenwert. In Anbetracht des nur geringen Sohlgefälles in den Grabensystemen ist für die gesicherte Abführung des Abflusses eine sorgfältige Unterhaltung der Gewässerquerschnitte notwendig. Gleichmaßen ist die Funktion von Kreuzungs- und Durchleitungsbauwerken, z.B. Deichsiele und Schöpfwerke, sicherzustellen. Unter dem Aspekt des Binnenhochwasserschutzes sind zudem die Deiche regelmäßig zu unterhalten. In den Niederungsgebieten sind in diesem Zusammenhang die Deiche der zweiten Deichlinie und Flusdeiche relevant.

Für die Entwässerung der Niederungsgebiete entstehen somit Kosten aus der Gewässer- und Deichunterhaltung einschließlich der zugeordneten Bauwerke (Kreuzungsbauwerke, Deichsiele, etc.) sowie aus der Bereitstellung und dem Betrieb von Schöpfwerken.

Eine Zielsetzung der Arbeitsgruppe Niederungen 2050 ist die Einschätzung der zukünftig zu erwartenden Kosten für die Entwässerung in den Niederungsgebieten. Ausgehend von einer Aufnahme der aktuellen Aufwendungen mit dem Bezugsjahr 2010 werden in einem weiteren Schritt die zukünftigen Kosten unter Berücksichtigung der aus den Folgen des Klimawandels zu erwartenden Veränderungen abgeschätzt (siehe Kapitel 5.2.1).

Die Ermittlung der aktuellen Aufwendungen für die Entwässerung von Niederungsgebieten erfolgt anhand eines Erhebungsbogens, der an die hauptamtlich geführten Deich- und Hauptsielverbände verschickt wurde. Der Erhebungsbogen fragt neben verschiedenen Grunddaten zum Verbandsgebiet die aktuellen Aufwendungen für die Positionen

- Gewässerunterhaltung,
- Deichunterhaltung,
- Schöpfwerke sowie
- weitere Anlagen

ab. Die einzelnen Unterpositionen sowie deren Definition und Bezugsgrößen sind in Anl. 2 aufgeführt.

Auf Grundlage dieser Erhebungsbögen wurden die mittleren jährlichen Kosten für die Gewässer- und Deichunterhaltung sowie für den Betrieb und die Instandhaltung von Schöpfwerken im Untersuchungsgebiet ermittelt. Dafür wurden zunächst mittlere spezifische Kostengrößen als Rechengrößen für die einzelnen Positionen ermittelt. Diese wurden in einem weiteren Schritt auf das Untersuchungsgebiet übertragen. Die berechneten Summen wurden, soweit in Anbetracht unterschiedlicher Bezugsräume und einbezogener Kostenpositionen möglich, mit den Statistiken des Landesverbandes der Wasser- und Bodenverbände abgeglichen und plausibilisiert.

In Abb. 13 sind die Rückläufe des Erhebungsbogens aus den Deich- und Hauptsielverbänden in einer Karte dargestellt. Der Auswertung liegen die Zahlen der Verbände Südwesthörn-Bongsiel, Eiderstedt, Dithmarschen, Eider-Treene, Wilstermarsch, Krempermarsch und Wagrien-Fehmarn zu Grunde. Somit sind Daten aus den verschiedenen Niederungsregionen (Nordseeküste, Elbmarschen, Ostseeküste) in der Analyse enthalten.

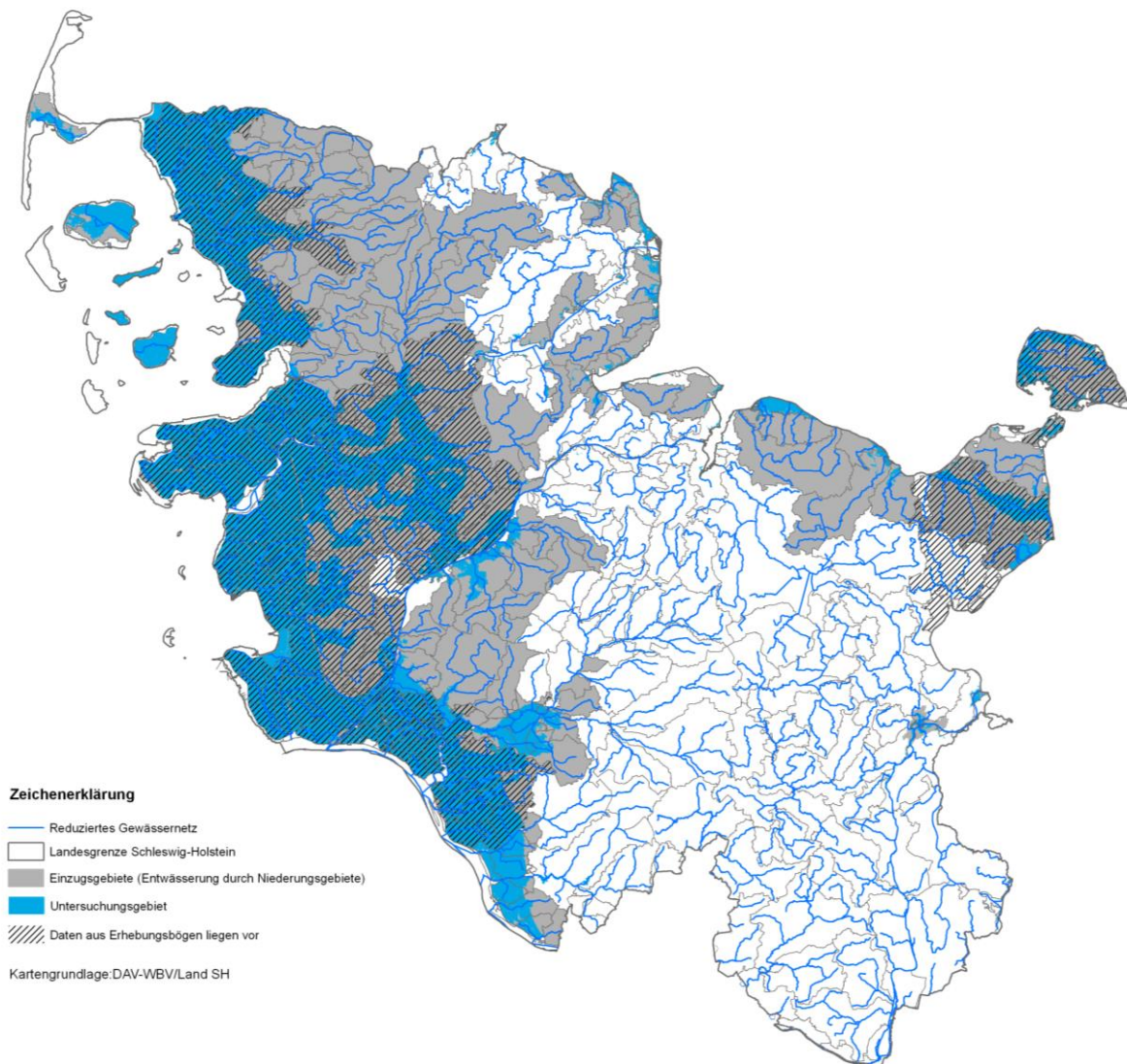


Abb. 13: Rücklauf Erhebungsbögen aus den Deich- und Hauptsielverbänden mit Anteilen an Niederungsgebieten

Die Überlagerung mit dem Untersuchungsgebiet in der Karte verdeutlicht, dass die verwendeten Daten die Niederungsgebiete räumlich gut repräsentieren. Die Erhebungsbögen sind in Dok.1 (digital) zusammengestellt.

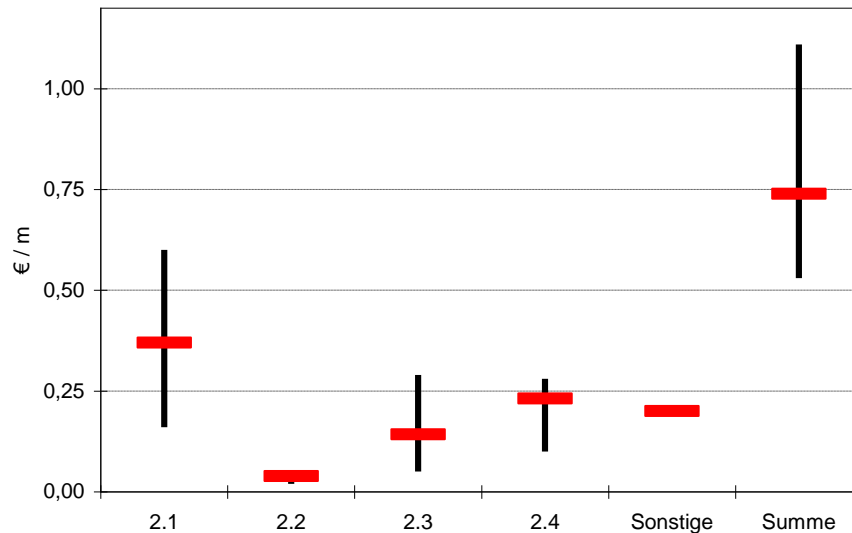
4.4.1 Gewässerunterhaltung

Unter der Position Gewässerunterhaltung werden die Aufwendungen abgefragt, die im Zusammenhang mit der Gewässermahd, der Sohlräumung, Spülung (mit Spülbagger) sowie durch die Verwaltung entstehen. Von den Verbänden wurden Jahresdurchschnittswerte der vergangenen fünf Jahre abgefragt, so dass auch die Kosten erfasst werden, die durch Tätigkeiten entstehen, die nicht jährlich durchgeführt werden.

Die Aufwendungen für die Gewässerunterhaltung werden auf die Gesamtlänge der Verbandsgewässer (Sielverbands- und Hauptverbandsgewässer) bezogen, um die spezifischen Kosten je Meter Gewässer zu benennen. Dies ist einerseits für den Vergleich der Beträge zwischen den Verbänden und eine Plausibilisierung notwendig. Andererseits können auf diese Weise durch die Berechnung von mittleren spezifischen Kostenwerten die Unterhaltungskosten für die Gewässer in den Niederungsgebieten ermittelt werden, für die keine Daten vorliegen.

Abb. 14 fasst die Angaben der Verbände zu den einzelnen Positionen zusammen. Die der Darstellung zu Grunde liegenden Werte sind in Anl. 3 zusammengestellt. Als schwarzer senkrechter Balken ist die Spanne zwischen minimalem und maximalem Wert für die einzelne Position dargestellt. Die horizontalen roten Balken kennzeichnen den mit der Gewässerslänge gewichteten Mittelwert. Unter dem Punkt „Sonstige“ sind Kosten aufgenommen, die anderweitig nicht erfasst werden, z.B. zur Böschungssicherung oder zur Unterhaltung von Verrohrungen. Die Höhe für diese Kosten wurden auf 0,2 € / m geschätzt. Weiterhin sind die Summe und die zugehörige Spanne für die Kosten der Gewässerunterhaltung dargestellt.

Die Unterhaltungsaufwendungen schwanken in der Summe zwischen 0,52 €/m und 1,11 €/m. Der gewichtete Mittelwert liegt bei 0,74 €/m Niederungsgewässer. Bei einer Gesamtlänge der Niederungsgewässer von 10.600 km im Untersuchungsgebiet betragen die Kosten für die Gewässerunterhaltung im Mittel rd. 7,8 Mio. € pro Jahr mit einer Spannbreite der jährlichen Kosten von 5,5 Mio. € bis 11,7 Mio. €.



- 2.1: Gewässermahd
- 2.2: Sohlräumung
- 2.3: Spülung (mit Bagger)
- 2.4: Verwaltung

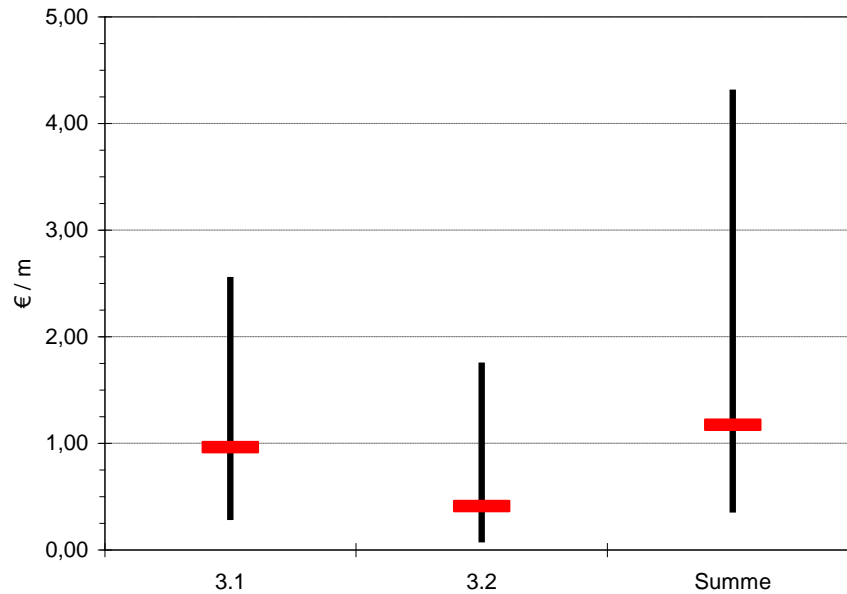
Abb. 14: Auswertung Kosten Gewässerunterhaltung in Hauptzielverbänden

4.4.2 Deichunterhaltung

Unter der Position Deichunterhaltung werden die Aufwendungen genannt, die durch die Pflege von Deichen, Ausbesserungen am Deckwerk, Beseitigungen von Schäden sowie Verwaltung entstehen. Dies beinhaltet ebenfalls Unterhaltungsaufwendungen für Durchleitungsbauwerke, insbesondere Deichsiele. Von den Verbänden wurden Jahresdurchschnittswerte der vergangenen ca. fünf Jahre abgefragt, so dass auch die Kosten erfasst werden, die durch Tätigkeiten entstehen, die nicht jedes Jahr durchgeführt werden.

Die Aufwendungen für die Deichunterhaltung werden auf die Gesamtlänge der Deiche im Verbandsgebiet (Deiche der 2. Deichlinie und Flussdeiche) bezogen, um die spezifischen Kosten je laufenden Meter zu benennen. Dieser Schritt ist notwendig, um die Beträge zwischen den Verbänden vergleichen und plausibilisieren zu können. Anhand der spezifischen Werte können zudem die Gesamtkosten für die Deichunterhaltung in den Niederungsgebieten hochgerechnet werden.

In Abb. 15 sind die Angaben der Verbände zu den genannten Positionen zusammengefasst (Werte in Anl. 3). Als schwarze senkrechte Balken ist die Spanne zwischen minimalem und maximalem Wert dargestellt. Die horizontalen roten Balken kennzeichnen den mit der Deichlänge gewichteten Mittelwert. In der Abbildung sind weiterhin die Summe und die Spanne der Kosten für die Deichunterhaltung enthalten.



3.1: Pflege, Ausbesserung Deckwerk, Beseitigung von Schäden
 3.2: Verwaltung

Abb. 15: Auswertung Kosten Deichunterhaltung in Hauptzielverbänden

Die Spannweite zwischen den von den Verbänden genannten Werten (0,35 € und 4,32 €) ist erheblich. Sie kann im Wesentlichen durch verschiedene Verfahrensweisen zur Deichunterhaltung und strukturelle Unterschiede erklärt werden. Beispielsweise werden im Verbandsgebiet des DHSV Wilstermarsch die Deiche in großen Teilen manuell gemäht. Zudem entstehen aufgrund der großen Anzahl von Durchleitungsbauwerken (Deichsiele) in den Ortslagen zusätzliche Kosten für die Unterhaltung der Bauwerke.

Demgegenüber kommen bei den Deichen im Bereich der Verbände Südwesthörn-Bongsiel, Eider-Treene und Dithmarschen kostengünstigere Unterhaltungsverfahren wie z.B. Gräsung oder maschinelle Mahd zum Einsatz. Bezogen auf die Gesamtlänge der vorhandenen Deiche ist die Anzahl der Durchleitungsbauwerke und somit deren relativer Kostenanteil geringer.

Vor diesem Hintergrund ist die Verwendung eines spezifischen Kostenwertes für die Abschätzung der Aufwendungen für die Deichunterhaltung nicht sinnvoll. Stattdessen werden die von den Verbänden genannten Zahlen auf die Deiche im jeweiligen Verbandsgebiet angewendet. Eine Hochrechnung der Unterhaltungskosten auf die Gebiete, für die keine Zahlen vorliegen, erfolgt durch eine Zuordnung anhand der strukturellen Vergleichbarkeit und der angewendeten Deichunterhaltungsverfahren.

In Tab. 2 sind die spezifischen Kostenwerte, die der Berechnung der Deichunterhaltungskosten für die einzelnen Verbandsgebiete zu Grunde liegen, zusammengestellt. Die genannten Deichlängen basieren auf einer Auswertung des digitalen Anlagen Verzeichnisses (DAV) bezüglich der Mitteldeiche, Flussdeiche und Deiche mit sonstiger Funktion in den Niederungsbereichen der Verbände. Bei den Verbänden, für die die Deichlänge aus den Erhebungsbögen bekannt ist, wurden diese Zahlen zu Grunde gelegt.

Tab. 2: Berechnungsgrundlagen Deichunterhaltungskosten

	spez. Kosten [€/m]	Deichlänge [m]	Gesamtkosten [€]
Südwesthörn Bongsiel	0,78	174.000	135.720
Sönke Nissen Koog	0,78	8.357	6.518
Arlau	0,78	43.166	33.669
Nordstrand	0,78	32.739	25.536
Pellworm	0,78	18.148	14.155
Eider-Treene-Verband	0,35	301.000	105.350
Eiderstedt	1,19	110.000	130.900
Dithmarschen	0,95	106.000	100.700
Wilstermarsch	1,73	126.000	217.980
Krempfer Marsch	1,52	52.666	80.052
Hörnerau	1,52	43.516	66.144
DuSV an der Stör ¹⁾	1,52	70.585	107.289
Seestermüher Marsch	1,52	23.145	35.180
Haseldorfer Marsch und Wedeler Außendeich	1,52	32.556	49.485
Wagrien Fehmarn	4,32	78.507	339.150
WA BoV Angeln	4,32	20.261	87.528
GuV Ostseeküste ²⁾	4,32	15.231	65.798
WBV Ostholstein	4,32	2.127	9.189
	Σ rd.	1.258.000	1.600.000

¹⁾ DHSV Breitenberg-Breitenburg, DuSV Überstör, DuSV Rantzau, DuSV Mühlenbarbek, DuSV Grönhude, DuSV Feldhusen, DuSV Stellau

²⁾ GuV Schönberger Au, GuV Kossau, GuV Mühlenau Futterkamp, GuV Selenter See

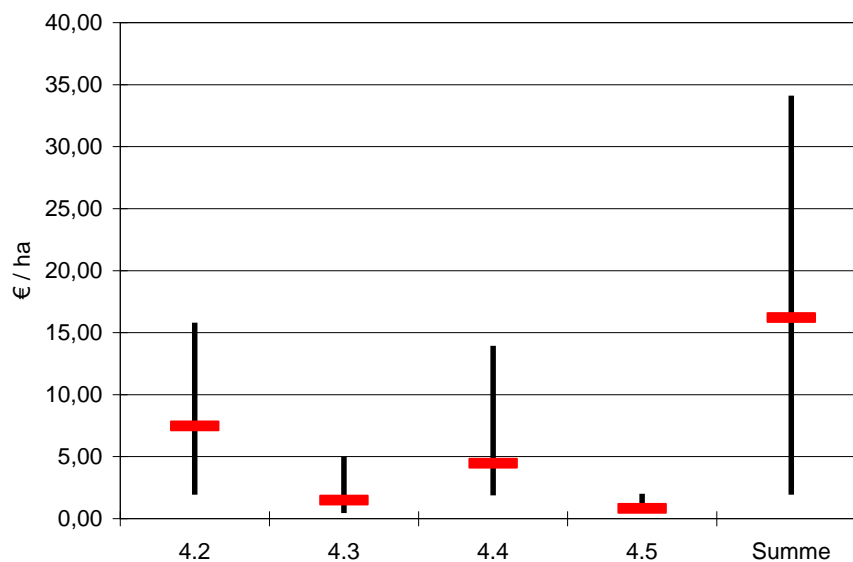
Als Ergebnis dieser Berechnung belaufen sich die jährlichen Kosten für die Deichunterhaltung inklusive der Deichbauwerke in den Niederungsgebieten insgesamt auf rd. 1,6 Mio. €.

4.4.3 Betrieb und Instandhaltung/Abschreibung von Schöpfwerken

Unter der Position Schöpfwerke werden die Aufwendungen genannt, die durch den Betrieb und die Abschreibung der bestehenden Schöpfwerke entstehen. Dies beinhaltet im Einzelnen Angaben zum Energieverbrauch und den damit verbundenen Stromkosten, der Überwachung und der Verwaltung sowie zur Abschreibung bzw. Grundinstandhaltung der Anlagen.

Von den Verbänden wurden Jahresdurchschnittswerte der vergangenen ca. fünf Jahre abgefragt, so dass insbesondere die verbrauchsabhängigen Kosten als Durchschnitt abflussreicher und abflussarmer Jahre erfasst werden. Neben der Summe des Energieverbrauchs und den Stromkosten aller Anlagen des Verbandsgebiets wurden auch die Werte für die Schöpfwerke mit dem höchsten und niedrigsten Verbrauch abgefragt, um den Variationsbereich im Verbandsgebiet eingrenzen zu können.

In Abb. 16 sind die Angaben der Verbände zu den genannten Positionen zusammengefasst (Werte in Anl. 3). Als schwarze senkrechte Balken ist die Spanne zwischen minimalem und maximalem Wert dargestellt. Die horizontalen roten Balken kennzeichnen den mit der Einzugsgebietsgröße gewichteten Mittelwert. Auf diese Weise werden die strukturellen Unterschiede der verschiedenen Verbände berücksichtigt. In der Abbildung sind weiterhin die Summe und die Spanne der Gesamtschöpfwerkskosten aufgezeigt.



- 4.2: Stromkosten
- 4.3: Überwachung
- 4.4: Abschreibung, Grundinstandhaltung
- 4.5: Verwaltung

Abb. 16: Auswertung Schöpfwerkskosten in Hauptzielverbänden

Die Kostenpositionen zu den Schöpfwerken werden auf die Flächen bezogen, die durch die Bauwerke entwässert werden. Diese Schöpfwerkseinzugsgebiete weichen in ihrer Ausdehnung von den festgelegten Vorteilsgebieten ab. Dieses Vorgehen liegt darin begründet, dass bei einem Bezug der Kosten auf die Vorteilsgebiete, die Veränderung der Vorteilsgebiete in Folge der Auswirkungen des Klimawandels detailliert zu ermitteln wäre. Im Rahmen der in dieser Untersuchung vorgenommenen überblicksweisen Betrachtungen können diese detaillierten Aussagen nicht erarbeitet werden. Demgegenüber ermöglicht der Bezug auf die Schöpfwerkseinzugsgebiete eine einfache und nachvollziehbare Abschätzung einer möglichen Entwicklung der angeschlossenen Flächen unter Berücksichtigung der wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die ermittelten spezifischen Kostengrößen je Hektar Einzugsgebietsfläche ausschließlich Rechengrößen darstellen. Sie entsprechen nicht den auf die Vorteilsgebiete umgelegten Beiträgen.

Bezüglich der Stromkosten und der Abschreibungs- bzw. Instandhaltungskosten bestehen deutliche Unterschiede in den genannten Zahlen. Die Spannweite in den Angaben zu den Abschreibungen und Grundinstandhaltung ist in unterschiedlichen Handhabungen der Verbände begründet. Einige Verbände berücksichtigen die Abnutzung und Wertminderung der Anlagen in der Beitragskalkulation in Form eines Abschreibungsanteils. Bei anderen Verbänden werden stattdessen die anfallenden Kosten für Reparaturen zur Instandhaltung und den Neu- bzw. Ausbau von Schöpfwerken nach Bedarf umgelegt. Für die Berechnung der Gesamtschöpfwerkskosten der Niederungsgebiete werden die mittleren Abschreibungskosten der Verbände, die eine Abschreibung vornehmen, für das gesamte Untersuchungsgebiet angesetzt.

Mit dem Ziel eine repräsentative spezifische Kostengröße für die Stromkosten zum Schöpfwerksbetrieb abzuleiten, werden die Stromkosten einzelner Schöpfwerke gegenübergestellt und ausgewertet. Anhand der Gegenüberstellung der Verbrauchswerte bzw. Stromkosten einzelner Schöpfwerke und der angeschlossenen Flächen wird zunächst die Zweckmäßigkeit eines spezifischen Stromkostenwerts beurteilt. In Abb. 17 sind die mittleren jährlichen Kosten für verschiedene Schöpfwerke den angeschlossenen Einzugsgebietsflächen gegenübergestellt.

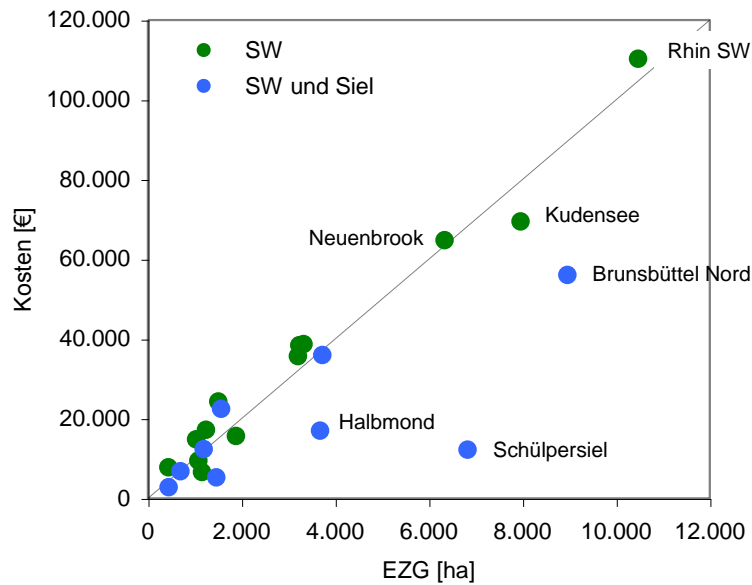


Abb. 17: Gegenüberstellung Stromkosten und Einzugsgebietsgröße (nicht Vorteilsgebiete). Grün: Schöpfwerksgebiete. Blau: Kombinierte Entwässerung mit Schöpfwerk und Siel

Für die Schöpfwerksgebiete kann ein enger linearer Zusammenhang ($R^2 = 0,97$) zwischen Kosten und Einzugsgebietsgröße festgestellt werden. Als spezifische Rechengröße wird ein Wert von 11 €/ha angesetzt. Für die Gebiete mit kombinierter Entwässerung kann kein enger Zusammenhang festgestellt werden. Es wird daher eine Unterscheidung zwischen kleinen (< 4000 ha) und großen (> 4000 ha) angeschlossenen Einzugsgebieten vorgenommen. Für die kleinen in Kombination aus Schöpfwerk und Siel entwässerten Gebiete können Kosten und Einzugsgebietsgröße gut durch einen linearen Zusammenhang beschrieben werden ($R^2 = 0,86$). Als spezifischer Rechenwert für diese Gebiete wird ein Wert von 9 €/ha verwendet. Die Kosten der größeren Einzugsgebiete werden durch einen mittleren Wert von 3 €/ha angesetzt.

Als spezifischer Kostenwert für die übrigen Positionen (Überwachung, Abschreibung und Verwaltung) werden die in Abb. 16 dargestellten flächengewichteten Mittelwerte verwendet. Diese belaufen sich auf 1,5 €/ha für Überwachung, 4,5 €/ha für Abschreibungen und 0,8 €/ha für den Verwaltungsaufwand. In der Summe werden 6,8 €/ha angesetzt.

Auf Grundlage dieser Rechengrößen wird der mittlere jährliche Unterhaltungsaufwand für die Schöpfwerke in den Niederungsgebieten berechnet. Die Flächengrößen für die in verschiedenen Stufen durch Schöpfwerke entwässerte Teilgebiete in den Niederungsgebieten sowie die verwendeten spezifischen Rechengrößen sind in Tab. 3 zusammengestellt. Dabei wurden mehrstufig entwässerten Teilgebietsflächen mehrfach berücksichtigt, um den Gesamtaufwand der Schöpfwerke zu erfassen. So gehen beispielsweise die Flächen eines Unterschöpfwerksgebiets mit anschließendem Schöpfwerk doppelt in die Berechnung ein. Zunächst über die Fläche des Unterschöpfwerks und weiterhin als Teilfläche des nachfolgenden Schöpfwerks.

Tab. 3: Berechnungsgrundlagen Schöpfwerkskosten Bezugsjahr 2010

	Einheit	Kategorie	Entwässerungstyp		Gesamt
			Schöpfwerk	Siel + Spitzen SW	
Flächengröße ¹⁾	[ha]	< 4000 ha		40.025	
		> 4000 ha	182.172	15.923	
spez. Stromkosten	[€/ha]	< 4000 ha		9	
		> 4000 ha	11	3	
spez. Abschreibungskosten	[€/ha]		4,5	4,5	
spez. weitere Kosten	[€/ha]		2,3	2,3	
Stromkosten	[€]		2.003.895	407.994	2.411.890
Abschreibungskosten	[€]		819.775	251.768	1.071.543
Weitere Kosten	[€]		418.996	128.681	547.677
Gesamtkosten	[€]		3.242.667	788.443	4.031.110

1) Teilgebietsflächen von mehrstufigen Entwässerungsverfahren mit

Schöpfwerken werden mehrfach berücksichtigt, dadurch wird der Gesamtentwässerungsaufwand vollständig erfasst.

Im Ergebnis belaufen sich die mittleren jährlichen Kosten für den Betrieb der Schöpfwerke in den Niederungsgebieten insgesamt auf rd. 4,0 Mio €.

4.4.4 Aktuelle Unterhaltungsaufwendungen in Niederungsgebieten

Entsprechend den Ausführungen der vorangehenden Kapitel 4.4.1, 4.4.2 und 4.4.3 wird mit jährlichen Unterhaltungsaufwendungen für die Entwässerung der Niederungsgebiete im Bezugsjahr 2010 von 13,8 Mio. € ausgegangen (siehe Abb. 18).

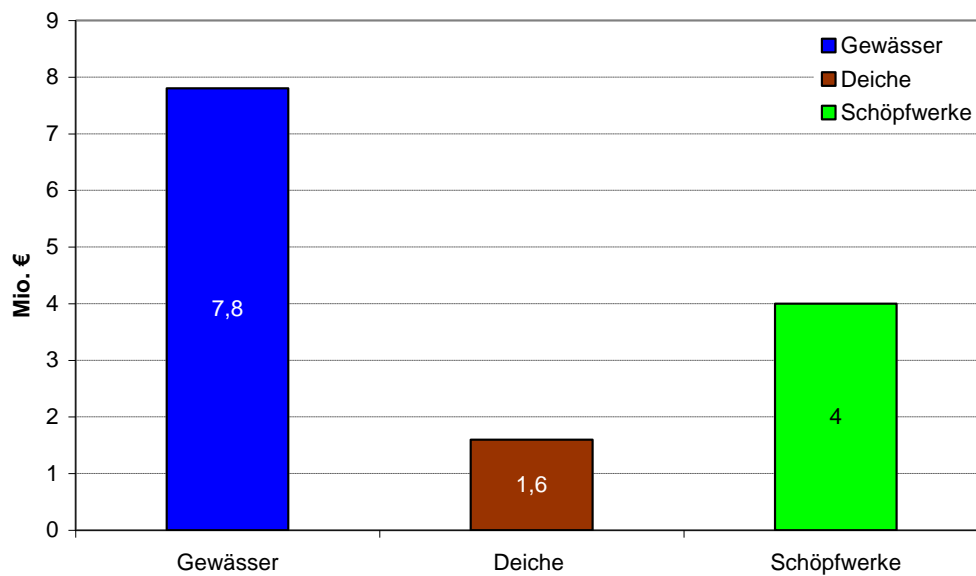


Abb. 18: Aktuelle Unterhaltungsaufwendungen Niederungsgebiete (Bezugsjahr 2010)

In einem weiteren Schritt werden die Auswirkungen der Folgen des Klimawandels auf die Entwässerungsverfahren und -strukturen untersucht. In diesem Zusammenhang sind für eine Aussage über die Höhe der zukünftig zu erwartenden Unterhaltungsaufwendungen von den betrachteten Kostenpositionen insbesondere die Stromkosten für den Schöpfwerksbetrieb näher zu betrachten. Dabei ist der Mehrbedarf an Schöpfwerksleistung aufgrund gegebenenfalls zusätzlich notwendiger Schöpfwerksgebietsflächen und durch eine erhöhte Arbeit in Folge größerer erforderlicher Förderhöhen zu ermitteln.

Darüber hinaus entstehen Investitionskosten für den Neu- und Ausbau von Entwässerungsanlagen sowie unter Umständen erforderlicher Ausbaumaßnahmen in den Gewässern.

Diese Aspekte werden bei der Analyse der Klimaszenarien in Kapitel 5.2 näher betrachtet.

4.5 Landwirtschaftliche Wertschöpfung in den Niederungsgebieten

Die Wertschöpfung in der Landwirtschaft kann je nach Ausrichtung der Betriebe in verschiedenen Bereichen erzielt werden. Als klassisch landwirtschaftlich geprägte Einkommensformen sind die Nutzung der Flächen für den Ackerbau und die Haltung von Vieh zu nennen. In Abhängigkeit von der Güte der Böden und der Struktur der Flächen unterscheidet sich die Ausrichtung der Betriebsformen im Land erheblich voneinander.

Daneben gibt es flächendeckend im Land die der Landwirtschaft vor- und nachgelagerten Bereiche, deren Wertschöpfung direkt mit der Landwirtschaft verbunden ist. Zu den vor- und nachgelagerten Bereichen zählen Landhandels- und Landtechnikunternehmen, Meiereien, Schlachtbetriebe, Tierärzte, Lohnunternehmer, Spediteure und weitere. Diese wären ohne eine starke regionale Landwirtschaft nicht nur in einem kleineren Umfang vorhanden, sondern auch in einer schwächeren Wettbewerbsposition.

Zur Ermittlung der Wertschöpfung der landw. Betriebe in den Niederungsgebieten wurden für verschiedene Produktionsverfahren Deckungsbeitragsberechnungen erstellt. Diese sind zwar Teilkostenrechnungen die einen großen Anteil von festen Kostenpositionen außer acht lassen, dafür sind sie aber in generalisierter Form für verschiedenste Betriebsformen erstellbar und bieten die Möglichkeit eines schnellen Überblicks über die Situation der landwirtschaftlichen Betriebe. Zudem muss beachtet werden, dass sich der Anteil der fixen Kosten für Zinsen, Abschreibung, Gebäudeunterhaltung, Beiträge zu Verbänden, Löhne, Altenteilleistungen, verschiedene Steuern, fixe Maschinenkosten, Lebenshaltung der Betriebsleiterfamilie zwischen den einzelnen Betrieben sehr stark unterscheidet.

In den nachfolgenden Ausführungen ist sowohl die Erfassung der Flächenumfänge für die landwirtschaftliche Nutzung als auch die Berechnung der Deckungsbeiträge für die verschiedenen Produktionsverfahren erläutert.

4.5.1 Ermittlung des Umfangs der betroffenen landwirtschaftlichen Nutzflächen

Im Zwischenbericht der Arbeitsgruppe Niederungen 2050 aus dem Februar 2012 ist eine genaue Aufteilung der Niederungsflächen in Schleswig-Holstein vorhanden. Insgesamt gibt es laut Bericht 315.000 ha Niederungsflächen in Schleswig Holstein. Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Niederungsflächen in Schleswig-Holstein auf.

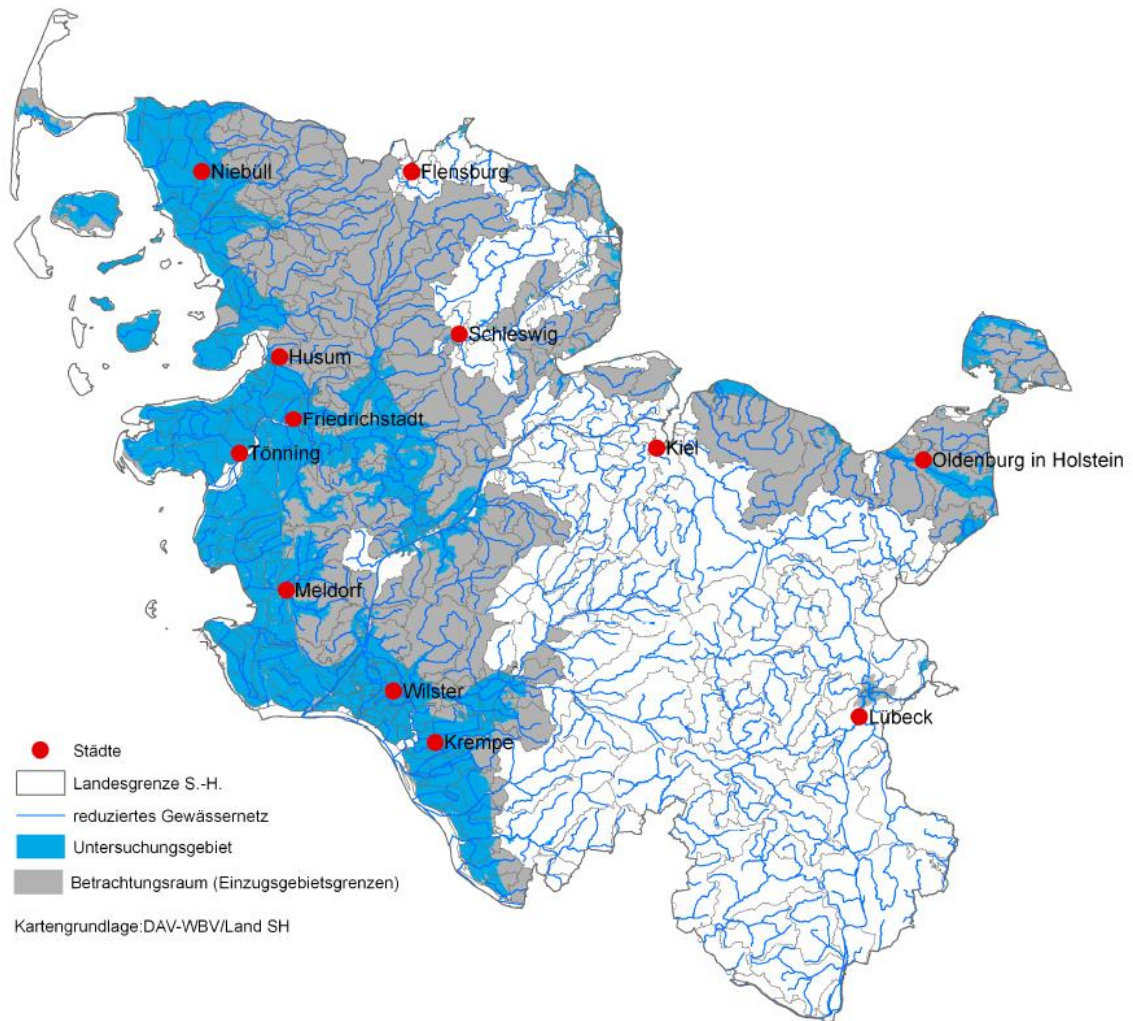


Abb. 19 Verteilung der Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein

Aus der Verteilung der Niederungsflächen wird klar, dass sie sich zwar maßgeblich an der Westküste in den Marschen befinden, aber auch die Naturräume Geest und östliches Hügelland nennenswerte Niederungsgebiete beinhalten. Um die landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Niederungsgebieten in Bezug auf den Flächenumfang erfassen zu können, wurden Daten des Statistikamt Nord auf Basis von 2010 bezogen auf bestimmte Naturräume genutzt. In der folgenden Abbildung ist die Einteilung Schleswig-Holsteins in die Naturräume mit den verschiedenen Unterteilungen abgebildet.

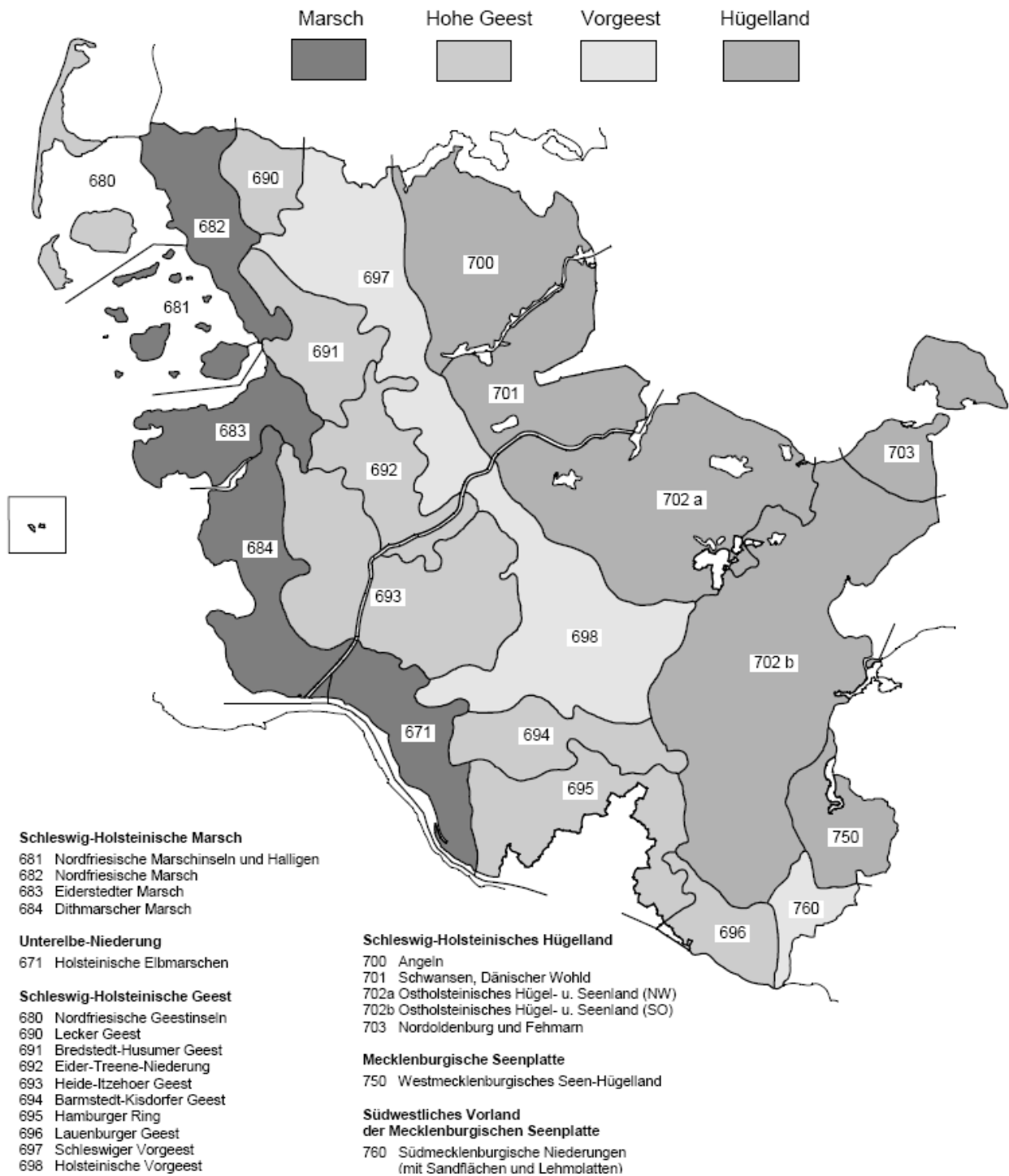


Abb. 20 Naturräumliche Gliederung Schleswig-Holsteins

Quelle: Statistikamt Nord

Schleswig-Holstein ist demnach in vier verschiedene Hauptnaturräume eingeteilt, die jeweils noch untergliedert sind.

Aus dem Vergleich der Abb. 19 und Abb. 20 ergibt sich, dass der Naturraum Marsch (671, 682, 683 und 684) nahezu komplett Niederungsgebiete umfasst. Die gleiche Situation ergibt sich für den Naturraum Eider-Treene-Niederung (692) der Hohen Geest. Deswegen sind die gesamten Nutzflächen dieser beiden Naturräume in die Berechnungen eingeflossen.

Für den Rest der Landesfläche ist dieses Vergleichsverfahren ebenfalls erfolgt. In keinem anderen Naturraum liegen Niederungsgebiete in ähnlich großem Umfang wie in der Marsch vor. Deswegen wurden für die weiteren Naturräume nur bestimmte Anteile der Fläche in die Berechnungen einbezogen. Aus dieser Datengrundlage ergeben sich für die Berechnung der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) in den Niederungsgebieten folgende Annahmen:

Naturraum Marsch:

- Anrechnung zu 100 % der LN

Naturraum Geest:

- Nordfriesische Geestinseln (680): Anrechnung 25 % der LN
- Eider-Treene-Niederung (692): Anrechnung 100% der LN

Naturraum östliches Hügelland:

- Ostholsteinisches Hügel- und Seenland (702 a): Anrechnung 3 % der LN
- Nordoldenburg Fehmarn (703): Anrechnung 15 % der LN

In der Abbildung 20 lässt sich anhand der Nummern die genaue Lage der genannten Naturräume nachvollziehen. Auf Basis dieser Annahmen fallen 198.859 ha LN in die genannten Niederungsgebiete.

Aus den Daten des Statistikamtes Nord auf Basis von 2010 lässt sich ermitteln, welche Art der Flächennutzung in den einzelnen Naturräumen und Untergliederungen vorliegt. Die vorhandene Datengrundlage ermöglicht eine genaue Angabe über den Anbauumfang der einzelnen Kulturen auf der Ackerfläche. In der folgenden Tabelle sind die Hauptnutzungsrichtungen der landwirtschaftlichen Flächen in den Niederungsgebieten dargestellt.

Tab. 4 Aufteilung von Acker- und Dauergrünlandflächen in den Niederungsgebieten sowie die Hauptnutzungsarten der Flächen

Fläche in den Niederungsgebieten in ha		Anteil an Niederungsflächen	Winterweizen	Winter-raps	Acker-gras	Silomais	Gemüse und Erd-beeren
Gesamtfläche	198.257						
Ackerland	111.621	56 %	48 %	13 %	5 %	17 %	5 %
Dauergrünland	86.636	43 %					

Quelle: Eigene Berechnungen BVSH auf Basis der Landwirtschaftszählung 2010

Aus der Tabelle geht hervor, dass insgesamt mindestens 198.000 ha LN in die Bereiche der Niederungsgebiete fallen. Von dieser Fläche werden etwa 56% als Ackerland und ca. 43% als Dauergrünland bewirtschaftet.

4.5.2 Ermittlung der Deckungsbeiträge aus der Flächennutzung

Für die verschiedenen Feldfrüchte in den Niederungsgebieten wurden Deckungsbeiträge ermittelt. Das Schema in der Tab. 7 zeigt, nach welchem Verfahren die Deckungsbeiträge für die Ackerflächen ermittelt wurden. In die Berechnungsverfahren sind die Direktzahlungen der Europäischen Union pro ha sowie Agrarumweltmaßnahmen und Vertragsnaturschutznaturprogramme generell nicht eingeflossen.

Für die Berechnungen wurden Durchschnittserträge von Betrieben aus der Region zu Grunde gelegt. Die angenommenen Marktpreise für die landw. Produkte und die Kosten für die Inputfaktoren entsprechen den Bedingungen aus dem Frühjahr 2013. Aufwendungen für Saatgut, Düngung und Pflanzenschutz wurden für jede Kultur einzeln berechnet. In Bezug auf die Kalkulation der Trocknungskosten für das Getreide und den Raps wurde angenommen, dass jährlich 20% der Erntemenge für eine Satz von 1,25 €/dt getrocknet werden müssen. Der Aufwand für die variablen Maschinenkosten setzt sich aus dem Dieserverbrauch der verschiedenen Überfahrten, den Kosten für Schmierstoffe, den Aufwendungen für Verschleißteile sowie den Kosten für Lohnunternehmen zusammen. Die Deckungsbeiträge sowie der Anbauumfang der einzelnen Kulturen aus den Niederungsgebieten sind in der zugehörigen Anlage 8 im Detail aufgelistet.

Für das Dauergrünland (DGL) wurde nach einem ähnlichen Verfahren vorgegangen. Die Annahme beruht darauf, dass 90% der DGL-Fläche in den Niederungsgebieten im Jahr mit

drei Siloschnitten genutzt werden. Die verbleibenden 10% werden als Weide genutzt. Für diese beiden Nutzungsvarianten wurden Deckungsbeiträge ermittelt, wie aus Anlage 8 zu entnehmen ist. Die Silage wurde mit einem Verkaufspreis an eine Biogasanlage bewertet, um einen ungefähren Marktwert zu ermitteln. Die Kosten für die Beweidung entsprechen den ortsüblichen Konditionen, wenn Kühe als Pensionsvieh auf fremden Weiden über Sommer gehalten werden. Hierfür wird im Regelfall keine Pacht bezahlt, sondern eine Pauschale pro Tier und Tag. In der Berechnung ist eine Beweidung der DGL-Fläche von 180 Tagen mit drei Tieren pro ha vorgesehen.

Für das Acker- und Dauergrünland wurden durchschnittliche Deckungsbeiträge ermittelt, gemessen an den Anbauumfängen und Ertragspotentialen der vorhandenen Kulturen und Nutzungsrichtungen. Die Deckungsbeiträge aus dem Acker- und dem Dauergrünland wurden im letzten Schritt zu einem durchschnittlichen Deckungsbeitrag für die ermittelten Flächen in den Niederungsgebieten zusammengefasst.

Das Verhältnis der einberechneten Acker- zur Dauergrünlandfläche beeinflusst den durchschnittlichen Deckungsbeitrag der Niederungsgebiete entscheidend. Vor allem die Dauergrünlandflächen erbringen im Vergleich einen etwas schwächeren Deckungsbeitrag, als es bei unterschiedlichen Ackernutzungen der Fall ist.

4.5.3 Ermittlung der Deckungsbeiträge aus der Tierhaltung

Die Wertschöpfung in den landw. Betrieben erfolgt nicht nur über die Nutzung der Fläche, sondern auch über die Tierhaltung. In der Landwirtschaftszählung 2010 wurden die Viehbestände auf Basis derselben regionalen Einheiten erfasst, die den Erhebungen für die landw. genutzte Fläche zugrunde liegt. Um die Erträge aus der Nutztierhaltung für die Niederungsgebiete berechnen zu können, wurden für die Verfahren Milchviehhaltung inklusive Nachzucht, Schweinemast und Ferkelerzeugung ebenfalls Deckungsbeitragsberechnungen erstellt. Die Anzahl der Tiere in den Niederungsgebieten wurde nach exakt denselben Annahmen ermittelt wie die Flächenanteile in den Niederungsgebieten. In der folgenden Tabelle ist der Anteil an der Gesamttierzahl von Milchkühen, Mastschweinen und Zuchtsauen dargestellt, die in den Niederungsgebieten in Schleswig-Holstein leben.

Tab. 5 Anteile der Tiere bestimmter Tierarten, die in den Niederungsgebieten in Schleswig-Holstein laut der Berechnungen auf Basis der Landwirtschaftszählung 2010 gehalten werden

	Tierart		
	Milchkühe	Mastschweine	Zuchtsauen
Anteil in Niederungsgebieten	ca. 21 %	ca. 31%	ca. 31%

Quelle: Eigene Berechnungen BVSH auf Basis der Landwirtschaftszählung 2010

Die Ergebnisse zeigen, dass gemessen am Gesamtbestand in Schleswig-Holstein nennenswerte Anteile von Milchkühen und Mastschweinen sowie Zuchtsauen in den Niederungsgebieten gehalten werden. Darum ist die Einbeziehung der Deckungsbeiträge aus der Haltung dieser Tiere in die Gesamtbewertung gerechtfertigt und auch nötig, um die wirtschaftlichen Bedingungen für die landw. Betriebe in den Niederungsgebieten korrekt darzustellen.

Die Tab. 8 zeigt am Beispiel der Mastschweinehaltung, wie Deckungsbeiträge in der Tierhaltung ermittelt werden. In den Deckungsbeitragsberechnungen für die Tierhaltungsverfahren sind keine Lohnkosten und auch keine fixen Kosten für den Stallbau sowie die Stallbaufinanzierung berücksichtigt. Es werden lediglich die variablen Kosten wie Futter, Tierarzt usw. von den Erlösen aus der Tierhaltung abgezogen. In der Tab. 8 sind die Deckungsbeiträge pro Mastschwein und pro Mastplatz getrennt angegeben. Die Berechnungen für die Deckungsbeiträge in der Mastschweinehaltung beruhen auf der Annahme, dass pro Mastplatz und Jahr 2,8 Schweine gemästet werden. Für die Sauenhaltung wurde äquivalent angenommen, dass pro Sau und Jahr 27 Ferkel vermarktet werden.

Die Deckungsbeitragsberechnungen für die Milchviehhaltung basieren auf den Ergebnissen der Rinderspezialberatung. Die Futterkosten der Milchviehhaltung inklusive der Nachzucht für die Nutzung der Grünland- und der Silomaisflächen wurden auf Basis des Futterbedarfes der Tiere berechnet, zu Konditionen, die der Deckungsbeitragsberechnung für die Grünland- und Silomaisflächen zugrunde liegen. Beim Grünland ist sowohl das Ackergras als auch das Dauergrünland in die Berechnungen mit eingeflossen.

Eine weitergehende Betrachtung in einem Vollkostenverfahren für die betrachteten Tierhaltungssysteme mit Lohnkostenanteilen sowie den Kosten für den Stallbau würde sehr tief in die einzelbetriebliche Ebene gehen. Die Kosten für den Stallbau können je nach Art des Haltungsverfahrens, dem Grad der Mechanisierung und speziellen Bauauflagen sehr unter-

schiedlich ausfallen. Deshalb wurde auf dieses Verfahren in dieser allgemeinen Betrachtung verzichtet.

4.5.4 Darstellung und Bewertung der ermittelten Ergebnisse

Die Ergebnisse aus den Deckungsbeitragsberechnungen für die verschiedenen Nutzungsarten der Flächen sowie die Situation für die betrachteten Tierhaltungsverfahren (unabhängig von der Flächennutzung) sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 6 Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Berechnungen der Deckungsbeiträge

	Deckungsbeitrag			
	je Produktionsverfahren		zusammenfassend für die Niederungsgebiete	
	pro ha	gesamt Niederungsgebiete	pro ha	gesamt Niederungsgebiete
Flächennutzung	737 €/ha	146.183.928 €	1559 €/ha	309.005.500 €
Ackerland	1069 €/ha	119.295.877 €		
Dauergrünland	323 €/ha	27.973.255 €		
Tierhaltung	821 €/ha	162.821.572 €		
Milchviehhaltung	619 €/ha	122.814.639 €		
Schweinemast	97 €/ha	19.320.564 €		
Sauenhaltung	104 €/ha	20.686.369 €		

Quelle: Eigene Berechnungen BVSH auf Basis der Landwirtschaftszählung 2010

In Bezug auf die Nutzung der Flächen zeigt sich, dass die durchschnittlichen Deckungsbeiträge aus der Nutzung des Ackerlandes fast dreimal so hoch ausfallen, wie es auf dem Dauergrünland unter den gegebenen Annahmen der Fall ist. Aus Basis des Flächenanteils von Acker – und Dauergrünland zueinander liegt der durchschnittliche Deckungsbeitrag pro ha und Jahr bei 737 €/ha.

Bei der Analyse der Daten aus der Nutztierhaltung zeigt sich, dass der Hauptanteil des erwirtschafteten durchschnittlichen Deckungsbeitrages pro ha aus der Milchviehhaltung stammt. Die Erträge aus der Schweinemast und der Sauenhaltung fallen im Verhältnis schwächer aus. Diese Produktionsverfahren sind aber nicht miteinander zu vergleichen in

Bezug auf Kapitaleinsatz pro Stallplatz und die Ansprüche an die Flächenausstattung der Betriebe.

Aus den genannten Gründen lässt sich also keinesfalls ableiten, wie die Rentabilität der unterschiedlichen Tierhaltungsverfahren in einer Vollkostenrechnung im Verhältnis zueinander aussieht. Außerdem werden hier auch die Leistungen auf quotierten Milchmärkten mit den Erlössituationen auf staatlich nicht regulierten Schweinemärkten verglichen. Der durchschnittliche Deckungsbeitrag aus der Tierhaltung pro Hektar liegt bei 821 €.

Rein rechnerisch könnte also im Durchschnitt auf den Niederungsflächen ein Deckungsbeitrag von 1.559 €/ha erwirtschaftet werden. Dieses Ergebnis beruht aber auf einer durchschnittlichen Betrachtungen mit gegebenen Preisen und Erträgen. Durch Schwankungen in den Preis- und Ertragsniveaus können die Deckungsbeiträge der verschiedenen Produktionsverfahren ebenfalls erheblich schwanken. Weiterhin ist die Struktur in Bezug auf Flächenausstattung, Flächengüte und Intensität der Betriebe in den Niederungsgebieten sehr unterschiedlich.

Schon diese beiden Punkte haben einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklungsmöglichkeiten und die Gewinnerzielungsmöglichkeiten in den Regionen. Die Standorte in der jungen Marsch in den Kögen sind den Betrieben in den Niederungsflächen in Eider-Treene-Sorge Region in Bezug auf die ackerbauliche Nutzbarkeit der Flächen massiv überlegen. An diesem Beispiel wird deutlich, wie schwierig der Vergleich und damit auch die Belastbarkeit verschiedener Betriebstypen in den Regionen ist.

4.5.5 Effekte für die gesamte Region

Für die Region, in der die Niederungsgebiete liegen, spielt der vor- und nachgelagerte Bereich der Landwirtschaft eine entscheidende Rolle in Bezug auf die Wertschöpfung. Um die Wertschöpfung in der Region durch die Landwirtschaft grob zu quantifizieren, könnte der gesamte Umsatz, der durch die landw. Produktion ausgelöst wird, eventuell als Maßstab herangezogen werden. In Abhängigkeit von der Art des Produktes oder Dienstleistung aus dem vor- und nachgelagerten Bereich bleibt die Wertschöpfung in der Region, wie dies vermutlich bei Tierärzten oder regionalen Landhändlern der Fall ist. Beim Zukauf von Mineraldüngemitteln oder dem Verkauf tierischer Produkte an Schlachthöfe oder Molkereien ist der Effekt wahrscheinlich eher überregional zu sehen.

Insgesamt liegt der Umsatz aus allen zugrunde gelegten Produktionsverfahren im Durchschnitt bei 3.965 €/ha. Dieser Umsatz pro ha bezogen auf die Gesamtfläche der Niederungsgebiete stellt ein Volumen von 768 Mio. € dar. Die Sicherstellung der landw. Produktion

auf dem bestehenden Flächenumfang sichert also die genannte Summe als Basis für die Wertschöpfung für die gesamte Region.

Eine Studie der Fachhochschule Südwestfalen auf Basis von Daten von 2009 bis 2011 belegt, dass etwa 14% der Erwerbstätigen aus dem gesamten Agribusiness aus der Landwirtschaft und der Fischerei direkt stammen. Im Bundesdurchschnitt hängen also laut dieser Studie sechs weitere Arbeitsplätze im Agribusiness an jedem landw. Betrieb. Ob diese Erhebung in dem dargestellten Umfang auf die Situation in Schleswig-Holstein angerechnet werden darf, kann an dieser Stelle nicht abschließend geklärt werden. Es soll nur die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Landwirtschaft in Bezug auf die Strukturen im ländlichen Raum hervorgehoben werden.

Tab. 7 Schema der Deckungsbeitragsberechnung anhand des Beispiels Raps

			Raps (bei 3% Überöl)	
Ertrag			43 dt/ha	
Preis			45,0 €/dt	
Marktleistung			1935 €/ha	
Saatgutmenge/ha			50	Körner
Preis			240	€/Einheit
Saatgut €/ha			80 €/ha	
Dünger				
Harnstoff	38,0 €/dt	0,83 €/kg N	220 N	182
DAP	48,0 €/dt	0,72 €/kg P	65 P	47
40er Kali	28,0 €/dt	0,70 €/kg K	80 K	56
SSA	25,0 €/dt	0,32 €/kg S	40 S	13
Fastlime	3,1 €/dt	0,12 €/kg Mg	20 Mg	2
Rügener Kreide	2,8 €/dt	0,04 €/kg CaO	300 C	11
Dünger €/ha			310 €/ha	
Herbizid			150	
Fungizid			60	
Wachstumsregler			25	
Insektizid			25	
Spurennährstoffe			10	
Pflanzenschutz €/ha			270 €/ha	
Hagelversicherung			10 €/ha	
Trocknungskosten	20 %	1,25 €/dt	11 €/ha	
Summe Direktkosten			681 €/ha	
vari. Maschinenkosten			<i>Anzahl Überfahrten</i>	
Gülle fahren	0,4 l/m ³			
Kalk streuen	1,0 l/ha		1	1
Stoppeln Grubber	6,0 l/ha		2	12
Stoppeln Scheibenegge	5,0 l/ha			0
Fahrgassen Meißeln	1,0 l/ha		0	0
Grubbern tief (25cm)	25,0 l/ha			0
Pflügen	25,0 l/ha		1	25
Vorkreiseln	20,0 l/ha		0,5	10
Drillen mit Kreiselegge	20,0 l/ha		1	20
Drillen mit Pronto	10,0 l/ha			0
Dücker etc.	3,0 l/ha		1	3
Düngerstreuen	1,0 l/ha		6	6
Spritzen	1,0 l/ha		6	6
Dreschen	22,0 l/ha		1	22
Korn fahren	3,0 l/ha		1	3
Dieselskosten/Schmiers.	1,15 €/l	3 €/ha	108 l/ha	127 €/ha
Verschleiß und Reparaturen			75 €/ha	
Lohnarbeit				
Zinsansp. Umlaufk. (4%)			18	
Variable maschinen Kosten			220 €/ha	
Variable Kosten gesamt			901 €/ha	
Deckungsbeitrag			1034 €/ha	

Quelle: Eigene Berechnungen BVSH

Tab. 8 Deckungsbeitrag für die Schweinemast

Einheit		Kennzahlen	
		pro Schwein	pro Mastplatz
Gewicht der Schweine bei Ablieferung:	kg Lebendgewicht	120	336
Ausschlachtung	78 %	94	262
Umläufe pro Mastplatz pro Jahr	2,8		
Schweinepreis	€/kg SG	1,69	1,69
Gülleanfall	m ³	0,5	1,5
Gülewert	€/m ³	3	5
Erlös	€	161	455
variable Produktionskosten			
Ferkelkosten	€/Stück	66	185
Ferkelgewicht	kg/Ferkel	30	84
Futterverwertung	2,8 kg Futter		
Futterkosten	€/dt Futter	28	77
	€/kg Zuwachs	0,77	
Zuwachs auf dem Betrieb	kg Lebendmasse	90,00	252
Gesamtfutterkosten	€	69,30	194
Tierarztkosten	€	1,23	3,44
Verluste	3 %	3,29	9,22
Wasser und Energie	€	2,66	7,45
Hygiene	€	0,13	0,36
Beiträge (Tierseuchenfond etc.)	€	0,26	0,73
sonstige Kosten	€	0,9	2
Variable Kosten gesamt:	€	143	399
Deckungsbeitrag	€	18	56

Quelle: Eigene Berechnungen BVSH

4.6 Naturschutz

Die Niederungen Schleswig-Holsteins besitzen eine überragende Bedeutung für den Naturschutz. In ihnen finden sich mit den Hoch- und Niedermooren die letzten noch weitgehend intakten Reste der ursprünglichen Landschaft des Landes. Auch sind naturnahe eutrophe Flachgewässer noch in Relikten vorhanden. Die natürlichen Übergangszonen zwischen den vom Salzwasser geprägten Salzwiesen zu den binnenländischen Lebensräumen sind jedoch weitgehend verschwunden, bilden sich aber in einigen küstennahen Naturschutzgebieten stellenweise neu.

Die Niederungen sind der Lebensraum zahlreicher Brut- und Rastvögel. Besonders zu nennen sind die Brutvögel der Röhrichte wie zum Beispiel die Große Rohrdommel, zahlreiche Schwimmvogelarten, darunter auch seltene und bedrohte Entenarten wie die Knäkente und typische Hoch- und Niedermoorbewohner (Berndt et al. 2003). Eine wichtige Rolle spielen die Niederungen für die sogenannten Wiesenvögel. Es handelt sich dabei in Schleswig-Holstein in erster Linie um Kiebitze, Kampfläufer, Bekassinen, Uferschnepfen, Große Brachvögel und Rotschenkel. Wiesenvögel leben größtenteils auf Feucht- und Marschwiesen, also auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Auch wenn Wiesenvögel auf eine gewisse landwirtschaftliche Nutzung angewiesen sind, da sie nur in vergleichsweise freien und offenen Bereichen vorkommen können, hat die Intensivierung der Landwirtschaft mit Trockenlegungen von Feuchtwiesen, mit der Vorverlegung von Bearbeitungsschritten – vor allem Mahdterminen – in die Brutzeit der Vögel und mit dem Verlust von Grünland dazu geführt, dass ihre Bestände in den letzten Jahrzehnten stark gesunken sind (Hötker et al. 2007) und fast alle Arten in der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands geführt werden (Südbeck et al. 2007). Uferschnepfen und Große Brachvögel sind sogar in die Vorwarnliste der global gefährdeten Tierarten aufgenommen worden (IUCN 2010). Die Niederungen Schleswig-Holsteins beherbergen noch größere Bestände von Wiesenvögeln, insbesondere auch Uferschnepfen und Große Brachvögel. Auch der Weißstorch, der stellenweise noch an den Rändern der Niederungen brütet, nutzt zur Nahrungssuche vorwiegend Feuchtwiesen. Neben den genannten Arten befinden sich in den Niederungen Schleswig-Holsteins bedeutende Vorkommen folgender Arten des Anhangs 1 der Europäischen Vogelschutzrichtlinie, also von in Europa besonders schützenswerten Arten: Singschwan, Wiesenweihe, Rohrweihe, Kornweihe, Tüpfelsumpfhuhn, Wachtelkönig, Trauerseeschwalbe, Sumpfohreule (unregelmäßig) und Blaukehlchen (Romahn et al. 2008).

Auch außerhalb der Brutzeit bieten die Niederungen wichtige Lebensräume für Vögel. So befindet sich das deutschlandweit größte Frühjahrsrastgebiet des Zwergschwans in der Flusslandschaft von Eider, Treene und Sorge, wo sich in einigen Jahren mehr als ein Viertel der europäisch/asiatischen Gesamtpopulation aufhält (Romahn et al. 2008). Diese und andere Bereiche der schleswig-holsteinischen Niederungen dienen als international bedeutsame Rastgebiete für Singschwäne und Gänse, vor allem Nonnengänse, sowie für weitere Watvögel, zum Beispiel den Goldregenpfeifer (Romahn et al. 2008).

Innerhalb der Niederungsgebietsflächen sind rd. 45.600 ha als NATURA 2000-Schutzgebiete ausgewiesen, rd. 28.750 ha zählen zu FFH-Gebieten, wobei NATURA 2000- und FFH-Gebiete teilweise deckungsgleich sind. Weiterhin bestehen aus naturschutzfachlicher Sicht für den Wiesenvogelschutz bedeutsame Flächen, die über die vorhandenen Natura 2000- und FFH- Gebiete hinausgehen (siehe Abb. 21).

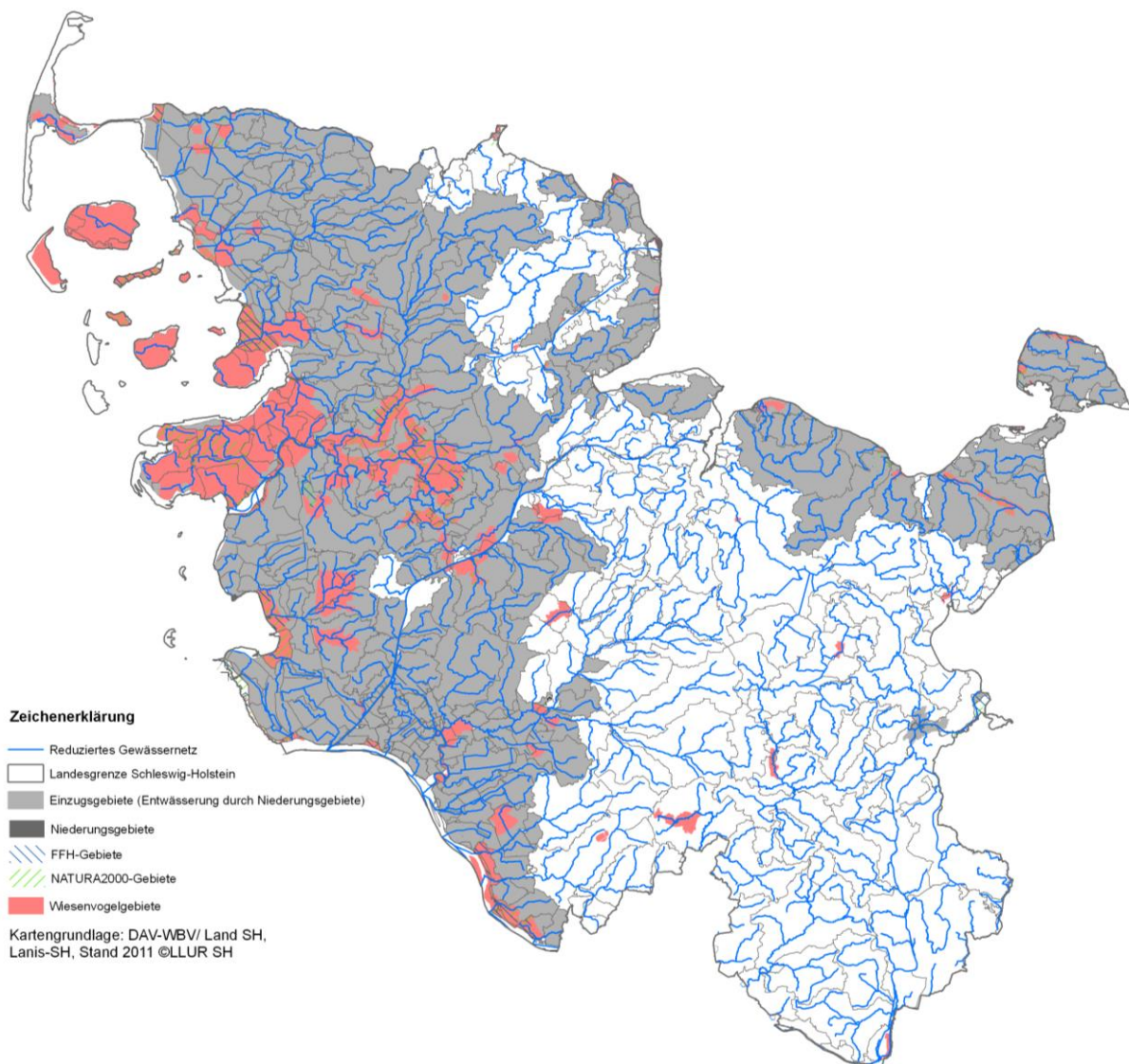


Abb. 21: Naturschutz-, Vogelschutz- und Wiesenvogelgebiete in Schleswig-Holstein

Die Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein besitzt landesweit eine Fläche von ca. 30.000 ha, deren größter Teil sich in den Niederungen befindet und die für Naturschutzzwecke zur Verfügung steht. Häufig werden auch verschiedene Modelle des Vertragsnaturschutzes genutzt, um den Wiesenvogelschutz voranzutreiben. Die örtlichen Landwirte können dann gegen Entschädigung unter gewissen Auflagen ihre Flächen weiter nutzen, wie zum Beispiel im gemeinschaftlichen Wiesenvogelschutz (Jeromin 2006, siehe auch Hötcker & Jeromin 2010). Im Rahmen der Managementplanung für die NATURA 2000-Gebiete werden derzeit die Konzepte mit den örtlich Betroffenen abgestimmt. Ein wichtiges Ziel seitens des Naturschutzes (inkl. Bodenschutz) ist auf diesen Flächen die Anhebung der Wasserstände, was natürlich Konfliktpotential zwischen intensiver Landwirtschaft und Naturschutz beinhaltet.

Der Moorschutz, insbesondere in den Hochmooren, wird seit Jahrzehnten betrieben und die Hochmoore und Teile der Niedermoore sind als FFH-Gebiete gemeldet. Ein Großteil der Flächen in den Hochmooren ist mittlerweile aus der Nutzung genommen worden. Aber auch von den Niedermoorstandorten haben sich vielerorts die Landwirte zurückgezogen. Sofern diese Flächen nicht der Sukzession unterliegen wird nach neueren Ansätzen versucht, die Flächen extensiv als (Mäh-)weide zu nutzen, um dem Wiesenvogelschutz gerecht zu werden.

5 Prognose Auswirkungen Klimawandel auf Niederungsgebiete

Als Folgen des Klimawandels werden für die Binnenentwässerung von Niederungsgebieten Veränderungen wichtiger Randbedingungen und Einflussfaktoren erwartet. Im Wesentlichen ist mit Änderungen der im Folgenden aufgeführten Faktoren zu rechnen:

- zeitliche- und räumliche Verteilung des Niederschlags und somit des Abflussverhaltens der Einzugsgebiete,
- Meereswasserspiegel,
- Tidedynamik und
- Sturmflutregime (Häufigkeit, Dauer und Intensität)

Als Auswirkung eines Meereswasserspiegelanstiegs und damit einhergehender veränderter Strömungsbedingungen ist darüber hinaus von morphologischen Veränderungen in den Mündungsbereichen auszugehen.

Die Entwicklung der genannten Faktoren hängt von der zukünftigen Entwicklung des Klimas ab und ist somit unsicher. Entsprechend breit sind die Spannweiten der in Veröffentlichungen aufgeführten Ergebnisse von Prognosen z.B. des Meereswasserspiegelanstiegs (Gönnert u. a. 2009).

Eine weitere Schwierigkeit bei der Prognose von Auswirkungen des Klimawandels liegt in der Übertragung der zumeist globalen Aussagen auf regionale Skalen bzw. auf die lokalen Gegebenheiten eines Entwässerungsverbandes.

Vor diesem Hintergrund werden an dieser Stelle zunächst die aktuellen Erkenntnisse und Ergebnisse zu den zukünftig erwarteten Veränderungen der aufgeführten Einflussfaktoren dargestellt. In diese Zusammenstellung fließen insbesondere die von der Arbeitsgruppe Niederungen 2050 bereits zusammengetragenen Informationen ein.

Darauf aufbauend werden verschiedene Szenarien der zukünftigen Entwicklung der einzelnen Einflussfaktoren für die Zeithorizonte 2030, 2050 und 2070 definiert. Anhand dieser Szenarien werden die möglichen Auswirkungen auf die Entwässerung der Niederungsgebiete abgeschätzt. Die Szenarien zeichnen auf der Grundlage verfügbarer Erkenntnisse über die Folgen des Klimawandels mögliche und plausible Zukunftsbilder.

Eine Angabe der Wahrscheinlichkeiten des Eintritts dieser Szenarien kann nicht gemacht werden. Gleichwohl sind diese Szenarien geeignet, um den Anpassungsbedarf einzuschätzen und mögliche Anpassungsstrategien abzuleiten.

5.1 Abschätzung Auswirkung Klimawandel (Szenarien für Einflussfaktoren)

Als wesentliche Einflussfaktoren für die Entwässerung der Niederungsgebiete, die sich aufgrund des Klimawandels verändern können, sind zu nennen:

- Niederschlag
- Binnenabfluss
- Meeresspiegelspiegel, Tidedynamik und Sturmfluten
- Morphologie

Im Folgenden werden die aktuellen Erkenntnisse aus der Klimafolgenforschung bezüglich der quantitativen Veränderung dieser Einflussgrößen im Untersuchungsgebiet zusammengefasst. Auf dieser Grundlage werden Entwicklungsszenarien definiert, für die die Auswirkungen auf die Entwässerung der Niederungsgebiete ermittelt werden und den jeweiligen Anpassungsbedarf aufzeigen. Die Szenarien stellen keinesfalls sichere Prognosen über die zukünftige Entwicklung der Entwässerungsrandbedingungen dar, sondern definieren plausible zukünftige Entwicklungen. Die Analyse der Konsequenzen dieser Szenarien entspricht dabei sinngemäß der Beantwortung der Frage: Was wäre, wenn...?.

5.1.1 Niederschlag

Der Niederschlag ist eine wesentliche Eingangsgröße für den Wasserhaushalt von Einzugsgebieten. Seine räumliche und zeitliche Verteilung und somit das durch die Niederschlagsmengen im Jahresverlauf verfügbare Wasser prägen nicht nur das Abflussregime der Binnengewässer, sondern auch u.a. die Formen der vorherrschenden Landnutzung.

In Folge des Klimawandels sind hinsichtlich des Niederschlagsregimes als wichtige Komponente des Wasserkreislaufs Veränderungen zu erwarten. Der aktuelle Stand der Forschung zum möglichen künftigen Klimawandel in Norddeutschland ist im Norddeutschen Klimaatlas dargestellt (Norddeutsches Klimabüro o. J.). Grundlage für die im Norddeutschen Klimaatlas angegebenen Informationen sind Daten aus für Norddeutschland verfügbaren Klimarechnungen (nach aktuellem Stand insgesamt 12), die mit dynamischen regionalen Klimarechenmodellen durchgeführt wurden. In die regionalen Klimarechenmodelle sind jeweils unterschiedliche Szenarien für Treibhausgaskonzentrationen eingegangen, die vom UN-Weltklimarat IPCC erstellt wurden (IPCC 2000).

Die Datengrundlage des Norddeutschen Klimaatlas wurde für die Region Schleswig-Holstein und Hamburg hinsichtlich der Veränderung der Niederschlagsmengen ausgewertet. In Abb. 22 sind die Ergebnisse für die Prognosehorizonte 2030, 2050 und 2070 dargestellt.

Die Diagramme zeigen die minimale, mittlere und maximale prozentuale Veränderung der Niederschlagsmenge im Vergleich zum Zeitraum 1961 bis 1990 im Jahresmittel (JAHR) sowie aufgedgliedert für die Frühlings- (März, April, Mai), Sommer- (Juni, Juli, August), Herbst- (September, Oktober, November) und Wintermonate (Dezember, Januar, Februar). Die mittleren Veränderungen sind als schwarzer Balken und die bestehenden Spannweiten zwischen Minimal- und Maximalwert dargestellt.

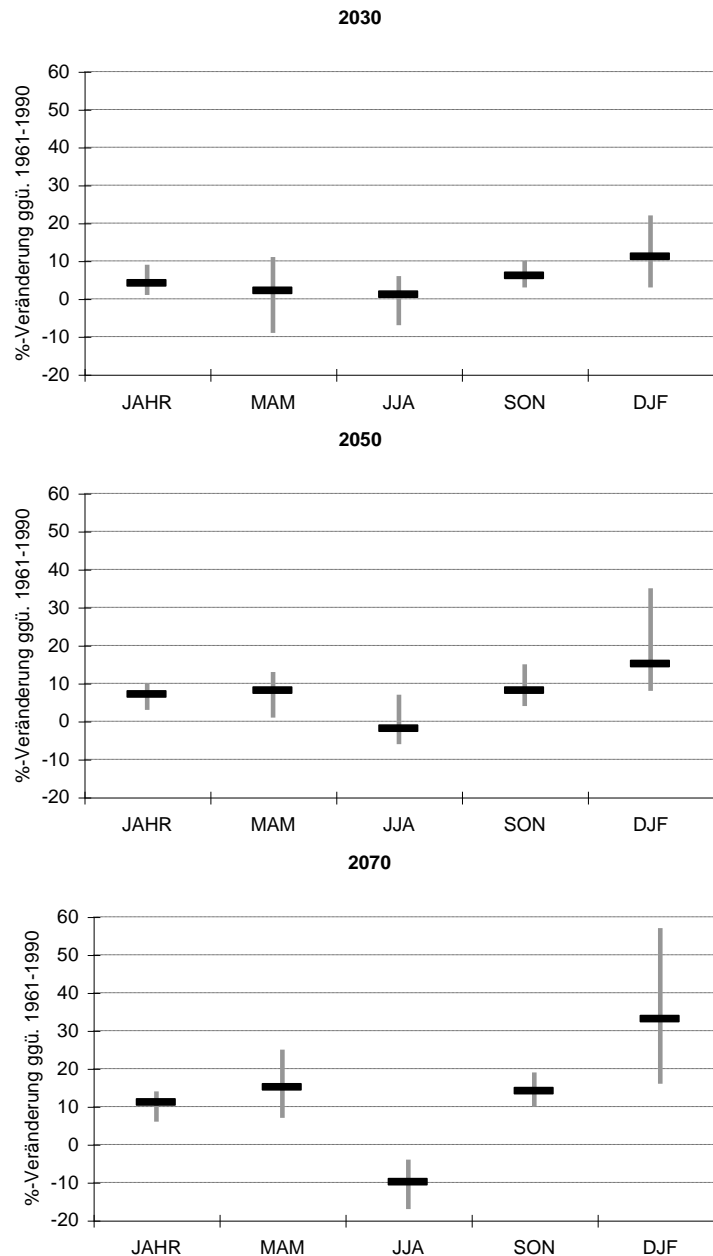


Abb. 22: Erwartete prozentuale Veränderung der Niederschlagsmengen in den Jahren 2030, 2050 und 2070 im Vergleich zum Zeitraum 1961 bis 1990, als Jahresmittel (JAHR), im Frühjahr (Monate März, April, Mai), Sommer (Monate Juni, Juli, August), Herbst (Monate September, Oktober, November) und Winter (Monate Dezember, Januar, Februar)

Die dargestellten Daten zeigen eine Tendenz zunehmender Jahresniederschläge um rd. 5 % bis zum Jahr 2030 und bis rd. 10 % im Jahr 2070. Im Jahresverlauf stellt sich diese Zunahme als starker Anstieg der Niederschlagsmengen in den Wintermonaten (Dezember, Januar, Februar) (+10% Jahr 2030, + 15% 2050 und +35% 2070) und in geringerem Maße im Herbst und Frühling dar. Demgegenüber wird langfristig für die Sommermonate (Juni, Juli, August) mit einer Abnahme der Niederschlagsmengen gerechnet: rd. 2% im Jahr 2050 und rd. 10% im Jahr 2070.

Anhand der im Klimaatlas zusammengestellten Daten können keine Aussagen bzgl. der zukünftigen Ausprägung einzelner Niederschlagsereignisse hinsichtlich Dauer, Ausdehnung und Intensitätsverteilung abgeleitet werden.

Dennoch können auch ohne detaillierte Kenntnisse dieser Charakteristika anhand der aufgezeigten zukünftigen Entwicklung der Jahresniederschlagsmenge und deren jahreszeitlicher Verteilung grundsätzliche Veränderungen für die Entwässerung der Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein erwartet werden.

Einerseits ist insbesondere in den Wintermonaten sowie im Herbst und Frühjahr mit erhöhten Abflussvolumina sowie einer höheren Grundwasserneubildung einhergehend mit ansteigenden Grundwasserständen zu rechnen.

Angesichts in den Sommermonaten zu erwartender länger anhaltender niederschlagsarmer Perioden ist ebenfalls mit extremeren Niedrigwasserperioden zu rechnen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob langfristig für bewässerungsintensive Formen der Landwirtschaft in den Sommermonaten ausreichend Wasser zur Verfügung stehen wird.

5.1.2 Binnenabfluss, Binnenwasserstand

Über die Auswirkungen eines veränderten Niederschlagsregimes auf die Abflusssentstehung in den Niederungsgebieten und deren Einzugsgebieten liegen derzeit keine umfassenden Erkenntnisse vor.

Insgesamt dürfte aufgrund der Zunahme der Niederschläge im Winterhalbjahr mit größeren Abflussmengen im Winter und Frühjahr zu rechnen sein. Dementsprechend wachsen die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Entwässerungssysteme und die Beaufschlagung verfügbarer Retentionsräumen zur Speicherung. Veränderungen im Abflussregime resultieren ebenfalls aus der zukünftigen Entwicklung des Vorkommens von Schnee und Eis im Winter.

Die Anforderungen an die Dimensionierung von Retentionsräumen wachsen im Besonderen in sielentwässerten Systemen. Durch zukünftig vermutlich höhere Abflussmengen in den Wintermonaten und einer gleichzeitigen Erhöhung des Tideniedrigwassers mit einer damit einhergehenden Verkürzung der möglichen Sielzeiten wird es ohne eine Anpassung der Bemessungsansätze in Zukunft zu einer Häufung von kritischen Systemzuständen kommen.

Die Wasserwirtschaftsverwaltung wird daher in den kommenden Jahren Projekte initiieren, in denen die notwendige Anpassung von Bemessungsansätzen an die veränderten Rahmenbedingungen erarbeitet wird.

In den Sommermonaten können aufgrund geringerer Niederschlagsmengen bei einer gleichzeitigen Konzentration auf kurze intensive Niederschlagsereignisse in der Gesamtheit länger anhaltende Niedrigwasserperioden auftreten. Daraus entstehen erhöhte Anforderungen an das Wasserstandsmanagement in den Niederungsgebieten, um einerseits bewässerungsbedürftige landwirtschaftliche Nutzungen zu ermöglichen und zum anderen Naturschutzgebiete bzw. feuchte naturnahe Standorte zu erhalten.

5.1.3 Meereswasserspiegel, Tidedynamik, Sturmfluten

Die Höhe des Meerwasserspiegels ist entscheidend für die Möglichkeiten der Entwässerung von Niederungsgebieten durch Sielbetrieb, Schöpfwerke oder in Kombination aus Siel und Spitzenlastschöpfwerk. In Verbindung mit dem mittleren Meereswasserspiegel bestimmt die Tidedynamik (charakterisiert durch Tidehoch- und Tideniedrigwasser sowie Ebbe- und Flutdauer) die Möglichkeiten einer Entwässerung im freien Gefälle durch ein Siel. Die Dauer und Intensität von Sturmfluten sind entscheidend für die Ausprägung von Kettentiden, die zu erhöhten Sperrzeiten von Sielen und Anforderungen an Speicherraum führen. In Folge von Sturmfluten kann mit extremen Wasserständen die geodätische Förderhöhe von Schöpfwerken überschritten werden und somit die Binnenentwässerung außer Betrieb setzen.

Satellitenmessungen der letzten 15 Jahre (Stefan Rahmstorf 2007) ergeben einen mittleren globalen Meeresspiegelanstieg von 3,3 mm/J, was eine etwaige Verdoppelung des Säkularanstieges im letzten Jahrhundert bedeutet. An den Pegeln der deutschen Nord- und Ostseeküste ist diese Beschleunigung allerdings (noch) nicht nachweisbar (Hofstede, J. 2007). Für den Zeithorizont 2030 muss jedoch – auch an den deutschen Küsten – mit einer Beschleunigung gerechnet werden. Basierend auf diesen Überlegungen wird als Szenario für den Zeitraum 2010 bis 2030 ein mittlerer Meeresspiegelanstieg von 7 cm bzw. 3,5 mm/J vorgeschlagen (Abb. 23). Im vierten Klimabericht des (IPCC 2007) wird ein global gemittelter Meeresspiegelanstieg zwischen 20 und 80 cm (1,8 bis 7,3 mm/J) für den Zeitraum 1990 bis 2100 projiziert. Neuere Veröffentlichungen (Horton u. a. 2008, Grinsted u. a. 2010, Vermeer & S. Rahmstorf 2009) liegen jedoch mit Werten zwischen 50 und 140 cm bzw. 4,5 und 12,7 mm/J deutlich höher. Grund ist der vermutete höhere Beitrag der (schmelzenden) Landeiskappen auf Grönland und in der Westantarktis. Basierend auf diesen Überlegungen wird der Maximalwert des (IPCC 2007) mit 80 cm für den Zeitraum 1990 bis 2100 als Szenario vorgeschlagen. Unter Zugrundelegung des Säkularanstieges für den Zeitraum 1990 bis 2010 (1,5 mm/J) und des obigen Szenarios für den Zeitraum 2010 – 2030 (3,5 mm/J) ergibt sich für den Zeitraum 2030 bis 2100 ein Anstieg von 70 cm bzw. 10 mm/J (siehe Abb. 23).

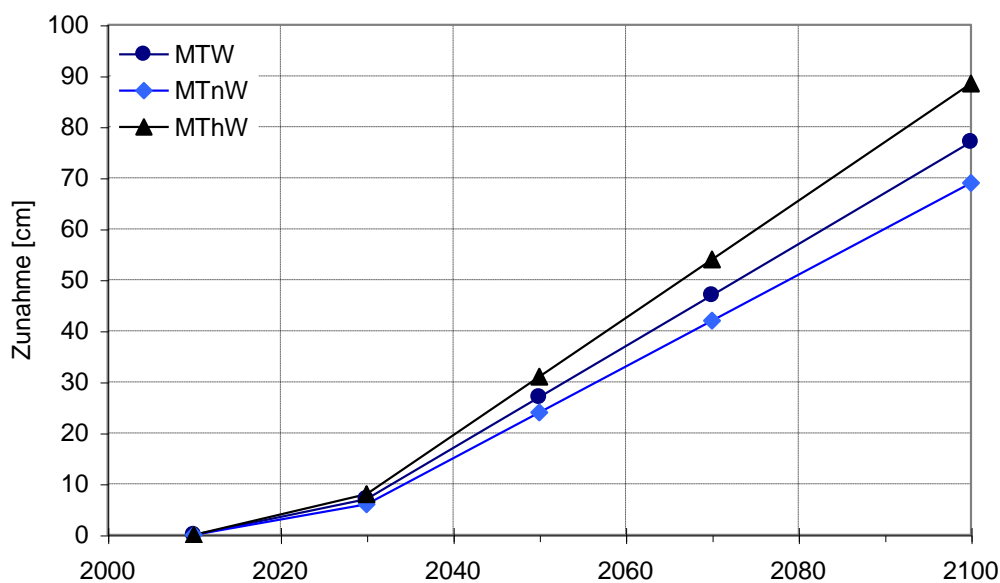


Abb. 23: Szenarien für mittleren Meeresspiegel (MTW) und Tidekennwerte (MThw und MTnw) an der Nordseeküste für den Zeitraum 2010 bis 2100 (Hofstede 2009)

Durch den Meeresspiegelanstieg bedingte Änderungen der Tidedynamik wurden unter anderem durch Hoyme & Zielke (2001) und Plüß (2004) untersucht. Nach deren Modellrechnungen (bei nicht geänderter Topografie) nimmt das mittlere Tideniedrigwasser (MTnw) unterproportional, das mittlere Tidehochwasser (MThw) überproportional zum mittleren Meeresspiegelanstieg zu. Als Faustwert wird angesetzt, dass der MTnw-Anstieg 90%, der MThw-Anstieg 115% des MTW-Anstieges beträgt. Für den Zeitraum 2010 – 2030 ergibt sich somit ein MTnw-Anstieg von 6 cm und ein MThw-Anstieg von 8 cm, für den Zeitraum 2030 – 2100 ein MTnw-Anstieg von 63 cm und ein MThw-Anstieg von 81 cm (Abb. 23). Entsprechend nimmt der mittlere Tidenhub um 2 cm (2010 – 2030) bzw. 18 cm (2030 – 2100) zu. Die derzeitigen MThb-Werte liegen zwischen etwa 180 cm (List) und 350 cm (Husum, St. Pauli).

Der vierte UNO-Klimabericht (IPCC 2007) enthält kaum Aussagen bezüglich künftiger Sturmflutwasserstände. Es wird lediglich eine Verlagerung der Sturmzugbahnen mit nicht näher beleuchteten Änderungen im Windklima in Richtung Polen projiziert. Der im letzten halben Jahrhundert beobachtete Trend würde sich entsprechend fortsetzen. Das Forschungszentrum GKSS Geesthacht hat für die Nordseeküste Modellrechnungen zu künftigen Sturmflutwasserständen veröffentlicht (Woth 2006). Demnach könnten die Windstauwerte am Ende dieses Jahrhunderts im Vergleich zum Ende des letzten Jahrhunderts in der inneren Deutschen Bucht um maximal 40 cm ansteigen, in der Tideelbe (St. Pauli) bis 63 cm. Die Aussagen sind allerdings mit großen Unsicherheiten behaftet, und sie sind mit den bisher beobachteten Windstauwerten (bis maximal 4,5 m) und der bisherigen Entwicklung der Sturmflutwasserstände in Relation zu setzen Hofstede (2007). Für die deutsche Ostseeküste hat die Wissenschaft bisher keine Sturmflutszenarien veröffentlicht. Die Beobachtungen aus der Vergangenheit lassen keine Aussagen zur künftigen Entwicklung zu.

5.1.4 Morphologie

Die zu erwartende morphologische Entwicklung richtet sich nicht nur nach den Absolutwerten, sondern insbesondere auch nach der jährlichen Rate der hydrologischen Änderungen. Eine trilaterale Expertengruppe (CPSL 2001, CPSL 2005) geht davon aus, dass eine jährliche Meeresspiegelanstiegsrate von etwa 5 mm durch Materialumlagerungen im Wattenmeer (von der Außenküste und aus den Tiderinnen zu den Wattflächen) ausgeglichen werden kann. Das heißt, bis zu dieser Rate wächst das Watt mit. Für die Festlandssalzwiesen liegt dieser Wert mit 10 bis 15 mm/J noch deutlich höher.

Basierend auf diesen Überlegungen ist für den Zeitraum 2010 – 2030 damit zu rechnen, dass sich die bisherigen morphologischen Tendenzen im Bereich der Vorfluter (Aufschlickung) fortsetzen. Die geringfügige Zunahme der Tidedrömungsgeschwindigkeiten infolge der MThb-Zunahme reicht für eine Ausräumung der Vorfluter nicht aus. Die deichnahen Wattflächen und Salzwiesen werden weiterhin generell aufwachsen; lokale Abweichungen vom Trend sind natürlich möglich.

Etwa um die Mitte des Jahrhunderts ist durch die zunehmende Meeresspiegelanstiegsrate mit einer morphologischen Trendwende zu rechnen. Die Materialumlagerungen reichen insgesamt nicht mehr aus, um den beschleunigten Meeresspiegelanstieg durch Ablagerungen auf den Wattflächen auszugleichen (CPSL 2001, CPSL 2005).

Während die Wattflächen somit langfristig unter MT_{nw} absinken, werden die (durch Lahnungen geschützten) Deichvorländer durch die Sediment einfangende Wirkung der Vegetation mitwachsen. In der Kombination ist mit einer Entwicklung in Richtung Küstenlagunen zu rechnen. Eine Folge ist, dass die Tidewassermengen nicht mehr durch die Tiderinnen, sondern vermehrt über die nunmehr sublitoralen Wattflächen transportiert werden. Tiderinnen werden als solche nicht mehr benötigt und sedimentieren zu (trotz zunehmendem M_{Thb}, siehe Tab. 1). Dies gilt entsprechend für die Vorfluter im deichnahen Wattbereich, wohl weniger für die im Vorlandbereich.

In der Konsequenz ist für den Zeitraum 2030 – 2100 damit zu rechnen, dass die Salzwiesen mit dem Meeresspiegelanstieg mitwachsen. Voraussetzung für deren Überdauern ist jedoch die Vermeidung (durch Lahnungen) von Kantenerosion. Die Wattflächen werden generell unter MT_{nw} absinken; lokale Abweichungen vom Trend sind natürlich möglich (z.B. wo übermäßig viel Sediment zur Verfügung steht wie in der Tümlauer Bucht). Die Vorfluter, insbesondere die im Bereich der Wattflächen, werden zunehmend verlanden.

5.2 Analyse von Klimaszenarien und Ermittlung des Anpassungsbedarfs

Auf Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse über die mögliche zukünftige Entwicklung der für die Entwässerung der Niederungsgebiete wesentlichen Faktoren wird im Folgenden beispielhaft für den Anstieg des Meeresspiegels sowie des Th_w und T_{nw} ein Entwicklungsszenario für die Planungshorizonte 2030, 2050 und 2070 aufgestellt. Für dieses Szenario Meeresspiegelanstieg werden in einem weiteren Schritt die Auswirkungen auf die Entwässerung der Niederungsgebiete abgeschätzt und der Anpassungsbedarf ermittelt. Des Weiteren wird eine Einschätzung der Entwicklung der Entwässerungsstrukturen (Entwässerungsverfahren) vorgenommen und die für dieses Entwicklungsszenario zu erwartende Entwicklung der Unterhaltungsaufwendungen für die Entwässerung der Niederungsgebiete quantifiziert.

5.2.1 Szenario Meereswasserspiegelanstieg

Prognose Veränderung der Entwässerungsstrukturen

Auf Grundlage der in Abb. 23 dargestellten Szenarien für die Entwicklung des mittleren Meereswasserspiegels und der Tidekennwerte MThw und MTnw werden ausgehend von den aktuellen mittleren Kennwerten, MThw und MTnw an der Westküste und MW an der Ostküste Schleswig-Holsteins, die zukünftig für die Prognosehorizonte 2030, 2050 und 2070 jeweils zu erwartenden Kennwerte berechnet. In Abb. 24 sind die verwendeten Bezugspegel an Nord- und Ostseeküste und die jeweils zugeordneten Niederungsgebiete dargestellt. In Dok. 4 sind die aktuellen (Bezugsjahr 2010) Wasserstandswerte sowie die aufgrund des definierten Szenarios für die Jahre 2030, 2050 und 2070 prognostizierten Wasserstände zusammengestellt.

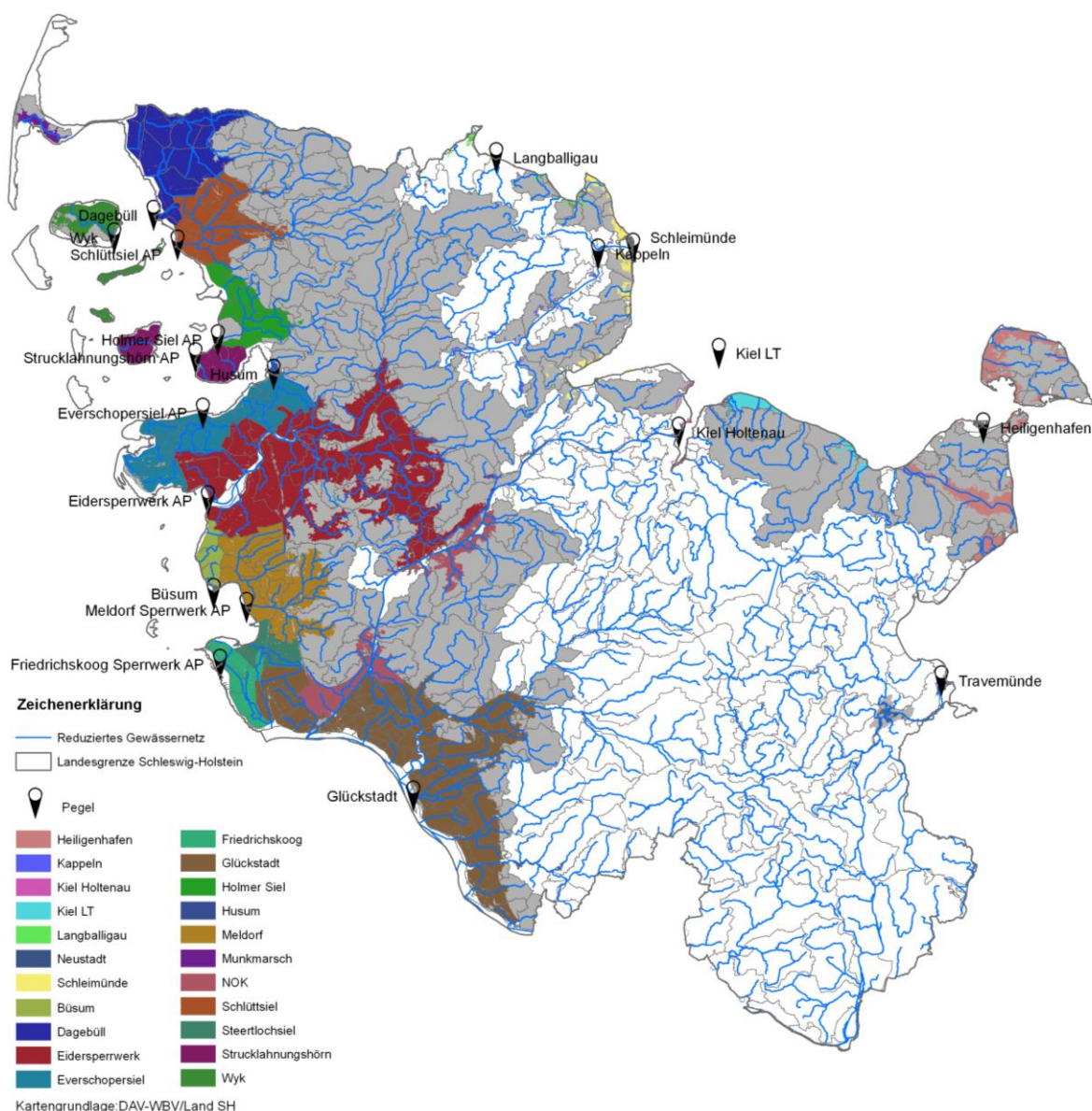


Abb. 24: Bezugspegel Nord- und Ostsee und zugeordnete Niederungsbereiche

Der angenommene Anstieg der MThw, MTnw und MW-Werte wirkt sich auf die Möglichkeiten der Entwässerung der Niederungsgebiete aus. Für Teilgebiete, die zum aktuellen Zeitpunkt frei oder durch Sielbetrieb bzw. in Kombination aus Siel und Spitzenlastschöpfwerk entwässert werden können, besteht ein Risiko, dass diese Entwässerungsverfahren zukünftig nicht mehr durchführbar sind und die veränderten Randbedingungen eine Anpassung der Entwässerungsstrukturen notwendig machen.

Die Entwässerung der Teilgebiete im freien Gefälle, durch Sielbetrieb oder durch die Kombination aus Siel und Spitzenlastschöpfwerk setzt ein Mindestmaß einer Höhendifferenz zwischen Meereswasserspiegel (MTnw bzw. MW) und der für den wasserwirtschaftlichen Betrieb erforderlichen Entwässerungstiefe voraus.

Anhand einer Analyse der für die Teilgebiete mit den unterschiedlichen Entwässerungsstrukturen bestehenden Wasserspiegeldifferenzen wurden gegenwärtig vorhandene Grenzen für die Möglichkeiten einer Entwässerung im freien Gefälle, einer Entwässerung durch Sielbetrieb sowie einer Entwässerung durch Sielbetrieb in Kombination mit einem Spitzenlastschöpfwerk ermittelt.

Zu diesem Zweck wurden die einzelnen Teilgebiete hinsichtlich der Differenz zwischen den mittleren Außenwasserständen (definiert durch den Bezugspegel) und der mittleren erforderlichen Entwässerungstiefe (dh) ausgewertet. An der Nordseeküste ist der MTnw-Wert des Bezugspegels für die Außenwasserstände maßgeblich. An der Ostseeküste wird der mittlere Wasserstand (MW) des Bezugspegels herangezogen. Die mittlere erforderliche Entwässerungstiefe in einem Teilgebiet wird näherungsweise durch die mittlere Geländehöhe des Teilgebiets abzüglich eines mittleren Abstands des Wasserstands von der Geländeoberfläche von 1,2 m angenommen (siehe Gleichung (3)).

In den Niederungen der Eider-Treene-Sorge-Niederung sind die tatsächlichen Entwässerungstiefen geringer. Sie liegen im Mittel zwischen 0,7 m und 1 m, teilweise darunter. Diese Flächen werden heute bereits geschöpft.

Grundsätzlich sind für diese Auswertung die relativen Unterschiede in den Höhendifferenzen zwischen den Teilgebieten von Bedeutung. Das festgelegte Entwässerungsniveau ist daher im Prinzip nur eine Rechengröße.

$$dh = MTnw - (mH - 1,2 \text{ m}) \quad (3)$$

Mit:

$MTnw$ Mittleres Tideniedrigwasser am Bezugspegel (an der Ostküste MW)

mH Mittlere Geländehöhe im Teilgebiet

Das Ergebnis dieser Auswertung ist in Abb. 25 in Form von Kurven einer kumulierten Unterschreitungswahrscheinlichkeit der Höhendifferenzen ($P(X < dh)$) für die verschiedenen Entwässerungsstrukturen dargestellt. An der Westküste existieren keine relevanten Teilgebiete, die im freien Gefälle entwässert werden.

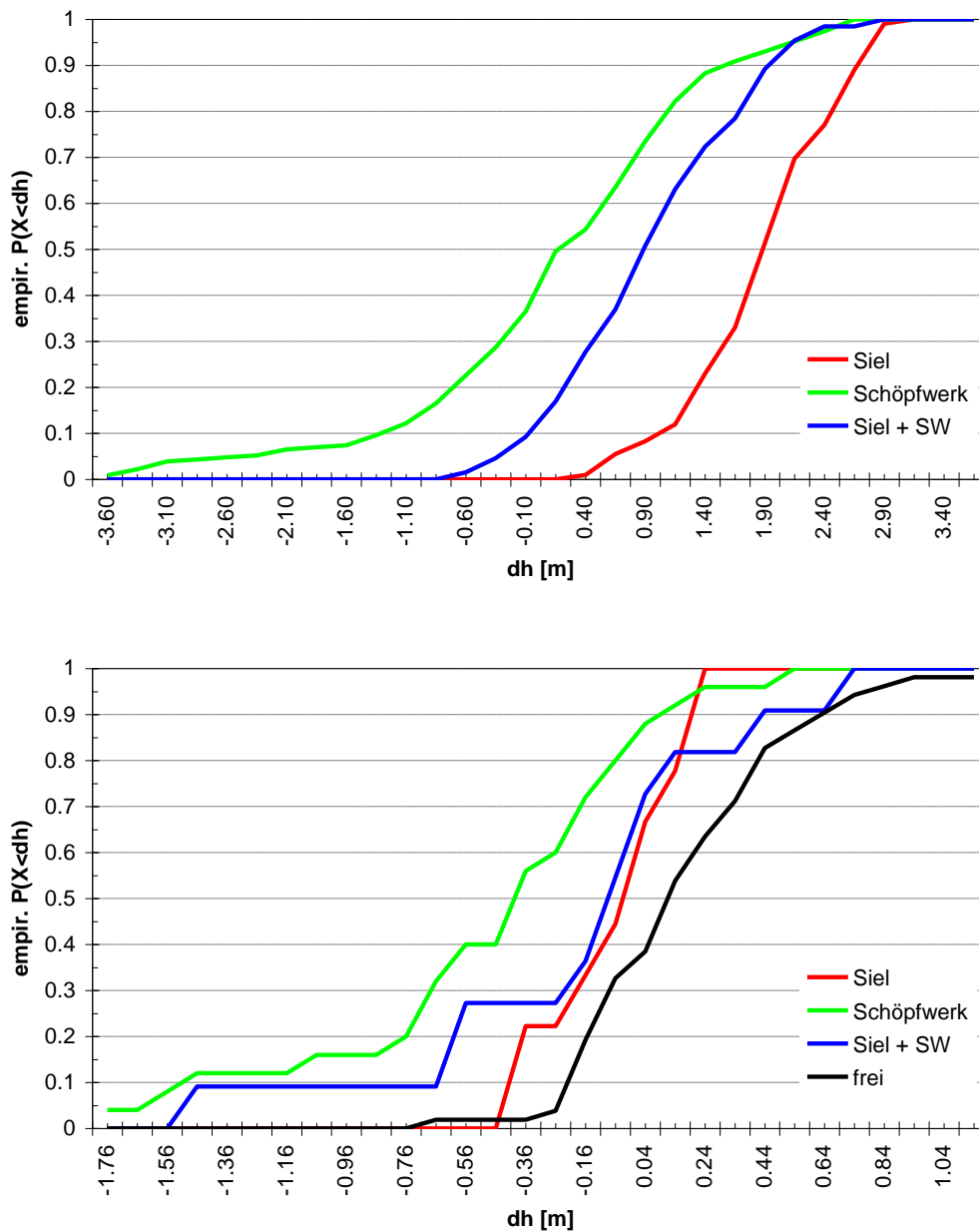


Abb. 25: Kumulative Unterschreitungswahrscheinlichkeiten ($P(X < dh)$) von Höhenunterschieden (dh) für verschiedene Entwässerungsstrukturen (Teilgebiete Westküste oben, Teilgebiete Ostküste unten)

Aus dieser Darstellung ist zu entnehmen, dass z.B. für eine Sielentwässerung an der Westküste für 90% der durch Siele entwässerten Teilgebiete ein rechnerischer Höhenunterschied (dh) zwischen dem Bezugspegel und der rechnerisch erforderlichen Entwässerungstiefe von mindestens rd. 1,1 m vorhanden ist. Umgekehrt ist eine Entwässerung im Sielbetrieb bei geringeren Höhendifferenzen vergleichsweise unwahrscheinlich.

Die nach diesem Schema aus dieser Auswertung abgeleiteten Grenzen der erforderlichen Höhendifferenzen für die Möglichkeit einer Entwässerung mit den verschiedenen Verfahren sind in Tab. 9 zusammengestellt.

Tab. 9: Grenzen für erforderliche Höhendifferenzen für die Entwässerung mit verschiedenen Verfahren mit einer Unterschreitungswahrscheinlichkeit von 10 Prozent

	Entwässerungsverfahren		
	frei	Siel	Siel + Spitzenlastschöpfwerk
Westküste	-	1,1 m	-0,1 m
Ostküste	-0,1 m	-0,4 m	-0,6 m

Auf Grundlage dieser Zusammenhänge wurden die aus dem Szenario für den Meeresspiegelanstieg resultierenden Höhenunterschiede zwischen MTnw 2030, MTnw 2050 und MTnw 2070 bzw. MW 2030, MW 2050, MW 2070 und dem unveränderten Bezugshorizont für die erforderliche Entwässerungstiefe für alle Teilgebiete berechnet. Durch Anwendung der in Tab. 9 genannten Grenzen wurden die Teilgebiete identifiziert, für die eine Anpassung der Entwässerungsstruktur wahrscheinlich erforderlich wird.

Im Rahmen dieser überblicksweisen Untersuchung wurde vereinfachend angenommen, dass Niederungsteilgebiete, für die eine Anpassungserfordernis der Entwässerungsstruktur festgestellt wird, als Schöpfwerksgebiete ausgebaut werden. Neben dieser Maßnahme bestehen selbstverständlich weitere Handlungsoptionen. Hinweise zu Wirkprinzipien sowie Anwendungsmöglichkeiten verschiedener Maßnahmen sind in Form eines Maßnahmenkatalogs in Anl. 5 zusammengestellt. Für jedes Teilgebiet bzw. Einzugsgebiet sollte im Zuge einer weiterführenden Detailbetrachtung eine optimale Lösung dahingehend erarbeitet werden, dass alternative Handlungsoptionen z.B. zur Wasserstandsregelung, angepassten Landnutzung oder Speicherbewirtschaftung einbezogen werden.

Die Ergebnisse sind anhand von Karten in den Abb. 26 bis Abb. 28 aufbereitet, die die Entwässerungsstrukturen der Teilgebiete für die betrachteten Prognosehorizonte unter dem Szenario Meeresspiegelanstieg darstellen.

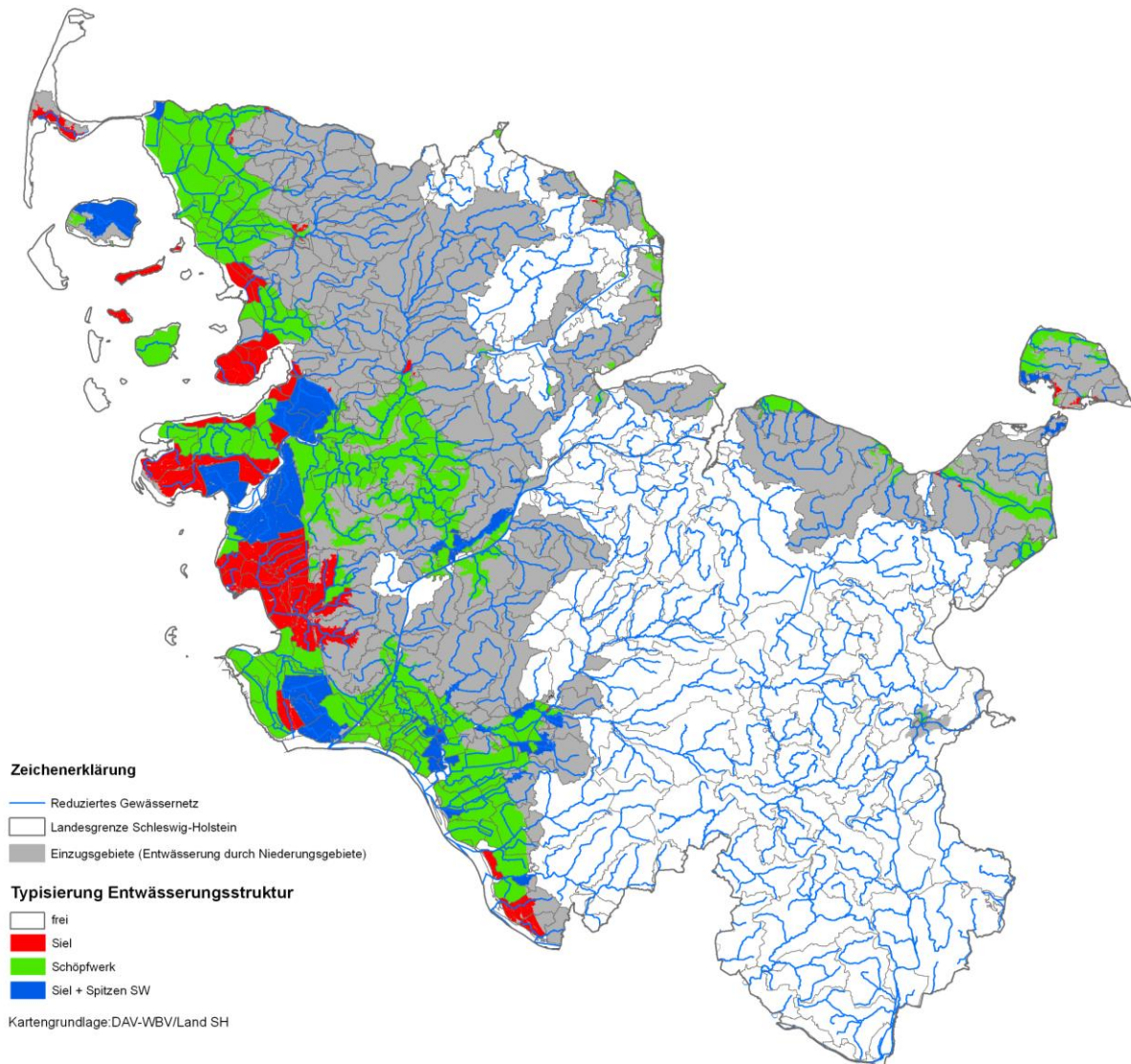


Abb. 26: Szenario Meeresspiegelanstieg: Prognose der Entwässerungsstrukturen in Niederungsgebieten für das Jahr 2030¹

Im Vergleich zur aktuellen Situation der Entwässerungsstrukturen in den Niederungsgebieten (Bezugsjahr 2010) entstehen bis zum Jahr 2030 einige Anpassungserfordernisse. An der Westküste sind davon voraussichtlich die Hattstetter Marsch und die angrenzenden Köge, die Sielverbände Tetenbüllspieker und Rothenspieker auf Eiderstedt und die Niederungsflächen oberhalb von Lexfähre im Eider-Treene-Gebiet, in Dithmarschen der Sielverband Mieltal, das Einzugsgebiet Steertlochsiel, die Sielverbände Dieksander Koog, Friedrichskoog, Neufeld, Kaiser-Wilhelm-Koog, Kronprinzenkoog und in den Elbmarschen die Sielverbände bzw. Wasser- und Bodenverbände Vaaler Moor, Harrwettern, in Teilen Hollerwettern-Humsterdorf, Kremper Au und Kollmar betroffen.

An der Ostküste sind die Niederungen an der Lippingau, und im Bereich der WBV am Noor, DEV Probstei, GUV Panker-Behrendorf, DEV Klostersee und bei Lübeck davon berührt.

¹Neben dem Anstieg des Meeresspiegels kann die Veränderung weiterer Faktoren zu Anpassungserfordernissen in der Entwässerungsstruktur der Teilgebiete führen, z.B. kann das Auftreten von Starkniederschlägen bereits heute und zukünftig zu Entwässerungsproblemen führen. Diese und weitere Aspekte sollten im Rahmen weitergehender Untersuchungen auf Einzugsgebietsebene betrachtet werden.

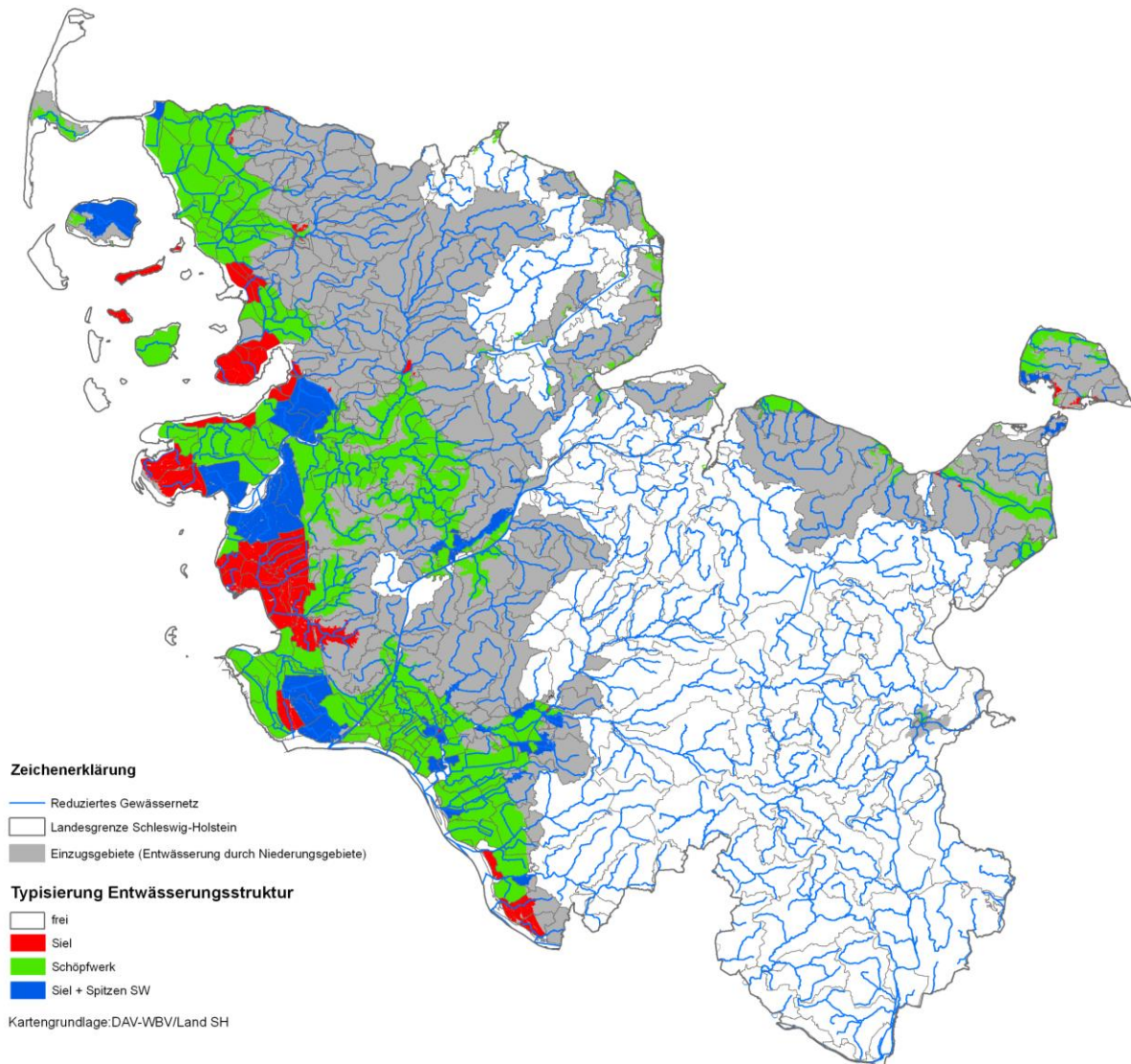


Abb. 27: Szenario Meeresspiegelanstieg: Prognose der Entwässerungsstrukturen in Niederungsgebieten für das Jahr 2050¹

Die Einschätzung der weiteren Entwicklung bis zum Jahr 2050 deutet auf erforderliche Veränderungen an der Westküste in den Gebieten des DSV Nösse auf Sylt, die Sielverbände Spuitsiel und Norderwasserlösung auf Eiderstedt, in Dithmarschen die Sielverbände Nordermiele und Südermiele sowie im Bereich Wilstermarsch im SV Beidenfleth und verschiedenen weiteren kleineren Teilgebieten hin.

An der Ostküste deuten sich Anpassungserfordernisse in vielen Niederungsgebieten direkt an der Ostseeküste und der Schlei sowie in den Bereichen von Münkbrarup Au-Schwennau, Langballigau, Hunnau Lehbeker-Au, den Angelter Auen, Osterbek, Aschau und der Stadt Heiligenhafen an.

¹Neben dem Anstieg des Meeresspiegels kann die Veränderung weiterer Faktoren zu Anpassungserfordernissen in der Entwässerungsstruktur der Teilgebiete führen, z.B. kann das Auftreten von Starkniederschlägen bereits heute und zukünftig zu Entwässerungsproblemen führen. Diese und weitere Aspekte sollten im Rahmen weitergehender Untersuchungen auf Einzugsgebietsebene betrachtet werden.

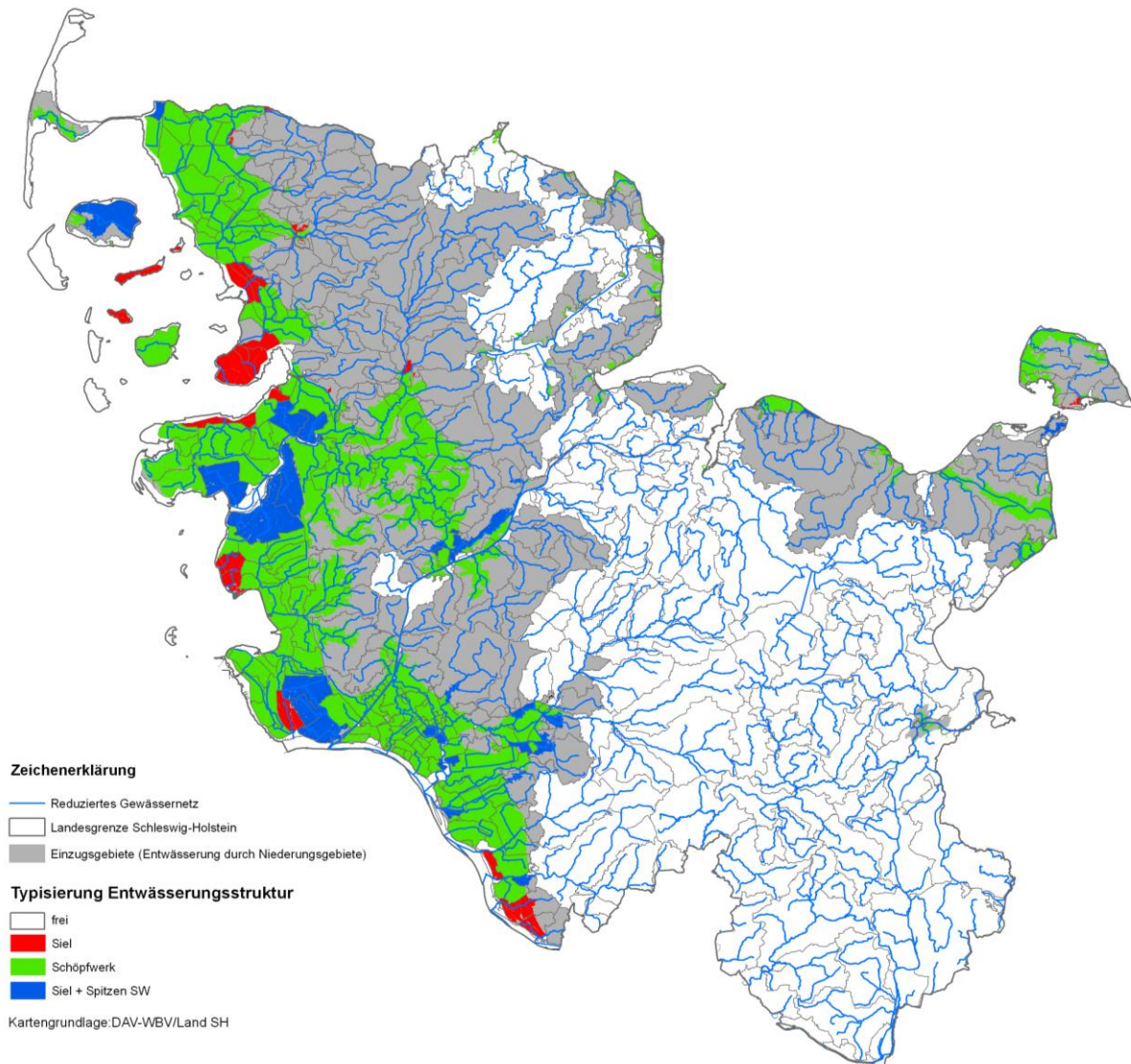


Abb. 28: Szenario Meeresspiegelanstieg: Prognose der Entwässerungsstrukturen in Niederungsgebieten für das Jahr 2070ⁱ

Die Prognose bis zum Jahr 2070 zeigt im Weiteren Veränderungen für den Bereich SV Südermarsch, Finkhaushallig und DSV Husum Nord, die Gebiete Tümlauer Koog-Schleuse und Esthensiel auf Eiderstedt, das Einzugsgebiet des Speicherkoogs Nord in Dithmarschen und im Bereich der Elbmarschen für die Sielverbände Hollerwettern-Humsterdorf und Hodorf sowie DuSV Münsterdorf und Grönhude.

An der Ostküste sind die Niederungsgebiete in den Bereichen Boren, Koseler Au, WBV Oldenburg und WBV Sulsdorf und Teschendorf sowie WBV Fehmarn-Nord-Ost auf Fehmarn betroffen. Zudem sind weitere Niederungsflächen bei der Stadt Lübeck und in Lippingau betroffen.

ⁱNeben dem Anstieg des Meeresspiegels kann die Veränderung weiterer Faktoren zu Anpassungserfordernissen in der Entwässerungsstruktur der Teilgebiete führen, z.B. kann das Auftreten von Starkniederschlägen bereits heute und zukünftig zu Entwässerungsproblemen führen. Diese und weitere Aspekte sollten im Rahmen weitergehender Untersuchungen auf Einzugsgebietsebene betrachtet werden.

Die Ergebnisse dieser Entwicklungsprognose hängen von den Folgerungen und Annahmen zu der Notwendigkeit eines Schöpfwerkbetriebs für die Entwässerung der Niederungsgebiete ab. Weiterhin führt die Anwendung fester Grenzwerte (siehe Tab. 9) zu einem stark differenzierten Ergebnis. In Verbindung mit den in den Abb. 25 dargestellten Zusammenhängen nimmt die Wahrscheinlichkeit beispielsweise einer Sielentwässerung über die Prognosehorizonte bis zum Jahr 2070 stetig ab und liegt in den im Jahr 2070 verbleibenden Sielgebieten vielfach nur geringfügig über dem angesetzten Grenzwert, z.B. SV Nordstrand 8%, SV Neufeld, Wedeler Außendeich und Hetlingen rd. 12 %.

Das gezeichnete Bild stellt somit eine im Rahmen der getroffenen Annahmen (Ausmaß Anstieg Meeresspiegels und Kennwerte, Grenzwerte für Entwässerungsverfahren, Umwandlung in Schöpfwerksgebiete als ausschließliche Handlungsoption) mögliche zukünftige Entwicklung der Entwässerungsstrukturen in den Niederungsgebieten dar.

Die Entwicklung der Flächenanteile der verschiedenen Entwässerungsstrukturen in den Niederungsgebieten über die betrachteten Prognosehorizonte sind in dem Diagramm in Abb. 29 abgebildet.

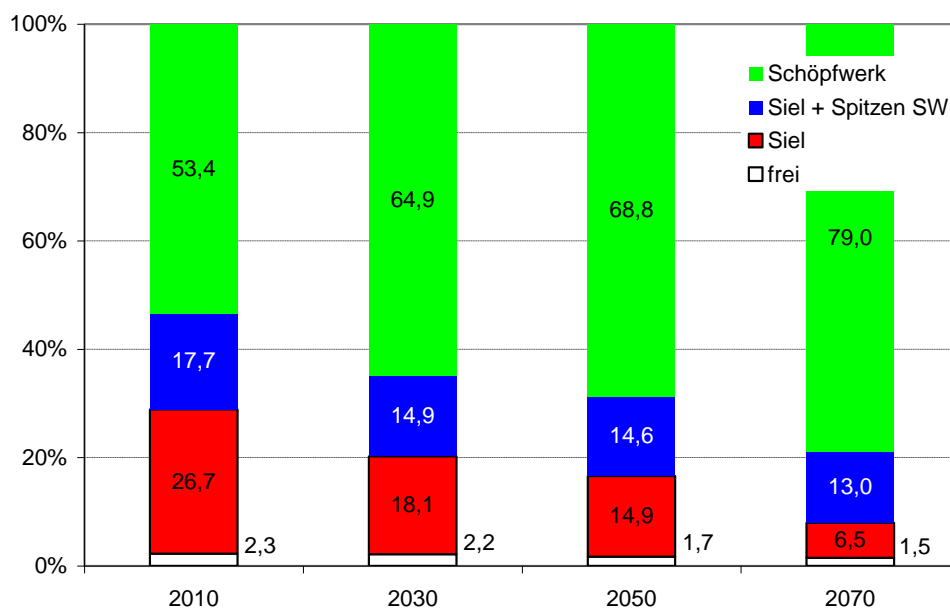


Abb. 29: Szenario Meeresspiegelanstieg: Entwicklung der prozentualen Flächenanteile verschiedener Entwässerungsstrukturen in den Niederungsgebieten ausgehend vom Jahr 2010 über die Jahre 2030, 2050 und 2070

Aus der Darstellung ist grundsätzlich die stetige Ausdehnung der durch Schöpfwerksbetrieb zu entwässernden Flächen ersichtlich. Bis zum Jahr 2070 wurde eine Flächenzunahme um rd. 25 % erwartet. Wobei die deutlichste Veränderung bei Niederungsgebieten, die durch Siele entwässert werden, stattfindet (Abnahme um rd. 20 %). Im zeitlichen Verlauf ist der stärkste Zuwachs an Schöpfwerksgebietsflächen bis zum Jahr 2030 zu erwarten (Zunahme rd. 11,5 %). Eine weitere ausgeprägte Zunahme (Zunahme rd. 11 %) erfolgt wiederum zwischen den Prognosehorizonten 2050 und 2070.

In Kapitel 4.1.1 wurde auf die Bedeutung der an die Niederungsgebiete angeschlossenen Einzugsgebiete für die Entwässerungsstrukturen der Niederungsgebiete hingewiesen. Vor diesem Hintergrund wirken sich die dargestellten Veränderungen der Entwässerungsstrukturen auch auf die jeweiligen Einzugsgebiete aus, deren Abflüsse durch die Niederungsgebiete abgeführt werden bzw. die die Entwässerungsrandbedingungen der Niederungsgebiete beeinflussen. In den Anl. 6.1, 6.2 und 6.3 sind die ermittelten Anpassungen auf Ebene der Einzugsgebiete dargestellt. Dieser Zusammenhang unterstreicht die räumliche Bedeutung der Auswirkungen über das Untersuchungsgebiet der Niederungsgebiete hinaus.

Die Einzugsgebiete des Bongsieler Kanals und der Treene sind an dieser Stelle gesondert anzusprechen.

Im Fall des Bongsieler Kanals werden die im Geestteil des Einzugsgebiets entstehenden Abflüsse durch die Niederungsbereiche durchgeleitet und durch das Siele in Schlüttsiele in die Nordsee entwässert. Die angrenzenden Niederungsgebiete entwässern zumeist über Schöpfwerke in die Durchleitungsgewässer. Aufgrund der großen mittleren Geländehöhen (rd. 2 mNN) der Teilgebiete, die noch zum Untersuchungsgebiet der Niederungen gehören, werden mit der gewählten Methode zur Abschätzung des Anpassungsbedarfs (siehe Gleichung (3)) die kritischen Grenzen für eine Sieleentwässerung nicht unterschritten. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Wasserspiegelgefälle im Unterlauf der Durchleitungsgewässer aufgrund des Meeresspiegel- bzw. MTnw-Anstiegs abnehmen und die hydraulische Leistungsfähigkeit dieser Gewässer herabsetzen und den verfügbaren Speicherraum reduzieren wird. Als weiterer Effekt verändern sich die Randbedingungen für die Entwässerung der angeschlossenen Schöpfwerksgebiete, die bei Sturmfluten oder Binnenhochwasser mit Einschränkungen für die Gebietsentwässerung rechnen bzw. einen gesteigerten Aufwand erwarten müssen. Eine weiterführende hydraulische Bewertung der zukünftigen Situation und Ableitung von erforderlichen und geeigneten Anpassungsmaßnahmen sollte im Rahmen einer detaillierten Untersuchung auf Grundlage von J. Jensen & Frank (2005) vorgenommen werden.

Die Abflüsse aus dem Geestteil des Einzugsgebiets der Treene fließen bei Friedrichstadt durch ein Siel in die Eider. Im Unterlauf der Treene wird eine Vielzahl von Niederungsteilgebieten durch Schöpfwerksbetrieb in die Treene entwässert. Ähnlich wie im Einzugsgebiet des Bongsieler Kanals wird die zukünftige hydraulische Leistungsfähigkeit der Treene durch die MTnw-Wasserstände in der Nordsee (Eidersperrwerk) und somit in der Tideeider bestimmt. Eine Abnahme des Wasserspiegelgefälles kann zu Einschränkungen bis hin zur Aufgabe der Sielentwässerung der Treene führen. In gleicher Weise kann die freie Entwässerung der mittleren Eider über die Schleuse Nordfeld beeinträchtigt werden. Die zukünftige Situation wird zusätzlich durch die stetige und fortgesetzte Versandung der Tideeider verschärft. Als Anpassungsmaßnahmen sind Spitzenlastschöpfwerke für die Treene bei Friedrichstadt und die Mitteleider bei Nordfeld oder für die Eider am Eidersperrwerk in Erwägung zu ziehen. Alternativ wären größere Polder zur Zwischenspeicherung einzurichten. Aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren, der komplexen Wirkungszusammenhänge im wasserwirtschaftlichen System von Eider und Treene sowie der bedeutsamen Randbedingungen, ist die Frage nach einer optimalen Anpassungsstrategie für dieses Gebiet nur im Zuge einer detaillierten einzugsgebietsbezogenen Untersuchung zu beantworten.

Die anhand der Beispiele Bongsieler Kanal und Treene erläuterten Problemlagen treten in ähnlicher Weise im kleineren Maßstab in den Einzugsgebieten der tidebeeinflussten Nebengewässer der Elbe Stör, Krückau und Pinnau auf.

Prognose Unterhaltungsaufwendungen

Als Folge der benannten Anpassungsmaßnahmen für die zukünftige Entwässerung der Niederungsgebiete ist ein Anstieg der Unterhaltungsaufwendungen zu erwarten. Im Rahmen dieser Untersuchung wird angesichts der großen bestehenden Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Preisentwicklungen auf eine Prognose der Preissteigerung für die einzelnen Positionen der Unterhaltungsaufwendungen (siehe Kapitel 4.4) verzichtet. Stattdessen wird unter der Annahme, dass die für die Jahre 2030, 2050 und 2070 jeweils abgeschätzten Veränderungen in der Entwässerungsstruktur bereits zum heutigen Zeitpunkt (Bezugsjahr 2010) zu bestreiten sind, die Entwicklung der Unterhaltungsaufwendungen eingeschätzt.

Es werden Steigerungen bezüglich der Schöpfwerksbetriebskosten (Stromkosten, Abschreibung und weitere Kosten) sowie der Investitionsbedarf für die Errichtung zusätzlicher Schöpfwerke ermittelt. Demgegenüber werden die Kosten in Verbindung mit dem Ausbau und der Anpassung von Gewässern nicht betrachtet. Die Aufwendungen für die Gewässer- und Deichunterhaltung werden daher unverändert aus dem Bezugsjahr auf die Prognosehorizonte übertragen.

Neben der Zunahme der Schöpfwerksgebietsflächen ist auch aufgrund des Anstiegs des mittleren Meereswasserspiegels mit einer Zunahme der zu überwindenden Förderhöhe zu rechnen. Zur Abschätzung dieser Auswirkung wurde für die bestehenden und in Zukunft zu erwartenden Schöpfwerksgebiete die erforderliche mittlere Förderhöhe für das Bezugsjahr 2010 und die Prognosehorizonte 2030, 2050 und 2070 ermittelt. Als mittlere Förderhöhe wurde die Differenz zwischen mittlerem Tidewasser ($MTW = MThw - MTnw$) an der Westküste bzw. dem mittleren Wasserstand (MW) an der Ostküste am jeweiligen Bezugspegel (siehe Abb. 24) und der erforderlichen Entwässerungstiefe im Teilgebiet (siehe Gleichung (3)), angenommen. Weiterhin wurde vereinfachend die mindestens vorhandene Förderhöhe auf 0,05 m festgelegt.

Die zukünftige Entwicklung der mittleren erforderlichen Förderhöhe wird aus den für die Bezugspegel im Rahmen des Szenarios Meereswasserspiegelanstieg prognostizierten Wasserständen berechnet (siehe Dok. 4).

In einem weiteren Schritt wurde die in Zukunft erforderliche Schöpfwerksleistung unter der Annahme ermittelt, dass die Schöpfwerksleistung mit dem Verhältnis der aktuellen und zukünftigen Förderhöhe proportional zunimmt (siehe Gleichung (4)). Diese Beziehung setzt voraus, dass die zu fördernden Abflussmengen konstant bleiben.

$$P_{20xx} = P_{2010} \cdot \frac{mFH_{20xx}}{mFH_{2010}} \quad (4)$$

Mit

P_{2010} Schöpfwerksleistung im Prognosejahr, z.B. 2030, 2050, 2070

P_{2010} Schöpfwerksleistung im Bezugsjahr 2010

mFH_{20xx} mittlere Förderhöhe im Prognosejahr, z.B. 2030, 2050, 2070

mFH_{2010} mittlere Förderhöhe im Bezugsjahr 2010

Die aktuelle Schöpfwerksleistung in den Niederungsgebieten ist im Prinzip aus der Erhebung der aktuellen Unterhaltungsaufwendungen bekannt (siehe Kapitel 4.4). Aus den dort genannten spezifischen Kosten für die Schöpfwerksentwässerung €/ha werden unter Ansatz eines mittleren Strompreises von 0,2 €/kWh die spezifischen Leistungen für die verschiedenen Schöpfwerkskategorien (kWh/ha) berechnet.

Auf dieser Grundlage wurden für die verschiedenen Prognosehorizonte die Stromkosten für die im Schöpfwerksbetrieb zu entwässernden Teilgebiete berechnet. Dabei wurden mehrfach geschöpfte Teilgebiete entsprechend berücksichtigt.

In Tab. 10 ist die Entwicklung der Schöpfwerksbetriebskosten (Stromkosten, Abschreibung und weitere Kosten) sowie der Investitionsbedarf für die Errichtung zusätzlicher Schöpfwerke zusammengestellt. Die Zunahme des Stromverbrauchs resultiert erstens aus der Zunahme der Schöpfwerksgebietsflächen (zusätzliche Schöpfwerksgebiete) und zweitens aus dem Anstieg der erforderlichen Förderhöhen.

Tab. 10: Szenario Meeresspiegelanstieg: Prognose Schöpfwerksbetriebskosten und Investitionsbedarf

Position		2010	2030	2050	2070
Stromkosten	[€]	2.411.890	3.725.362	6.340.930	10.296.637
Abschreibung Bestand	[€]	1.071.543	1.194.986	1.246.295	1.369.051
weitere Kosten	[€]	547.677	610.771	636.995	699.737
Zwischensumme	[€]	4.031.110	5.531.118	8.224.221	12.365.425
Investitionen	[€]	-	39.907.105	13.533.827	35.529.638
zusätzliche Abschreibungen	[€]	-	1.140.203	1.526.884	2.542.016
Gesamtsumme Betriebskosten	[€]	4.031.110	6.671.321	9.751.105	14.907.442

Der Investitionsbedarf wurde auf Grundlage der ermittelten zusätzlichen Schöpfwerksgebietsflächen innerhalb der Niederungsgebiete unter Ansatz eines spezifischen Investitionswertes von 1.100 € / ha berechnet. Die Abschreibungskosten für die zusätzlichen Anlagen gehen von einer Abschreibungsdauer von im Mittel 35 Jahren aus.

Abb. 30 enthält die Entwicklung der Unterhaltungsaufwendungen in den Niederungsgebieten ausgehend vom Bezugsjahr 2010 über die Jahre 2030, 2050 und 2070. Dabei wurden nur die Kostensteigerungen für den erhöhten Stromverbrauch und die weiteren Betriebskosten bestehender und zusätzlicher Schöpfwerke berücksichtigt. Das Diagramm enthält keine Kostenentwicklung für die Bereiche Gewässer- und Deichunterhaltung.

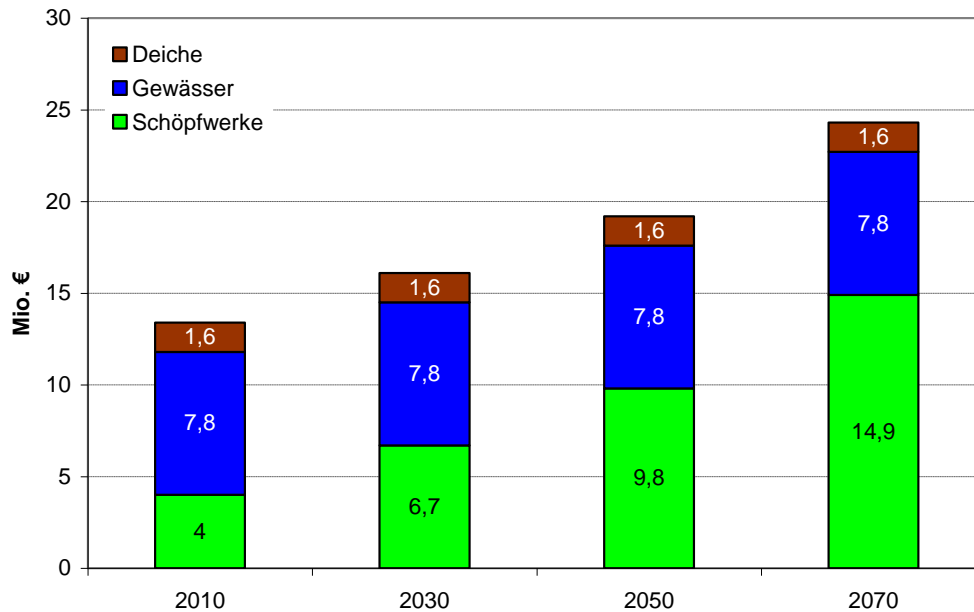


Abb. 30: Szenario Meeresspiegelanstieg: Entwicklung Unterhaltungsaufwendungen in den Niederungsgebieten für Gewässer- und Deichunterhaltung sowie Schöpfwerksbetrieb

Die Kosten für etwaige Großmaßnahmen z.B. der Bau von Schöpfwerken zur Entwässerung des Einzugsgebiets Bongsieler Kanal sowie des Einzugsgebiets der Mitteleider und Treene sind in dieser Zusammenstellung nicht enthalten. Nach einer überschlägigen fachlichen Einschätzung der zuständigen Deich- und Hauptsielverbände könnte eine Entwässerung der Treene und Mitteleider durch Sielbetrieb im Jahre 2050 nicht mehr ausreichend möglich sein. In Abhängigkeit der weiteren Entwicklung der Eiderversandung kann dies auch bereits früher eintreten. Für das Einzugsgebiet des Bongsieler Kanals ist bei den gegebenen Entwicklungen im Jahre 2070 damit zu rechnen, dass die Entwässerung auf Schöpfwerksbetrieb (zumindest unterstützend) umgestellt werden muss.

Im Gegensatz dazu liegt für die Einzugsgebiete der tidebeeinflussten Nebengewässer der Elbe Stör, Krückau und Pinnau keine Grobeinschätzung der zukünftigen Entwässerungsmöglichkeiten vor. Dies ist angesichts der vielfältigen Einflussfaktoren problematisch, die die Tidedynamik und Morphologie im Elbeästuar und den Nebengewässern bestimmen. Auf eine Abschätzung der Kosten von evtl. erforderlichen Schöpfwerken an den jeweiligen Sperrwerken wird daher verzichtet.

Die Kosten, die mit diesen Großmaßnahmen verbunden sind können an dieser Stelle nur überschlägig abgeschätzt werden. Die Investitionskosten werden mit einem spezifischen Investitionswert von 900 €/ha Einzugsgebietsfläche berechnet. Die Stromkosten und der Stromverbrauch werden auf Grundlage des mittleren spezifischen Stromkostenwertes von 11 €/ha veranschlagt. In Tab. 11 sind die zu Grunde gelegten Werte und die Ergebnisse der Kostenabschätzung für die genannten Großmaßnahmen zusammengestellt.

Tab. 11: Szenario Meereswasserspiegelanstieg: Prognose Schöpfwerksbetriebskosten und Investitionsbedarf Großmaßnahmen

Position		2050		2070		
		Treene	Mitteleider	Treene	Mitteleider	Bongsieler Kanal
Einzugsgebietsfläche	[ha]	79.317	94.857	79.317	94.857	73.194
Stromkosten	[€]	872.488	1.043.428	872.488	1.043.428	805.130
Abschreibung Bestand	[€]			2.039.583	2.439.181	
weitere Kosten	[€]	182.429	218.171	182.429	218.171	168.345
Zwischensumme	[€]	1.054.918	1.261.599	3.094.501	3.700.780	
Investitionen (900€/ha)	[€]	71.385.000	85.371.000	-	-	65.874.000
zusätzliche Abschreibungen	[€]	2.039.583	2.439.181	-	-	1.882.122
Gesamtsumme Betriebskosten	[€]	3.094.501	3.700.780	3.094.501	3.700.780	2.855.598

Die Realisierung der beiden Großschöpfwerke für die Entwässerung der Treene und der Mitteleider würden Investitionen im Jahr 2050 in Höhe von rd. 160 Mio. € erfordern. Die jährlichen Betriebskosten dieser Anlagen beliefen sich dann auf rd. 3,8 Mio. € (rd. 40 €/ha Einzugsgebietsfläche).

Im Jahr 2070 käme die Errichtung eines Schöpfwerks zur Entwässerung des Einzugsgebiets Bongsieler Kanal hinzu. Die Investitionssumme beträgt nach dieser Schätzung rd. 66 Mio. €. Die mittleren jährlichen Betriebskosten für diese Anlage summieren sich bezogen auf das Preisniveau des Bezugsjahres 2010 auf rd. 2,8 Mio. € (40 €/ha Einzugsgebietsfläche).

Das Diagramm in Abb. 31 enthält die Entwicklung der Unterhaltungsaufwendungen in den Niederungsgebieten ausgehend vom Bezugsjahr 2010 über die Jahre 2030, 2050 und 2070 sowie für die Großmaßnahmen Schöpfwerksentwässerung der Einzugsgebiete Treene, Mitteleider und Bongsieler Kanal. Dabei wurden nur die Kostensteigerungen für den erhöhten Stromverbrauch und die weiteren Betriebskosten bestehender und zusätzlicher Schöpfwerke berücksichtigt. Ab dem Jahr 2050 entstehen Kosten für den Betrieb der Großschöpfwerke an Treene und Mitteleider. Im Jahr 2070 kommen zusätzlich die Betriebskosten für ein Schöpfwerk zur Entwässerung des Einzugsgebiets Bongsieler Kanal hinzu. Das Diagramm enthält keine Kostenentwicklung für die Bereiche Gewässer- und Deichunterhaltung.

In Abb. 32 sind die Ergebnisse der Abschätzung des Investitionsbedarfs für den Neubau von Schöpfwerken in den kleineren Teilgebieten sowie für die genannten Großmaßnahmen dargestellt.

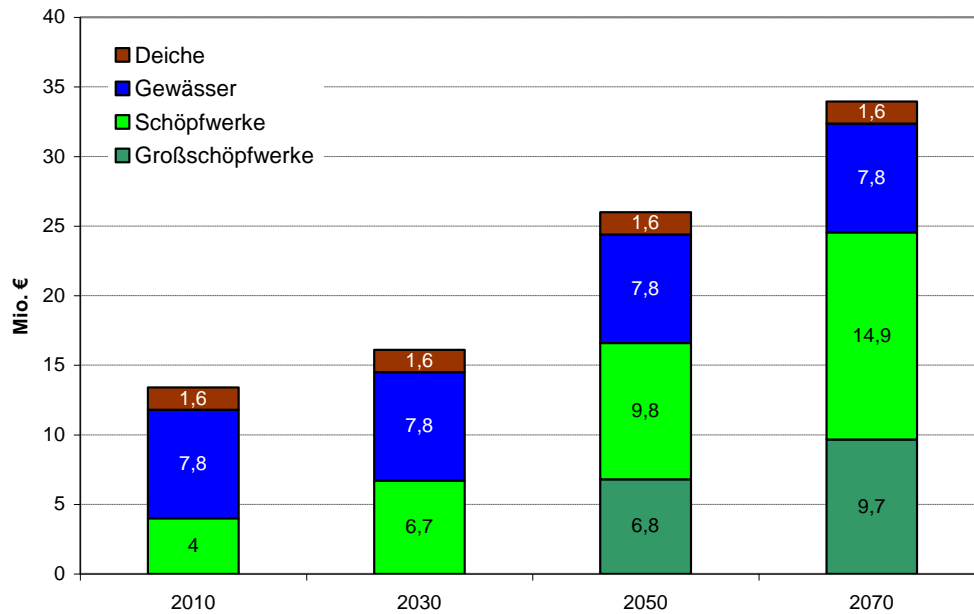


Abb. 31: Szenario Meeresspiegelanstieg: Entwicklung Unterhaltungsaufwendungen für Gewässer- und Deichunterhaltung sowie Schöpfwerksbetrieb in Niederungsgebieten sowie für Großschöpfwerke

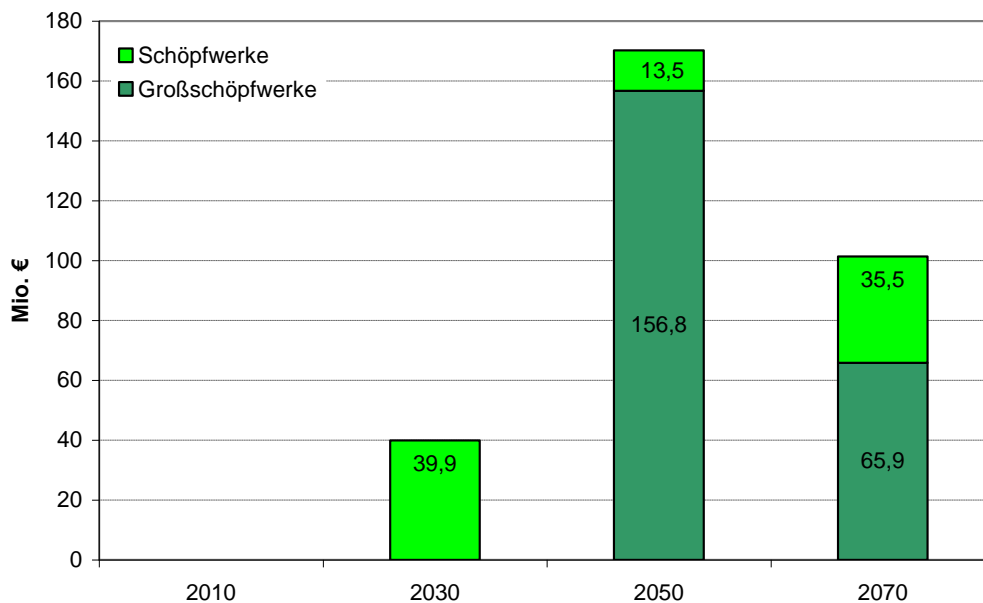


Abb. 32: Szenario Meeresspiegelanstieg: Abschätzung Investitionskosten Neubau Schöpfwerke und Großschöpfwerke

Prognose Kosten für die Erstellung von Gutachten

Die einzugsgebiets- bzw. sielverbandsspezifischen Auswirkungen der Klimafolgen und die Ableitung einer Anpassungsstrategie machen die Beauftragung von Gutachten und Planungen notwendig. In diesem Rahmen sind unter Berücksichtigung der konkreten regionalen Entwicklungen der klimarelevanten und weiteren Randbedingungen geeignete Maßnahmen zu benennen und deren zeitliche Umsetzung festzulegen.

Für eine grobe Einschätzung der zu erwartenden Kosten für die Erstellung von Fachgutachten werden die Honorarkosten vergleichbarer Studien herangezogen. In Tab. 12 sind die Honorarsummen für drei geeignete Studien aufgeführt. Als Grundlage für die Prognose der Kosten wurden die Honorarsummen auf die Untersuchungsgebietsflächen bezogen und ein mittlerer spezifischer Preis berechnet. Die Anwendung dieses spezifischen Mittelwertes auf die Untersuchungsgebietsfläche, angesetzt wurde die Größe der Einzugsgebiete, führt zu einem Richtwert für Gutachtenkosten in den Niederungsgebieten Schleswig-Holsteins von rd. 2,5 Mio. €.

Die tatsächlichen Kosten für die Erstellung eines Gutachtens in einem bestimmten Einzugsgebiet bzw. Sielverbandsgebiet können in Abhängigkeit der bereits verfügbaren Grundlagen und weiterer örtlicher Besonderheiten von diesem Richtwert abweichen.

Tab. 12: Kostenprognose Gutachtenerstellung

Studie	Brutto Honorarsumme [€]	Untersuchungs- gebietsfläche [ha]	spezifische Kosten [€/ha]
Steertlochsiel	24.000	6.600	3,64
Bongsieler Kanal	140.000	73.000	1,92
Wiedau	130.000	30.000	4,33
		Mittelwert	3,30
Kostenprognose Gutachten			
Niederungen SH	2.422.000	734.000	

Die für die Niederungen in Schleswig-Holstein zu Grunde gelegte Untersuchungsgebietsfläche umfasst die Einzugsgebietsflächen, die durch Niederungsgebiete entwässert werden, da die Ableitung von Anpassungsstrategien sinnvoller Weise auf Ebene der Einzugsgebiete erfolgen sollte.

6 Entwicklungsoptionen

6.1 Wasserwirtschaft – mögliche Maßnahmen an Gewässern

Bei Betrachtung unterschiedlicher Einzugsgebietsstrukturen muss für jeden Bereich eine Prüfung der vorgenannten Handlungsoptionen im Detail erfolgen. Wie innerhalb des vorliegenden Berichtes beispielhaft der Neu- und Ausbau von Schöpfwerken untersucht wurde, müssen aufgrund des hohen Investitionsbedarfes für derartige Maßnahmen Alternativen in Betracht gezogen werden. Erst nach Prüfung aller weiterer Handlungsmöglichkeiten und deren Ausschluss auf Wirksamkeit kann z.B. sowohl aus wasserwirtschaftlicher als auch naturschutzfachlicher Sicht der Bau eines Schöpfwerkes notwendig sein.

Um für die Regenwassereinzugsgebiete in den Niederungsgebieten mögliche Handlungsoptionen aufzuzeigen, sollen innerhalb dieser Ausarbeitung anhand von Kurzbeschreibungen Möglichkeiten für No-Regret-Maßnahmen aufgeführt werden, die als langsame Anpassung an den Klimawandel, bezogen auf die Regenwasserbewirtschaftung, angesehen werden können. Hier aufgeführte Maßnahmen zur naturschutzfachlichen Aufwertung der Gewässer können einen Beitrag dazu leisten.

Ökologische Aufwertung von Vorflutern

In der intensiv genutzten Kulturlandschaft kommt dem Vorflutsystem eine besondere Bedeutung für den Biotopverbund zu. Die in der Vergangenheit allein nach wasserwirtschaftlichen Bedürfnissen technisch im „Regelprofil“ ausgebauten Gewässer erfüllen diese Funktion aber kaum. Naturschutzfachlich sind vor allem Profilaufweitungen mit Böschungsabflachungen in wechselnden Breiten, der Einbau von Bermen, die Einrichtung von extensiv gepflegten Uferlandstreifen und die Gewährleistung der Durchgängigkeit geeignete Maßnahmen, die Strukturvielfalt zur Schaffung und Vernetzung von Lebensräumen zu erhöhen. Positiv wirkt sich das skizzierte Maßnahmenbündel auch auf die Gewässerqualität in Umsetzung der Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie und nicht zuletzt auch auf die Aufgaben der Sielverbände durch Erhöhung des Rückhaltevermögens aus. Die ökologisch und wasserwirtschaftlich wirksam nur auf längeren Vorflutstrecken vorzusehende Umsetzung von Konzepten zur Gewässeraufwertung erfordert für den notwendigen Flächenerwerb und die Durchführung der Maßnahmen einen hohen finanziellen Aufwand.

Hier ergibt sich die sinnvolle Möglichkeit, Kompensationsverpflichtungen für Eingriffsvorhaben in entsprechende Projekte aufzunehmen. Insbesondere mit der Aufstellung von Bebauungsplänen verbundene Vorhaben erfordern eine Festsetzung geeigneter Flächen oder Maßnahmen zum Ausgleich und lassen eine Ersatzgeldzahlung nicht zu. Für Vorhaben mit hohem Ausgleichsbedarf, wie z. B. bei Planungen zur Nutzung der Windenergie, stehen entsprechende Flächen aber kaum zur Verfügung.

Über eine vertragliche Vereinbarung können sich Vorhabenträger an konkreten Projekten beteiligen. Sie erfüllen damit die Anforderungen des BauGB und ihre Kompensationsverpflichtungen. Im Gegenzug verpflichtet sich z.B. der Wasser- und Bodenverband zur Durchführung der Naturschutzmaßnahmen.

Schaffung von Retentionsflächen mit naturnahen Lebensraumfunktionen

Um den erhöhten Anforderungen an die Wasserbewirtschaftung zukunftsicher zu genügen, sind die Wasser- und Bodenverbände bestrebt, das Retentionsvermögen der Vorflutsysteme zu erhöhen. Über die Schaffung zusätzlichen Rückhaltevolumens in den Vorflutern selbst (s.o.), stellt hierfür die Herstellung von angrenzenden Überschwemmungsflächen eine besonders geeignete Maßnahme vor allem zum Abfangen von Abflussspitzen dar.

Auch dieses Konzept lässt sich gut mit Maßnahmen des Naturschutzes verbinden. Zwar ist die zur Schaffung des gewünschten Rückhaltevolumens zunächst erforderliche flächenhafte Abgrabung als Eingriff zu werten. Durch eine extensive Pflege der Fläche und weitere zielgerichtete Aufwertungsmaßnahmen, z. B. für den Wiesenvogelschutz oder zur Entwicklung als Amphibienlebensraum, lässt sich auf bisher intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen aber eine deutliche Aufwertung für den Naturhaushalt erreichen. Der Biotopverbund über das Vorflutsystem wird gestärkt und es entstehen naturnahe Lebensräume für in der Agrarlandschaft im Rückgang begriffene Arten.

Alternativ können bereits vorhandene tiefliegende Bereiche als Retentionsräume genutzt werden bei Anpassung der landwirtschaftlichen Nutzung – bis hin zur Schaffung von Poldern bei bedachten Gewässern.

Die finanziellen Aufwendungen für Projekte dieser Art können - anteilig auf die dem Naturschutz zugute kommenden Maßnahmen und zugehörigen Flächenerwerb bezogen - ebenfalls über vertragliche Vereinbarungen mit ausgleichspflichtigen Vorhabenträgern erbracht werden.

Fazit

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Regenwasserbewirtschaftung in den Niederungen Schleswig-Holsteins u. a. mit den Instrumenten der vorgenannten wasserwirtschaftlichen Umgestaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen langsam und nachhaltig an den Klimawandel angepasst werden kann.

6.2 Wasserwirtschaft / Naturschutz – Durchgängigkeit an Schöpfwerken

Schöpfwerke stellen in der Regel ein Wanderhindernis für die Fischfauna dar. Mit Blick auf neu zu errichtende Schöpfwerke, die zukünftig zur Entwässerung der Niederungen erforderlich werden, rückt das Thema Durchgängigkeit an Schöpfwerken näher in den Focus, gilt es doch Verschlechterungen für die Wanderungen der Fische zu vermeiden.

Die Herstellung der Durchgängigkeit in Gewässern ist mittlerweile eine vielfach erprobte Angelegenheit geworden. Ob Herstellung von Sohlgleiten, Umgehungsgerinnen, Laufverlängerungen oder Fischpässen, alles wurde mehrfach gebaut und im Laufe der letzten 10 Jahre ständig verbessert. Das LLUR hat zu diesem Thema die Broschüre herausgegeben „Empfehlungen zum Bau von Sohlgleiten in Schleswig-Holstein“ in der die Grundlagen, Anforderungen und Bauweisen beschrieben sind.

Anders sieht die Situation bei der Durchgängigkeit von Schöpfwerken aus, die in der Regel nicht von Fischen passiert werden können, weder stromauf- noch stromabwärts. Ausnahmen bilden an einigen Schöpfwerken Aaltreppen, die jedoch nur aufsteigenden Aalen die Möglichkeit geben, ihre Wanderung fortzusetzen. Absteigende Fische gelangen, sofern kein Freilaufsiel vorhanden ist, nur über die Pumpen in das nächste Gewässer.

Aufsteigende Fische schwimmen gegen den Strom, absteigende Fische mit dem Strom. Generell funktionieren Fischauf- oder -abstiegshilfen deshalb nur dann, wenn eine ausreichende, von den Fischen wahrnehmbare Lockströmung vorhanden ist und angepasste Strömungsgeschwindigkeiten das Durchschwimmen des Bauwerks möglich machen. Diese relativ einfachen Grundvoraussetzungen macht man sich bei Fischaufstiegshilfen in Fließgewässern zunutze. Bei Schöpfwerken ist die Umsetzung ungleich schwerer, da der „Abstieg“ in einem Gewässer an dieser Stelle nach oben führt, bzw. der „Aufstieg“ nach unten, nämlich jeweils um die Hubhöhe bzw. Wasserspiegeldifferenz.

Die Durchgängigkeit für die Wirbellosenfauna, wie bei Sohlgleiten gefordert, ist an Schöpfwerken technisch nicht machbar, und ist daher außer Acht zu lassen. Hingegen hat man sich über die Durchgängigkeit von Schöpfwerken für Fische z.B. im benachbarten Niedersachsen und in den Niederlanden Gedanken gemacht und auch schon erste Projekte umgesetzt. Mit technischen Ein- bzw. Umbauten ist es heute grundsätzlich möglich, eine Passierbarkeit der Schöpfwerke herzustellen, zum Beispiel mit:

fischschonenden Pumpen

Fischschleusen

Fischaufzug

Vakuumpumpen (für Fische)

Archimedische Schnecke

Fischabweiser (Vibration am Rechen, Stroboskoplampen)

Umbau von Druckkammern

Die obige Aufzählung ist wahrscheinlich nicht vollständig, zeigt jedoch, dass es diverse erprobte Möglichkeiten gibt, die Durchgängigkeit herzustellen. Der Steuerungstechnik der Anlagen kommt eine besonders große Bedeutung zu, da ggf. vor, während und nach den eigentlichen Pumpvorgängen Pumpen zur Herstellung der Lockströmung, Fischtransport o.ä. angesteuert werden müssen.

Jedes Schöpfwerk und das entsprechende Einzugsgebiet sind individuell zu betrachten, da die baulichen und örtlichen Gegebenheiten sowie die fischfaunistischen Potentiale teilweise deutlich voneinander abweichen. Bei einem Schöpfwerk an der Nordsee sind andere Aspekte zu berücksichtigen (Tidenhub, Verschlickung o.ä.) als bei einem Schöpfwerk an einem Fluss.

Bei einem Schöpfwerksneubau ist es naturgemäß einfacher, Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit einzuplanen und Anlagen, Verkabelungen und Steuerung im Bauwerk zu integrieren. Der Umbau bestehender Anlagen kann deutlich komplizierter oder unmöglich sein, wenn die baulichen oder räumlichen Gegebenheiten Änderungen nicht zulassen.

Am Anfang aller Überlegungen sollte aber eine fischfaunistische Bewertung des Einzugsgebietes stehen. Nicht nur aus ökologischer, sondern auch aus ökonomischer Sicht muss bekannt sein, welche Arten überhaupt vorkommen (können) bzw. für welche Arten die Durchgängigkeit hergestellt werden soll. Handelt es sich im Einzugsgebiet um reine Marschengewässer, ist die Durchgängigkeit z.B. für Salmoniden überflüssig, da es keine Laichhabitats in den Marschengewässern gibt. Hier wäre vielleicht der Aal die Art auf die das Augenmerk gerichtet wird.

Erst nach der fischereibiologischen Beurteilung sind die Bauwerke und die hydrologischen Randbedingungen, hinsichtlich der sich bietenden Optionen zu betrachten. Letztendlich ist abzuwägen, welche Maßnahmen am sinnvollsten und praktikabelsten umsetzbar sind, denn ein Umbau eines Schöpfwerks kann nach Erfahrungen in Niedersachsen über 150.000,-€ kosten.

Neben den investiven Kosten bedeutet der Betrieb der Anlagen zusätzliche Stromkosten und erhöhten Aufwand für die Überwachung, Wartung und Instandhaltung. Diese Kosten variieren je nach eingesetztem System und den örtlichen Randbedingungen, so dass diese Kosten nicht pauschal im Vorwege benannt werden können.

Die originäre Aufgabe der Verbände ist die Entwässerung der Flächen und der Hochwasserschutz, um die Bewirtschaftung und Siedlungstätigkeit nebst Herstellung und den Erhalt der notwendigen Infrastruktur zu ermöglichen. Zur Erfüllung dieser Aufgaben werden Beiträge von den Verbandsmitgliedern gehoben, da sie einen Vorteil von der Arbeit des Verbandes haben. Im Allgemeinen werden deshalb Anlagen zur Herstellung der Durchgängigkeit (Sohlgleiten, Fischpässe) finanziell gefördert, da die Verbände mit den Mitgliedern von diesen Maßnahmen keine Vorteile haben. Wird die Durchgängigkeit in Schöpfwerken hergestellt, sind neben den Investitionen dauerhaft die Betriebskosten finanziell zu fördern, um eine unzulässige Belastung der Mitglieder zu vermeiden. Hier sind die Regelungen zur Vergabe der Fördermittel anzupassen, die bisher nur die Förderung von Investitionen vorsehen.

Fazit:

Grundsätzlich ist die Herstellung der Durchgängigkeit an Schöpfwerken möglich. Die örtlichen Randbedingungen, Erfordernisse sowie Kosten und Nutzen müssen umfassend geprüft werden, um dann, sofern sinnvoll, die entsprechende Maßnahme auszuwählen und umzusetzen. Die finanzielle Förderung der Investitions- und Betriebskosten muss sichergestellt werden.

6.3 Naturschutz

Vorbemerkung

Aus Sicht des Naturschutzes gibt es mehrere Entwicklungsoptionen für Niederungen in Schleswig-Holstein, die vor allem von den hydrologischen Faktoren bzw. von der sich daraus ergebenden landwirtschaftlichen Nutzung abhängen. Um die naturschutzfachlichen Auswirkungen der Optionen zu beurteilen, muss zunächst untersucht werden, in welcher Richtung sich die Vegetation und das Landschaftsbild entwickeln werden, und ob sich diese Entwicklung in allen Landesteilen gleich vollziehen wird. Die Bedeutung nicht mehr „konventionell“ landwirtschaftlich genutzter Niederungen für den Naturschutz hängt auch davon ab, welche alternativen menschlichen Nutzungen in diesen Gebieten stattfinden können. Deshalb sollen diese ebenfalls mit betrachtet werden.

Nicht eingegangen werden soll auf naturschutzrechtliche Konsequenzen von Nutzungsänderungen, die sich insbesondere aus dem EU-Recht ergeben (Verlust von wertgebenden Lebensraumtypen, Pflanzen- und Tierarten, Auftauchen neuer Natura-2000-relevanter Arten).

Szenarien der Landschaftsentwicklung

Die möglichen Entwicklungen eines Gebietes lassen sich zwischen zwei Extremen einordnen: Erhöhung der Anstrengungen für die Entwässerung um wie bisher marktorientiert wirtschaften zu können oder völlige Aufgabe der Entwässerung mit Einstellung sämtlicher landwirtschaftlicher Aktivitäten. Zwischen diesen Extremen können sich je nach standörtlichen Bedingungen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen weitere Nutzungsformen entwickeln, wie zum Beispiel die Schilfnutzung oder der Anbau von Erlen. Zur Darstellung der Spannweite möglicher Entwicklungen der Natur sollen folgende Szenarien betrachtet werden:

1. Einstellung der Bewässerung und Aufgabe landwirtschaftlicher Nutzung
2. Einstellung der Entwässerung und Schilfmahd
3. Einstellung der Entwässerung und Erlenkultur
4. Eingeschränkte Entwässerung, Nutzung als Flutpolder, extensive Grünlandnutzung
5. Uneingeschränkte Entwässerung und intensive Landwirtschaft

Da Szenario 1 das am weitesten gehende ist und die Szenarien 2 und 3 als Spezialfälle von Szenario 1 angesehen werden können, liegt das Schwergewicht auf der Darstellung von Szenario 1. Bei der Beurteilung der naturschutzfachlichen Wertigkeit stehen die Vögel im Vordergrund, da über sie die meisten Daten vorliegen und sie als hoch im Nahrungsnetz stehende Organismen eine Indikatorfunktion ausüben.

Wasserstandsanehebungen und ihre Verträglichkeit mit den Erhaltungszielen von Natura 2000-Gebieten

„Projekte“ müssen vor ihrer Durchführung auf ihre Verträglichkeit mit den Erhaltungszielen eines Natura 2000-Gebietes überprüft werden, wenn sie geeignet sind, das Natura 2000-Gebiet erheblich zu beeinträchtigen (§ 34 BNatSchG). Das ist nach der Rechtsprechung der Fall, wenn nicht ausgeschlossen werden kann, dass das Vorhaben die Erhaltungsziele des Gebietes beeinträchtigen kann. Solch ein „Projekt“ kann die Reduzierung oder Einstellung der Entwässerung in Feuchtwiesen sein, die gleichzeitig Vogelschutzgebiet sind und in dem Wiesenvögel brüten oder sich aufhalten. Hier wäre eine Beeinträchtigung der Erhaltungsziele nicht auszuschließen, weil möglicherweise dann ehemalige Feuchtwiesen unter Wasser gesetzt würden und als Lebensraum für Wiesenvögel nicht mehr geeignet wären.

Andererseits ist die Rücknahme der Entwässerungsintensität grundsätzlich aus Sicht des Naturschutzes, auf Moorböden zusätzlich aus Sicht des Klima- wie auch des Grundwasserschutzes sehr zu begrüßen. Um die Verträglichkeit mit den Erhaltungszielen eines Natura 2000-Gebietes zu gewährleisten, ist im Zuge der Planung neben den zahlreichen anderen Folgen einer Entwässerungsreduzierung (Nutzungsänderung/-aufgabe, Eigentumsübertragung, Umstellung der Entwässerung in der Umgebung u.a.m.) auch zu bedenken, dass bei Wegfall von z.B. Wiesenvogellebensräumen neue, gleichwertige Flächen zur Verfügung gestellt werden. Dies können z.B. qualitativ vergleichbare Grünlandflächen sein, die nach der Wasserstandsanehebung einen vergleichbaren Grundwasserabstand haben wie die unter Wasser gesetzten Flächen ihn zuvor hatten. Die für Wiesenvögel geeigneten Feuchtwiesenflächen würden im selben Maße wie der Grundwasserspiegel ansteigt seitlich gleichsam nach oben „wandern“.

Bei ausreichend großen Vogelschutz- und Niederungsgebieten sollte sich so eine Lösung finden lassen. In jedem Fall ist ein frühzeitiger Kontakt mit der unteren Naturschutzbehörde erforderlich.

Szenario 1: Einstellung der Bewässerung und Aufgabe landwirtschaftlicher Nutzung

Nach einer Erhöhung des Wasserspiegels und einer Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung werden sich zunächst mehr oder weniger große Wasserflächen einstellen, von denen einige möglicherweise nur saisonal existieren. Auf den trockeneren Flächen wird relativ rasch eine botanische Sukzession über ein Hochstaudenstadium der Feuchtwiesenbrache hin zu einem Schilfröhricht einsetzen. Je nach Standort werden Weidengebüsche dieses Röhricht durchziehen. Das Röhricht wird auf die Dauer auch die flacheren Wasserzonen bis zu einer Tiefe von ca. 1 m überdecken und eine allmähliche Verlandung der Gewässer einleiten. Bleiben größere, tiefere Wasserflächen frei von Schilf, entwickeln sich Flachseen wie zum Beispiel der aktuell vorhandene Hohner See. Die Röhrichte und Gewässer werden wegen der jetzt schon vorhandenen und von den Oberflächengewässern zugeführten Nährstoffe eutroph und überwiegend vergleichsweise arm an Pflanzenarten bleiben. Die Entwicklung zu eutrophen Röhrichten wird fast alle landwirtschaftlich aufgegebenen Niederungen in Schleswig-Holstein betreffen. Ausnahmen kann es allenfalls lokal an einigen Stellen in den östlichen Landesteilen, vor allem in der Nähe der Ostseeküste geben, wo sich in basenreicheren Niederungen botanisch artenreichere Seggen- und Röhrichtgesellschaften etablieren können. Diese könnten durch eine Aufgabe der Entwässerung und der Landwirtschaft gefördert werden und sich ausbreiten, werden auf lange Sicht aber ebenfalls durch andauernde Eutrophierung in ihrem Bestehen bedroht. In der Sukzessionsfolge lösen diese Röhrichte Kleinseggenriede und mesotrophe Feuchtwiesen ab, die bereits jetzt einen hohen Wert für den Naturschutz besitzen.

Die oben angesprochenen basenreichen Flachmoore sind aus botanischer Sicht außerordentlich wertvolle Lebensräume, deren Förderung sehr begrüßenswert wäre. Eine Förderung könnte auch bereits darin bestehen, dass durch Nutzungsaufgabe auf angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen ein (Nährstoff-)Puffer um die noch vorhandenen Reste dieses Lebensraums aufgebaut werden kann. Es handelt sich jedoch insgesamt um ein sehr geringes Flächenpotenzial in Schleswig-Holstein.

In einigen der Niederungen befinden sich noch naturnahe Hoch- und Niedermoore. Diese Lebensräume könnten beeinträchtigt werden, wenn sie mit dem eutrophen Niederungswasser in Kontakt geraten. Wenn diese Gefahr besteht, müssten die Wasserkörper der Moore und der sie umgebenden Niederung getrennt werden. Wie groß dieses Problem tatsächlich ist, lässt sich derzeit nicht abschätzen. In vielen Fällen liegen die Restmoore etwas höher als die Umgebung, so dass keine Gefahr droht. Anderenorts ist die Höhendifferenz jedoch nicht ausreichend, um eine Eutrophierung der Hochmoorkörper zu verhindern, selbst wenn die eigentliche Mooroberfläche nicht überflutet wird. Durch Kapillarkräfte nach oben vordringendes nährstoffreiches Grundwasser löst eine verstärkte Mineralisierung des sich sonst nur schwach zersetzenden Hochmoortorfes und somit eine Degradation des gesamten Moorkörpers aus. In der Vegetation äußert sich eine solche Entwicklung durch Einwandern und Ausbreitung des Pfeifengrases (*Molinia caerulea*) und die Verdrängung von hochmoortypischen Torfmoosarten sowie einiger seltener und gefährdeter Gefäßpflanzenarten (z.B. *Rhynchospora* spp, *Nartecium ossifragum*). Der Natura 2000-Lebensraumtyp des Hochmoores (71, verschiedene Ausprägungen), der in Niederungen von Schleswig-Holstein einen seiner Verbreitungsschwerpunkte hat, könnte durch die in Szenario 1 vorgesehene Entwicklung bedroht werden.

Auf der weit überwiegenden Fläche der nicht mehr entwässerten und nicht mehr landwirtschaftlich genutzten Niederungen werden sich eutrophe Schilfröhrichte einstellen, die durch eine geringe botanische Artendiversität gekennzeichnet sein dürften. Sie können jedoch für bedrohte Tierarten wertvolle Lebensräume bieten. Um mögliche Entwicklungen zu skizzieren, wurden als Beispiel die Brutvogelarten ausgewählt. Anhand der Erfahrungen mit vergleichbaren Lebensräumen (z. B. Hohner See, Schwabstedt Westerkoog, Gotteskoogsee) wurde von vier Experten (Dominic Cimiotti, Kai-Michael Thomsen, Stefan Schrader und Hermann Hötter) abgeschätzt, welche Vogelarten von der geschilderten Entwicklung eher profitieren würden und welche in ihrem Bestand eher negativ beeinflusst würden. Es wurde dabei davon ausgegangen, dass sich durch Feuchtgrünland geprägte Niederungen zu einem Klimaxstadium, das durch ausgedehnte Röhrichte, Weidengebüsche und offene Wasserflächen gekennzeichnet ist, entwickeln. Die Übergangsstadien wurden nicht berücksichtigt. Es wurden nur Vogelarten betrachtet, für die Niederungen eine besondere Relevanz besitzen.

Die potenzielle Beeinflussung von Vogelbrutbeständen durch die Aufgabe der Entwässerung und der Landwirtschaft in Niederungen in Schleswig-Holstein ist in Dok. 6 tabellarisch zusammengestellt, Tab. 13 zeigt eine Zusammenfassung.

Von den 70 behandelten Arten dürften 46 positiv und 23 negativ auf die Nutzungsänderungen der Niederungen reagieren. Bei einer Art (Knäkente) konnte keine Abschätzung abgegeben werden. Betrachtet man die Naturschutzrelevanz der Arten gemessen an ihrer Einstufung in die Rote Liste der Brutvögel Deutschlands (die Rote Liste SH ist noch nicht völlig abgeschlossen), ergibt sich ein etwas anderes Bild (Tab. 13). Unter den potenziell negativ betroffenen Arten befinden sich überproportional viele mit einer hohen Gefährdungsstufe.

Zu beachten ist bei der Interpretation beider Tabellen (Dok. 6 und Tab. 13), dass sie nicht die Verhältnisse in jedem Einzelfall darstellt, sondern nur einen allgemeinen Überblick geben. Kommt eine Art in einem Gebiet nicht vor, kann sie dort auch nicht negativ beeinflusst werden. Umgekehrt ist natürlich keinesfalls garantiert, dass nach einer Nutzungsaufgabe alle potenziell davon profitierenden Vogelarten sich auch tatsächlich einstellen.

Sollte in bestimmten Bereichen der Niederungen auch nach dem Einstellen der Entwässerung noch eine extensive landwirtschaftliche Nutzung durchgeführt werden (z.B. Beweidung mit Robustrindern) dürfte eine sogenannte halboffene Weidelandschaft entstehen mit einer Vogelwelt, die Elemente sowohl der Feuchtwiesen als auch der Röhrichte beinhaltet. Die Arten, die auf eine sehr offene Landschaft angewiesen sind, wie zum Beispiel Kiebitz und Uferschnepfe, würden von dieser Maßnahme allerdings nicht profitieren.

Tab. 13: Zusammenfassung der Tabelle in Dok. 6: Anzahl der Arten in den Gefährdungskategorien der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands (SÜDBECK *et al.* 2007).

Status in der Roten Liste D	Zahl der Arten mit erwarteter negativer Reaktion	Zahl der Arten mit erwarteter positiver Reaktion
1: vom Aussterben bedroht	4	4
2: stark gefährdet	5	1
3: gefährdet	5	3
V: Vorwarnliste	3	7
alle Arten	23	46

Bezüglich der Rastvögel stellt sich die Situation ähnlich dar. Durchziehende Watvögel, vor allem Kiebitze und Goldregenpfeifer, verlören ihre Rasthabitats. Die in Teilen der Niederungen im Spätwinter häufigen Zwerg- und Singschwäne müssten die Gebiete ebenfalls aufgeben, wenn das Grünland großflächig verschwände. Von der Nutzungsaufgabe profitieren würden durchziehende Wasser- und Schilfvögel.

Szenario 2: Einstellung der Entwässerung und Schilfmahd

Die Entwicklung würde zunächst wie in Szenario 1 ablaufen. Sollte auf Teilen der Niederungen eine Reetnutzung stattfinden, würde dies zu einer Verarmung der Schilfvogelfauna führen (Kube & Probst 1999). Die Arten, die auf Altschilf angewiesen sind, wie beispielsweise die Große Rohrdommel oder die Bartmeise, könnten sich in den gemähten Bereichen nicht ansiedeln. Allerdings könnten Schilfvögel weiterhin in nicht gemähten Abschnitten siedeln. Die gemähten Schilfflächen können bei entsprechender Feuchtigkeit attraktive Rastflächen für verschiedene Wasservögel und möglicherweise auch Brutflächen für bestimmte Enten und Arten wie Bekassine, Rohr- und Wiesenweihe sein. Die Greifvögel können sich allerdings nur ansiedeln, wenn in der Umgebung ein ausreichendes, übersichtliches Nahrungshabitat vorhanden ist. Das Blaukehlchen könnte ebenfalls diese Bereiche annehmen.

Aus botanischer Sicht ist ein Röhrichtsystem mit regelmäßig genutzten Bereichen gegenüber der Alternative der völligen Nutzungsaufgabe dagegen zu befürworten. Das Entfernen des dominanten Schilfs und das damit verbundene Betreten und Befahren der Fläche schafft Strukturen und Störungsbereiche, von denen subdominante Röhrichtarten oder brachetolerante Grünlandarten profitieren. Als Beispiel dafür können die in Schleswig Holstein seltene Gelbe Wiesenraute (*Thalictrum flavum*) und die stark im Rückgang begriffenen Grünlandarten Sumpf-Dotterblume (*Caltha palustris*) und Kuckucks-Lichtnelke (*Silene flos-cuculi*) genannt werden, die aus dem Schilfdominanzbestand verschwinden, sich jedoch auf einer Schilfmahdfläche und entlang der Störstellen länger halten können.

Szenario 3: Einstellung der Entwässerung und Erlenkultur

Auf Moor- und Niedermoorböden ist es möglich, bei sehr hohen Grundwasserständen Kulturen von Erlen anzulegen, die als relativ schnell wachsendes Nutzholz oder auch zur Energiegewinnung verwendet werden können (Barthelmes et al. 2005). Es entstehen vergleichsweise dichte Erlenwälder, die je nach Habitatausstattung Brutorte von Kranichen, Wasserrallen, Waldschneppen und Waldwasserläufern sein können. Die ornithologische Bedeutung der Erlenwälder dürfte jedoch geringer sein, als die der in den bisherigen Szenarien vorgestellten Lebensräume.

Botanisch gesehen setzen Erlenbruchwälder die Sukzessionsreihe der Feuchtbrachen fort. Eine Entwicklung, die sonst auf dem Stadium der Schilfröhrichte stagnieren würde und erst allmählich (im Laufe von Jahrzehnten) eine Einwanderung von Gehölzen zugelassen hätte, wird durch die Anlage einer Erlenkultur beschleunigt. Ein voll entwickelter Erlenbruchwald ist ein strukturreiches Ökosystem, das durch wechselhafte Lichtbedingungen erneut Raum für Pflanzenarten bietet, die in früheren Brachestadien bei Röhrichtdominanz ausgefallen sind (Jensen & Schrautzer 1999).

Eine mit dem primären Ziel der schnellen Biomasseproduktion zur Energiegewinnung als Kurzumtriebsplantage angelegte Erlenkultur kann die obengenannten Eigenschaften der Strukturheterogenität und des Artenreichtums nicht entwickeln. Die Aufforstung mit Erlen sollte aus Sicht des Naturschutzes stets als langfristiges Management mit Produktionszeiten von 60-80 Jahren betrachtet werden (siehe auch Kowatsch et al 2008).

Szenario 4: Eingeschränkte Entwässerung, Nutzung als Flutpolder, extensive Grünlandnutzung

Dieses Szenario beschreibt Gebiete, die normalerweise so weit entwässert werden, dass eine Nutzung als Grünland möglich ist, die aber bei besonders starken Niederschlagsereignissen als Überflutungspolder dienen. Der Wassergang solcher Gebiete dürfte damit dem von weiten Bereichen der Flussniederungen vor der Regulierung der Wasserstände ähneln. Solche Überflutungsbereiche können für Wiesenvögel aus mehreren Gründen sehr attraktive Brutgebiete darstellen. So werden durch die Überflutungen die Kleinsäugerbestände und damit auch die Vorkommen von Raubsäufern wie dem Rotfuchs dezimiert. Damit steigen die Chancen für den Bruterfolg (Bellebaum & Bock 2009). Durch die Überflutungen entstehen temporäre Gewässer, die als Nahrungsgebiete für die Alt- und Jungvögel dienen können. Diese Vorteile dürften im langjährigen Durchschnitt die Nachteile überwiegen, die durch gelegentlich auftretende Frühjahrshochwasser mit Überflutung der Gelege bzw. späte Hochwasser, die zum Absterben der Regenwurmfafa führen, entstehen können. Die Bedeutung für Wiesenvögel von Überflutungspoldern hängt allerdings sehr stark von der dort praktizierten Grünlandnutzung ab, die weder zu extensiv (Zuwachsen des Gebietes) noch zu intensiv (Gefährdung der Bruten durch zu frühe Mahd) sein sollte.

Aus botanischer Sicht ist eine solche Bewirtschaftung förderlich für den Erhalt artenreicher Grünlandbestände (Feuchtwiesen, Kleinseggenrieder), sofern das Potential an Arten vor Ort vorhanden ist.

Szenario 5: Uneingeschränkte Entwässerung und intensive Landwirtschaft

Die Entwicklung unter diesem Szenario hängt sehr stark davon ab, in welchem Maße Naturschutzmaßnahmen in den Niederungen umgesetzt werden. Gegenwärtig ist ein erheblicher Rückgang der Brutvogelarten des Agrarraumes festzustellen, insbesondere der Wiesenvögel (siehe Kap. 4.6). Diese Entwicklung würde sich unter diesem Szenario fortsetzen und sogar noch beschleunigen, wenn sich weitere Nutzungsintensivierungen ergeben. Im gegenwärtigen landwirtschaftlichen Umfeld, das durch eine Zunahme des Flächenbedarfs für den Maisanbau und schwankende Preise für „Grünlandprodukte“ wie Milch gekennzeichnet ist, muss eine weitere Intensivierung der Landwirtschaft als wahrscheinlich angesehen werden. Brutbestände von Wiesenvögeln und auch anderen typischen Feldvogelarten sowie artenreiche Pflanzenbestände gefährdeter Biotoptypen würden sich dann im Wesentlichen nur noch in Naturschutzgebieten und anderen Reservaten halten können.

Durch Naturschutzmaßnahmen, insbesondere Angebote des Vertragsnaturschutzes, kann dieser Entwicklung entgegengesteuert werden. Dabei müssen die Angebote zielgerichtet sein, von der Landwirtschaft gut angenommen und in ihrer Wirksamkeit dauerhaft überprüft und immer wieder angepasst werden.

Touristische Nutzung

Eine touristische Nutzung der entstehenden Gewässer dürfte in vielen Fällen mit den oben beschriebenen Naturschutzoptionen vereinbar sein. Voraussetzung dafür ist jedoch ein geeignetes Besucherlenkungskonzept. In den besonders attraktiven Gebieten könnte ein Natur-Tourismus entwickelt werden. Zu bedenken ist allerdings, dass Schleswig-Holstein schon jetzt nicht arm an Binnengewässern ist und die Nachfrage nach zusätzlichen Angeboten begrenzt sein dürfte.

Einrichtung eines spektakulären Naturerlebnisparks

Sollte es dazu kommen, dass ein größerer, in sich geschlossener Bereich von Niederungen nutzungsfrei wird, sollte überlegt werden, dort einen für viele Besucher attraktiven Naturerlebnispark, in dem sich einheimische Großtiere (Rothirsch, Elch, Wisent, Auerochsen-Rückzüchtungen) frei bewegen können, anzulegen. Dies kann nur unter bestimmten Randbedingungen gelingen (Vorhandensein von trockenen Bereichen im Anschluss an die Niederung, Stadtnähe (möglichst zu Hamburg)), stellt aber möglicherweise eine wirtschaftlich interessante Alternative zu bisherigen Nutzungskonzepten dar.

6.4 Moorböden – ein nasser Schatz mit großer Bedeutung

Organische Böden – Moore – prägen etwa 10 % des norddeutschen Tieflands. Sie entstehen an Standorten mit ganzjährig flurnahen Wasserständen. Moorböden erfüllen bedeutsame Funktionen im Kohlenstoff- und Nährstoffhaushalt, im Landschaftswasserhaushalt und für die Erhaltung der Artenvielfalt. Entwässerung und land- und forstwirtschaftliche Nutzung initiieren auf organischen Böden sekundäre Bodenbildungsprozesse und führen zu deren Degradation. Gleichzeitig nehmen die Stoffausträge an Atmosphäre und in Gewässer zu und die Bodenoberfläche sackt kontinuierlich ab. Die Sackung der Moorböden ist ein langsamer Prozess und verhindert eine dauerhafte, auf Entwässerung basierende Nutzung dieser Standorte, weil eine regelmäßige Nachentwässerung erforderlich wird.

Moore bilden in der Bodensystematik eine eigene Einheit, weil sie ihr Ausgangsmaterial Torf selber bilden, und dadurch quasi sich selbst generieren und weiterwachsen. Torf entsteht unter ganzjährig wassergesättigten, anaeroben Bedingungen wenn die jährliche Zufuhr an Pflanzenmaterial größer ist als der Abbau. Torfe bestehen vorwiegend aus unvollständig zersetztem Pflanzenmaterial meist Wurzelresten oder Moosen und haben hohe Gehalte an

organischer Substanz. Weltweit kommen Moorböden auf etwa 3% der Landfläche vor; in ihren Torfen ist aber etwa ein Drittel der terrestrischen Kohlenstoffvorräte gespeichert (Joosten 2012, SRU 2012). In der deutschen Bodensystematik werden als Torf Bodenhorizonte bezeichnet, deren organischer Anteil $\geq 30\%$ ist. Wenn dieser Torfhorizont einschließlich mineralischer Lagen mächtiger als 30 cm ist, wird er in Deutschland als Moorboden angesprochen. International werden für die Definition von Torfen und Moorböden unterschiedliche Kennwerte nach der Mächtigkeit von zum Beispiel > 60 cm oder nach dem Humusgehalt verwendet, so dass bereits die Angabe einer weltweiten Moorbodenfläche aufgrund definitorischer Probleme unsicher ist.



Abb. 33: In wachsenden Mooren, wie hier im Hochmoor Großes Moosbruch in Kaliningrad, wird aufgrund ganzjährig wassergesättigter Bedingungen jährlich mehr Biomasse produziert als abgebaut wird; es bildet sich Torf. In Deutschland sind wachsende Moore sehr selten geworden. Der Schutz ihrer wenig beeinflussten Bodenprofile hat für den Bodenschutz hohe Priorität

In Deutschland haben sich seit dem Ende der letzten Eiszeit auf mehr als 14.000 km² Moore gebildet, dies entspricht etwa 4 % der Landfläche. Davon befinden sich mehr als dreiviertel im norddeutschen Tiefland in den Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. In den südlichen Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg befinden sich etwa 15 % der Moorböden Deutschlands, vor allem in der Jung-

moränenlandschaft der Voralpen. Dieses Muster ist durch die Verbreitung oberflächennahen Grundwassers bzw. die Versickerung des Niederschlags stauende Gesteine in Verbindung mit Flachrelief oder abflusslosen Senken bedingt.

Da sich Moore nur an wassergesättigten Standorten bilden, prägt die chemische Zusammensetzung der moorspeisenden Wässer den Moortyp. Im allgemeinen wird zwischen regenwassergespeisten Hochmooren und grund- oder oberflächenwassergespeisten Niedermooren unterschieden. Hochmoore sind aufgrund der chemischen Zusammensetzung des Regenwassers nährstoffarme, saure Lebensräume. In Niedermooren dagegen werden die Standorteigenschaften durch die chemische Beschaffenheit der anströmenden Grund- und Oberflächenwässer bestimmt, sie umfassen sowohl den Alkalinitätsgradienten von sauren bis hin zu basenreichen Standorten als auch den Trophiegradienten von nährstoffarmen bis zu nährstoffreichen Verhältnissen (*Succow und Joosten 2001*).

Wachsende Moore

Wachsende Moore haben die Fähigkeit, Torf zu bilden. Sie bilden – organismengleich – eine gemeinsam funktionierende Raumeinheit in der Landschaft (*Joosten 1993*). Beispielsweise wachsen Hochmoore uhrglasförmig aufgewölbt über das mineralische Landschaftsniveau hinaus (vgl. *Abb. 33*). Viele Flusstäler Norddeutschlands sind vermoort. Hier füllte ursprünglich die Mooroberfläche gering zum Fließgewässer geneigt den Talkörper aus. Die Mooroberfläche reagierte auf unterschiedliche Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet mit heben oder senken durch Quellung oder Schrumpfung, um sich an die wechselnden Wasserstände im Talraum anzupassen. Bei steigenden Wasserständen nehmen sie wie ein Schwamm Wasser auf und geben es aufgrund der hohen Wasserhaltekapazität ihrer Torfe verzögert ab. Gleichzeitig reinigen sie dabei das Wasser, indem sie zufließende Stoffe aufnehmen und umbauen. Das Torf- und Moorwachstum ist ein sehr langsamer, landschaftsgestaltender Prozess. Langfristig – d. h. über Jahrhunderte hinweg betrachtet – wuchsen Moore in Deutschland jährlich etwa um ~ 1 mm in die Höhe, dabei werden im Mittel zwischen 0,15 und 0,24 t C ha⁻¹ a⁻¹ gebunden. Unter Bruchwäldern, Braunmoos-Seggenriedern oder Schilf-Röhrichtern können diese langfristigen Akkumulationsraten doppelt bis dreimal so hoch sein. Im Laufe der Zeit haben die Moore in Abhängigkeit von dem sie umgebenden Relief Mächtigkeiten von mehreren Metern erreicht. Dies erklärt weshalb sie auf kleiner Fläche große Mengen an Kohlenstoff akkumuliert haben und so heute der weltweit bedeutsamste terrestrische Kohlenstoffspeicher sind (*Joosten 2012, Zauft et al. 2010*).



Abb. 34: Entwässerung initiiert eine sekundäre Bodenbildung in Moorböden. Dabei wird der Oberboden verdichtet und eutrophiert. Die Wasserhaltefähigkeit verringert sich.

Entwässerte Moorböden

Durch Entwässerung wird die Landschaftseinheit eines wachsenden Moores zerstört (vgl. *Abb. 34*). Durch die Anlage von Gräben und Dränagen wird der Wasserstand im Moorkörper gesenkt. Die obersten Torfschichten werden belüftet. Diese Belüftung verändert das hydrochemische Milieu von anaerob zu aeroben Bedingungen und initiiert sekundäre Bodenbildungsprozesse. Die langfristig unter Sauerstoffabschluss akkumulierten Mengen an organischer Substanz werden bei Belüftung oxidiert. Dabei verändern sich die bodenphysikalischen und –chemischen Eigenschaften der Torfhorizonte. Durch die Oxidation wird die organische Substanz stärker als vorher abgebaut und dichter gepackt. Die Lagerungsdichten nehmen gegenüber natürlich gelagerten Mooren zu, die Oberfläche sinkt ab. Bei mäßig entwässerten Mooren wird die Degradation durch einen Vererdungshorizont von 20 bis 30 cm Mächtigkeit. Bodenphysikalisch haben sich gegenüber natürlichen, nicht entwässerten Profilen das Porenvolumen, die Wasserspeicherkapazität und die Wasserleitfähigkeit verringert und die Nährstoffkonzentrationen erhöht. Unterhalb bildet sich ein Schrumpfungshorizont mit erkennbaren Schrumpfungsrissen aus.

Bei tieferer Entwässerung, unter wärmeren und häufig austrocknenden Bedingungen bildet sich aus dem Vererdungshorizont ein Mulmhorizont, der durch wasserabweisende Eigenschaften gekennzeichnet ist. Die Bodenstruktur verändert sich dabei vom Krümelgefüge zu

einem im trockenen Zustand pulvrig-staubigem, schwer benetzbaren Korngefüge (Zeit 1992), das kaum noch Wasser aufnehmen kann.

In Nordwestdeutschland ist die Bodendegradation aufgrund hoher Niederschläge und positiver Wasserbilanz großflächig trotz tiefer Entwässerung und intensiver landwirtschaftlicher Nutzung meist nur bis zur Stufe der Vererdung fortgeschritten. In Ostdeutschland und den sich östlich anschließenden Staaten führte tiefe Entwässerung, intensive Nutzung unter einem zunehmend kontinentalem Klima mit negativer Wasserbilanz zur großflächigen Ausbildung vermulmter Böden. Während vererdete Moorböden landwirtschaftlich sehr produktiv nutzbar sind, sinkt auf vermulmten Standorten die Pflanzenproduktion aufgrund der verschlechterten Bodenstruktur und dem dadurch verschlechterten Wasserhaushalt.

Durch den Torfabbau wird die natürlich gewachsene Bodenstruktur vollständig und irreversible zerstört.



Abb. 35: Etwa die Hälfte der Moorböden Deutschlands wird als Grünland genutzt. Bei geringer Entwässerungstiefe und extensiver Nutzung haben diese Standorte eine hohe Bedeutung für den Erhalt der Artenvielfalt in der Kulturlandschaft. Ihre Klimawirksamkeit ist um die Hälfte geringer als bei tiefer Entwässerung und intensiver Nutzung.

Ökosystemdienstleistungen von Mooren

Aus anthropozentrischer Perspektive erfüllen Ökosysteme für den Menschen unterschiedliche Ökosystemdienstleistungen (Joosten 2012); ihnen können daher Produktions-, Regulations-, Träger- und Informationsfunktionen zugeordnet werden.

Die **Produktionsfunktion** beinhaltet die Produktion von Nahrungsmitteln, Futtermitteln oder Rohstoffen wie Holz oder Biomasse. Zweidrittel der Moorböden Deutschlands werden landwirtschaftlich als Grünland (~ 39 %) oder Acker (32 %) genutzt (vgl. *Abb. 35*). Die Forstwirtschaft nutzt etwa 14 %. 8 % sind für Siedlungszwecke überbaut. Naturnahe und vegetationskundlich degradierte Moore finden sich auf 6 % der Moorbodenfläche. Industrieller Torfabbau findet auf etwa 1-2 % der Fläche statt (*SRU 2012*). Während der für Torfabbau genutzte Anteil in Deutschland rückläufig ist, nimmt der Ackeranteil durch den Anbau nachwachsender Rohstoffe wie Mais zu.

Die **Regulationsfunktion** beinhaltet die Fähigkeit von Ökosystemen den Kohlenstoff, Nährstoff- und Wasserhaushalt auf lokaler, regionaler oder bei entsprechender Ausdehnung auf globaler Ebene zu beeinflussen. Während die Klimawirksamkeit von Mooren standörtlich aus der Kombination von mittleren Wasserständen, Vegetationstypen und Bodeneigenschaften abgeschätzt werden kann, muss bei der Einschätzung ihrer Wirkung für den Landschaftswasser- und -stoffhaushalt ihre hydrologische Einbettung ins Einzugsgebiet mit berücksichtigt werden (*Trepel 2004*).

Die Klimawirksamkeit von Mooren beeinflusst den globalen Kohlenstoffhaushalt und nimmt mit zunehmender Entwässerungstiefe und Nutzungsintensität zu (vgl. *Drösler et al. 2012; SRU 2012*). Hochmoorböden haben aufgrund ihrer sauren Bedingungen und schwerer abbaubaren organischen Substanzen geringere Emissionsraten als Niedermoorböden (vgl. *Tab. 1*). Wachsende Moore haben trotz negativer Kohlenstoffbilanz durch die Kohlenstoffanreicherung in Form der organischen Substanz eine geringe Klimawirksamkeit von 0,1 – 3,3 t CO₂-Äquivalenten ha⁻¹ a⁻¹, weil unter aneroben Bedingungen organische Substanz zu Methan abgebaut wird und Methan gegenüber CO₂ – dem Produkt eines aeroben Abbaus – eine um den Faktor 21 höhere Klimawirksamkeit hat (*SRU 2012*). Die Klimawirksamkeit von Moorböden unter Grünlandnutzung wird stark von den Wasserständen beeinflusst. Auf nassen Grünlandstandorten beträgt sie auf Niedermoorböden im Schnitt 10,3 t CO₂-Äquivalenten ha⁻¹ a⁻¹ und auf Hochmoorböden ~ 2,2 t CO₂-Äquivalenten ha⁻¹ a⁻¹. An trockenen, tiefer entwässerten Grünlandstandorten gleichen sich die Klimawirksamkeiten von Nieder- und Hochmoorböden an. Bei extensiver Nutzung beträgt sie etwa 20 t CO₂-Äquivalenten ha⁻¹ a⁻¹ und bei intensiver Nutzung etwa 30 t CO₂-Äquivalenten ha⁻¹ a⁻¹. Bei Ackernutzung beträgt die Klimawirksamkeit etwa 35 t CO₂-Äquivalenten ha⁻¹ a⁻¹ für Niedermoorböden. In Deutschland haben die Emissionen an klimawirksamen Spurengasen aus landwirtschaftlich genutzten Moorböden einen Anteil von 4,4 % an den Gesamtemissionen. In den moorreichen norddeutschen Bundesländern erhöht sich dieser Anteil auf 9 – 27 %, wobei der Anstieg zum einen in dem höheren Moorbodenanteil und zum anderen in den regional teilweise geringeren Emissionen aus Verkehr und Industrie begründet ist. Landwirtschaftlich genutzte

Moore sind daher in Deutschland und insbesondere in Norddeutschland und in den Voralpen eine bedeutsame Quelle für global klimarelevante Spurengase.

Durch Wiedervernässung und in geringerem Umfang auch durch Extensivierung kann die Klimawirksamkeit entwässerter, intensiv genutzter Moorböden deutlich gesenkt werden.

Werden die Standorte bei der Vernässung dauerhaft überstaut, kommt es in den ersten Jahren zu erheblichen Methanfreisetzungen, die innerhalb von 5 – 10 Jahren zurückgehen, wenn sich in dem System neue stabile Gleichgewichtszustände eingestellt haben (SRU 2012).

Tab. 14: Messergebnisse der Klimawirksamkeit ($t\ CO_2\text{-Äquivalente}\ ha^{-1}\ a^{-1}$) von Hoch- und Niedermoorböden aus Deutschland. Angegeben sind Mittelwert sowie in Klammern (Minimum – Maximum) und [Anzahl der untersuchten Standorte] (Quelle: Drösler et al. 2012).

	Niedermoor		Hochmoor	
Acker	33,8	(14,2 – 50,0)[4]	Keine Daten	
Grünland intensiv / mittel	30,9	(21,3 – 40,7)[5]	28,3	[1]
Grünland extensiv / trocken	22,5	(19,5 – 30,9)[4]	20,1	[1]
Grünland extensiv / nass	10,3	(5,8 – 16,3)[4]	2,2	(0 – 4,4)[2]
Hochmoor trocken			9,6	(5,3 – 12,1)[3]
naturnah / renaturiert	3,3	(-4,3 – 11,9)[5]	0,1	(-1,8 – 2,9)[3]
Überstau	28,3	[10,6 – 71,7][4]	8,3	(6,1 – 10,4)[2]

Im Landschaftsstoffhaushalt wirken wachsende Moore als Nährstoffsенke, sie akkumulieren wichtige Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor. Durch Entwässerung sowie land- und forstwirtschaftliche Nutzung kehrt sich die entsorgende Funktion dieser Flächen dieser Flächen um. Oxidation der organischen Substanz, Dränung und Düngung führen zu einer Erhöhung der Stoffeinträge in Gewässer als Folge der Moorbodendegradation.

Um die Nährstoffrückhaltung von Mooren zu verbessern, ist eine einzugsgebietsbezogene Betrachtung notwendig, um die steuernden Prozesse im Wasser- und Nährstoffhaushalt durch geeignete wasserwirtschaftliche Maßnahmen zu optimieren und an die Abflussdynamik und den Jahreslauf anzupassen.

Die wesentlichen Prozesse, auf denen die Wirkung von Mooren bei der Nährstoffrückhaltung basiert, sind im Stickstoffkreislauf die Denitrifikation und im Phosphorhaushalt die Sedimentation. Beide Prozesse werden in ihrer Intensität von der hydrologischen Einbindung des jeweiligen Moores in seine umgebende Landschaft bestimmt.

Bei der Denitrifikation wird Nitrat in mehreren Schritten zu gasförmigem, elementarem Stickstoff reduziert. Die Denitrifikation wird durch höhere Temperaturen, pH-Werte sowie das

Vorhandensein von organischer Substanz als Elektronendonator bei der Reduktion begünstigt. Moore erhalten Nitratzuflüsse über vier Quellen, an denen Maßnahmen ansetzen können.

- Über die organische und mineralische Düngung wird dem Boden Stickstoff zugeführt, durch Einhaltung einer am Entzug bemessenen und unter Beachtung der Nachlieferung berechneten Düngung kann die Düngemenge verringert werden, ohne dass eine Verringerung der Ernteerträge zu beklagen ist.
- Durch Oxidation der organischen Substanz werden vor allem in nährstoffreichen Niedermoorböden mit tiefen, mittleren Grundwasserflurabständen erhebliche Nitratmengen der Vegetation zur Verfügung gestellt. Durch ein Anheben der Entwässerungstiefen werden die Oxidation und damit die Nitratverfügbarkeit beschränkt.
- Mit dem Zufluss von Grundwasser erhalten Moore ebenfalls hohe Nitratfrachten, die meist aufgrund von Entwässerungsgräben und Dränagen nicht in Kontakt mit anaeroben, kohlenstoffreichen Bodenschichten kommen, sondern schnell dem Vorfluter zugeführt werden. Durch ein Wiederherstellen des Kontakts zwischen Grundwasser und Torfhorizont können diese Stofffrachten abgebaut werden. Darüber hinaus werden durch den Rückbau von Dränagen und Entwässerungsgräben an quelligen Standorten auch die gefährdeten Vegetationstypen der Quellfluren in ihrer Entwicklung gefördert, weil die standorttypischen, grundwassergeprägte Verhältnisse wieder hergestellt werden.
- Bei Überflutung erhalten Moore ebenfalls Nitrateinträge. Diese Einträge aus dem Einzugsgebiet werden durch Denitrifikation abgebaut, wenn die Verweilzeiten ausreichend lang sind. Durch systematische Entwässerung mit dichten Grabennetzen in Kombination mit Deichen und Schöpfwerken wurde die Überflutungshäufigkeit von überflutungsgeprägten Mooren dauerhaft verringert. Durch den Rückbau von Binnendeichen und Schöpfwerken kann der Stoffrückhalt in überflutungsgeprägten Mooren erheblich verbessert werden.

Aus der Literatur sind Denitrifikationswerte in Mooren und Feuchtgebieten in der Größenordnung zwischen 25 und mehr als 250 kg N ha⁻¹ a⁻¹ bekannt. Die Verbesserung der Stickstoffrückhaltung bei vollständiger Vernässung kann grob mit etwa 100 kg Stickstoff ha⁻¹ a⁻¹ abgeschätzt werden (*Trepel* 2009). Das bedeutet, dass durch die Wiederherstellung von einem 10 Hektar großem, überflutungsgeprägtem Niedermoor 1 t Stickstoff jährlich zurückgehalten werden kann.

Überflutungsgeprägte Moore haben auch ein hohes Potenzial für die Rückhaltung von Phosphorverbindungen, wenn sich die Verweilzeiten bei Überflutung verlangsamen. Die Wiederherstellung von überflutungsgeprägten Mooren trägt daher zur Erhöhung der Phosphorrück-

haltung und zur Verbesserung der Gewässergüte bei. Die Wirksamkeit kann mit $\sim 1 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ als Faustzahl für die Neuschaffung von Überflutungsflächen grob abgeschätzt werden. Überflutungsgeprägte Moore haben außerdem ein hohes Potenzial den Wasserabfluss bei Hochwasser zu dämpfen, indem sie durch die Bereitstellung von Überflutungsfläche den Hochwasserabfluss verlangsamen und damit den Wasserstand senken. Ihre Wiederherstellung durch den Rückbau von Deichen, wie zum Beispiel in Lenzen an der Elbe, senkt lokal das Hochwasserrisiko.

Die **Trägerfunktion** umfasst den Raum, den ein Ökosystem aktuell einnimmt. Dieser Raum wird für unterschiedliche Zwecke wie Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Naturschutz, Siedlung oder Industrie verwendet und bietet - trägt - entsprechend seinen Bodeneigenschaften und anthropogen veränderten hydrologischen Standortverhältnissen – in Kombination mit dem Nutzungsregime – unterschiedliche Entwicklungsmöglichkeiten für die erfolgreiche Reproduktion von Tier- und Pflanzenarten und deren Lebensgemeinschaften. Der Boden hat daher eine wichtige Bedeutung für die Erhaltung der lokalen Artenvielfalt. Aufgrund der großflächigen Entwässerung, dem Torfabbau und der intensiven Land- und Forstwirtschaft sind natürliche oder naturnahe Moorstandorte in Deutschland sehr selten geworden. An diesen Standorten hat der Schutz der Lebensgemeinschaften ebenso wie der Schutz der dort meist auch anthropogen wenig beeinflussten Bodenprofile hohe Priorität. Insbesondere Arten grundwassergeprägter Standorte und nährstoffarmer Standorte sind stark zurückgegangen und haben einen erheblichen Anteil an den Rote Listen Arten.

Der Begriff **Informationsfunktion** beschreibt für den Menschen wichtige, aber schwer messbare Funktionen, wie die Nutzung für Erholungszwecke oder die Archivierung der Vegetations- und Kulturgeschichte einer Landschaft. Diese Werte sind für die Erhaltung einer kulturellen, lokalen Identität unserer Gesellschaft von großer Bedeutung. Sie werden aber bei dem gegenwärtig stattfindenden Landschaftswandel wenig berücksichtigt. Dennoch belegen Orte wie die Künstlerkolonie Worpswede im Teufelsmoor in Niedersachsen oder das große Interesse an Moorleichen zum Beispiel in Schloss Gottorf in Schleswig die hohe Bedeutung von Mooren für die Identität einer Gesellschaft.

Das Konzept der Ökosystemdienstleistungen wird benötigt, um bei der Entwicklung und Etablierung umweltschonender Landnutzungsformen von Moorlandschaften, die Interessen unterschiedlicher Nutzergruppen besser zu verstehen, gegeneinander abzuwägen und gemeinsam tragfähige Nutzungskonzepte unter Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und sozialer Rahmenbedingungen zu entwickeln (Neßhöver et al. 2007). Beispielsweise kann die Produktion von Mais oder anderen nachwachsenden Rohstoffen auf organischen Böden für den einzelnen Landwirt ökonomisch rentabel sein, da dieser auf Kosten der übr-

gen Funktionen lediglich die Produktionsfunktion nutzt und aus seiner Sicht optimiert. Die Folgewirkungen auf andere Funktionen und deren gesellschaftliche Kosten wie erhöhte Spurengasemissionen, erhöhte Stoffausträge in Grund- und Oberflächengewässer, verringerte Artenvielfalt, erhöhtes Hochwasserrisiko bei Unterliegern oder geringere landschaftliche Attraktivität für Erholungssuchende bleiben unberücksichtigt.

Sackung als wasserwirtschaftliches Problem

Da sich Moore und Moorböden nur an Standorten gebildet haben, die einen Wasserüberschuss entweder aus Regenwasser oder aus zufließenden Grund- und Oberflächenwasser hatten, ist ihre herkömmliche land- und forstwirtschaftliche Nutzung mit hohen wasserwirtschaftlichen Aufwänden verbunden. Die langfristigen Sackungsraten hängen dabei vom mittleren sommerlichen Grundwasserstand ab. Bei aktuell mittleren Sommerwasserständen von 50 cm unter Flur sackt der Moorboden bedingt durch Oxidation der organischen Substanz in 50 Jahren um etwa 35 cm ab (Tab. X). Bei kleiüberlagerten Mooren sind die Sackungsraten geringer. Da die auf Entwässerung basierenden intensiven Nutzungen ab Wasserständen von weniger als 30 cm unter Flur nicht mehr durchgeführt werden können, muss entweder die Nutzungsform gewechselt werden oder der Standort wird erneut und noch tiefer entwässert. Dann beginnt dieser als Teufelskreis der Moornutzung benannte Kreislauf erneut (*Kuntze* 1983), denn das Moor wird weiter Absacken und dadurch der Grundwasserflurabstand wieder verringert (vgl. Abb. 33).

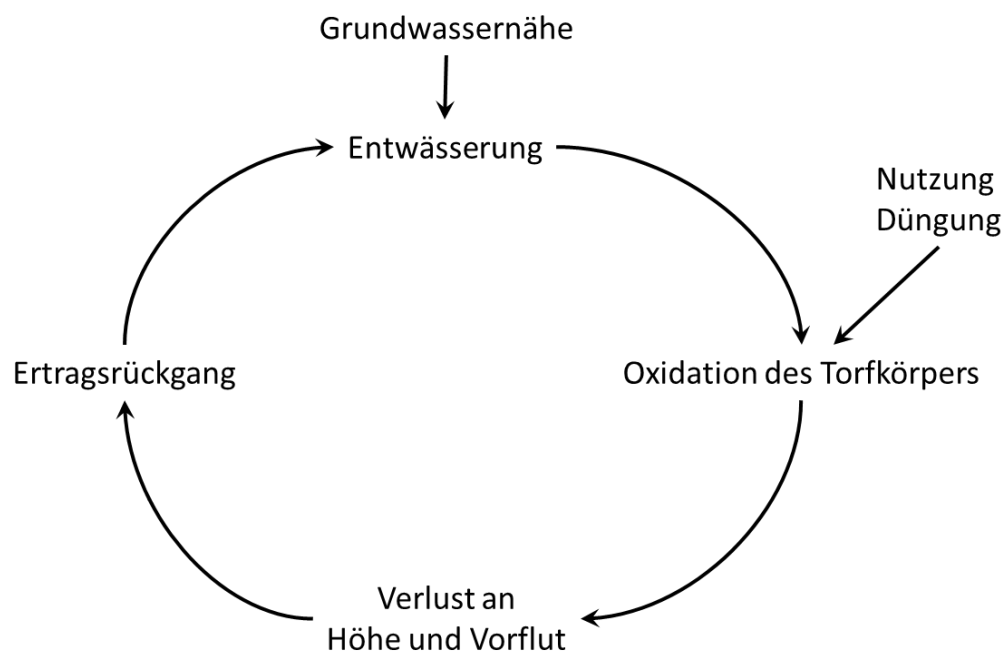


Abb. 36: Teufelskreis der Moorentwässerung und Nutzung nach *Kuntze* (1983) vereinfacht

Tab. 15: Mittlere Sackungsraten der Geländeoberfläche in cm nach 50 Jahren bei unterschiedlicher aktuellen mittleren Sommerwasserständen

Bodenart	Aktueller mittlerer Sommerwasserstand in cm unter Flur				
	70	60	50	40	30
Moorboden	50	40	35	30	25
Klei über Moor	25	20	15	10	5

In den letzten Jahrzehnten hat sich die wasserwirtschaftliche Situation in vielen Niederungen Norddeutschlands deutlich zugespitzt (vgl. Abb. 37). Ökologisch wertvolle Bereiche sind als Naturschutzgebiete oder FFH-Gebiete geschützt. Gleichzeitig sind die standörtlichen Kapazitäten vieler landwirtschaftlich genutzter Moorböden für eine Nachentwässerung erschöpft. Die Einschaltpegel der Schöpfwerke liegen in vielen Bereichen bereits im Bereich des von der Landwirtschaft angestrebten Entwässerungsniveaus. Eine erneute Nachentwässerung würde zu einem ständigen Pumpenbetrieb führen, der mit den gegenwärtigen Gebühren der Wasser- und Bodenverbände nicht gedeckt werden kann. Ein Neubau von Schöpfwerken ist ebenfalls mit sehr hohen Kosten verbunden. Bei diesen Planungen müssen einerseits die Erhaltungsziele der Schutzgebiete sowie die gesellschaftlichen Folgewirkungen wie erhöhte Klimawirksamkeiten oder erhöhte Stoffausträge in Gewässer berücksichtigt werden. Vor dem Hintergrund steigender Meeresspiegel sind entwässerungsbedingte Sackungen der Moorbodenoberfläche in den überflutungsgefährdeten Regionen des Norddeutschen Tieflands ein großräumiges wasserwirtschaftliches Problem. Zukünftig wird die Entwässerung dieser Niederungen nur mit deutlich steigenden Kosten möglich sein.



Abb. 37: In dieser Niederung wurde in den 1950er Jahren ein Schöpfwerk installiert, in der Folge sanken die Moorböden um 1,5 – 2 m ab. Mitte der 1990er Jahren wurde aufgrund der sackungsbedingten Vernässung die landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben und das Schöpfwerk abgestellt. Heute befindet sich hier ein Flachwassersee, der langsam verlandet.

Um die Bodensackung zu vermindern und den Teufelskreislauf der auf Entwässerung basierenden Moornutzung zu durchbrechen, müssen dringend Anpassungsstrategien entwickelt werden. In Deutschland, den Niederlanden und Dänemark werden zurzeit drei Ansätze erprobt.

In Dänemark werden Moore großflächig wiederhergestellt. Ein Beispiel hierfür ist das 2.200 ha Flusstalmoor Skjern Au. Die Flussniederung wurde in den 1960er Jahren großflächig entwässert. In den 1990er Jahren beschloss das dänische Parlament die Niederung zu renaturieren, um die Laichgründe für Lachse wiederherzustellen, die Nährstoffbelastung des Ringköbing-Fjords zu verringern und wasserwirtschaftliche Kosten zu sparen. Im Zuge der Renaturierung wurde der begradigte Flusslauf wieder in sein ursprüngliches Bett zurückverlegt, alle Deiche und Schöpfwerke aus dem Projektgebiet zurückgebaut. Heute werden nur noch Teile der Niederung moderat beweidet (*Pedersen et al. 2007*).

In den Niederlanden werden ökotechnische Lösungen zur großflächigen Steuerung der Wasserstände entwickelt und erprobt. Auf Versuchsflächen wird erforscht, ob sich durch In-

filtration von Wasser in Dränagesystemen in trockenen Zeiten die Sackungsraten und die Freisetzung von klimawirksamen Spurengasen vermindern lassen. Gleichzeitig wurde ein nationaler Mooraktionsplan erarbeitet, der vorsieht bis 2050 auf 36.000 ha Naturschutz mit erneutem Moorwachstum, auf 50.000 ha eine extensive Landwirtschaft mit reduzierter Sackung und auf 250.000 ha eine intensive Landwirtschaft mit erhöhter Sackung und geringer Umweltbelastung zu initiieren (*Schouwenaars mtl., Verhagen et al. 2009*).

In Mecklenburg-Vorpommern werden in einem Forschungsprojekt alternative Nutzungsformen (Paludikultur – (Paludi griechisch Sumpf) für Moorböden bei flurnahen Wasserböden auf ihre Praxistauglichkeit hin untersucht. Zur Paludikultur zählen unter anderem der Anbau von Erlenwertholz, Torfmoose als nachwachsender Rohstoff, Rohrkolben oder Schilf-Biomasse als nachwachsender Rohstoff oder für die energetische Verwertung sowie eine extensive Beweidung (*Wichtmann und Wichmann 2011*).

Die drei Strategien sind unterschiedlich weit entwickelt. Während die Wiederherstellung von Mooren als Verfahren etabliert ist, müssen wasserwirtschaftliche Steuerungstechniken und Paludikulturen erst auf ihre Praxistauglichkeit hin überprüft werden. Die Investitionskosten für die Wiederherstellung von Mooren sind im Vergleich mit den beiden anderen Ansätzen relativ hoch, weil die Flächen vollständig erworben werden müssen. Eine wasserwirtschaftliche Steuerung hat dagegen hohe Folgekosten, weil der Betreuungs- und Wartungsaufwand hoch sein wird.

Die Synergien mit anderen Umweltzielen wie dem Naturschutz, Gewässerschutz, Klimaschutz und Hochwasserschutz sind bei der Wiederherstellung von Mooren am größten, gefolgt von Paludikulturen, die aufgrund der Nutzung keine natürlichen Vegetationstypen fördern und bei angestrebter ökonomischer Effizienz auch den Wasserhaushalt regulieren müssen. Der technische Ansatz einer Steuerung der Wasserstände zur Minimierung der Sackung hat die geringsten Synergien mit dem Natur- und Hochwasserschutz. Der Klimaschutz und Gewässerschutz kann profitieren, weil die hohen Austräge und Klimawirksamkeiten intensiver Nutzungsformen leicht verringert werden. Der Bodenschutz profitiert vor allem bei der Wiederherstellung von Mooren und bei Paludikulturen weil die vorhandenen Kohlenstoffvorräte dauerhaft konserviert und die Entwicklung naturnaher Moorprofile initiiert wird.

Fazit

Die Entwicklung und Umsetzung langfristig tragfähiger Nutzungskonzepte für Moorböden ist eine Herausforderung für Politik und Gesellschaft nicht nur in Deutschland sondern weltweit. Die von entwässernden Mooren ausgehenden Umweltbelastungen übersteigen in der Regel den kurzfristig erzielbaren Gewinn. Der Erprobung neuer, nicht auf Entwässerung basierender Nutzungsformen hat daher eine große Bedeutung. Parallel dazu sind die noch vorhan-

denen hydrologisch und ökologisch wertvollen Moore und Moorreste wirksam vor weiteren Beeinträchtigungen zu schützen.

6.5 Infrastruktur – Konsequenzen für Regional- und Flächenplanung, Verkehrswege, Ver- und Entsorgung

Die Niederungen in Schleswig-Holstein sind über Jahrhunderte hinweg urbar gemacht, besiedelt und erschlossen worden. Es wurde annähernd flächendeckend die gleiche Infrastruktur aufgebaut wie in allen anderen Gebieten, angepasst natürlich an die landschaftlichen Rahmenbedingungen. In den großen Mooregebieten ist auch aufgrund der Bodenverhältnisse relativ wenig entstanden. Beispielhaft seien hier nur die erschließende technische Infrastruktur wie Straßen und Schienen, Energieversorgung, Wasserver- und Abwasserentsorgung, Kommunikation etc. genannt, und die logistische Infrastruktur wie öffentlicher Nahverkehr mit Schülerbeförderung, Feuerwehr und Rettungswesen. Zusätzlich kamen noch landschaftstypische und landschaftserhaltende Infrastrukturen wie Deiche, Entwässerungsgräben, Siele und Schöpfwerke dazu.

Die wasserwirtschaftliche Entwicklung der Niederungen ist in den vorherigen Kapiteln beschrieben worden. Die dort erläuterte Verschlechterung der Entwässerungsbedingungen wird überlagert durch die demografische Entwicklung und die betrieblichen Veränderungen vor allem in der Landwirtschaft. Die Landwirtschaft wird in den Niederungen bleiben, solange die Entwässerung dort noch vertretbar funktioniert. Aber der Trend zu größeren Einheiten befördert auch in diesem Bereich den Wegzug der Bevölkerung. Die Prognosen zur Demografie sagen in Verbindung mit der Veränderung der Altersstruktur ein zunehmendes Abwandern aus den meisten großen Niederungsgebieten voraus, da die Perspektiven für junge Leute dort geringer sind als in den zentraleren Orten. Eigendynamisch werden Kindergärten, Schulen und auch Altenheime zentralisiert werden, ebenso der öffentliche Nahverkehr. Zur Zeit ist nicht abzusehen, ob diesem Trend politisch entgegengewirkt werden wird, Stichwort: Stärkung des ländlichen Raumes, oder ob die Zentralisierung aktiv unterstützt wird. Erst im Nachklang wird die dann zu große technische Infrastruktur für die wenigen verbliebenen Wohn- und Betriebseinheiten zu teuer und muss angepasst werden. Bei Trink- und Abwasseranlagen führt zudem auch die zu geringe Auslastung zu Problemen.

Ist die zu kostenintensive Entwässerung, oder ein unzureichender Schutz vor Überflutungen die eigentliche Ursache der „Entsiedelung“, werden die einzelnen betroffenen Gebiete für sich beurteilt werden müssen und eine Anpassung der Infrastrukturen wird vor allem auch politisch zu diskutieren sein. Aus entwässerungstechnischer Sicht ist die Vermeidung von Neuansiedlungen in den Niederungen zu empfehlen, natürlich gestaffelt nach entwässerungstechnischer Problemlage. Zur Stärkung der Kostenträgerseite wäre andererseits die Unterstützung der Ansiedlungen bzw. Erhalt der Besiedelung konsequent.

Das Bauen in Niederungsgebieten mag aufgrund örtlicher Randbedingungen teurer sein als in höher gelegenen Gebieten, aber ansonsten gibt es aufgrund baulicher Anforderungen keine Einschränkungen. Die höheren Baukosten werden meist durch niedrigere Grundstückskosten ausgeglichen. Einschränkungen im Bau- und Bauplanungsrecht sind außer in den Überschwemmungs-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten bisher nur örtlich begrenzt durch die gemeindliche Planungshoheit festgelegt worden. Großräumige Konzepte zur Steuerung der gemeindlichen Entwicklung in Bezug auf Wohnen, Arbeit und Infrastrukturen kann folglich nur durch Festlegen in Landesentwicklungs- und Regionalplänen als Grundlagen für die örtliche Bauleitplanung erreicht werden.

Sind keine einschränkenden planungsrechtliche Vorgaben vorhanden, regelt sich die Ansiedelung nur über die Abwägung der ökonomischen Faktoren Kosten der Entwässerung und sonstiger Standortvorteile.

Durch überregionale Infrastrukturen wie Straßen und Schienenwege, die durch Niederungsgebiete hindurchführen, werden sich daher auch wesentliche Forderungen zum Erhalt und der Weiterentwicklung von Entwässerungsstrukturen ergeben, da alternativ sehr große Aufwendungen entstehen würden. Der Neu- und Umbau dezentraler kleinräumiger Ver- und Entsorgungsanlagen mag noch vertretbar sein, aber der Neubau von Straßen und damit verbundene viel weitere Fahrstrecken z.B. für Rettungsdienste und Nahverkehr sind kaum noch vermittelbar.

Zusammenfassend können die Konsequenzen der Veränderung oder Aufgabe von Entwässerungssystemen für Regional- und Flächenplanung, Verkehrswege, Ver- und Entsorgung nicht pauschal und flächendeckend für die gesamte betrachtete Niederungsfläche formuliert werden. Die Auswirkungen sind im Detail für das jeweils in Diskussion stehende kleinräumige Gebiet zu beschreiben und in ein planerisches Gesamtkonzept für dieses Gebiet einzuarbeiten.

7 Anpassungsstrategie und Handlungsempfehlungen

Die Auswirkungen der in Folge des Klimawandels zukünftig veränderten Randbedingungen für die Entwässerung der Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein wurden beispielhaft für den Meeresspiegelanstieg untersucht. Als Ergebnis können die einzelnen Teilgebiete hinsichtlich der Vulnerabilität und der zeitlichen Priorisierung der Anpassungserfordernisse eingeordnet werden.

Demgegenüber ist eine Aussage hinsichtlich der im Einzelfall bestmöglichen Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmenkombination auf Grundlage der durchgeführten überblicksweisen Betrachtung nicht möglich. Optimale Lösungen sollten für die betroffenen Sielverbandsgebiete bzw. Einzugsgebiete im Rahmen detaillierter Untersuchungen abgeleitet werden.

Vor diesem Hintergrund besteht die empfohlene Anpassungsstrategie für die Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein in erster Linie darin, eine rechtzeitige Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf lokaler Ebene, d.h. auf Einzugsgebietsebene durchzuführen, mit dem Ziel, die Anpassungserfordernisse zu konkretisieren und die Wirksamkeit und Robustheit möglicher Maßnahmen zu prüfen. Schließlich kann somit die wirksamste und effizienteste Maßnahmenkombination identifiziert und deren zeitliche Abfolge geplant werden.

In Abb. 38 ist das empfohlene Handlungsschema für die Erarbeitung einer Anpassungsstrategie auf der Einzugsgebietsebene dargestellt. Ziel dieses Schemas ist, den Planungsprozess zu strukturieren und dabei alle relevanten Aspekte aufzubereiten und darzustellen, so dass eine vollständige Grundlage für die Entscheidung über eine lokale Anpassungsstrategie sowie zielführende Maßnahmen vorliegt.

Das Handlungsschema beschreibt einen mehrfach rückgekoppelten Planungsprozess, der aufgrund bestehender Kenntnislücken und Unsicherheiten hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung sowie der lokalen Auswirkungen der Klimafolgen nicht streng der Reihe nach abgearbeitet werden kann.

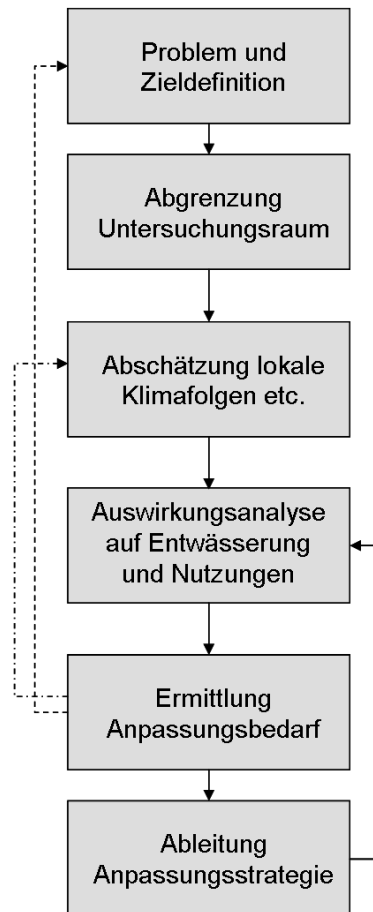


Abb. 38: Handlungsschema zur Ableitung von Anpassungsstrategien der Wasserwirtschaft in Niederungsgebieten an den Klimawandel

Hauptakteur für die Ableitung einer Anpassungsstrategie des Sektors Wasserwirtschaft in den Niederungsgebieten sind sicherlich die Deich- und Hauptsielverbände bzw. Siel- oder Wasser- und Bodenverbände. In Anbetracht der Verpflichtung zur Erfüllung der Verbandsaufgabe der gesicherten Entwässerung ist das grundsätzliche Ziel bereits vorgegeben.

Problem und Zieldefinition

Gleichwohl sollte der Planungsprozess mit einer Ziel- und Problemdefinition beginnen. In diesem grundlegenden Schritt sind die bestehenden Zielvorstellungen für die zukünftige Entwicklung aus den verschiedenen Nutzungsansprüchen (z.B. Landwirtschaft, Siedlung, Gewerbe, Naturschutz, Tourismus etc.) abzufragen und ggf. bestehende oder sich zukünftig abzeichnende Konflikte, insbesondere vor dem Hintergrund der rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Bebauungspläne, Wasserhaushaltsgesetz, Naturschutz etc.), aufzudecken. Aufbauend darauf sind gemeinsame Entwicklungsziele zu vereinbaren.

Abgrenzung Untersuchungsraum

In Verbindung damit ist der Untersuchungsraum abzugrenzen. Aufgrund der bestehenden wasserwirtschaftlichen Wirkungszusammenhänge ist, wie beispielsweise auch im Zuge der Umsetzung EG-Wasserrahmenrichtlinie und der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie erfolgt, eine Betrachtung auf Einzugsgebietsebene unerlässlich. Für eine fundierte Planung ist eine umfassende Grundlagenermittlung für den Untersuchungsraum unentbehrlich. Zu diesem Zweck sollten vorliegende Informationen und Daten zusammengeführt werden und erforderlichenfalls frühzeitig durch die Erfassung der Bestandssituation bezüglich Wasserstandswerten, Abflüssen, Nutzungen, weiteren Randbedingungen etc. ergänzt werden.

Abschätzung lokaler Klimafolgen

Als weiterer Schritt sind die Auswirkungen des Klimawandels auf der lokalen Ebene des Untersuchungsraums abzuschätzen. Zu diesem Zweck sollten aufbauend auf den vorliegenden Erkenntnissen zu den Folgen und Auswirkungen des Klimawandels, Szenarien der zukünftigen Entwicklung der verschiedenen Einflussfaktoren, u.a. Meeresspiegel und Tidekennwerte, Niederschlag, Abfluss für verschiedene Zeithorizonte definiert werden (siehe Kapitel 5.1). In diesem Zusammenhang kann beispielsweise auf die Informationen des Norddeutschen Klimabüros (Norddeutsches Klimabüro o. J. und Norddeutsches Klimabüro 2011) zurückgegriffen werden. Allerdings liegen für einige der relevanten Einflussfaktoren und Randbedingungen noch keine oder keine ausreichenden Erkenntnisse vor, um die zukünftige Entwicklung auf lokaler Ebene zu beschreiben. Diese Informationen sollten von den verantwortlichen Fachbehörden des Landes Schleswig-Holstein erarbeitet und in regelmäßig aktualisierter Form bereitgestellt werden.

Auswirkungsanalyse

Anschließend sind die räumlichen und zeitlichen Auswirkungen der Szenarien auf die Entwässerung und die bestehenden Nutzungen im Untersuchungsraum zu analysieren. Aufgrund der komplexen Wechselwirkungen der verschiedenen Randbedingungen, des Zusammenwirkens der verschiedenen Bestandteile des wasserwirtschaftlichen Systems und den Besonderheiten der örtlichen topografischen und morphologischen Gegebenheiten ist für die Beantwortung dieser Fragestellungen der Einsatz von mathematischen Simulationsmodellen empfehlenswert.

Ermittlung Anpassungsbedarf

Durch eine Gegenüberstellung und einen Vergleich zwischen den festgelegten Entwicklungszielen und den im Zuge der Auswirkungsanalyse ermittelten für die verschiedenen Zeithorizonte zukünftig zu erwartenden Zustände wird der Anpassungsbedarf für den Untersuchungsraum abgeleitet.

Mit den Ergebnissen dieses Arbeitsschritt können die definierten Probleme überarbeitet und hinsichtlich der Ursachen konkretisiert werden. An dieser Stelle sollte ebenfalls unter dem Eindruck der erarbeiteten Erkenntnisse die tatsächliche Erreichbarkeit der zu Beginn festgelegten Ziele bewertet und diese gegebenenfalls überdacht und angepasst werden.

Ableitung Anpassungsstrategie

Nach der Ermittlung des Anpassungsbedarfs ist die Frage nach geeigneten Anpassungsmaßnahmen zu beantworten. Zunächst sollte unter Berücksichtigung der Zieldefinition und der gegebenen Problemlage eine Vorauswahl potenziell geeigneter Maßnahmen und möglicher Standorte bzw. Bereiche getroffen werden. Anhaltspunkte und Hinweise können dem Maßnahmenkatalog in Anl. 5 entnommen werden. Die Effektivität der Maßnahmen ist im Rahmen einer Wirkungsanalyse für die verschiedenen Szenarien und Zeithorizonte zu überprüfen und hinsichtlich der Zielerfüllung zu bewerten. In diesem Zusammenhang werden die Auswirkungen der Klimafolgszenarien auf die Entwässerung und die bestehenden Nutzungen im Untersuchungsraum diesmal unter Berücksichtigung der Anpassungsmaßnahmen untersucht.

Für die Auswahl effizienter Maßnahmen ist zudem ein Nutzen-Kostenvergleich durchzuführen. Des Weiteren sind möglichst frühzeitig Fragen hinsichtlich der Finanzierung von erforderlichen Investitionen und zukünftigen Abschreibungen zu klären. In Anbetracht der bestehenden Unsicherheiten über die tatsächliche zukünftige Entwicklung der klimatischen Randbedingungen sollten die ausgewählten Maßnahmen nicht mit starken negativen Konsequenzen verbunden sein, d.h. ohne Bedauern umgesetzt werden können („no-regret“-Maßnahmen).

In diesem Sinne sollte die entwickelte Anpassungsstrategie ein möglichst hohes Maß an Flexibilität gegenüber zukünftigen Änderungen der Klimafolge- und Entwicklungsszenarien aufweisen. Es ist nicht auszuschließen, dass im Verlauf des Planungsprozesses neuere Erkenntnisse, insbesondere hinsichtlich der lokalen Auswirkungen des Klimawandels, gewonnen werden. Darauf muss in angemessener Weise reagiert werden können.

Aus der Betrachtung verschiedener Zeithorizonte ist im Sinne einer vorausschauenden Planung die geeignete zeitliche Reihenfolge der Umsetzung einzelner Maßnahmen zu entwickeln. Die Ergebnisse der Anpassungsstrategie für den Sektor Wasserwirtschaft und die damit eng verbundenen Nutzungsinteressen sollten im Rahmen eines Aktionsplans mit den Aktivitäten und Maßnahmen weiterer Sektoren zusammengeführt werden, um ggf. mögliche Synergien zu erkennen und gezielt zu nutzen.

7.1 Vorliegende Untersuchungen

In einigen Einzugsgebieten können die Planungen zur Ableitung einer lokalen Anpassungsstrategie auf vorliegende Untersuchungen und bestehende Modelldatensätze, die beispielsweise aus den Vorplanungen gemäß EG-WRRRL oder aus der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten im Zuge der Umsetzung der EG-HWRM-RL aufbauen.

Im Folgenden werden Studien genannt, die zu Fragestellungen der Entwässerung von Niederungsgebieten bzw. zum Hochwasserschutz erarbeitet wurden. Darin wurden zum Teil auch Aspekte veränderter Randbedingungen in Folge des Klimawandels berücksichtigt. Im Einzelnen sind beispielhaft und ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu nennen:

- Untersuchungen zum Hochwasserrückhalt, Hochwasserschutz und Hochwassermanagement im Einzugsgebiet des Bongsieler Kanals (2005) [unveröffentlicht]
- Wasserwirtschaftliche Untersuchung Steertlochsiedel (2010) [unveröffentlicht]
- Gemeinsamer Hochwasserschutz im Zeichen des Klimawandels, Einzugsgebiet der Wiedau, Interreg IVa Projekt (2010 – 2012, www.grenzwasser.eu)

Diese Studien geben Hinweise zu den für jeweils unterschiedliche Problemlagen erarbeiteten Lösungskonzepten und Maßnahmen. Auf diese Erfahrungen kann aufgebaut werden und sie können ggf. auf andere Niederungsgebiete übertragen werden.

7.2 Pilotprojekte

Resultierend aus den Ergebnissen der AG Niederungen 2050 sind nachfolgende zwei Bereiche ausgewählt, in denen beispielhaft Fragestellungen zur Regenwasserbewirtschaftung unter Berücksichtigung klimatischer Veränderungen bearbeitet werden sollen.

7.2.1 Pilotprojekt „Bongsieler Kanal“

Das Bongsieler Kanal-System

Das Einzugsgebiet des Bongsieler Kanals wird gebildet aus den beiden Hauptgewässerläufen Soholmer Au und Lecker Au. Wo Soholmer Au und Lecker Au zusammentreffen, beginnt schließlich der Bongsieler Kanal, der nach einer Länge von 6,7 km frei über das Deichsiel Schlüttsiel frei in die Nordsee entwässert.

Das Einzugsgebiet des Bongsieler Kanals hat eine Größe von rd. 73.000 ha.

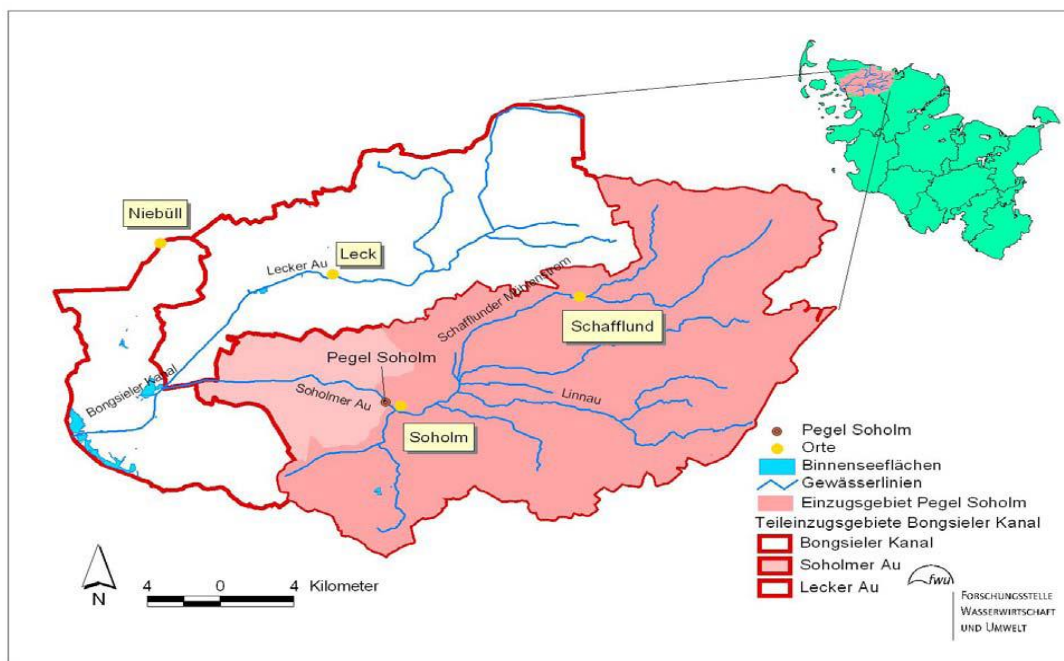


Abb. 39 Einzugsgebiet Bongsieler Kanal

Wichtig zu unterscheiden sind das Teileinzugsgebiet der Soholmer Au (hellrosa) und das oberhalb liegende Teileinzugsgebiet des Pegels Soholm (dunkelrosa). Während das Einzugsgebiet des Pegels Soholm, sowie des Pegels Leck/Karlsmark in freier Vorflut entwässert wird, ist das verbleibende Einzugsgebiet unterhalb überwiegend durch Schöpfwerke an die Soholmer Au, Lecker Au und den Bongsieler Kanal angeschlossen. **Das Gesamt-Einzugsgebiet entwässert bei Schlüttsiel in die Nordsee. Das Siel verfügt über kein angeschlossenes Mündungsschöpfwerk, so dass der komplette Binnenabfluss nur in freier Vorflut während der Sielzeiten abgeführt werden kann.**

Der größte Teil des Einzugsgebietes des Bongsieler Kanals liegt im Bereich der Niederen und Hohen Geest. Es kommt daher im gesamten Gewässersystem zu einem erheblichen Sedimenttransport bzw. zu Feststoff- und Sandumlagerungen, die im Zuge der Unterhaltung (Baggerungen) erhebliche Kosten verursachen. Die Baggerungen wiederum, sind dringend notwendig, um die volle hydraulische Leistungsfähigkeit des Gewässersystems aufrecht-erhalten zu können.

Bearbeitungsstand bereits vorhandener wasserwirtschaftlicher Untersuchungen:

2002 wurde zusammen mit dem Umweltministerium des Landes S.-H. und der Forschungsstelle Wasserwirtschaft und Umwelt an der Universität Siegen - **Untersuchungen im Einzugsgebiet der Soholmer Au zur hydrodynamischen Situation und zum Sedimenttransport** - durchgeführt. Alle hierfür notwendigen Bestandserfassungen, wie die der Gewässermorphologie, Landnutzung im Einzugsgebiet, Quer- und Längsprofilaufnahmen, Niederschlags-Abfluss Beziehungen etc. wurden durchgeführt.

Hierauf basierend ist dann 2005 eine weitere Forschungsarbeit mit der Uni Siegen initiiert worden: Die Berechnungsergebnisse der - **Untersuchungen zum Hochwasserrückhalt, Hochwasserschutz und Hochwassermanagements im Einzugsgebiet des Bongsieler Kanals** – erlauben, vereinfacht gesagt, für das Tidebeeinflusste Einzugsgebiet des Bongsieler Kanals Hochwasserwahrscheinlichkeiten anzugeben, die in derartigen Systemen immer das Resultat von Rückstausituation aufgrund Tideverlaufs und Binnenzufluss sind.

Weitere Zielsetzungen:

Aufgrund der durch die o.g. Gutachten bereits vorhandenen detaillierten Datengrundlagen ist dringend zu empfehlen, die Schöpfwerksabflüsse (mit ihren diffusen Schwebstoffanteilen), sowie die Ein- und Ausströmungen aus den Speicherbecken genauer zu erfassen und in das Modell einzubinden.

Das daraus resultierende Gesamtmodell wiederum soll sich dann für weitere Untersuchungen z.B. im Hinblick auf die langfristige Hochwasserschutzsicherung und Speicherraumoptimierung des Gesamtsystems Bongsieler Kanal eignen:

Zu stellende Fragen sind z.B.: Ist eine Ergänzung des Speichers Schlüttsiel vor dem Hintergrund des Klimawandels generell erforderlich?

Kann durch Entwicklung eines Vorhersagemodells mittels abgestimmter Steuerung auf eine Vergrößerung des Stauraumes oder häufige Baggerungen verzichtet werden, oder nicht?

Wirkprognosen weiterer Maßnahmen (Reaktivierung alter Talräume, Sandfangbau) ?

Wie weit ist es möglich, Teile des Binnenabflusses im Bedarfsfalle erst gar nicht zum Siel, bzw. in den Hauptvorfluter einzulassen und weiter oben im Einzugsgebiet (Rückhalt in der Fläche, Rückhaltepolder) oder dort, wo bereits separate polderähnliche Flächen bestehen, nämlich in den geschöpften Gebieten, zurückzuhalten? (Abschaltung ausgewählter Schöpfwerke)

7.2.2 Pilotprojekt „Miele“

- 1. Beschreibung des Einzugsgebietes der Miele**
- 2. Betrachtungsraum „Dehringstrom – Fiel“ im Sielverband Mieltal**
- 3. Wasserwirtschaftliche Untersuchungen**

1. Beschreibung des Einzugsgebietes der Miele

Der Deich- und Hauptsielverband Dithmarschen ist bestrebt, einen langfristigen und dauerhaft wirksamen Hochwasserschutz sowie die Entwässerungssicherheit im Einzugsgebiet der Miele (ca. 40.000 ha) zu gewährleisten.

Die Entwässerung des Einzugsgebietes der Miele erfolgt im freien Gefälle über das Deichsiel am Meldorfer Hafen in die Meldorfer Bucht. Demnach erfolgt der Abfluss nur dann, wenn die Außenwasserstände in der Meldorfer Bucht niedriger sind als im Binnenbereich. Während das Seedeichsiel geschlossen ist, wird der Binnenabfluss u.a. im Speicherkoog Nord gespeichert und fließt erst wieder in die Nordsee ab, wenn bei eintretender Ebbe der Außenwasserstand unter den Binnenwasserstand sinkt. Die Sielverbände des Einzugsgebiets erhalten durch Mitteldeichsiele Vorflut in das Speicherbecken.

Das Gewässer- und Grabensystem des Einzugsgebiets der Miele ist durch sehr flache Geländestrukturen geprägt und unterliegt, wie zahlreiche Niederungsbereiche in Schleswig-Holstein, in besonderer Weise Problemen der Binnenentwässerung. Wichtige Faktoren für eine allmähliche Verschlechterung der Binnenentwässerung im Vergleich zum Ausbauzustand sind:

- Setzung der Einzugsgebietsflächen,
- Verminderung des in den Speicherräumen verfügbaren Speichervolumens durch Sedimentation,
- mögliche Änderung der Außentiefgeometrie durch Aufsandung.

Des Weiteren können sich u.a. als Folge des Klimawandels zukünftig veränderte Randbedingungen für die Binnenentwässerung einstellen. In diesem Zusammenhang sind als wesentliche Einflussgrößen zu nennen:

- Veränderungen der Tidedynamik und somit der Tideniedrig- und Tidehochwasserstände infolge eines Anstiegs des Meeresspiegels und
- Veränderungen des Niederschlagsregimes in räumlich-zeitlicher Verteilung der Intensität, Häufigkeit und Dauer (z.B. Zunahme der Winterniederschlagssummen, höhere Intensität sommerlicher Starkregenereignisse).

Im Hochwasserfall treten, wie beispielsweise während des Ereignisses vom Oktober 2008 beobachtet, flächenhafte Überschwemmungen auf.

Vor diesem Hintergrund besteht im Rahmen dieser Untersuchung die Zielsetzung,

- den aktuellen Zustand des Entwässerungssystems zu analysieren und im Vergleich zum Ausbauzustand zu bewerten und
- Lösungsvarianten für eine Verbesserung des Binnenhochwasserschutzes zu betrachten und unter hydraulischen Gesichtspunkten zu beurteilen.

Die planerischen Aussagen sollen auf der Grundlage einer modellbasierten Beschreibung und Simulation der hydrodynamischen Prozesse im Einzugsgebiet Miele erarbeitet werden. Der Modellierung werden die gewonnenen Erkenntnisse über den aktuellen Zustand des Entwässerungssystems zu Grunde gelegt. Darüber hinaus werden mögliche Auswirkungen zukünftig veränderter Entwässerungsrandbedingungen infolge eines Meeresspiegelanstiegs untersucht. Zudem sollen Wirkungsweisen möglicher wasserwirtschaftlicher Maßnahmen im Einzugsgebiet betrachtet werden.

Hier soll beispielhaft ein Projekt an einem EZG-Vorfluter (Dehringstrom) ausgewählt werden.

2. Betrachtungsraum „Dehringstrom – Fiel“ im Sielverband Mieltal

Der dem Deich- und Hauptsielverband Dithmarschen angeschlossene Unterverband Sielverband Mieltal hat seinen Zuständigkeitsbereich im Raum Nordhastedt mit dem Übergang von der Geest in die Mieleniederung.

Der im Sielverband verlaufende Dehringstrom durchläuft hier mit seinem Einzugsgebiet beispielhaft den Niedermoorbereich des angeschlossenen Fieler Sees als auch den oberhalb gelegenen Geestbereich. Zur Schaffung von Retentions- und Vernässungsflächen soll über die Drosselung des Abflusses südlich von Fiel in die vorhandene wasserwirtschaftliche Situation eingegriffen werden. Hierzu werden nach ersten Auswirkungen ca. 200 ha vornehmlich landwirtschaftliche Nutzfläche und bereits bestehende Naturschutzfläche betroffen sein.

Durch eine durchzuführende wasserwirtschaftliche Untersuchung im gesamten Einzugsgebiet der Miele sollen die hydraulischen Wirkungszusammenhänge durch die Umsetzung eines derartigen Projektes am Dehringstrom dargestellt werden.

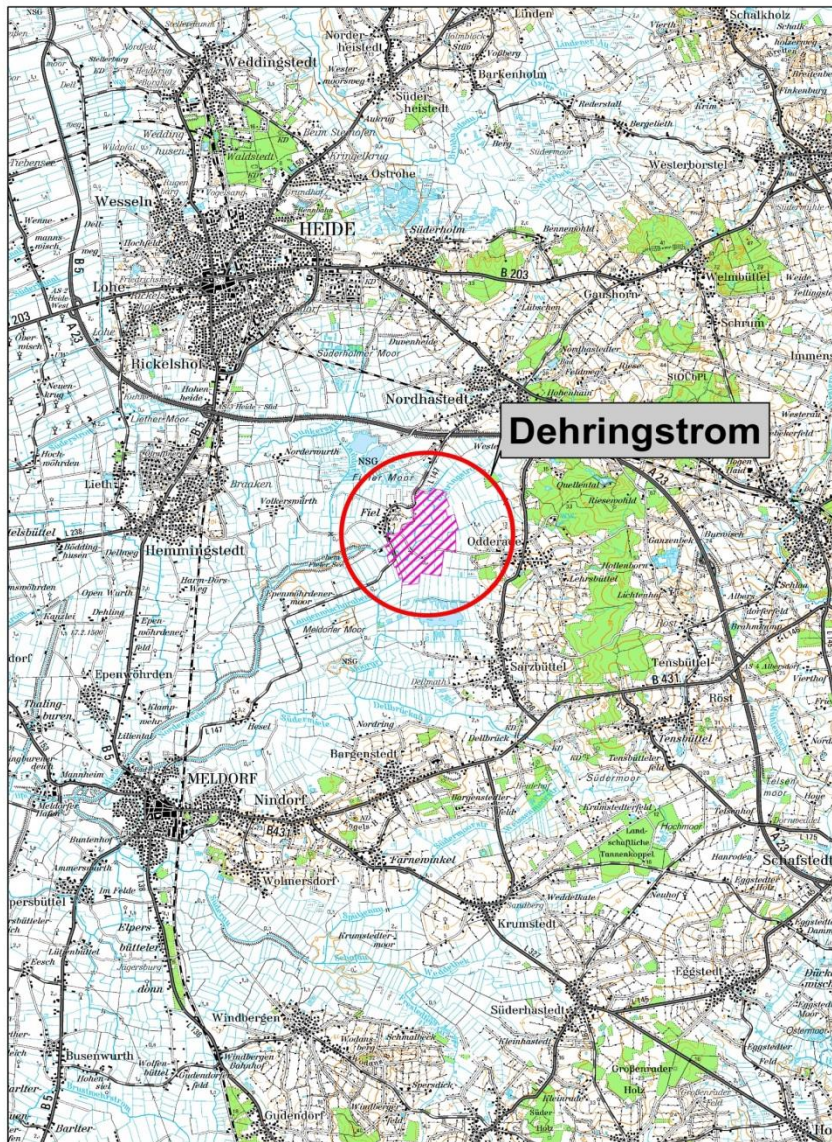


Abb. 40 Projektgebiet „Dehringstrom“ – Fiel im Sielverband Mieltal

3. Wasserwirtschaftliche Untersuchungen

Um die wasserwirtschaftliche Situation des Einzugsgebietes der Miele auch unter dem Einfluss eines derartigen Projektes am Dehringstrom analysieren zu können, sind umfangreiche Untersuchungen notwendig. Die Zielsetzung und Bearbeitungsschwerpunkte sollen im Nachfolgenden kurz dargestellt werden.

Zielsetzung:

- Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse für den Hochwasserschutz

- Entwicklung und Anwendung von Instrumenten, mit denen Maßnahmen und auch Szenarien bzgl. zukünftiger klimatisch-hydrologischer Entwicklungen untersucht werden können, z.B.
 - Veränderungen der Niederschlagsintensität, -häufigkeit und -dauer, z.B. Winterniederschläge, Starkregenereignisse,
 - Veränderungen von Ebbe- und Flutwasserständen durch einen Anstieg des Meeresspiegels mit entsprechenden Auswirkungen auf Siedlungszeiten.
- Analyse der Wirkungszusammenhänge des wasserwirtschaftlichen Systems
- Maßnahmenableitung

Bearbeitungsschwerpunkte

- Bestandserfassung für das Gesamteinzugsgebiet und kartografische Darstellung:
 - Topografie, Höhenverhältnisse
 - Landnutzung
 - Gewässermorphologie (Querprofile, Längsgefälle)
 - Hydraulisch relevante Bauwerke, Betriebsweise, Leistungsfähigkeit
 - Gewässerkundliche Kennwerte (Niederschlag, Abfluss, Wasserstand)
 - Ggf. Bestandsergänzende Ermittlungen, Ortsbegehungen, v.a. Vermessungen
- Aufbau eines hydraulischen Berechnungsmodells, Kalibrierung, Plausibilisierung anhand eines geeigneten Starkregen- bzw. Überschwemmungsereignisses
 - Abbildung der hydrologischen Randbedingungen aus Abflussbildungsprozessen, z.B. mittels gebietsdetaillierter Abflussspenden,
 - Abbildung des Tideverlaufs Außendeich,
 - Ermittlung der Abflussmengen aus Teilgebieten und resultierende Wasserstände in den Hauptgewässersträngen unter Berücksichtigung der hydraulisch relevanten Strukturen (Siele, Staubauwerke),
 - Darstellung der Veränderung der Gebietseigenschaften und Randbedingungen für die Entwässerung im Vergleich zum Ausbauzustand
- Analyse von Wirkungszusammenhängen im Ist-Zustand
- Implementierung von bereits vorliegenden bzw. geplanten Maßnahmen
- Untersuchung der Auswirkungen

- Maßnahmenableitung weiterer Maßnahmen und hydraulische Berechnung
- Entwicklung von hydrologisch-klimatischen Szenarien
- Ermittlung der Flächenbetroffenheiten/-anspruchnahme
- Kostenabschätzung
- Erstellung einer Wirkungsprognose

7.3 Sachstand Umlage Vorteilsgebiet / Einzugsgebiet

Der Maßstab für die Heranziehung zu Beiträgen der Wasser- und Bodenverbände richtet sich grundsätzlich nach § 30 Absatz 1, Satz 1 des Wasserverbandsgesetzes (WVG). Danach bemisst sich der Beitrag der Verbandsmitglieder und der Nutznießer nach dem Vorteil, den diese von der Aufgabe des Verbands haben, sowie den Kosten, die der Verband auf sich nimmt, um den Mitgliedern obliegende Leistungen zu erbringen oder den von ihnen ausgehenden nachteiligen Einwirkungen zu begegnen.

Eigentümer von Grundstücken, die außerhalb des Vorteilsgebietes, aber innerhalb des Einzugsgebietes eines Schöpfwerkes belegen sind, könnten daher dann zu Beiträgen herangezogen werden, wenn der Wasserzufluss aus diesen Gebieten eine „nachteilige Einwirkung“ im Sinne des § 30 Abs. 1, S. 1 WVG darstellt. Dieses könnte zweifelhaft sein, da dieser auf dem Prinzip der Verhaltensverantwortlichkeit (vgl. Rapsch, Rdnr. 269) beruhende, beitragsbegründende Tatbestand u. U. ein aktives Tun des Beitragspflichtigen voraussetzt.

In der verwaltungsgerichtlichen Rechtsprechung ist diese Frage offenkundig bislang nicht thematisiert worden. Es ist jedoch zu erwarten, dass sich das Verwaltungsgericht Schleswig im Rahmen eines dort aktuell anhängigen Klagverfahrens zu dieser Fragestellung äußern wird.

Eine rechtskräftige Entscheidung dieses Verfahrens sollte abgewartet werden. Sollten sich hier die o. g. Zweifel bestätigen, wird empfohlen, dann ggf. den gesetzlichen Handlungsbedarf sowie entsprechende verbandsrechtliche Regelungsmöglichkeiten zu prüfen.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Der vorliegende Abschlussbericht erläutert die entwickelte Methodik sowie die erarbeiteten Ergebnisse zur vorgenannten Problematik. Im Fokus stehen daher die heutige wasserwirtschaftliche Situation in den Niederungsgebieten und die Auswirkungen der Folgen des Klimawandels zunächst aus wasserwirtschaftlicher Sicht. Darüber hinaus werden Handlungsempfehlungen und Entwicklungsoptionen aufgezeigt.

Für die Niederungsgebiete in Schleswig-Holstein wurden die räumliche Ausprägung und das Ausmaß der Folgen des Klimawandels durch eine Analyse der Vulnerabilität einzelner Gebietseinheiten ermittelt. Zukünftige Anpassungserfordernisse wurden beispielhaft anhand eines Szenarios zum Meeresspiegelanstieg aufgezeigt. Aufbauend darauf wurden die zukünftig zu erwartenden Unterhaltungsaufwendungen sowie der mit der Beispielmaßnahme „Neu-, Ausbau von Schöpfwerken“ verbundene Investitionsbedarf dargestellt. Darüber hinaus wurde ein allgemeines Handlungsschema entwickelt, das die Ableitung von konkreten Anpassungsstrategien auf Ebene der Einzugsgebiete oder Wasser- und Bodenverbandsgebiete unterstützt.

Neben dem exemplarisch betrachteten „Neu- und Ausbau von Schöpfwerken“ besteht eine Vielzahl weiterer Handlungsoptionen, um eine Anpassung der Niederungsgebiete an die Folgen des Klimawandels zu erreichen. Diese Handlungsoptionen umfassen u.a.:

- die Schaffung und Bewirtschaftung von Retentionsraum,
- die Anpassung und Optimierung von Wasserständen und Schöpfwerksbetrieb,
- die Nutzung von Entwicklungsmöglichkeiten des Naturschutzes,
- die Änderung der Flächennutzungen bzw. Nutzungsformen.

Eine weiterführende Detailbetrachtung wird für jedes Einzugsgebiet bzw. Wasser- und Bodenverbandsgebiet eine optimale Lösung in der Weise ergeben, dass aus der Vielzahl möglicher Handlungsoptionen die am besten geeignete Kombination für die bestehenden Bewirtschaftungsziele und Rahmenbedingungen erarbeitet wird.

Als weiterer wesentlicher Aspekt ist der Erhalt der Leistungsfähigkeit der Gewässer zu beachten. In diesem Zusammenhang hat der Durchführungserlass zur Gewässerunterhaltung des Landes Schleswig-Holstein erhebliche Auswirkungen auf die praktische Durchführung der Unterhaltung von Marschengewässern. Vor dem Hintergrund der zukünftigen Entwicklungen in Folge des Klimawandels haben die Auswirkungen der Gewässerunterhaltung auf die Leistungsfähigkeit der Gewässer eine hohe Relevanz. Aus Sicht der Wasser- und Bodenverbände muss die Handlungsfähigkeit der Wasserwirtschaft, insbesondere auch unter zukünftig verschärften Randbedingungen, gegeben sein.

Neben den wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten spielen bei der zukünftigen Entwicklung der Wasserwirtschaft in den Niederungsgebieten weitere Entwicklungen eine wichtige Rolle. Wichtige Aspekte, die durch die Arbeitsgruppe Niederungen 2050 im Weiteren betrachtet werden sollten, sind:

- Sackungen in Moorniederungsgebieten und
- die Konsequenzen der demographischen Entwicklung für räumliche, Siedlungs- und weitere Infrastrukturen.

Insgesamt erfordert die Anpassung der Wasserwirtschaft und ggf. die Änderung der Nutzungen in den Niederungsgebieten diverse weitere Schritte. Klimarelevante Faktoren und weitere zukünftiger Entwicklungen müssen in politische Entscheidungsfindungsprozesse und lokale Planungen konkreter Anpassungsmaßnahmen einfließen.

Dabei sind die sozio-ökonomischen Auswirkungen möglicher Handlungsoptionen von Beginn an mit zu betrachten und zu bewerten. Im Einzelnen sind die folgenden Punkte wichtig:

- Forschung und Entwicklung:
 - Grundlegende Untersuchungen zu lokalen Auswirkungen des Klimawandels
 - Wirkungszusammenhänge erklären (z.B. Auswirkung einer Veränderung des Niederschlagsregimes auf das Binnenabflussregime)
 - Bereitstellung von Klimaszenarien für die Planungspraxis auf lokaler Ebene (Niederschlag, Abfluss, Tidewasserstände, Sturmfluten, etc.)
- Wasserwirtschaft:
 - Kontinuierliche Dokumentation aktueller Daten (Wasserstände, Abflüsse, etc.)
 - Ermittlung von Anpassungserfordernissen auf lokaler Ebene (Einzugsgebiete bzw. Wasser- und Bodenverbandsgebiete)
 - Benennung konkreter Anpassungsmaßnahmen in den Einzugsgebieten
- Politik/Verwaltung:
 - Einbeziehung klimarelevanter Faktoren in Raum- und Regionalplanung
 - Information/Sensibilisierung der Öffentlichkeit für die Folgen des Klimawandels
 - Abstimmung der Anpassungsmaßnahmen des Sektors Wasserwirtschaft in den Niederungsgebieten mit anderen Sektoren unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf die jeweilige Region
 - Entwicklung von Instrumenten zur Finanzierung der Anpassungsmaßnahmen
 - Synergien identifizieren und nutzen

Die mit der Bearbeitung der genannten Punkte verbundenen Tätigkeiten sollten z.B. in einem „Aktionsplan Anpassung Niederungsgebiete“ zusammengestellt werden.

Um die vorgenannten wichtigen Schritte zu konkretisieren, sollen u.a. anhand der benannten beiden Pilotprojekte begleitend durch die Arbeitsgruppe Erkenntnisse praktische Anwendung finden.

Eine grundsätzliche Überprüfung der Ergebnisse dieses Berichtes sollte in 10 Jahren durchgeführt werden.

Hemmingstedt, 02.06.2014



Hans-Rudolf Heinsohn
Vorsitzender des Marschenverbandes Schleswig-Holstein

Quellen

- Barthelmes, A., Joosten, H., Kaffke, A., Koska, I., Schäfer, A., Schröder, J. & Succow, M. (2005): Erlenaufforstung auf wiedervernässten Niedermooren. 1-68. DUENE, Greifswald.
- Bellebaum, J. & Bock, C. (2009): Influence of ground predators and water levels on Lapwing *Vanellus vanellus* breeding success in two continental wetlands. *Journal of Ornithology* 150: 221-230.
- Berndt, R. K., Koop, B. & Struwe-Juhl, B. (2003): Vogelwelt Schleswig-Holsteins, Band 5, Brutvogelatlas. Wachholtz, Neumünster.
- CPSL, 2005. Coastal Protection and Sea Level Rise - solutions for a sustainable coastal protection in the wadden sea,
- CPSL, 2001. Final Report of the trilateral working group on coastal protection and sea level rise,
- DHI Group Hørsholm, 2012: Evaluation of Dike Safety and Flood Risks in the Vidå River System including Future Climate Change (www.grenzwasser.eu)
- Drösler, M., L. Schaller, J. Kantelhardt, M. Schweiger, D. Fuchs, B. Tiemeyer, J. Augustin, M. Wehrhahn, C. Förster, L. Bergmann, A. Kapfer und G.-M. Krüger: Beitrag von Moorschutz- und -revitalisierungsmaßnahmen zum Klimaschutz am Beispiel von Naturschutzgroßprojekten. *Natur und Landschaft* 87 (2012) H. 2, S. 70 – 76
- Gönnert, G. u. a., 2009. Der Meeresspiegelanstieg. Ursachen, Tendenzen und Risikobewertung. *Die Küste*, 76, S.225-256.
- Grinsted, Moore & Jevrejeva, 2010. Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100 AD. *Climate Dynamics*, 34(4), S.461-472.
- Hötker, H. & Jeromin, H. (2010): Arten des Grünlandes - Wiesenbrüterschutz am Beispiel Schleswig-Holsteins. In: Boye, P., Vischer-Leopold, M., Paulsch, C., Ssymank, A. & Beulshausen, F. (eds): Drei Jahrzehnte Vogelschutz im Herzen Europas: Rückblick, Bilanz und Herausforderungen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 95. 91-106. Bonn-Bad Godesberg.
- Hötker, H., Jeromin, H. & Melter, J. (2007): Entwicklung der Brutbestände der Wiesen-Limikolen in Deutschland - Ergebnisse eines neuen Ansatzes im Monitoring mittelhäufiger Brutvogelarten. *Vogelwelt* 128: 49-65.
- Hofstede, 2009. AG Niederungen 2050: Hydromorphologische Szenarien und Konsequenzen für die Binnenentwässerung.
- Hofstede, J., 2007. Entwicklung des Meeresspiegels und der Sturmfluten: Ist der anthropogene Klimawandel bereits sichtbar? *Coastline Reports*, 9, S.139-148.
- Horton, R. u. a., 2008. Sea level rise projections for current generation CGCMs based on the semi-empirical method. *Geophysical Research Letters*, 35(2). Available at: <http://europa.agu.org/?view=article&uri=/journals/gl/gl0802/2007GL032486/2007GL032486.xml&t=2008,Horton> [Zugegriffen Juni 1, 2011].

- Hoyme, H. & Zielke, W., 2001. Impact of Climate Changes on Wind Behaviour and Water Levels at the German North Sea Coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53(4), S.451-458.
- INFRASTRUKTUR & UMWELT Darmstadt, HafenCity Universität Hamburg, DHI Group Hørsholm, 2012: Anpassungsstrategien für die Wasserwirtschaft im Zeichen des Klimawandels - Erstellung einer grenzüberschreitenden Studie im Rahmen des INTERREG IV A Projektes „Gemeinsamer Hochwasserschutz im Zeichen des Klimawandels“ (www.grenzwasser.eu)
- IPCC, 2008. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment Report on the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (eds.)], Geneva, Switzerland.
- IPCC, 2000. *Emission Scenarios*, Cambridge University Press, UK: IPCC - Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart (Eds.).
- IPCC, 2007. *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. In Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jensen, J. & Frank, T., 2005. Untersuchungen zum Hochwasserrückhalt, Hochwasserschutz und Hochwassermanagement im Einzugsgebiet des Bongsieler Kanals, Siegen: Forschungsinstitut Wasser und Umwelt Universität Siegen.
- Jensen, K. & Schrautzer, J. (1999): Consequences of abandonment for a regional fen flora and mechanisms of successional change. *Applied Vegetation Science* 2, 79-88.
- Jeromin, H. (2006): Der "Feuerwehrtopf" für Wiesenvögel - ein erfolgsorientierter Ansatz beim Vertragsnaturschutz. *Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen* 32: 183-189.
- Joosten, H.: Denken wie ein Hochmoor: Hydrologische Selbstregulation von Hochmooren und deren Bedeutung für Wiedervernässung und Restauration. *Telma* 23 (1993): S. 95 - 115
- Joosten, H.: Zustand und Perspektiven der Moore weltweit. *Natur und Landschaft* 87 (2012) H. 2, S. 50 – 55
- Kowatsch, A., Schäfer, A. & Wichtman, W. (2008): Nutzungsmöglichkeiten auf Niedermoorstandorten. Umweltwirkungen, Klimarelevanz und Wirtschaftlichkeit sowie Anwendbarkeit und Potenziale in Mecklenburg-Vorpommern. Endbericht, Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Lehrstuhl für Geobotanik und Landschaftsökologie (Prof. Dr. S. Zerbe), in Zusammenarbeit mit dem Institut für dauerhaft umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE e.V.), Greifswald, 57 S.
- Krob, Lutz, BWS, Zwischenbericht "Niederungen 2050" März 2012
- Kube, J. & Probst, S. (1999): Die Auswirkungen der Schilfmahd auf die in Röhrichten vorkommende Avifauna auf ausgewählten Probeflächen im Landkreis Rügen, Mecklenburg-Vorpommern. *BfN Skripten* 3: 1-66. Bonn.

- Kuntze, H.: Probleme bei der modernen landwirtschaftlichen Moornutzung. *Telma* 13 (1983): S. 137 - 152
- LANU, 2006. Die Böden Schleswig-Holsteins, Flintbek: Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein.
- LLUR, 2009. Vorgehensweise zur Ermittlung und Klassifizierung des Schadensrisikos in Schleswig-Holstein, Flintbek.
- LLUR, BGK 200 als Kartengrundlage
- MLUR, 2007. Ministerium für Landwirtschaft, U. u. I. R. d. L. S.-H. Generalplan Binnenhochwasserschutz und Hochwasserrückhalt Schleswig-Holstein, Kiel.
- MLUR, 2008. Ministerium für Landwirtschaft, U. u. I. R. d. L. S.-H.. Artenhilfsprogramm 2008. Veranlassung, Herleitung und Begründung. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Kiel.
- MLUR, 2010. Ministerium für Landwirtschaft, U. u. I. R. d. L. S.-H., persönl. Mitteilung.
- Neßhöver, C. et al.: Das Millennium Ecosystem Assessment - eine deutsche Perspektive. *Natur und Landschaft* 82 (2007) H. 6, S. 262 – 267
- Norddeutsches Klimabüro, Norddeutscher Klimaatlas. Available at: <http://www.norddeutscher-klimaatlas.de/> [Zugegriffen Januar 10, 2011].
- Norddeutsches Klimabüro, 2011. Regionale Klimaszenarien in der Praxis - Beispiel Norddeutschland.
- Pedersen, M.L., J. M. Andersen, K. Nielsen & M. Linnemann: Restoration of Skjern River and its valley: Project description and general ecological changes in the project area. *Ecological Engineering* 30 (2007), S. 131 – 144
- Plüß, 2004. Nichtlineare Wechselwirkung der Tide auf Änderungen des Meeresspiegels im Übergangsbereich Küste/Ästuar am Beispiel der Elbe. In Tagungsband Klimaänderung und Küstenschutz. Hamburg, S. 129-138.
- Programm Nord GmbH, 1979. 25 Jahre Programm Nord Gezielte Landentwicklung, Rendsburg: Programm Nord GmbH - Kiel.
- Rahmstorf, S., 2007. A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise. *Science*, 315(5810), S.368 -370.
- Romahn, K., Jeromin, K., Kieckbusch, J., Koop, B. & Juhl, B. S. (2008): Europäischer Vogelschutz in Schleswig-Holstein. Arten und Schutzgebiete. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Flintbek.
- Schröter, Dr. Kai; BWS, Zwischenbericht "Niederungen 2050" März 2012
- SRU / Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umweltgutachten 2012: Verantwortung in einer begrenzten Welt. Berlin 2012: Kapitel 7
- Statistikamt Nord, 2010a. Bodennutzung und Ernte in Schleswig-Holstein, Hamburg.
- Statistikamt Nord, 2010b. Die Bodennutzung in Schleswig-Holstein - in landwirtschaftlichen Betrieben, Hamburg.

Statistikamt Nord, 2006. Erzeuger- und Großhandelspreise für die Landwirtschaft in Schleswig-Holstein 2004, Hamburg.

Succow, M. und H. Joosten: Landschaftsökologische Moorkunde. Stuttgart 2001

Südbeck, P., Bauer, H.-G., Boschert, M., Boye, P. & Knief, W. (2007): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 4. Fassung, 30. November 2007. Berichte zum Vogelschutz 44: 23-81.

Trepel, M.: Zur Wirkung von Niederungen im Landschaftswasser- und -stoffhaushalt. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung 43 (2004): S. 53 – 64

Trepel, M.: Nährstoffrückhalt und Gewässerrenaturierung. KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 2 (2009) H. 4, S. 211 – 215

UBA, 2005. Klimawandel in Deutschland - Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme, Dessau: Umweltbundesamt.

Verhagen, A., J.J.H. van den Akker, C. Blok, W.H. Diemont, J.H.J. Joosten, M.A. Schouten, R.A.M. Schrijver, R.M. den Uyl, P.A. Verweij & J.H.M. Wösten: Peatlands and carbon flows - Outlook and importance for the Netherlands. Netherlands Environmental Assessment Agency (ed.) Report 2009, S. 1 – 50

Vermeer, M. & Rahmstorf, S., 2009. From the Cover: Global sea level linked to global temperature. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(51), S.21527-21532.

Wichtmann, W. und S. Wichmann: Paludikultur: standortgerechte Bewirtschaftung wiedervernässter Moore. Telma Beiheft 4 (2011): S. 215 – 234

Woth, 2006. Regionalization of global climate change scenarios: An ensemble study of possible changes in the North Sea storm surge statistics, Geesthacht: GKSS.

Zauft, M., H. Fell, F. Glaßer, N. Roskopf und J. Zeitz: Carbon storage in the peatlands of Mecklenburg-Western Pomerania, north-east Germany. Mires and Peat 6 (2010): Art. 4, S. 1 – 12 (Online: http://www.mires-and-peat.net/map06/map_06_04.htm)

Zeitz, J.: Bodenphysikalische Eigenschaften von Substrat-Horizont-Gruppen in landwirtschaftlich genutzten Niedermooren. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 33 (1992), S. 301 – 307